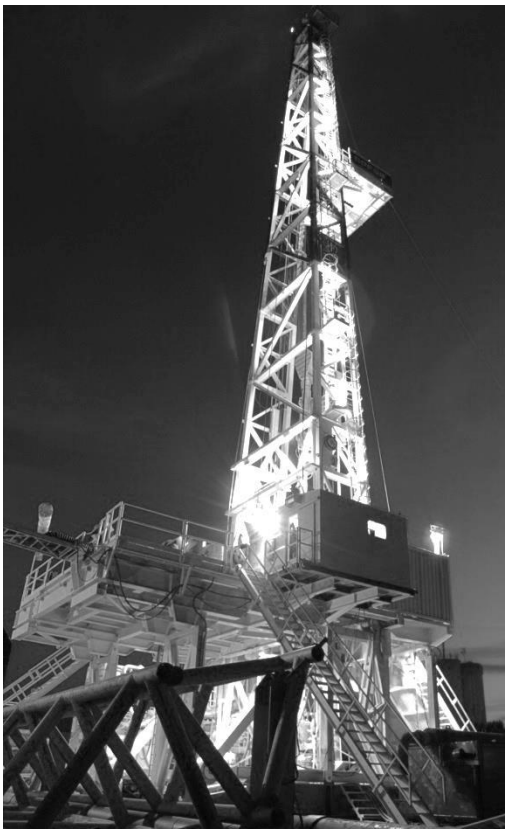
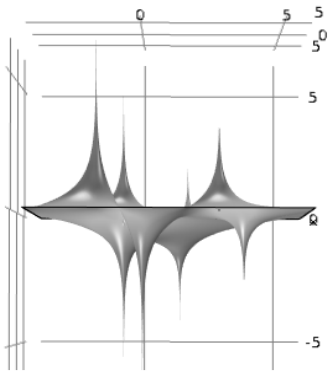
smirec
SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE
Chauffer durable et solidaire





SAINT-DENIS (93)

Demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique au Dogger

Demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers

Rapport N°21 CFG 85 /VB

Juin 2022

CFG Compagnie Française de Géothermie

3, Avenue Claude Guillemin – B.P. 46429
45064 ORLEANS CEDEX 2 France
Tél.: 02 38 64 31 22 - Fax: 02 38 64 32 83
contact@cfgservices.fr - www.cfgservices.fr
RCS Orléans 444 572 044 – SIRET 444 572 044 00014

QUALITE

Numéro affaire : TUC 21 045

Numéro de rapport : 21CFG85

Rédacteur	**Vérificateur**	**Approbateur**
Nom : A-L GILLE	Nom : P. CHOUET	Nom : C. MAILHOL
Date : 13/06/2022	Date : 13/06/2022	Date : 13/06/2022
Signature	Signature	Signature

REVISION

Version	Date	Modification
A	12/04/2022	Document d'origine
B	13/06/2022	Suite aux remarques de la DRIEAT, Ajout Annexe 8.7 et paragraphe 1.7.5. Compléments au paragraphe 5.7.2 et 7.1.1.7
C		

CLIENT

Nom :
Syndicat mixte des réseaux d'énergie calorifique SMIREC

Adresse :
75 rue Rateau
Urbaparc 3
Bâtiment i3
93126 La Courneuve cedex

DIFFUSION

DRIEAT Ile de France

Préfecture de Seine-Saint-Denis (93)

SMIREC

CFG

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

GILLE A-L. (2022) – Demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique au Dogger et d'ouverture de travaux miniers à Saint-Denis. Rap. 21CFG85 VB, 495 p.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

RESUME NON TECHNIQUE

SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE

Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le territoire de Plaine Commune s'inscrit dans une démarche sociétale et environnementale visant à produire sur son territoire une énergie décarbonée, locale et compétitive pour alimenter un réseau de chaleur qui alimente 57 000 équivalents logements en chauffage et en eau chaude sanitaire.

Le réseau de chaleur de la Délégation de Service Public (DSP) qui alimente les villes de Saint-Denis, L'Ile-Saint-Denis, Pierrefitte-sur-Seine, Stains et Aubervilliers est alimenté à plus de 50% par des énergies renouvelables. Ces énergies proviennent essentiellement des chaufferies biomasses situées à Stains et à Saint-Denis. Le réseau de chaleur DSP n'est aujourd'hui pas alimenté par la géothermie profonde. Le projet de développement du réseau de chaleur sur la commune d'Aubervilliers a débuté, pour lequel le Syndicat Mixte des Réseaux d'Energie Calorifique (SMIREC) souhaite poursuivre sa contribution à la transition énergétique du territoire.

A noter que le réseau de chaleur de Plaine Commune Energie a été labellisé Ecoréseau en 2019, 2020 et 2021 par l'association AMORCE. Ce label récompense les réseaux de chaleur exemplaires sur les plans environnemental, économique et social.

Le SMIREC a désigné le groupe CFG comme entreprise générale pour la réalisation d'un nouveau doublet au Dogger sur la commune de Saint-Denis. Cette démarche de création d'une nouvelle géothermie profonde est motivée par une convergence de facteurs favorables à l'échelle de l'installation et du territoire :

- De nouveaux moyens de productions pour alimenter l'extension du réseau de chaleur vers Aubervilliers et maintenir le taux d'énergies renouvelables supérieur à 50 % ;
- Le projet s'inscrit dans le verdissement du schéma énergétique de la Ville d'Aubervilliers, la géothermie permettra de couvrir 65% des besoins sur le périmètre d'Aubervilliers ;
- L'opération de Saint-Denis sera située près d'opérations de géothermie (notamment celles de La Courneuve) aux performances avérées qui indiquent une richesse énergétique souterraine au Dogger ;
- Le site de production du Fort de l'Est peut accueillir une nouvelle centrale de géothermie et les travaux de forage des puits profonds alimentant la centrale de géothermie.

Le projet de Saint-Denis fait donc l'objet d'un projet spécifique qui comprend la création d'un nouveau doublet* de géothermie avec sa boucle géothermale, associée à l'échangeur géothermique, des extensions au réseau actuel et la construction d'une centrale géothermique.**

Les travaux de forage débuteront au début de l'année 2023 pour une mise en service du nouveau doublet en à l'été 2024.

**Doublet de géothermie : technique de valorisation de la ressource géothermale en produisant l'eau via un puits de production et en la réinjectant intégralement via un puits injecteur*

*** Echangeur : dispositif qui permet d'extraire les calories d'un circuit primaire (eau du Dogger) vers un circuit secondaire (réseau de chaleur)*

Le porteur du projet, le SMIREC, est soumis à une procédure réglementaire qui vise à obtenir successivement un périmètre de recherche de gîte géothermique, un permis d'ouverture de travaux de forage pour un puits de production et un puits de réinjection, puis à terme un permis d'exploitation du doublet. Les forages, ouvrages orientés et inclinés, seront dédiés à la production puis à la réinjection de l'intégralité du débit dans l'aquifère

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

d'origine : le Dogger. Ces demandes ont pour objectif de garantir l'accès à la ressource du Dogger visée par le projet et de commencer la phase des travaux de forage.

Le présent document est constitué d'une demande conjointe d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique et d'une demande d'ouverture de travaux exploratoires. Selon la réglementation en vigueur, ce dossier sera instruit par la préfecture de la Seine-Saint-Denis et sera soumis à une enquête publique. Le préfet statuera par un arrêté-préfectoral d'autorisation pour la recherche et l'ouverture de travaux exploratoires.

L'étude d'impact prend en compte le projet dans sa globalité soit le doublet, la construction de la centrale géothermique ainsi que les nouveaux raccordements au réseau de chaleur.

Conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche est sollicité pour la durée maximale de 3 ans. A l'issue des travaux de forage du nouveau doublet, en cas de succès de ce forage, un permis d'exploitation sera demandé pour une durée initiale de 30 ans.

Le site d'implantation du futur doublet géothermique profond est envisagé à l'est de la commune de Saint-Denis dans le quartier Bel-Air Nord, à une altitude de +33 m NGF. Le site d'implantation est envisagé au croisement de la rue du Maréchal Lyautey et du cours du ru de Montfort, sur le site de la chaufferie du Fort de l'Est.

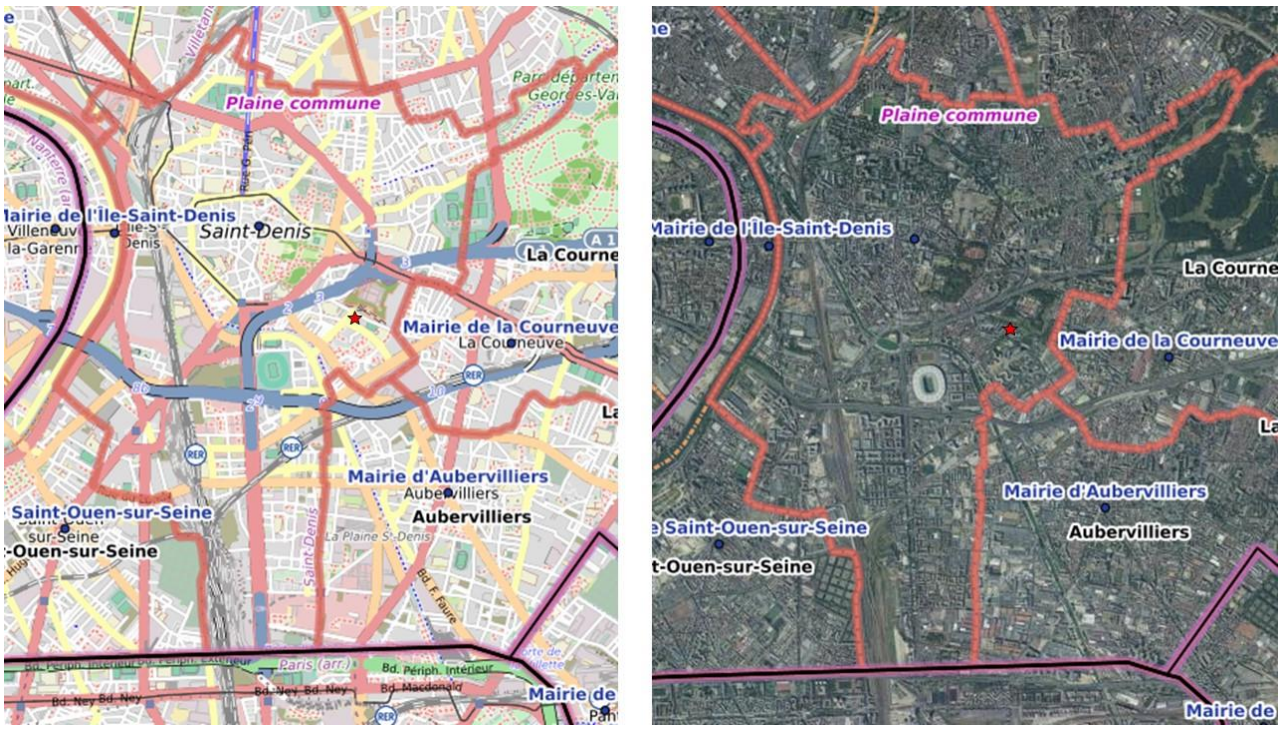


Figure 1: Secteur d'étude de Saint-Denis : limites administratives et vues aériennes (Géoportail)

L'aire de chantier permet d'installer l'appareil de forage, ses équipements, ses annexes et bassins de collecte. L'accès au chantier se fera via la rue du Maréchal Lyautey et le cours du ru de Montfort.

Le futur chantier de forage prendra place sur une surface prévisionnelle de l'ordre de 3 300 m², qui se situe sur la parcelle n°181 de la feuille cadastrale n° 000 BE 01 de la commune.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Une surface d'environ 1 200 m² sera conservée libre d'installation à l'issue des travaux pour la maintenance des puits. La parcelle n°181 abritera les têtes de puits à la fin des travaux.

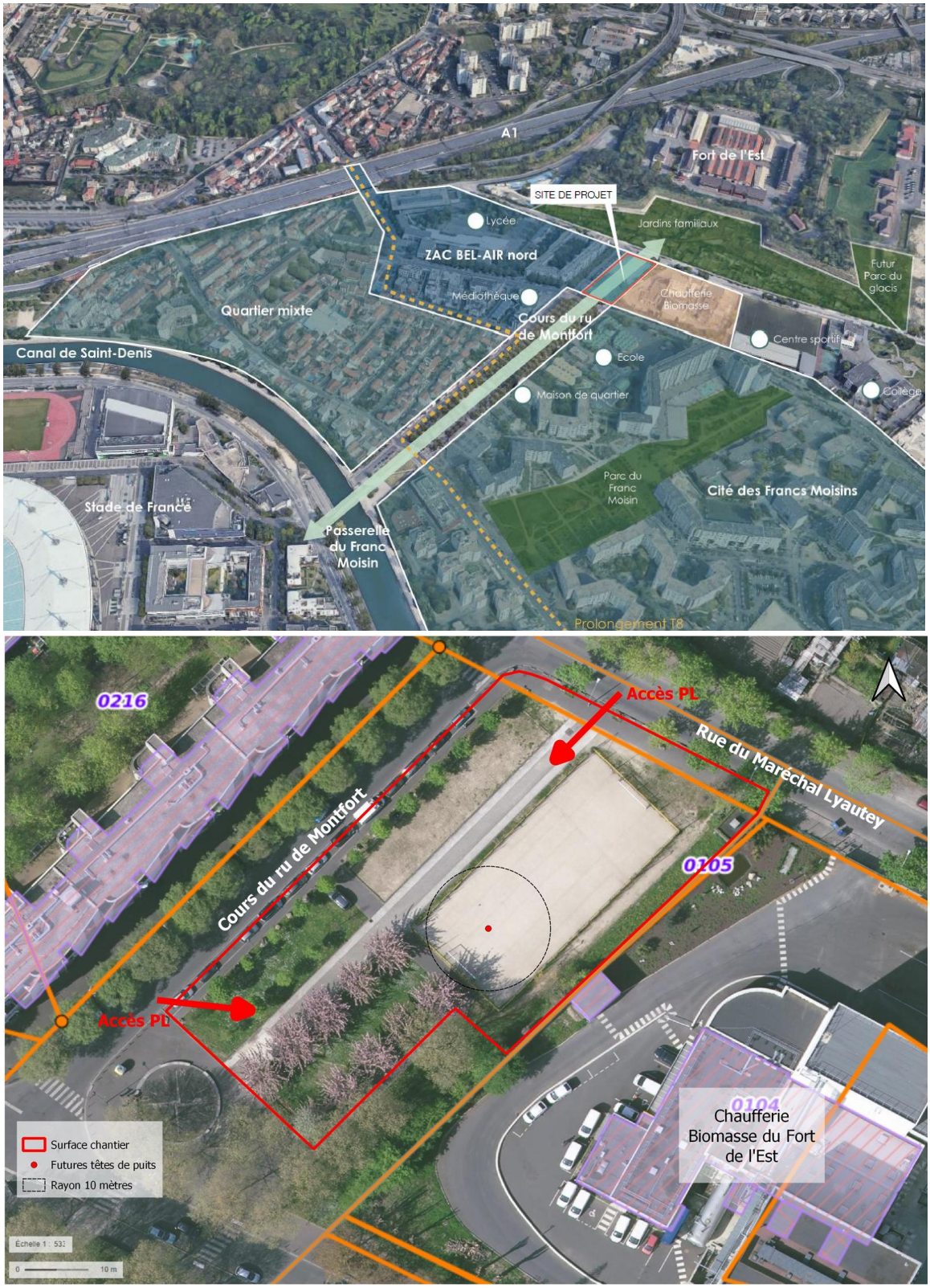


Figure 2 : Site d'implantation du chantier et parcelles cadastrales (Géoportail)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La cible du projet est le réservoir du Dogger qui s'étend sous l'ensemble du Bassin Parisien et affleure sur ses bordures. Ce réservoir (ou aquifère) est composé d'une roche sédimentaire calcaire perméable (Cf. Figure suivante).

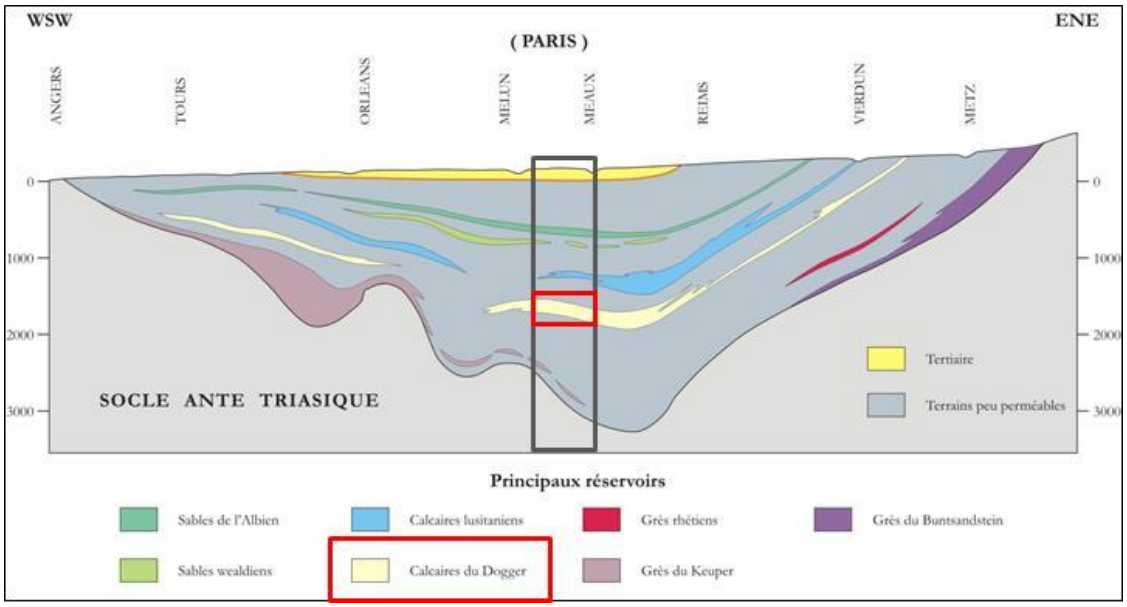


Figure 3: Coupe géologique schématique des principaux réservoirs du Bassin Parisien

Le toit du réservoir géothermique cible du Dogger (Bathonien) se situe à une altitude **d'environ -1 595 m NGF soit une profondeur verticale prévisionnelle de 1 628 m environ aux puits producteur et injecteur GSD-1 et GSD-2.**

Le design du doublet prévoit que les puits soient déviés pour permettre un écartement suffisant des puits au toit du réservoir et limiter ainsi les impacts hydrauliques et thermiques entre puits (Cf. Figure 4).

Ses caractéristiques hydrogéologiques sont relativement bien connues du fait de l'existence de plusieurs ouvrages à proximité du secteur d'étude, notamment les doublets de La Courneuve.

Les caractéristiques d'exploitation du nouveau doublet de Saint-Denis (GSD-1 / GSD-2) sont résumées dans le Tableau suivant.

Transmissivité* (D.m)	Température au réservoir (°C)	Température en tête de puits (°C)	Température d'injection minimale (°C)	Débit maximal visé (m^3/h)	Puissance thermique maximale (MW)
15 ± 5	57,5 ± 1	56,5 ± 1	25	320	11,7 ± 0,3

Tableau 1 : Caractéristiques principales d'exploitation du nouveau doublet

**Transmissivité : propriété de l'aquifère à se laisser traverser par le fluide géothermal qui permet d'évaluer le débit que peut capter un forage.*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

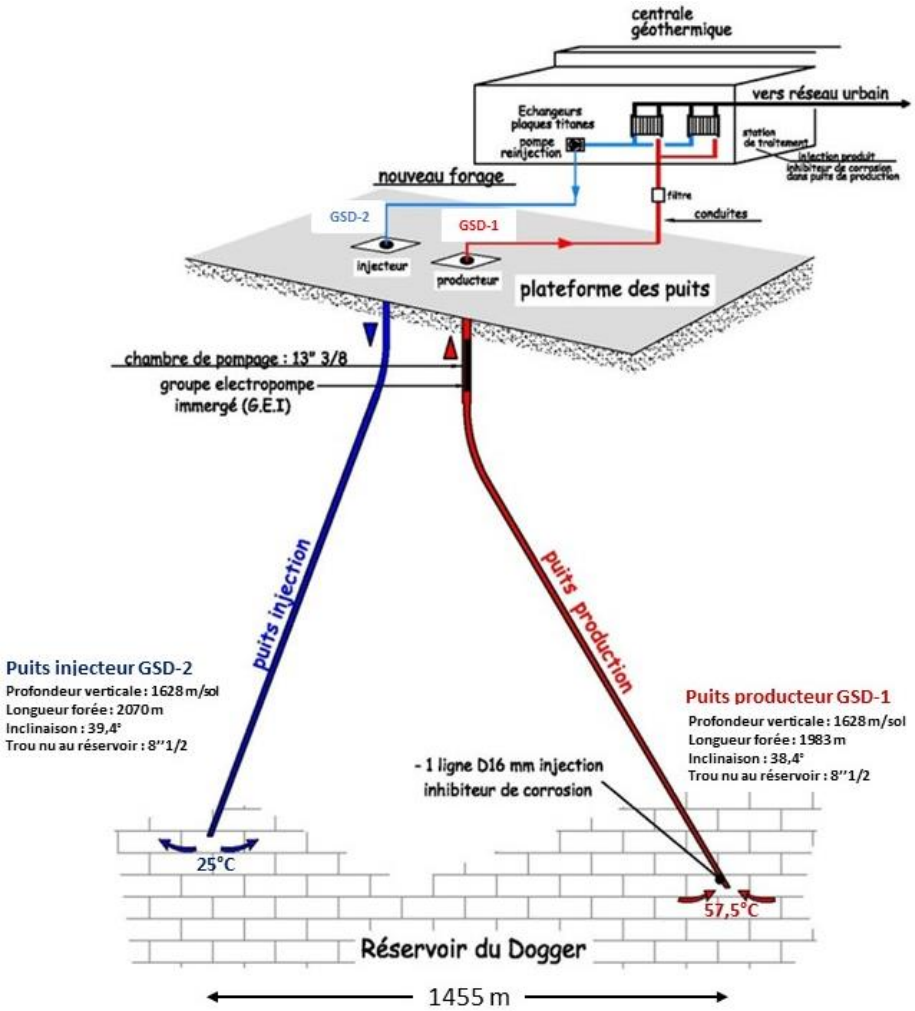


Figure 4: Design du doublet et schéma de la boucle géothermale

Les coordonnées des angles du permis sollicité sont reportées dans le tableau ci-dessous (système de coordonnées « RGF93 » dans la zone « Lambert 93 »).

Coordonnées des angles du PER	Coordonnées Lambert 93	
	X(m)	Y(m)
A	651 940	6 871 205
B	653 700	6 871 945
C	654 955	6 868 870
D	653 205	6 868 085

Tableau 2: Coordonnées du permis de recherche sollicité

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La superficie du permis de recherche est d'environ 6,4 km² pour un périmètre de 10,5 km. L'emprise de ce permis de recherche empiète sur le permis d'exploitation (PEX) en vigueur de La Courneuve Sud. Le permis de recherche relatif au nouveau projet de Saint-Denis porte sur le département de la Seine-Saint-Denis (93). L'emprise porte sur 3 communes : **Saint-Denis, La Courneuve et Aubervilliers.**

Le périmètre, sur lequel sera demandé le titre de recherche dans le présent dossier, proposé pour le projet est assimilable à un rectangle (Cf. Figures suivantes).

A l'intérieur du périmètre de recherche, l'emprise du futur permis d'exploitation est représentée par une forme de « gélule » d'orientation Nord-Ouest ; Sud-Est.

Pour le projet, un déplacement optimal au toit du réservoir a été fixé à 705 m pour le puits producteur GSD-1, et 930 m pour le puits injecteur GSD-2. L'écartement avec les sabots des puits du doublet est d'environ 1 455 mètres au toit du réservoir.

Les coordonnées, en Lambert 93, des points d'impacts au réservoir des puits sont reportées dans le tableau ci-dessous. Les coordonnées des têtes de puits en surface seront comprises dans un cercle de 10 mètres de rayon (Cf. Figure 10).

A ce stade de l'étude, la position exacte des têtes de puits n'est pas encore connue, mais elle se trouvera dans ce rayon de 10 m permettant une certaine flexibilité en fonction des contraintes de surface et de la machine de forage retenue.

	GSD-1 (Producteur)	**GSD-2 (Injecteur)**
Coordonnées tête de puits	X (m) : 653 835 ± 10 Y (m) : 6 870 050 ± 10 Z = + 33 m NGF	
Coordonnées toit Bathonien (sabot 9''$^{5/8}$)	X (m) : 653 720 Y (m) : 6 869 360 Z (m) : 1 628 m / sol (-1 595 m NGF)	X (m) : 653 175 Y (m) : 6 870 710 Z (m) : 1 628 m / sol (-1 595 m NGF)
Tolérance Cible	Rayon de 50m	Rayon de 50m
Inclinaison et Azimut finaux	Inclinaison max : 38,4 ° Azimut : 189°	Inclinaison max : 39,4° Azimut : 314.5°
Déplacement horizontal toit Bathonien	~ 705 m	~ 930 m

Tableau 3: Coordonnées des futurs puits du doublet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

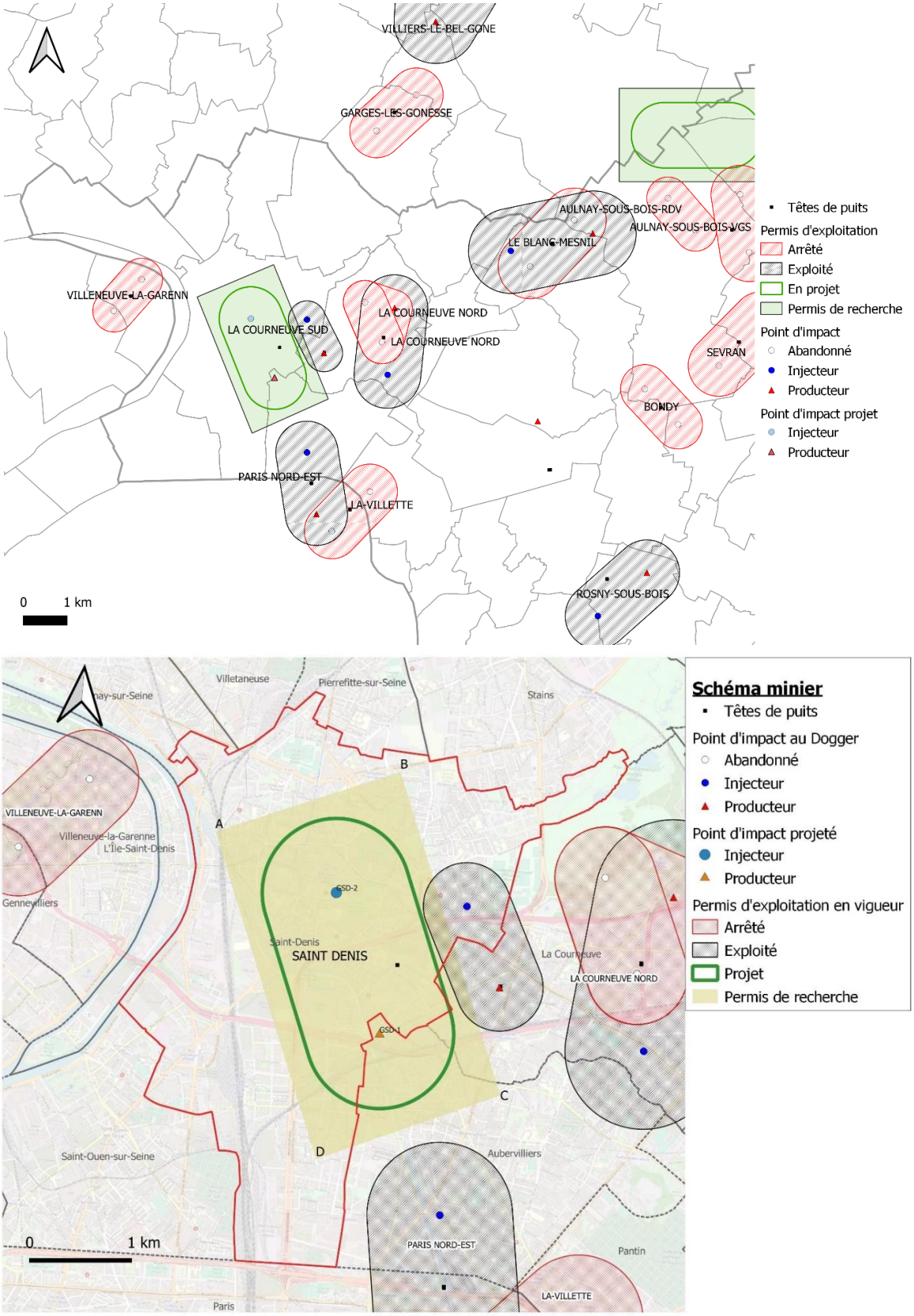


Figure 5 : Permis de recherche et d'exploitation prévisionnels du nouveau dispositif géothermique

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le positionnement du nouveau dispositif de Saint-Denis selon l'option retenue permet (Cf. Chapitre modélisation 2.3). :

- Un éloignement suffisant des puits pour ne pas empiéter sur le permis d'exploitation du doublet de La Courneuve Sud ;
- D'imposer, à débit maximal, un impact hydraulique négligeable (inférieur à ± 1 bar) sur les doublets environnants, à l'exception du puits producteur de La Courneuve Sud GLCS-1 et du puits injecteur de Paris Nord-Est GPNE-2.
- D'imposer un impact hydraulique favorable vis-à-vis du puits injecteur GPNE-2 et du puits injecteur GLCS-2 dans une moindre mesure ;
- D'obtenir une décroissance modérée au droit du puits producteur GSD-1, inférieure à 0,5°C après 30 ans d'exploitation à débits moyens.

Le projet de Saint-Denis ne remet pas en cause la pérennité des dispositifs voisins, ni d'un point de vue valorisation thermique ni d'un point de vue des rendements hydrauliques.

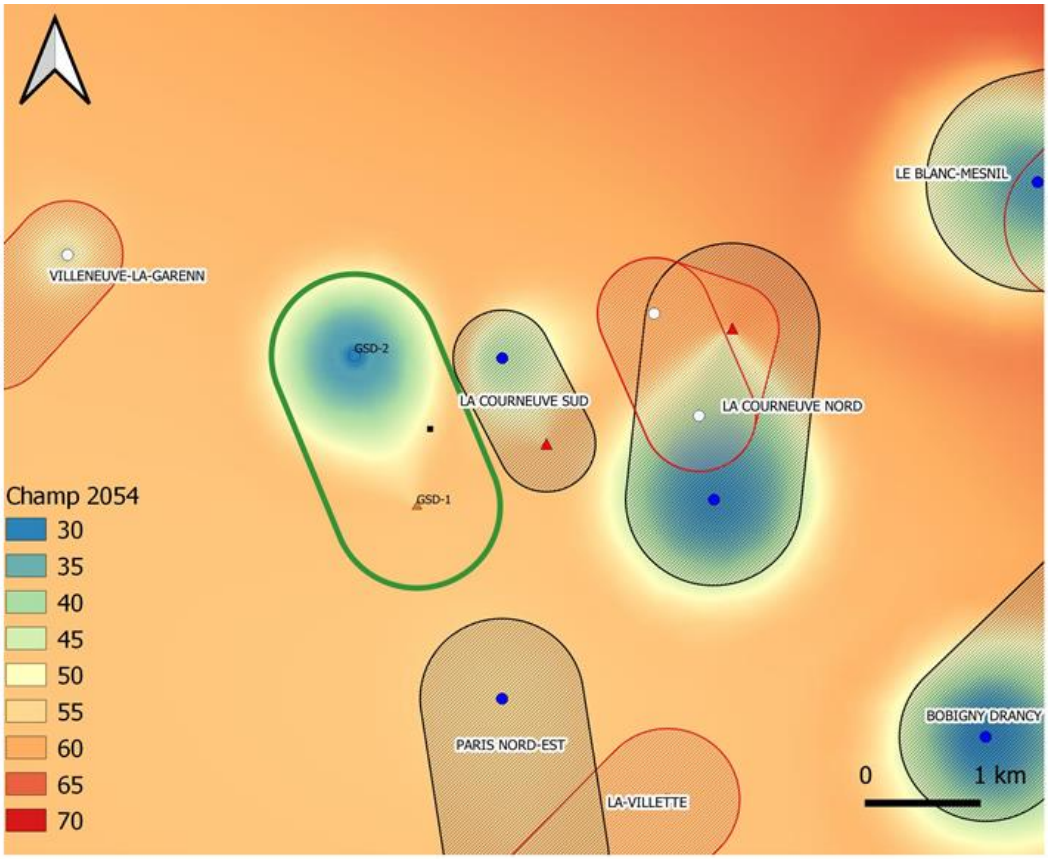


Figure 6 : Champ prévisionnel de températures après 30 années de fonctionnement du nouveau doublet

Lors de la réalisation des forages géothermiques, le projet est régi par diverses contraintes et risques inhérents à ce type d'opérations. Ceux-ci sont d'ordre :

- Technique : contraintes liées à l'implantation du chantier en surface, à l'impact hydraulique et thermique au niveau du réservoir, à la conception des puits, au risque géologique, hydrogéologique et aux opérations de forage ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Organisationnel (planification, etc.) ;
- Contextuel (chantier) : nuisances, sécurité, etc.

Les nouveaux ouvrages traverseront les nappes sus-jacentes au Dogger dont certaines sont utilisées en Ile-de-France pour l'alimentation en eau potable (notamment la nappe stratégique de l'Albien et Néocomien).

Ces nappes sont de haut en bas :

- Les nappes du réservoir de l'Eocène supérieur (Ludien – Masses et marnes supragypseuses ; Bartonien – Calcaire de Saint-Ouen et Sables d'Auvers- Beauchamp),
- La nappe du réservoir multicouche du Lutétien et de l'Yprésien de l'Eocène moyen et inférieur (Marnes et Caillasses, Calcaire grossier et Sables),
- La nappe du réservoir de la Craie (Crétacé supérieur, Sénonien), l'aquifère multicouche de l'Albien / Néocomien (Crétacé inférieur) et la nappe des calcaires du Lusitanien (Jurassique Supérieur).

Ces nappes seront isolées entre elles par plusieurs cuvelages ou tubages cimentés. De plus le réservoir du Dogger est naturellement isolé de ces nappes par une épaisseur importante de formations imperméables sus-jacentes. De plus, aucun captage d'eau souterraine pour l'Alimentation en Eau Potable n'est identifié autour de la zone d'étude.

Des dispositions sont prévues pour l'exécution, l'entretien et le contrôle des ouvrages, notamment en vue de la conservation et de la protection des eaux souterraines.

Conception du forage	Exploitation du forage
Le dispositif de la mobilisation de la ressource sera composé d'un doublet GSD-1/GSD-2 en fonctionnement en boucle fermée. Des doubles, voire triples tubages protègeront les aquifères stratégiques. L'espace annulaire entre les tubages et la formation sera cimenté sur toute la hauteur des puits permettant d'isoler la nappe du Dogger et les nappes sus-jacentes.	Des suivis réglementaires seront effectués selon une périodicité prévue par l'arrêté préfectoral d'exploitation afin de suivre : - L'évolution des paramètres physico-chimiques ; - L'état des puits (diagraphie et diagnostic de performance hydraulique)

Tableau 4 : Dispositions pour l'exécution et l'entretien des ouvrages

D'un point de vue économique, les études ont permis d'évaluer le coût des principaux postes de dépenses sur l'opération de géothermie profonde, la création de la future centrale géothermique, les équipements pour le process thermique et les futurs raccordements au réseau de chaleur. Soit un budget global de l'ordre de 31 872 k€.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Coût global de la réalisation du doublet (hors assurances)	**Coût des équipements de la boucle géothermale**	**Coûts d'exploitation annuels du doublet sur 30 ans (P1, P2, P3)**
8 557 k€ HT	1 765 k€ HT	657 à 944 k€ HT/an
Coûts bâtiment et équipement nouvelle centrale géo	**Coûts d'exploitation annuels surface pour le réseau**	**Coûts de la création du réseau de chaleur et sous-stations**
3 850 k€ HT	1 000 k€ HT/an	11 857 k€ HT

Tableau 5 : Coût des principaux postes de dépense pour l'opération de Saint-Denis

La demande d'ouverture de travaux exploratoires présentée dans le Chapitre 3 comprend un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus et un exposé des méthodes de forage envisagées.

Des travaux d'aménagement préalables seront menés par une entreprise de génie civil afin d'adapter la surface actuelle aux contraintes de ce type de chantier. Une remise en état du site sera réalisée à la fin des travaux de forage, seuls les éléments nécessaires à l'exploitation et à la maintenance des puits seront conservés.

Les travaux de forages suivront une géométrie précise :

- Pour le puits producteur GSD-1 : le déplacement horizontal par rapport à l'axe de l'ouvrage est de 705 mètres au toit du Bathonien à 1 628 mètres verticaux, soit 1 845 m forés, et atteindra une longueur forée totale de 1 983 mètres.
- Pour le puits injecteur GSD-2 : le déplacement horizontal par rapport à l'axe de l'ouvrage est de 930 mètres au toit du Bathonien à 1 628 mètres verticaux, soit 1930 m forés, et atteindra une longueur forée totale de 2 070 mètres.

Un programme de forage incluant un programme de tubage, de boue et de cimentation est conçu dans l'objectif de réaliser les nouveaux puits dans les règles de l'art, permettant ainsi d'assurer la pérennité des ouvrages sur une longue période tout en tenant compte des contraintes environnementales, réglementaires et des caractéristiques de la ressource.

Compte tenu de la profondeur du Dogger dans le secteur d'étude et en prenant en compte une inclinaison des puits géothermiques, la durée des travaux de forage **par puits est estimée à 43 jours.**

L'accès au chantier se fera via la rue du Maréchal Lyautey et le cours du ru de Montfort. Une mise à disposition du terrain et des conventions d'accès, de voieries seront à prévoir auprès des services techniques de la ville et de l'aménageur Plaine Commune. Une mise à disposition des trottoirs aux abords du site sera également nécessaire.

Les travaux de surface (construction de la centrale, raccordements, équipements, électricité...) commenceront après les travaux de forage.

Les travaux sur le réseau de chaleur d'Aubervilliers ont débuté en 2020 et se termineront en 2023.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les étapes principales et la durée des travaux seront les suivantes :

1. **Travaux de génie-civil / plate-forme de forage : 5 mois d'août à décembre 2022**
2. **Travaux de forage des puits producteur et injecteur : 4 mois de février à mai 2023**
3. **Travaux de remise en état : 1 mois en juin 2023**
4. **Travaux de construction et process en centrale : 9 mois de juillet 2023 à mars 2024**
5. **Travaux d'équipement des puits et raccordement à la centrale : d'avril à juin 2024**

Conformément à la réglementation, les présentes demandes d'autorisation de recherche de gite géothermique et d'ouverture de travaux miniers sont accompagnées d'une étude d'impact environnemental du projet concernant la phase des travaux et la phase d'exploitation. Sont présentés aux Chapitres 4, 5 et 0 :

- Une description de l'état initial du site et de son environnement ;
- Un Recensement des impacts des travaux sur l'environnement afin de définir la meilleure implantation du forage et l'organisation de chantier de moindre impact, en intégrant les observations effectuées lors de l'état initial ainsi que les contraintes techniques, économiques et géologiques ;
- Une évaluation des effets permanents engendrés par le projet sur le milieu physique, naturel et humain, qu'ils soient positifs ou négatifs et de présenter les mesures envisagées pour supprimer, limiter et si possible compenser les effets négatifs.

Dans la zone de la ZAC Bel-Air Nord, de nombreux habitats et équipements d'enseignement sont implantés.

La zone de chantier se situe à proximité de la chaufferie biomasse du Fort de l'Est. Elle est composée de cheminements piétons, d'un terrain de sport et d'alignements d'arbres. (Cf Figure 7)

Le choix du site tient compte des contraintes suivantes :

- Les têtes de puits du nouveau doublet se situeront sur cette zone de parcelle n°181 ; leur position sera en outre compatible avec l'implantation ultérieure d'une machine de work-over pour l'entretien des installations et de la future centrale géothermique (Cf. Figure 9 et Figure 10) ;
- La nécessité de mettre en œuvre un appareil puissant compte tenu des diamètres et de la profondeur du puits ;
- La présence d'un environnement urbain constitué d'activités ;
- La préservation de certains alignements d'arbres présent sur la parcelle ;
- La préservation du réservoir d'eau de ville sur la rose des vents au sud de la parcelle.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

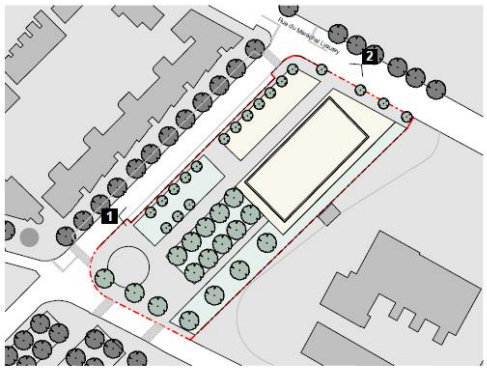
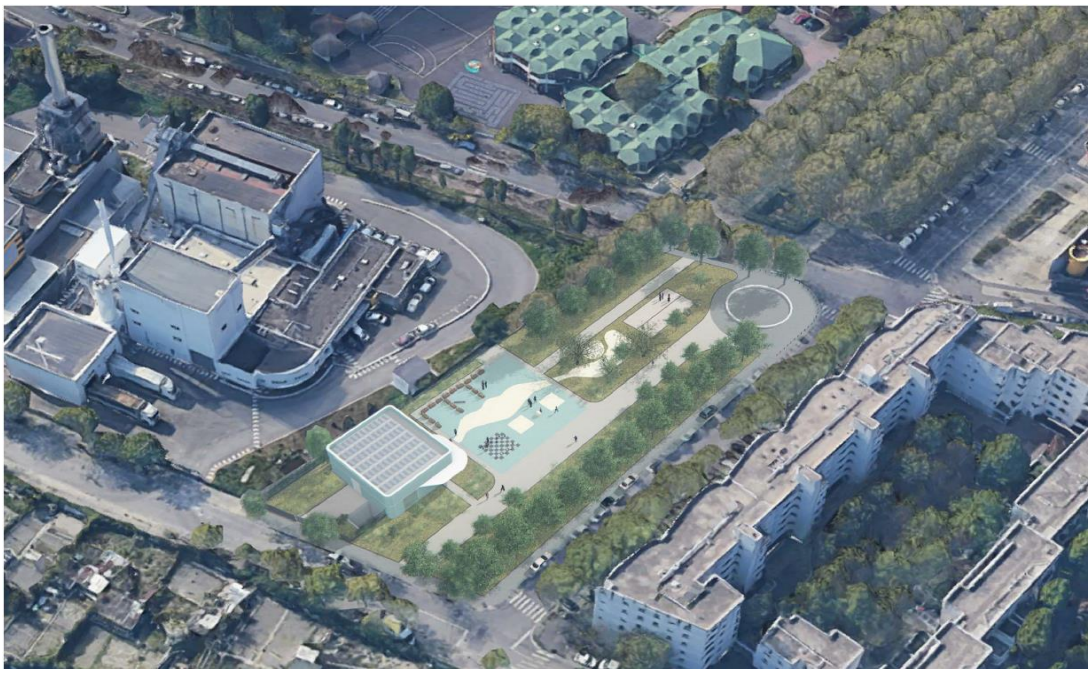


Figure 7: Situation actuelle du site d'implantation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



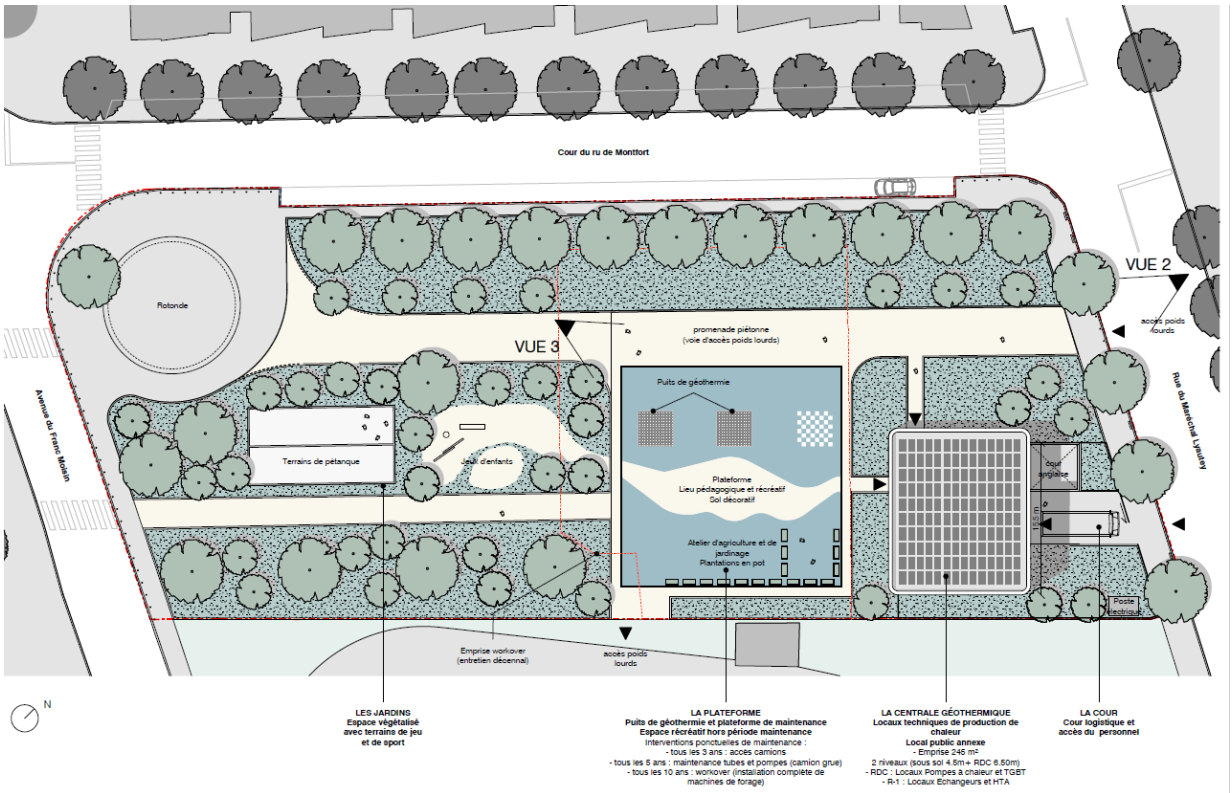


Figure 8: Implantation et visuel de la future centrale et l'aménagement du site projeté (ORSSO)

Pour les opérations de maintenance du doublet, il sera nécessaire de prévoir une emprise au sol de l'ordre de 1 100 m², qui soit libre de toute construction ou plantation. D'autre part, les têtes de puits devront être accessibles à tout moment pour diverses maintenances courantes.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

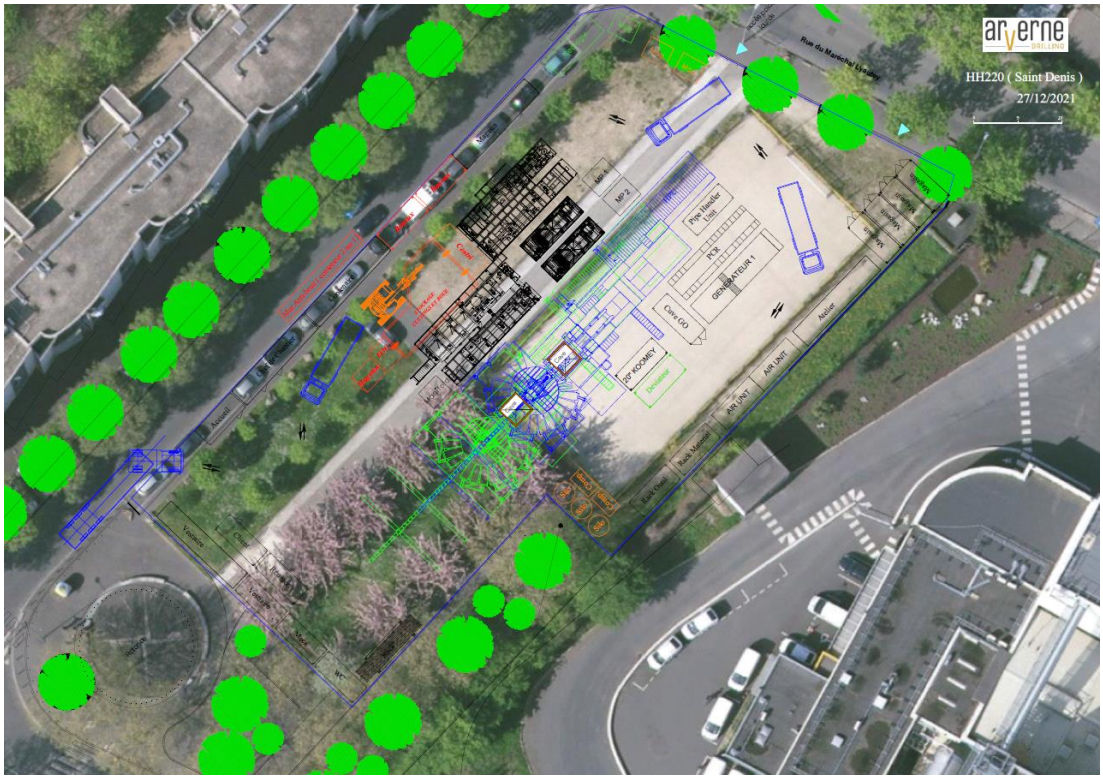


Figure 9 : Plan d'implantation de la machine de forage et de ses annexes

Pour les opérations de maintenance du doublet, il sera nécessaire de prévoir une emprise au sol de l'ordre de 1 100 m², qui soit libre de toute construction ou plantation. D'autre part, les têtes de puits devront être accessibles à tout moment pour diverses maintenances courantes.

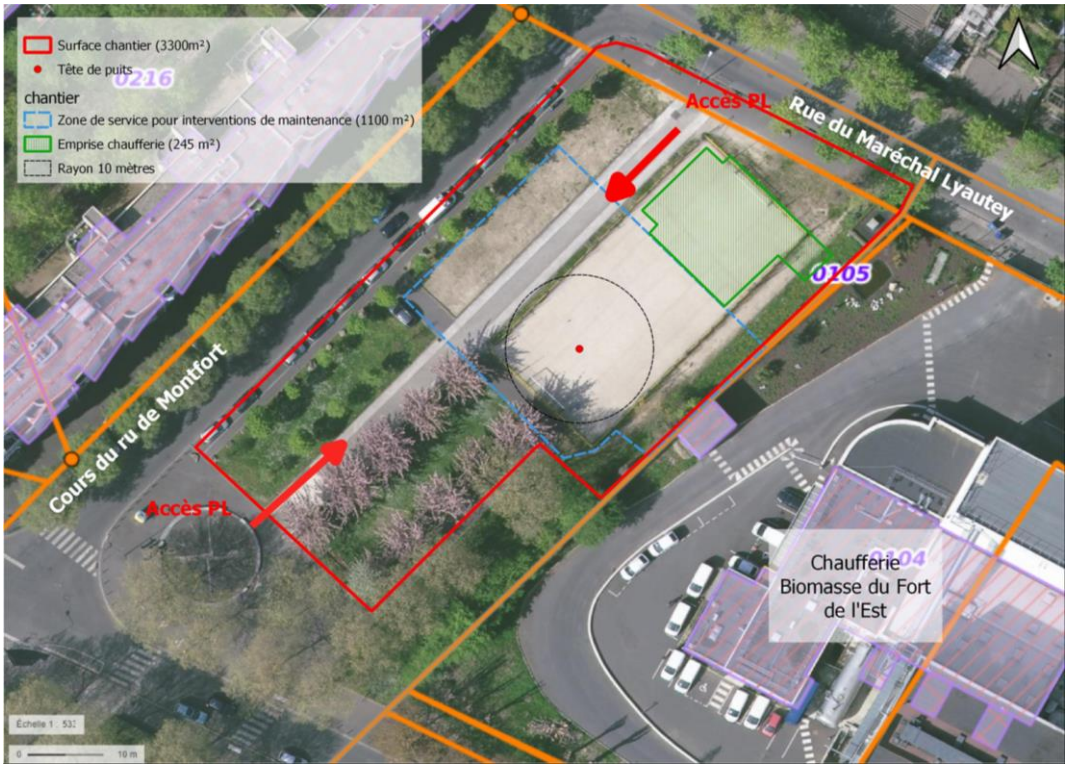


Figure 10 : Zone de servicing pour l'exploitation et localisation des têtes de puits

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Dans le PLU en vigueur, le site d'implantation de chantier appartient à la zone UG, zone dédiée aux grands services urbains (routes et voies ferrées) et grands équipements (gares, sites hospitaliers, universités, …).

Dans la zone UG sont autorisées les constructions à destination d'industrie, d'entrepôt, de centre de congrès et d'exposition, les constructions à destination d'habitation, d'artisanat et de commerce en détail, de restauration et des activités de service, les constructions à destination d'hébergement hôtelier et touristiques, de bureau, et les affouillement et exhaussement des sols. Toutes ces constructions sont autorisées à conditions qu'elles soient liées et nécessaires à l'équipement. (Cf. Paragraphe 4.5.17.1).

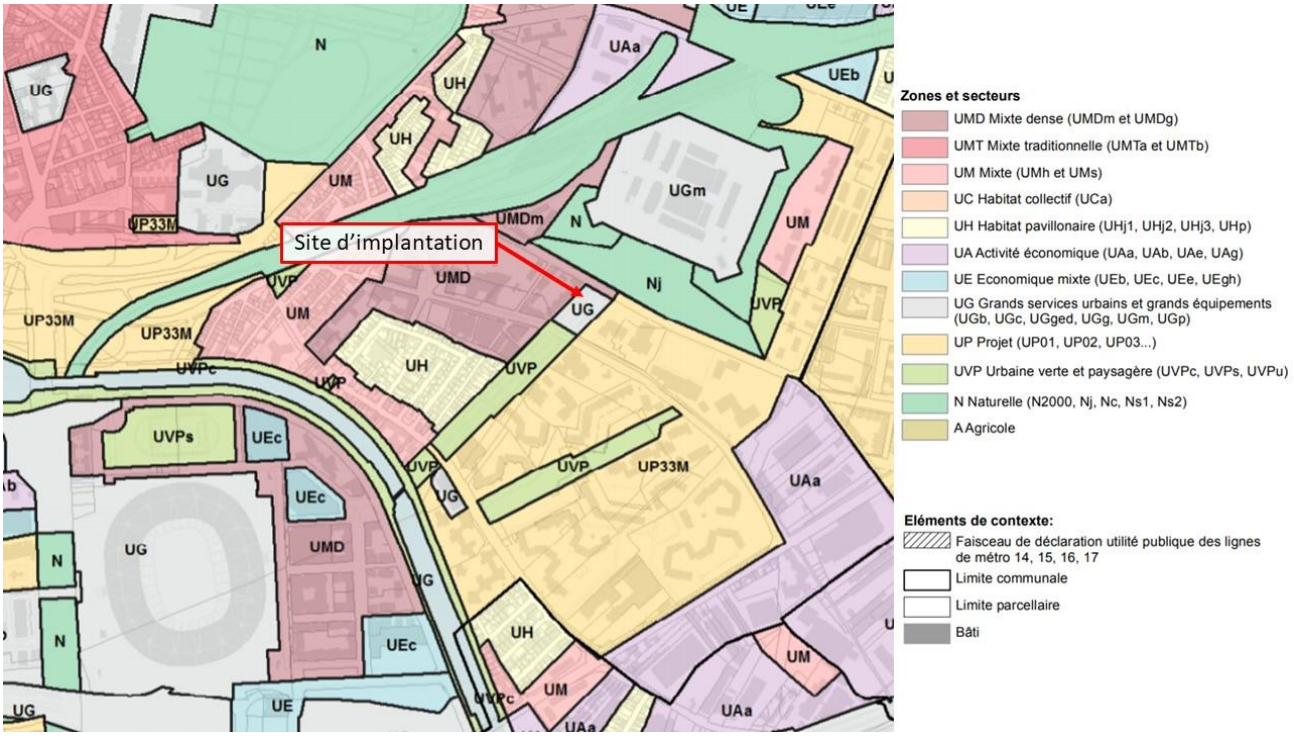


Figure 11 : Zone UG concernée par le projet (source PLUI)

Le projet de forage de puits géothermiques profonds et l'exploitation sont compatibles avec les conditions d'occupation et d'utilisation de la zone. Les travaux projetés, les constructions, affouillements sont autorisés sur la zone dédiée au projet de géothermie. Le maître d'ouvrage devra respecter la réglementation en vigueur de ces zones.

Le projet de géothermie doit s'intégrer dans le Projet d'Aménagement et Développement Durables (PADD) de la commune, qui sert de document de référence pour déterminer le choix entre les éventuelles procédures de modifications ou de révisions du document d'urbanisme (Cf. paragraphe 4.5.4).

Le projet de géothermie s'intègre dans l'axe 2 du PADD : « Un territoire écologiquement responsable pour le bien-être de ses habitants », qui prévoit de lutter contre le réchauffement climatique, de réduire les consommations énergétiques finales des secteurs tertiaires et résidentiels et de développer l'usage des énergies renouvelables. Il s'intègre également dans l'axe 3 du PADD : « Un territoire de diversité économique, productif et actif », qui prévoit notamment de valoriser et développer les éco-industries, en particulier les filières des énergies renouvelables.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La Géothermie est directement inscrite dans les objectifs du PADD et dans les grands projets identifiés par Plaine Commune, afin d'y développer une stratégie énergétique basée sur les énergies renouvelables et de poursuivre le développement du réseau de chaleur urbain.

Le site d'étude et ses environs ne sont pas concernés par des OAP avec son plan de dispositions particulières. Il ne se situe pas sur un périmètre de sauvegarde du commerce et de l'artisanat de proximité. En revanche, le secteur d'étude est concerné par le droit de préemption urbain et par le droit de préemption urbain renforcé

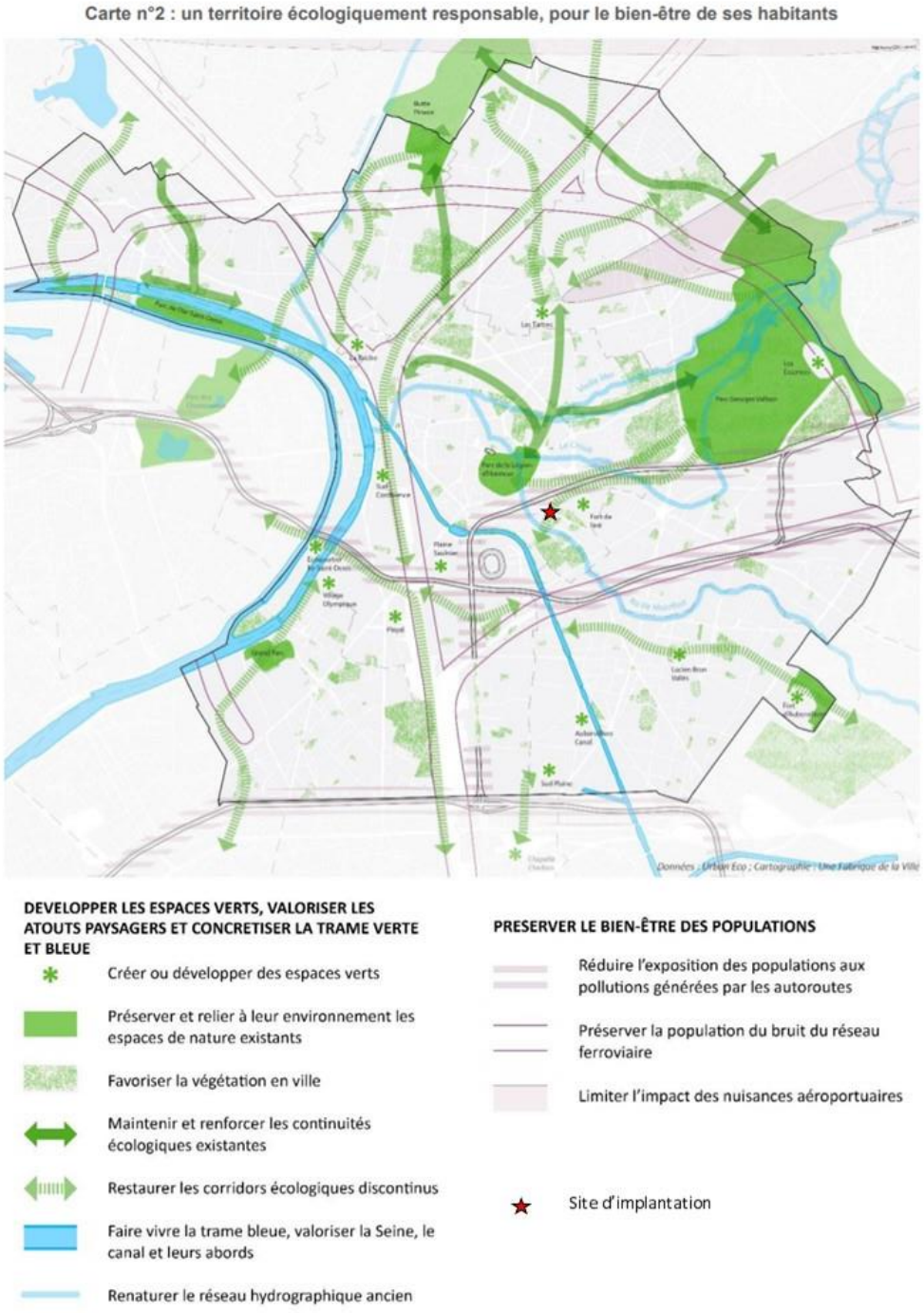


Figure 12 : Carte de synthèse du l'axe 2 du PADD « Un territoire écologiquement responsable pour le bien-être de ses habitants » (PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les départements de Paris et Petite Couronne identifient des secteurs reconnus pour leur intérêt écologique (butte Pinson, parc de la Légion d'Honneur, secteur des Tartres, cimetière parisien de Saint-Ouen) et des liaisons reconnues pour leur intérêt écologique (entre le parc de La Courneuve et la Seine, entre le parc de La Courneuve et la butte Pinson et entre la butte Pinson et la Seine). Plaine Commune s'inscrit également dans le corridor écologique de la Seine au titre du SRCE et de la Trame Verte et Bleue, et est marquée par un paléo-réseau hydrographique.

Plusieurs sites protégés correspondant au classement de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel ont été inventoriés. Dans un rayon de 5 km autour du secteur d'étude (Cf. Figure suivante), il existe :

- **1 ZNIEFF de Type 1** :
    - Les plans d'eau et friches du Parc Départemental de La Courneuve (3 300 m du site d'implantation).
- **2 ZNIEFF de type 2** :
    - Le parc départemental de La Courneuve (1 400 m du site d'implantation) ;
    - La pointe aval de L'Ile-Saint-Denis (3 600 m du site d'implantation).

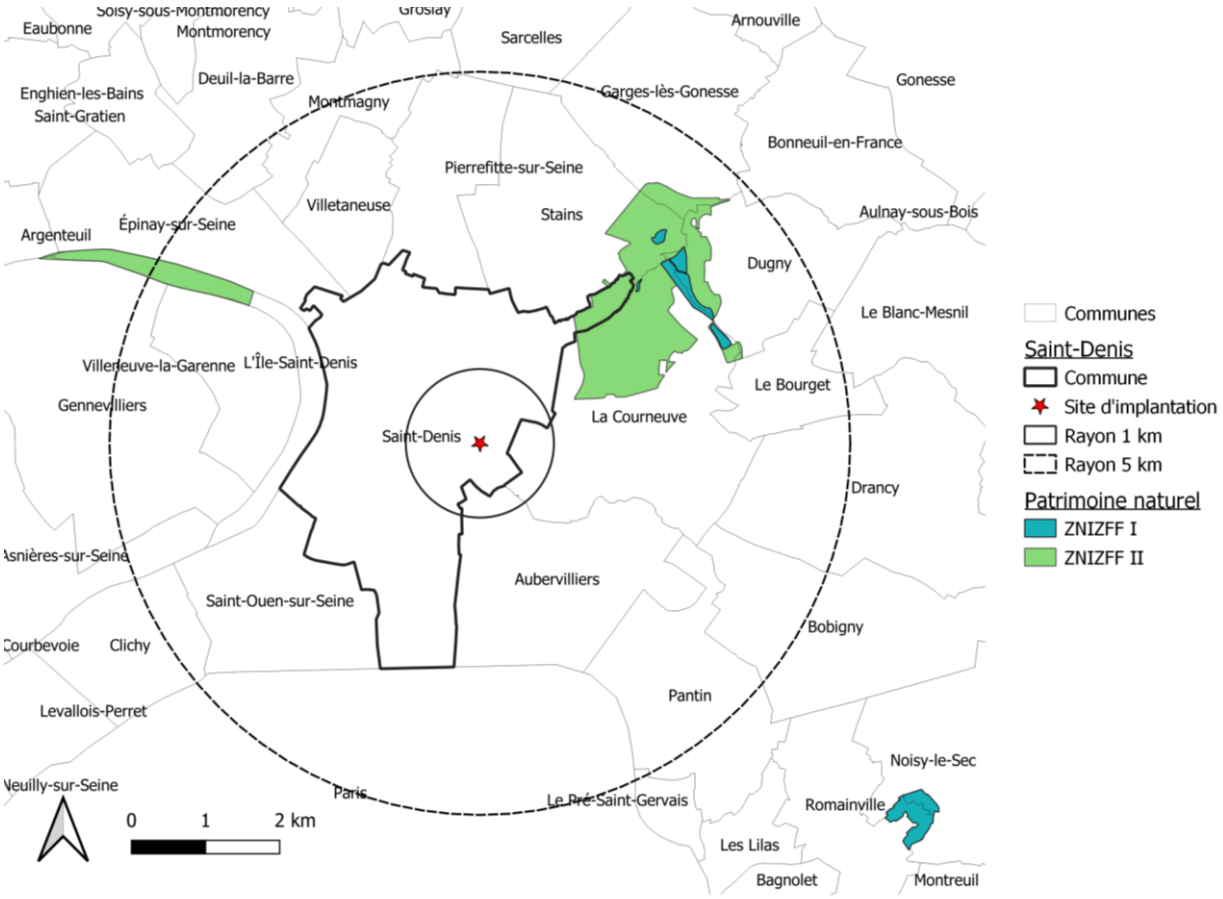


Figure 13: Zones de protection du Patrimoine Naturel dans un rayon de a) 1 km : aucun b) 5 km : ZNIEFF (source : INPN)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Deux sites Natura 2000 appartenant au réseau des « Sites de Seine-Saint-Denis », ont été inventoriés dans un rayon de 5 km autour du secteur d'étude (Figure suivante) :

- Le Parc départemental de L'Ile-Saint-Denis à 3 600 m du site d'implantation ;
- Le Parc départemental Georges Valbon, également appelé Parc de La Courneuve, à 1 400 m du site d'implantation.

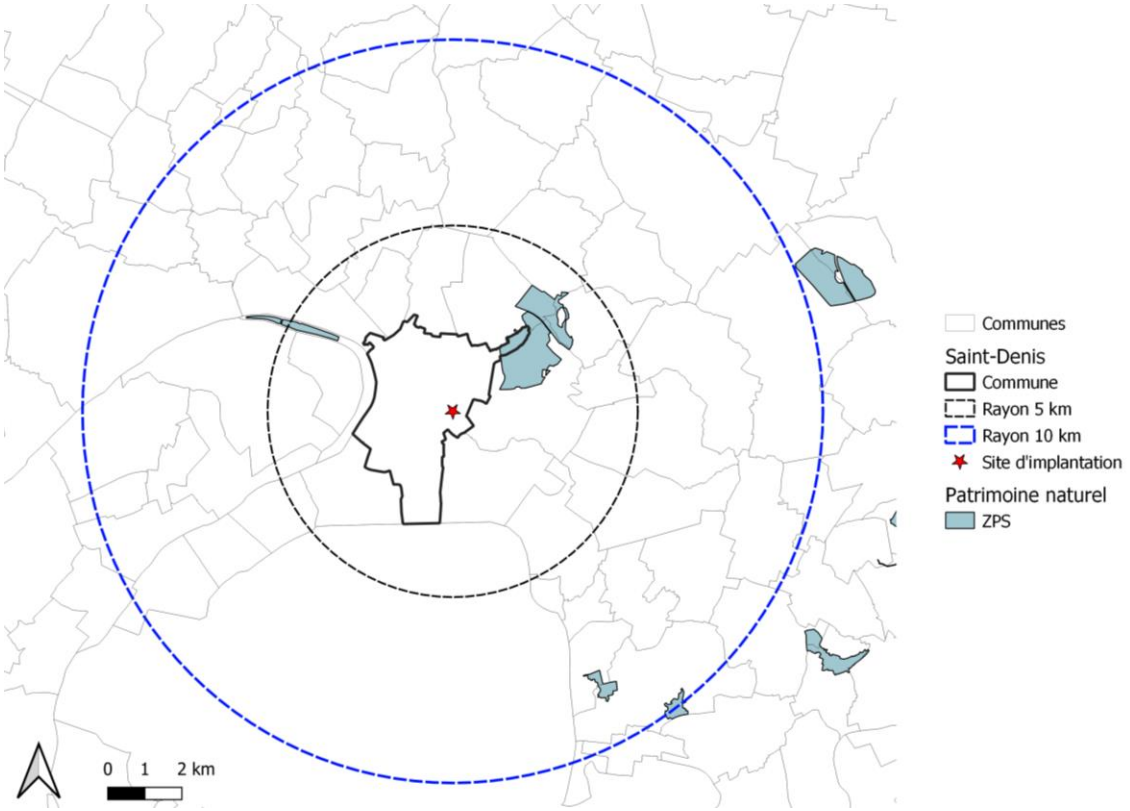


Figure 14: Réseau des sites Natura 2000 dans un rayon de 5 km et 10 km : ZPS Sites de Seine-Saint-Denis (source : INPN)

D'autres liaisons sont reconnues pour leur intérêt écologique :

- Entre le Parc de La Courneuve et la Seine via le parc de la Légion d'Honneur ;
- Entre le Parc de La Courneuve et la butte Pinson via le secteur des Tartres ;
- Entre la butte Pinson et la Seine.

Saint-Denis fait partie de la petite couronne de Paris, dans ce secteur, le milieu urbain couvre 85% de la surface. Ainsi la place aux milieux naturels et donc aux habitats pour la faune et la flore est restreinte. Ces habitats sont trop fragmentés et peu nombreux pour constituer une trame verte et bleue fonctionnelle. Le site se situe dans une zone préalablement très urbanisée où sont présents de nombreuses habitations et des équipements d'enseignement.

A proximité du site d'implantation des forages, une piste cyclable, et des alignements d'arbres, sont identifiés comme des espaces verts constitutifs de la trame verte et paysagère à préserver. Le site d'implantation présente

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

un environnement sonore relativement élevé, une forte imperméabilisation des sols et un éclairage public où des espèces ont peu d'intérêt à s'installer.

La commune possède un patrimoine architectural et quelques zones naturelles à protéger. Le chantier n'est pas compris dans le périmètre de protection des jardins et des monuments historiques (classés et inscrits).

Les enjeux écologiques de ces corridors sont néanmoins identifiés comme faibles dans le PLUi. Aucune zone à très fort enjeu écologique n'a été inventoriée à proximité du site d'implantation.

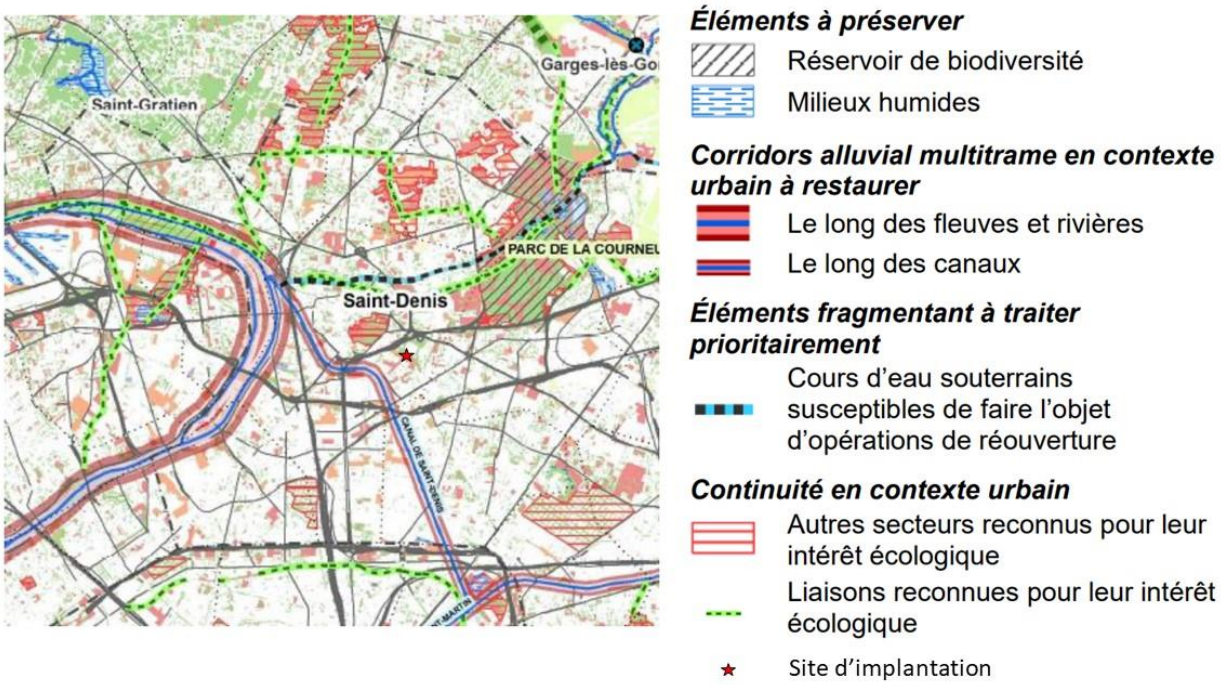


Figure 15 : Extrait de la carte « Paris – Petite Couronne » du SRCE d'Île-de-France

La commune est concernée par la Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation (PPRI) de la vallée de la Seine, dont la révision a été approuvée par arrêté préfectoral du 21 juin 2007. Cependant, le site d'implantation ne se situe pas sur une zone concernée par un aléa inondation par débordement de la Seine. Il ne se situe pas non plus dans une zone réglementée par le PPRI de la Seine.

En revanche, il se situe dans une zone sujette au débordement de nappe de sensibilité en cas de fortes précipitations, dans une zone fortement imperméabilisée malgré la proximité de « patchs » de faible imperméabilisation (Fort de l'Est, Parc de la Légion d'Honneur).

L'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses. Saint-Denis est une commune où le taux d'imperméabilisation des sols est très important, excepté au niveau des parcs, des trames bleues et des trames vertes identifiées.

La surface dédiée au chantier sera traitée en voirie lourde et imperméabilisée par une membrane géotextile et un enrobé avec un réseau de caniveaux périphériques destiné à drainer les effluents du chantier vers le bourbier par l'intermédiaire d'un bac déshuileur qui piègera les effluents polluants. En phase chantier, des dispositions seront prises pour qu'il ne puisse y avoir d'entrainement par les eaux pluviales de matières dangereuses ou insalubres dans le milieu naturel.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Une fois les travaux de forage réalisés et la centrale construite, l'eau de ruissellement sera collectée séparément et sera dirigée vers le réseau d'eau pluviale selon la convention de rejet signée avec le concessionnaire du réseau d'assainissement. Le PLUi recommande l'infiltration à la parcelle pour les eaux pluviales, ou du moins leur stockage, pour ne pas excéder la limite de rejet de 10 L/s/ha, en accord avec le département. En phase d'exploitation cette disposition devra être respectée par le maitre d'ouvrage.

Le projet prévoit la remise en état de la parcelle dédiée après la réalisation des travaux et réintègrera les surfaces végétalisées et les arbres, garantissant l'infiltration à la parcelle du site, selon les souhaits du maitre d'ouvrage et les contraintes environnementales du site.

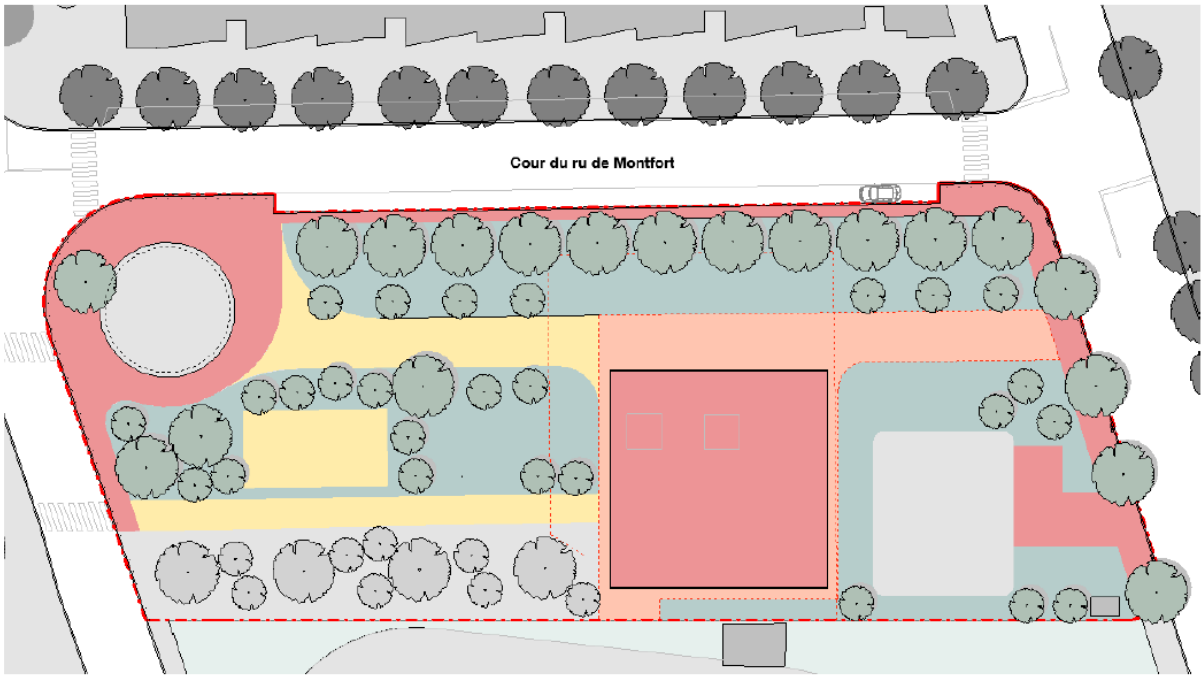


Figure 16 : Remise en état et projection du site final (ORRSO)

Selon les cartes d'aléas du BRGM, l'aléa de mouvements de terrain dans le secteur d'étude lié au phénomène de gonflement/retrait des argiles est a priori faible sur la commune. Il est recommandé la réalisation d'une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles. Sur la commune de Saint-Denis, aucune carrière ou cavité souterraine n'a été recensée et aucun plan de prévention des risques cavités souterraines n'a été prescrit.

Il existe une servitude de dégagement aéronautique, liée à l'aérodrome de Paris-Le Bourget, à proximité du site. La servitude fait alors état d'une hauteur limite des constructions ou des obstacles de +157 m NGF. L'altitude du site évaluée à +33 m NGF et la hauteur maximale du mat de forage d'environ 40 m respecteront largement les servitudes de dégagement de l'aérodrome de Paris-Le Bourget.

L'emprise accueillant la machine de forage et la future centrale sont en dehors des servitudes relatives au patrimoine bâti protégé de la commune. Le projet n'aura donc aucun impact sur le patrimoine culturel de la commune.

Il existe une servitude de dégagement aéronautique, liée à l'aérodrome de Paris – Le Bourget, à 5 km du site. Néanmoins l'emprise du chantier se situe en limite de ces servitudes de dégagement. La servitude la plus proche

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

fait état d'une hauteur limite des constructions ou des obstacles de +157 m NGF (Cf. Figure suivante). L'altitude du site évaluée à +33 m NGF et la hauteur maximale du mat de forage d'environ 40 m respecteront largement les servitudes de dégagement de l'aérodrome de Paris – Le Bourget.

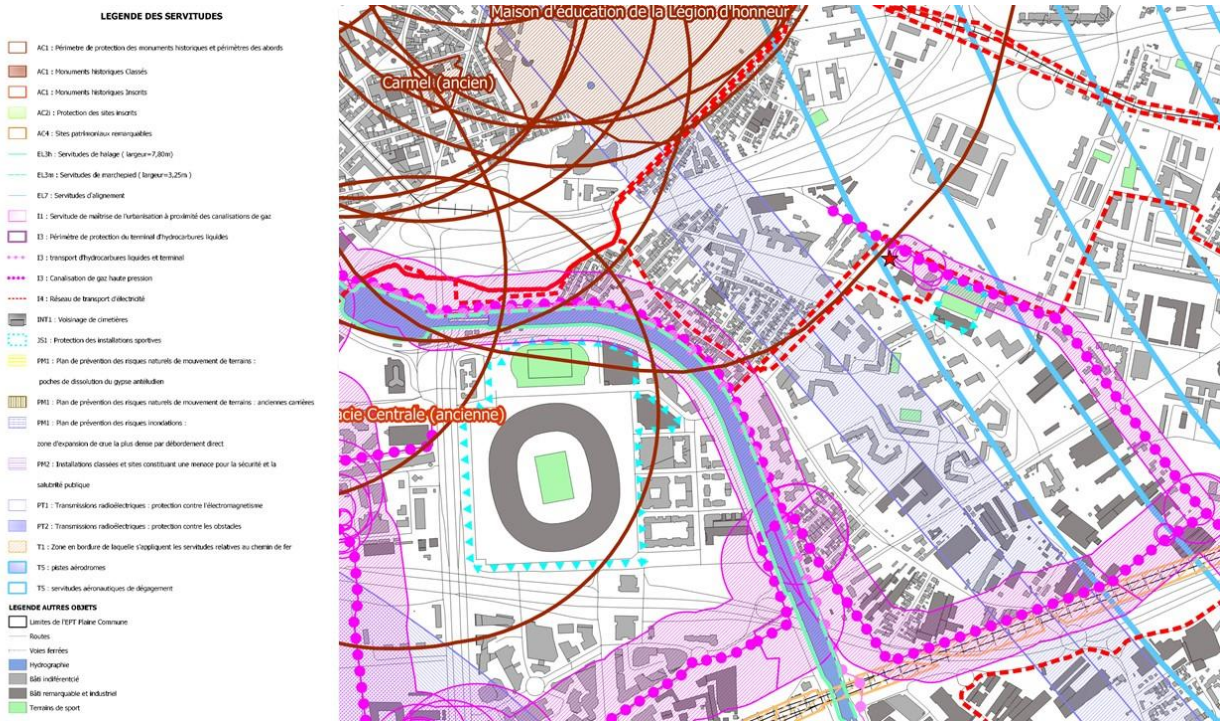


Figure 17 : Plan des servitudes d'utilité publique de la commune de Saint-Denis (PLUi)

Le site d'implantation du projet :

- Ne se situe pas dans d'emprise d'un site industriel pollué ;
- Se situe à quelques mètres d'un site BASIAS de numéro IDF9303927 (Chaufferie du Fort de l'Est),
- Est concerné par un sujet de pollution de ces terrains.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

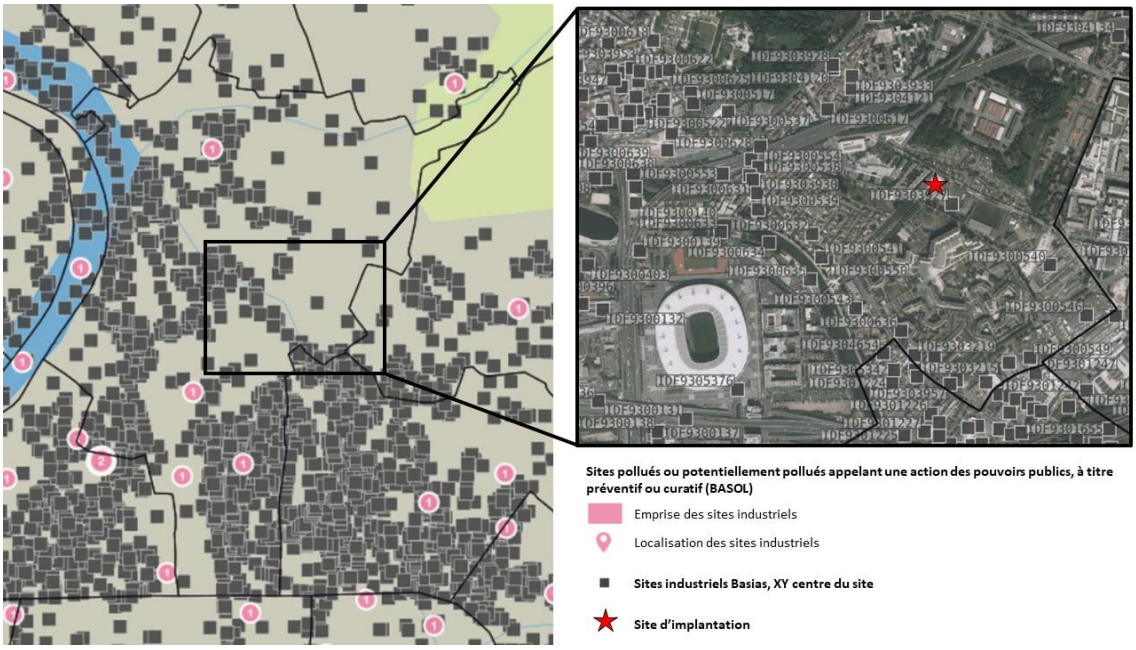


Figure 18 : Sites et sols pollués BASOL et anciens sites industriels et activités de service BASIAS à proximité du site (InfoTerre)

Les investigations de sol, réalisées sur le site en décembre 2021 et en février 2022 ont mis en évidence :

- La présence d'anomalies en métaux (cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, et mercure) et HAP entre 0 et 1 m de profondeur probablement en lien avec la mauvaise qualité des remblais présents en surface et apportés lors de l'aménagement du site ;
- La présence ponctuelle de plusieurs anomalies en hydrocarbures C10-C40.

Lors des travaux d'aménagement du site, il sera réalisé :

- un retrait des terres surfaciques, présentes au droit du terrain de football, pour éliminer les sources de contamination en place au sein des remblais d'apport et limiter les risques d'inhalation de composés semi-volatils (mercure et naphtalène), de contact cutané et d'ingestion de sol lors des travaux des avant-puits, caves de puits et de construction de la centrale.
- l'ensemble des terres retirées seront dirigées vers une Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDND) sous condition d'acceptation préalable de l'installation choisie,
- sur le reste du site, le retrait des terres ou un recouvrement de surface (apport de terres saines sur une épaisseur minimale de 30 cm) ou d'imperméabilisation des sols (enrobé ou dallage) permettra d'écarter les risques de contact cutané et d'ingestion de sol.

La majeure partie du territoire communal est affectée par le bruit routier ou ferroviaire. Les sources de bruit sont fortement localisées autour des principales infrastructures de transport : notamment au niveau des autoroutes A1 et A86, le long de voie ferrée et le long de certaines voiries secondaires. Les bâtiments sur le site devront respecter les normes d'isolement acoustique et phonique.

L'indicateur principal de gêne retenu par décret est l'émergence sonore, c'est-à-dire la différence entre le niveau de bruit ambiant (obtenu lorsque l'installation est en fonctionnement) et le niveau de bruit de fond résiduel (état initial avant présence de l'installation).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation se situe dans une zone à bruit global (indice Lden[1]) ne présentant pas de dépassements des seuils limites de bruits. Les niveaux de bruit cumulés sur la journée (Indice Lden) évalués aux abords du site sont compris entre 60 et 65 dBa. La nuit, les niveaux de bruit sont compris entre 50 et 55 dBa. Les niveaux de bruit ambiant sont importants en raison du trafic routier à proximité du secteur d'étude.

La comparaison entre le niveau de bruit résiduel et le niveau de bruit ambiant occasionné par l'appareil de forage (valeurs indicatives) montre une forte émergence aux abords du chantier liée à la machine de forage en journée (Cf. Figure 19). Le forage ayant aussi une activité de nuit (Cf. Figure 20), cette activité est susceptible d'être perçue pendant cette période. Durant la nuit les valeurs d'émergences sont plus importantes qu'en journée aux abords du chantier.

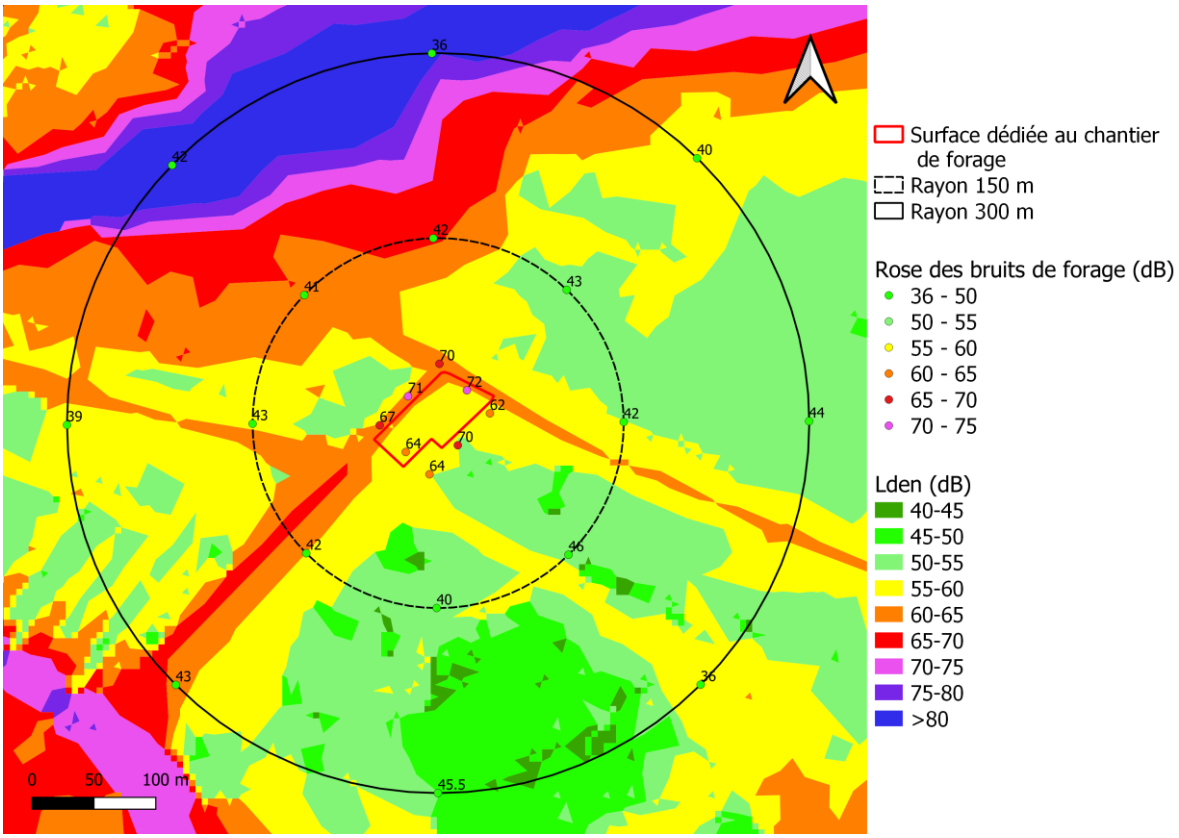


Figure 19: Rose des bruits du forage (points) avec la carte des relevés de bruit Indice Lden (BruitParif)

[1] *Indice Lden : moyenne des bruits mesurés la journée et la nuit avec une pondération pour le niveau sonore la nuit afin d'aboutir à une meilleure représentation de la gêne perçue par les riverains tout au long de la journée.*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

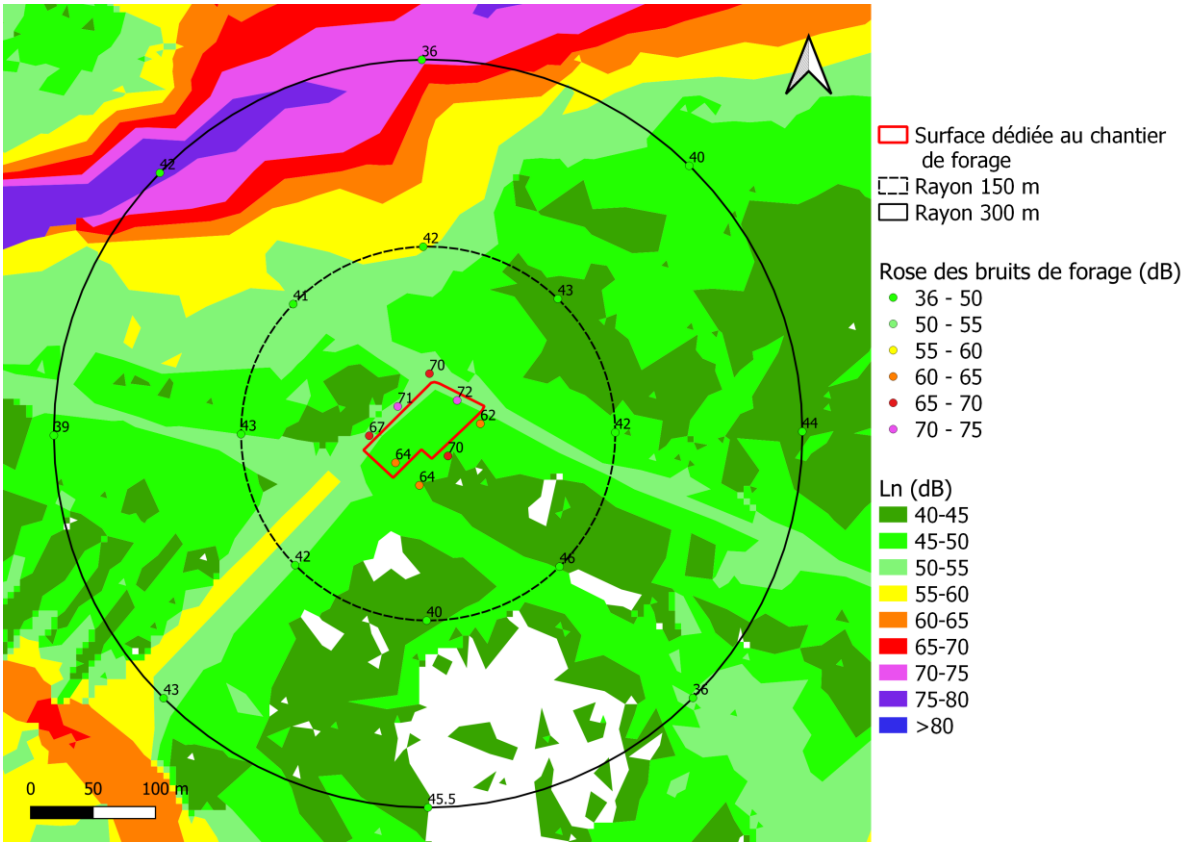


Figure 20: Indice Ln du bruit ambiant (source : BruitParif) et rose des bruits du forage

Compte tenu du contexte ambiant relativement calme du quartier, les valeurs d'émergence occasionnées par l'activité du chantier sont importantes en limite immédiate du chantier, en particulier la nuit. En revanche, au-delà de la limite immédiate du chantier (rayons de 150 et 300 m), il n'y aura pas d'émergence liée à la machine de forage. La gêne occasionnée concernera essentiellement les habitations à proximité et la chaufferie Biomasse, en particulier la nuit où les valeurs d'émergences sont plus importantes (jusqu'à 20 dB).

Des mesures seront donc nécessaires pour réduire le bruit aux abords du chantier afin de limiter l'impact sonore sur les habitations environnantes. Il conviendra donc de minimiser les transports de nuit et durant les jours de fin de semaine pour limiter les nuisances sonores liées à la logistique. Un mur anti-bruit sera installé en particulier le long du cours du ru de Montfort.

Des mesures (jour, nuit) du bruit ambiant avant le démarrage des travaux et des émergences sonores à différents points (site, entreprises) par un organisme de contrôle agrée seront appliquées. Des mesures seront le cas échéant mises en œuvre pour limiter le bruit émergent du chantier afin d'atteindre le plus bas niveau sonore qu'il est possible d'atteindre.

Pour ce qui concerne le recensement des impacts des travaux, on identifie durant la période de chantier :

- L'impact visuel sera surtout le fait du mât de forage qui aura une hauteur de 40 mètres environ. Une clôture provisoire atténuera l'impact visuel lié à la présence d'engins et de machines de forages sur le chantier vis-à-vis des piétons et riverains.
- Pour ce qui concerne l'environnement sonore, sans toutefois préjuger des effets de site (topographie, conditions météorologiques…), les niveaux sonores, aux abords des chantiers, sont compris entre 62 et 72 dB(A). Afin de limiter l'impact sonore du chantier la nuit, les activités les plus génératrices de nuisances sonores seront réalisées uniquement le jour dans la mesure du possible. La principale gêne

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

devrait être liée, le jour comme la nuit, aux chocs des tiges métalliques et au bip de recul des engins de chantier. Des mesures de réduction du bruit telles que la mise en place d'un mur anti-bruit le long du cours du ru de Montfort seront mises en place.

- Concernant la circulation routière, le maître d'ouvrage mettra en œuvre des mesures organisationnelles visant à réduire l'impact des travaux au voisinage du site. Une circulation moyenne de 4 camions par jour au cours des 91 jours de chantier de forage est estimée. Les phases d'installation et de repli du chantier, de livraison des tubages, d'évacuation des déblais, de tubage des puits, de cimentation et de diagraphie des puits auront une circulation moyenne de 7 camions par jour.
- Le périmètre des travaux, les cheminements piétons, les accès pour les véhicules légers seront entièrement sécurisés. L'accès au chantier sera interdit au public et les entreprises déclareront leurs travaux et établiront un Plan Particulier de Sécurité, de Prévention et de Santé (P.P.S.P.S).
- Pour ce qui concerne les sols et les eaux de surface, seront mis en place une surface en béton et enrobé imperméable ainsi que des bassins de stockage temporaire des effluents. Les eaux de ruissellement seront collectées par des caniveaux et conduites vers un bassin de décantation qui seront ultérieurement évacuées en centre de traitement. Les sols seront protégés durant les travaux par cette semelle en béton et enrobé imperméable.
- Le risque concernant le sous-sol est la possible contamination d'un aquifère par de l'eau géothermale. Des mesures prévues pour supprimer, réduire ou éviter la survenue d'un tel accident interviennent à trois niveaux : à la conception de l'ouvrage, lors de la réalisation de l'ouvrage, en cours d'exploitation et lors des contrôles périodiques dits réglementaires.

Les déchets et effluents produits pendant les travaux sont de plusieurs types : résidus de boue, cuttings, déchets industriels banals, déchets ménagers, déchets spéciaux, eau géothermale et de ruissellement. Le traitement de chaque catégorie de déchets se fera dans le respect de l'environnement et des règles en vigueur afin de supprimer tout impact nuisible du chantier.

Compte tenu des éléments précités, du contexte environnemental fortement urbanisé, et de la séparation entre le site d'implantation et les espaces naturels protégés (ZNIEFF, Natura 2000, etc.), il apparaît qu'il n'y aura pas d'impact des travaux sur ces espaces naturels. Concernant les nuisances sonores et le risque de dérangement pendant les périodes de nidification ou de migration de certaines espèces, le site n'est pas une zone favorable à la nidation notamment en raison d'un environnement urbain à fortes activités.

A l'intérieur de l'enveloppe des coûts de travaux, le Maître d'Ouvrage mettra en œuvre les mesures techniques et organisationnelles visant à réduire ou à supprimer l'impact des travaux de forage au voisinage du site. De plus, le Maître d'Ouvrage pourra également mettra en œuvre des mesures compensatoires visant à réduire ou à supprimer l'impact de l'exploitation de la boucle géothermale (Cf. Chapitre 0).

Pour ce qui concerne l'évaluation des effets permanents engendrés par le projet (Cf. Chapitre 5) :

- L'exploitation de la ressource en eau profonde du Dogger en circuit fermé, se fera sans nuisances sonore et olfactive, sans nuisance sur les eaux superficielles et souterraines.
- Compte tenu de la distance entre l'exploitation et les sites naturels ZNIEFF ou autres, il apparaît que l'exploitation du gîte géothermal sera sans impact sur ces sites naturels protégés.
- Les installations géothermales étant souterraines ou localisées en centrale, elles ne seront pas visibles ni accessibles au public.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- L'infiltration des eaux de pluie à la parcelle sera maintenue selon la configuration actuelle. Après la réalisation des travaux, le site sera réaménagé avec une remise en état avec les pelouses ou espace en terre, les alignements d'arbres et des voies piétonnes.
- Les démarches de demande d'autorisation ponctuelle de rejet dans le réseau d'eau pluviale et d'assainissement sont engagées auprès des Services Public d'Assainissement du Département et une convention de rejet particulière sera signée avec le gestionnaire du réseau.
- L'exploitation de la ressource en eau profonde du Dogger en circuit fermé se fera sans nuisances sonores, et sans nuisance sur les eaux superficielles et souterraines.
- Les opérations de maintenance n'engendreront pas ou peu d'impact sur la circulation routière.

Les aspects relatifs à la sécurité et à la santé pour la période des travaux, puis pour la période d'exploitation du gîte géothermal, sont traités dans le Chapitre 7. Le Maître d'Ouvrage élaborera un Plan Global de Coordination (PGC) pour la période des travaux, puis mettra à jour le Plan de Prévention et de Secours (PPS) spécifique à la phase d'exploitation du site (Cf. Annexe 8.11 et 8.12). Ces documents fixeront les principes et l'organisation relative à la sécurité et à la santé conformément au Code Minier, au Code du Travail, au Code de l'Environnement.

Le maître d'ouvrage prendra toutes les dispositions nécessaires pour organiser la mission de coordination de la sécurité et de la santé sur le site.

Les travaux de forage sont soumis au Règlement Général des Industries Extractives (RGIE), au décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 et au règlement de sécurité des travaux de recherche et d'exploitation par sondages des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux (décret n°62-725 du 27 juin 1962).

Les aspects de la protection du public durant le chantier seront abordés dans ce chapitre de par l'accès au public, la circulation des véhicules, les infrastructures et le bruit sur chantier, le stockage de produits divers et la production d'eau ou de gaz géothermaux. Les consignes de sécurité habituelles ainsi que les consignes spécifiques aux types de risques inhérents aux chantiers de forage de puits géothermiques seront respectées dans le cadre de la protection du personnel de chantier.

Des mesures de sécurité seront prises en cas de fuites pendant l'exploitation ou en cas de fuites sur les installations en surface de la boucle géothermale.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

RESUME DE L'ETUDE D'IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

Les présentes demandes d'autorisation de recherche de gîte géothermique au Dogger et d'autorisation d'ouverture de travaux miniers sont accompagnées d'une étude d'impact environnementale qui concernent la phase travaux et d'exploitation du projet. L'étude complète est disponible aux chapitres 4, 5 et 0.

Le présent dossier concerne le projet du SMIREC qui comprend la réalisation des équipements nécessaires au service public de production (forages géothermiques et centrale de production alimentée par la géothermie), de transport et de distribution de l'énergie nécessaire au chauffage et à l'eau chaude sanitaire de bâtiments du quartier du centre-ville d'Aubervilliers, de la ZAC du Port Chemin Vert et de la ZAC du Fort D'Aubervilliers.

Il s'agit d'un projet de création d'un doublet de géothermie profonde au Dogger couplé à des Pompes A Chaleur (PAC), associé à l'extension de 9 km du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (PCE) sur la ville d'Aubervilliers. Le projet permettra d'alimenter à terme 7 500 équivalents logements pour des besoins estimés à 52,7 GWh/an.

Cette production énergétique sera multi énergies avec la mise en œuvre du doublet de géothermie qui permettra de couvrir un minimum de 70% des besoins des bâtiments raccordés et environ 30% par la chaufferie au gaz naturel existante du site du Fort de l'Est.

Vue projetée du cours du ru de Montfort avec la centrale géothermique en premier plan et la cheminée de la chaufferie en second plan

Les engagements du projet en matière de développement durable sont les suivants :

- Engagement sur la production de chaleur à partir d'énergie renouvelable,
- Engagement sur les faibles émissions de gaz à effet de serre liées à l'alimentation du réseau de chaleur.

L'analyse initial du site et de son environnement a permis de dégager les principaux enjeux environnementaux. La synthèse de ces enjeux est décrite dans le tableau ci-après.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Domaines		Synthèse des enjeux de l'état initial	Enjeu	Sensibilité / Points de vigilance
Environnement physique	*Topographie et relief - Contexte climatique*	La zone d'étude se situe au sein de la plaine alluviale avec des altitudes comprises entre 170 et 30 m. Le climat est de type océanique peu dégradé.		Pas de sensibilité particulière. Le site est concerné par un aléa météorologique classique (tempête, orage etc).
	Hydrologie *Documents cadres du milieu aquatique* *Occupation des sols*	La Seine et le canal Saint-Denis sont situés à proximité. Les forages sont implantés en rive droite de la Seine. Un SDAGE et un SAGE sont en application sur l'aire d'étude. La zone d'étude est située dans un contexte très urbanisé et industrialisé. L'ancien ru de Monfort a été totalement canalisé.		Le projet ne devra pas aller à l'encontre des objectifs de qualité de la Seine ou du canal. Le projet devra être compatible avec les documents cadres du milieu aquatique. Le projet devra s'assurer de la bonne gestion des déblais/déchets et de la qualité des rejets aux réseaux.
	Pollution des sols	Le site se situe à 900 m du site BASOL le plus proche et est voisin du site BASIAS de la chaufferie Du Fort De l'Est. Le site montre des traces de pollution liés certainement à des remblais contaminés en métaux lourds et HAP.		Le décaissement et traitement des terres polluées au niveau zone de forage des puits pour la réalisation des avant-puits sera à minima nécessaire avant l'aménagement de la plate-forme.
	Population	Saint-Denis compte près de 112 000 habitants. Plusieurs établissements et habitations sont situés à proximité.		Le site est localisé au cœur d'une zone urbaine (habitations, écoles, lieux de culte…). Les travaux seront réalisés de manière à minimiser au maximum la gêne pour les riverains.
Environnement naturel	*Zones humides*	Le site se situe à 300 m d'une enveloppe d'alerte de zone humide de classe 3, et à 400 m environ de l'enveloppe en eau ou zone d'alerte de zone humide de classe 5 liée à la présence du canal Saint-Denis.		La conception des forages et de la plate-forme du chantier, les eaux de ruissèlement et les eaux rejetées au réseau d'assainissement par le chantier ne doivent pas permettre une pollution des eaux superficielles.
	Eaux de surface et souterraine	Le toit de la Nappe de l'Eocène se situe à environ 7 m de profondeur au droit du site. La nappe y est libre donc vulnérable en cas de pollution accidentelle. Le site n'est pas implanté dans un périmètre de protection de captages AEP.		
	Espaces verts et sensibles	Le site est situé à proximité d'un parc et de jardins familiaux identifiés comme des espaces constitutifs de la trame verte urbaine. Des alignements d'arbres sont présents sur le cours du ru de Montfort.		L'enjeu écologique sur le site d'implantation est faible. Une remise en état sera effectuée à la fin des travaux avec réimplantation des arbres, espaces en terre et pelouses utilisés pendant le chantier
	Espaces d'inventaires	La ZNIEFF la plus proche se situe à 1400 m environ du site, identifiée comme le parc départemental de La Courneuve. On note 3 ZNIEFF dans un rayon de 5 km.		Pas de sensibilité particulière.
	Espaces protégés	Un Réseau Natura 2000 est identifié sur la commune à 1 400 mètres du site d'implantation.		Pas de sensibilité particulière.
	Faune et Flore	Aucune espèce végétale protégée ou menacée n'a été recensée sur le site. Des espèces animales remarquables ont été recensées sur la Plaine Commune mais les habitats naturels sont trop fragmentés et peu nombreux pour constituer une trame verte et bleue fonctionnelle.		Pas de sensibilité particulière.
	Paysage	Le paysage est marqué par le développement urbain de la ZAC Bel Air Nord et du Franc-Moisin.		Pas de sensibilité particulière.
Environnement humain	*Bruit*	Le contexte urbain/industriel et la présence de voies de communication diverses (routes de catégorie 1), contribuent à faire de la zone un secteur à ambiance sonore marquée. Toutefois la présence d'habitations et de structure accueillant du public seront très proches du chantier.		Le projet devra respecter la réglementation en matière de nuisances acoustiques et mettre en place des mesures pour réduire les émergences sonores surtout en période nocturne.
	Qualité de l'air	La qualité de l'air est dégradée notamment à proximité des grands axes routiers. Elle est caractéristique du contexte très urbanisé de la commune.		En phase chantier il faudra veiller à limiter la pollution par les poussières et le dégagement d'hydrogène sulfuré.
	Patrimoine culturel ou historique	Aucun site inscrit ou classé n'est situé dans le périmètre d'étude. Plusieurs monuments historiques sont présents sur la commune, la zone de chantier se situe à la limite d'un périmètre de protection mais reste en dehors.		Pas de sensibilité particulière.
	Voies de communication	Le site d'implantation se situe entre 3 axes routiers importants que sont l'A86, l'A1 et la RN301. Les accès au site seront facilités.		En phase chantier, un plan de circulation et d'information devra être mis en place pour sécuriser les accès au chantier.
Risques	*Risques naturels*	Les nappes superficielles sont présentes à quelques mètres de profondeur. Le site est soumis à un risque de remontée de nappe fort, mais ne se situe pas en zone inondable par débordement de la Seine. Un PPRI et un PPRMT lié au retrait-gonflement des sols argileux ont été prescrits. Toutefois l'aléa lié aux sols argileux est faible. Les risques liés à la présence de cavités ou carrières souterraines, ou à la dissolution de gypse sont inexistants.		Le projet devra être compatible avec le PPRMT en vigueur.
	Risques technologiques	Le projet est hors de tout périmètre de PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques) approuvé. Le site SEVESO le plus proche de situe à environ 2600 m. Le site est situé à proximité de la chaufferie classée ICPE et de canalisations de gaz haute pression.		Il n'y aura pas de coactivité du chantier avec les activités de la chaufferie. Les servitudes liées à la présence des canalisations de gaz et de poste GRT Gaz seront respectées.
Outil de planification	Saint-Denis dispose d'un PLUi (commun avec les 8 autres communes) comprenant un plan local de l'habitat et un plan de déplacements urbains. (PADD, SCOT..). La commune fait partie de l'EPT Plaine Commune et du CDT Territoire de la Culture et de la Création.			Le projet devra être compatible avec les documents réglementaires et de planification urbaine. Le site est concerné par 3 SUP : I1 et I3 liés aux canalisations de gaz et T5 lié aux servitudes aéronautiques de dégagement. Pas d'OAP sur le site d'étude

Enjeu Faible
Enjeu Moyen
Enjeu Fort

Tableau 6: Résumé de l'état initial du site et des enjeux environnementaux

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le projet du SMIREC est soumis à évaluation environnementale ce qui permet de donner une vue d'ensemble des impacts globaux sur l'Environnement. Le projet dans sa globalité comporte l'Evaluation environnementale de trois volets : **la géothermie pour les ouvrages de sous-sol, la centrale géothermique pour les ouvrages de surface et le réseau de chaleur pour les ouvrages de distribution de la chaleur**. Ces trois thèmes présentent chacun des spécificités qui leurs sont propres.

Les effets représentatifs sont répartis en deux catégories :

- Les effets temporaires dus à la phase de travaux,
- Les effets permanents dus à la phase exploitation.

Les chaufferies classées ICPE, fonctionnant au gaz et biomasse, sur le site du Fort de l'Est existent déjà et sont exploitées actuellement par PCE dans le cadre de la DSP. Les impacts de ces deux unités de production en phase d'exploitation sont donc inexistants.

Les tableaux suivants reprennent pour chaque thème environnemental, les impacts attendus en phase chantier de la boucle géothermale, de la construction de la centrale géothermique et de la création du réseau de chaleur sur l'environnement selon la légende suivante.

Incidence positive
Incidence nulle
Incidence faible
Incidence négative

L'étude d'impact montre que les effets représentatifs sont essentiellement attendus en phase chantier. Le projet global aura une incidence réduite et de courte durée sur son environnement avec des :

- Nuisances visuelles et sonores dues au mat de forage, engins de chantier et aux travaux de manière générale,
- Émissions dans l'air de poussières et de gaz d'échappement et géothermaux,
- Perturbations sur les voies de communications dues au trafic du personnel et des engins de chantier,
- Production de déchets de tout type ; ordures, dangereux ou non, déblais et eau géothermale,
- Vibrations dues aux engins de chantier et aux travaux de manière générale,
- Perturbations sur le sol dues aux terrassements et l'aménagement de la plate-forme,
- Risques de pollutions accidentelles,
- Risques liés aux inondations, tempêtes et événements climatiques extrêmes.

A noter que les émissions de gaz à effet de serre inhérentes au trafic de véhicules et d'engins de chantier seront réduites par le respect de bonnes pratiques (coupures moteurs, plans de circulation, entretien régulier des engins de chantier…). Les effets négatifs résiduels de la phase travaux seront compensés par les impacts positifs de la phase d'exploitation du projet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effets de la géothermie en phase chantier	Incidence
Urbanisme	Le chantier s'inscrit dans la ZAC Bel Air /Franc Moisin et le cours du ru de Montfort utilisé comme voies piétonnes et terrains de loisirs. Des conventions d'accès et de mise à disposition du terrain seront nécessaires. Le chantier aura un impact positif sur le dynamisme économique de l'agglomération (restauration, hotellerie).	Aucune
Trafic	La fluidité du trafic local sera altérée par le passage des camions. Les riverains seront tenus informés et un plan de circulation mis en place aux abords du chantier. Un total de 430 camions est attendu pour le forage du doublet.	Négative
Impact visuel	La machine de forage d'une hauteur de 40 m environ génèrera des nuisances visuelles temporaires de courte durée.	Faible
Bruit	Les travaux respecteront les zones d'émergences règlementées en matière de bruit. Le projet prévoit la mise en place d'un mur anti-bruit, une isolation des moteurs et des groupes électrogènes ou éléments bruyants, une disposition particulière des bungalows et des mesures de bruit pendant le chantier.	Négative
Air	Le passage des engins de chantier et les machines pourront émettre des poussières. Le projet prévoit la mise en place d'une plateforme en grave ciment perméable et le maintien de la propreté du chantier. Le trafic routier et le forage du doublet engendreront des émissions de CO2 évaluées à 1048 tonnes eq.Carbone.	Négative
Déchets	Les travaux seront générateurs de déblais de forage et de terrassement. Les terres polluées autour des caves de puits et la future centrale seront enlevées et envoyées en ISDND ce qui aura un impact positif sur l'état final du site. Le projet prévoit le traitement des boues de forage, le traitement en filière agréée ainsi que le tri sélectif. Le personnel de chantier sera sensibilisé et formé. Les déchets dangereux feront l'objet d'un bordereau de suivi. La gestion des déchets garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique.	Faible
Risques naturels	Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes Vigicrue ainsi qu'une mesure du vent pour anticiper si besoin le repli des engins voire l'arrêt du chantier.	Faible
Risques technologiques	Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence de la chaufferie ICPE à proximité et des canalisations enterrées. Les accès aux installations de la chaufferie seront conservées sans co-activité et les réseaux existants préservés. Un gaz dangereux (H2S) pourra être émis lors des essais de fin de forage. Le projet prévoit la mise en place de plusieurs dispositifs de sécurité, de circulation et d'organisation sur le chantier (détecteur, PPSPS, BOP...) et à la conception du doublet (forage à l'avancement, tubage par phase, contrôle boue...).	Faible
Patrimoine	Le chantier n'entrainera pas un phénomène de covisibilité avec certains monuments historiques à proximité, notamment via le mât de forage.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le chantier ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées. L'emprise du chantier renferme une faune et une flore commune des zones fortement anthropisées et donc adaptées au milieu urbain. Les platanes remarquables seront conservés aux abords du chantier. Le chantier sera toutefois source d'arrachage de végétation (13 arbres abattus et 14 arbres transplantés). Aucun espace naturel sensible n'est déclaré dans les environs du chantier. Après les travaux, les arbres abattus et transplantés seront replantés et les espaces en terre remis en état.	Faible
Sol	A noter qu'en phase préparatoire du chantier, les terrains pollués du site seront retirés et envoyés en centre de traitement adapté. L'architecture des forages et l'organisation du chantier permettra d'éviter tout transfert de pollution vers le sol. Un bloc d'obturation des puits au niveau des têtes des puits et des kits antipollution seront prévus afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle. Les travaux de terrassements nécessaires auront un impact négligeable. Le site et ses accès seront remis en état à l'identique à l'issue des travaux.	Faible
Santé et sécurité	Les rejets de polluants dans l'air seront négligeables par rapport à ceux actuellement générés dans la zone d'étude (autoroute). L'accès au chantier sera interdit au public et éclairé 24h/24. Les travaux de forage ne seront pas émetteurs de vibrations intenses. Des dispositifs de sécurité et un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé seront mis en place et les riverains seront informés. Le projet n'engendrera pas de chaleur, radiation, vibrations et d'émissions lumineuses significatives sur le milieu extérieur.	Aucune
Climat et énergie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables. Le projet prévoit une surveillance des alertes inondation et des épisodes de pluies intenses.	Faible
Eau	Le site est situé hors périmètre de protection de captage AEP. La consommation d'eau potable et les rejets aux réseaux pendant le chantier seront négligeables. La ressource visée étant située à l'horizon du Dogger, plusieurs aquifères seront traversés et seront susceptibles d'être pollués. Le projet mettra en place une méthodologie de forage, un contrôle continu des boues de forage et une gestion des eaux de ruissellement afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle des eaux souterraines. Le chantier pourra engendrer une pollution accidentelle des eaux de surface via les boues de forage, les eaux de ruissellement, géothermales ou des produits polluants. Le projet mettra en place le stockage des produits dangereux sur rétention, le stockage des boues en bacs étanches, la gestion des eaux de ruissellement via une plate-forme ceinturée par un dispositif de caniveaux ou merlon qui collectera les eaux de ruissellement. La totalité de ces eaux sera dirigée vers le bassin de décantation via un déshuileur / débourbeur. Les eaux géothermales pompées lors des essais des puits seront rejetées au réseau d'eaux usées et seront autorisées par une convention de rejet temporaire.	Faible
Cumul avec d'autres projets	En phase chantier, des effets cumulés avec les travaux réalisés sur le réseau de chaleur pourront se cumuler. Les effets seront ceux sur le sol, l'air, les nuisances sonores, sur le trafic et la circulation des engins de chantier et la production de déchets de chantier. Des mesures adaptées seront prises pour compenser ces effets, telles que l'information des riverains, la mise en place de plans de sécurité et de circulation et de traitements des déchets.	

Tableau 7 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effets de la boucle géothermale en phase d'exploitation	Incidence
Urbanisme	Une zone interdisant toute construction sera garantie autour des puits. Les têtes de puits seront délimitées au sol et une zone de servicing de l'ordre de 1100 m² figée autour des puits. Le projet n'aura pas d'impact permanent sur la population.	Aucune
Trafic	En phase exploitation le projet n'aura pas d'impact significatif sur les voies de communication. Le trafic routier lié à la livraison, l'expédition de matériaux produits sur site sera limité aux activités de l'exploitant et de la future centrale. Les travaux de maintenance seront ponctuels et limités dans le temps et ne seront pas susceptibles de perturber le trafic.	Aucune
Impact visuel	Le projet aura une intégration paysagère similaire à l'existant et respectera la vocation récréative du site. Les têtes de puits et les canalisations n'entraineront pas d'effets de covisibilité et seront enterrées.	Aucune
Bruit	Le projet ne constitue pas de source de bruit en phase d'exploitation car les ouvrages seront enterrés. Les travaux de maintenance occasionnels et de courte durée respecteront les zones à émergences règlementées et les horaires de chantier en journée et hors w-e.	Aucune
Air	La fraction gazeuse de l'eau du Dogger est présente en quantités constantes et faibles. La boucle fonctionnera de manière fermée à une pression supérieure au point de bulle de l'eau pour éviter tout dégazage. Les travaux de maintenance engendreront un trafic routier faible et de courte distance. Le projet n'aura pas d'effet significatif sur la qualité de l'air en phase exploitation.	Aucune
Déchets	En phase exploitation, le projet génèrera principalement des déchets non dangereux et des rejets ponctuels d'eau géothermale au réseau. Les déchets des opérations de maintenance seront envoyés vers des filières de traitement appropriées.	Faible
Risques naturels	En cas d'alerte inondation notamment par remontée de nappe, toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes. La localisation enterrée de la boucle géothermale rend le projet non vulnérable aux phénomènes climatiques extrêmes comme les canicules ou les épisodes de grand froid. Les installations enterrées ou les têtes de puits sont étanches et résistantes à toute submersion.	Aucune
Risques technologiques	Des risques technologiques existeront via les fluides géothermaux. Le projet prévoit la mise en place de dispositifs de contrôle et de sécurité d'exploitation.	Aucune
Patrimoine	En phase exploitation, le projet n'aura pas d'impact négatif sur le patrimoine culturel et archéologique ni avec des monuments inscrits ou classés au titre des monuments historiques.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le projet n'entraine pas de consommation d'espaces naturels compte tenu de l'état initial du site. Les arbres et espaces en terre/sable enlevés pendant le chantier de forage seront replantés ou réhabilités. Les effets du projet en boucle fermée sont nuls sur les espaces naturels.	Aucune
Sol	Le projet n'aura pas d'effet sur le sol et le sous-sol en phase exploitation. L'emprise au sol sera réduite à l'existant à une surface permettant les opérations de maintenance. Pendant la maintenance, des mesures de protection des sols seront mises en place de manière à éviter toute pollution accidentelle due au stockage de matériaux dangereux et polluants, telles que le stockage des produits polluants sur rétention et la mise en place de bâche géotextile.	Aucune
Santé et sécurité	Les accès aux têtes de puits seront contrôlés et réservés au personnel habilité. L'entretien et le suivi des ouvrages seront réalisés dans le respect des règles de sécurité. Le projet n'engendrera pas de chaleur, radiation, vibration et d'émission lumineuse significatives sur le milieu extérieur.	Aucune
Climat et énergie	En phase exploitation, le projet permettra de limiter les coûts d'énergie via l'utilisation d'une ressource renouvelable et locale. La production géothermale à Saint-Denis permettra de nouveaux raccordements et garantira sur le long terme la réduction des émissions de gaz à effets de serre dues au chauffage. Les puits et la canalisation étant en souterrain, le projet sera peu vulnérable au changement climatique en phase exploitation.	Positive
Eau	Le site est alimenté en eau potable et les eaux de ruissèlement collectées dans le réseau d'eaux pluviales de la ville. Les eaux soutirées seront intégralement réinjectées dans le milieu d'origine. L'architecture des forages assurera leur étanchéité et les ouvrages feront l'objet d'une surveillance de manière à éviter tout risque de pollution vers le milieu extérieur. Pour contrer tout risque de pollution accidentelle des eaux de surface pendant les opérations de maintenance et par les eaux géothermales, des mesures de contrôle continu et de stockage des produits polluants sur rétention et des bâches seront mis en place. Pendant les phases de maintenance, de l'eau géothermale pourra être rejetée au réseau d'eau usée mais respectera la convention de rejet et les prescriptions du gestionnaire du réseau.	Faible
Cumul avec d'autres projets	En phase exploitation, le fonctionnement du doublet aura des effets cumulés avec ceux de la centrale et du réseau de chaleur.	

Tableau 8 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase d'exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet de la centrale géothermique en phase chantier	Incidence
Urbanisme	La centrale sera construite aux normes pour respecter le PLU en vigueur. Celle-ci reposera sur un dessin simple de ses volumes et de ses matériaux. Afin de limiter les impacts visuels du projet, l'emploi de matériaux nobles, sains et durables est privilégié qui auront l'avantage de perdurer dans le temps. Le bâtiment sera discret pour un usage collectif. Un local sera dédié au public pour des ateliers et des expositions.	Aucune
Trafic	Pendant les travaux de la centrale, la fluidité du trafic local sera altérée par le passage de camions et de véhicules de chantier. Les riverains seront tenus informés et un plan de circulation mis en place aux abords du chantier.	Faible
Impact visuel	La centrale atteindra 6,5 m de haut. Des engins de chantier, bras grue, chariot élévateur seront présents pendant les travaux.	Faible
Bruit	Les travaux seront sources d'émissions sonores ponctuelles qui ne dépasseront pas les niveaux d'émergence admissibles. Les nuisances seront limitées dans le temps. La limitation des horaires de travail en journée et hors week-end sera imposée.	Faible
Air	Le trafic routier et les engins engendreront des émissions de poussières et de gaz d'échappement. En phase travaux, les chaussées et les déblais pourront être arrosés pour limiter l'envol de poussières. Le chantier sera balayé et nettoyé régulièrement.	Faible
Déchets	La gestion des déchets sur chantier garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique. Tous les déchets produits lors du chantier seront triés, collectés et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et informé.	Faible
Risques naturels	Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes inondations et de pluies exceptionnelles ainsi qu'une mesure du vent pour anticiper si besoin le repli des engins voire l'arrêt du chantier. Une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles sera réalisée avant la construction des fondations de la centrale.	Faible
Risques technologiques	La construction du bâtiment ne présente aucun risque technologique. Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence d'ICPE à proximité et le poste GRT Gaz. Les accès à la chaufferie du Fort de l'Est seront conservés de manière à ne pas créer de co-activité avec le chantier de la centrale.	Faible
Patrimoine	La zone du projet est hors secteur sauvegardé et aucun monument historique classé n'est à proximité. Il n'y aura pas de co-visibilité entre les monuments et le projet notamment avec les engins et grue de chantier.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le site ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées. Aucun espace naturel sensible ni espèces remarquables ne sont déclarés dans les environs.	Aucune
Sol	La réalisation d'une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 et mesures de portance pour la future centrale sont en cours. Lors du raccordement hydraulique des nouveaux puits, une canalisation enterrée sera réalisée. Une détection des réseaux existant sur le site a déjà été réalisée. Toutes les mesures de sécurité seront prises pour éviter tous risques de pollution accidentelle.	Faible
Santé et sécurité	Des dispositifs de sécurité et un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé seront mis en place et les riverains seront informés. Le projet n'engendrera pas de chaleur, radiation, vibrations et d'émissions lumineuses significatives sur le milieu extérieur.	Aucune
Climat et énergie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur ou de gaz à effet de serre générées par les engins sur le chantier seront négligeables.	Faible
Eau	Le chantier sera alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable et relié au réseau EP pour les eaux de ruissèlement. Le chantier n'atteindra pas les nappes d'eaux superficielles ou souterraines.	Faible
Cumul avec d'autres projets	Les travaux de la centrale géothermique (bâtiment, process..) n'auront pas d'effets cumulés avec les travaux de forage car ils auront lieu après. Toutefois des effets cumulés avec les travaux réalisés sur le réseau de chaleur pourront se cumuler.	

Tableau 9 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux de la centrale en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet de la centrale géothermique en phase d'exploitation	Incidence
Urbanisme	Le projet du SMIREC s'inscrit dans la ZAC Bel-Air nord dans laquelle sont présent des équipements d'enseignement et des habitations. Depuis 1963, le site de production du Fort de l'Est est dédié au chauffage urbain. Une partie du site du cours du ru de Montfort sera dédié à la centrale géothermique mais gardera sa vocation d'origine récréative, de loisirs et ses voies piétonnes. Le bâtiment sera discret pour un usage collectif. Un local sera dédié au public pour des ateliers et des expositions.	Aucune
Trafic	Le trafic lié au fonctionnement du site est celui du personnel de la chaufferie, des entreprises extérieures et des visiteurs. Le site est déjà desservi par un accès et un réseau routier existant et suffisamment dimensionné.	Aucune
Impact visuel	La centrale atteindra 6,5 m de haut. Afin de limiter les impacts de la future centrale, l'architecture simple et l'emploi de matériaux nobles, sains et durables a été privilégié. Le choix des couleurs et sujétions de façades sont encore à discuter avec la municipalité.	Négative
Bruit	Les chaudières, les pompes et les échangeurs sont implantés à l'intérieur des bâtiments. La future centrale fera l'objet d'une étude acoustique spécifique qui validera les dispositions constructives qui permettront de respecter les niveaux de bruit et émergence autorisés : dimensionnement des silencieux et niveaux d'affaiblissement acoustique des matériaux.	Aucune
Air	La géothermie est privilégiée et les chaudières gaz sont utilisées en complément de la géothermie (lorsque la géothermie ne répond pas aux besoins en totalité). Aucun rejet dans l'atmosphère ne sera imputable à la centrale géothermique. Les rejets des chaufferies existantes sont déjà contrôlés dans le cadre de la réglementation ICPE.	Aucune
Déchets	Les déchets issus du site sont essentiellement de type déchets banals et ordures ménagères. Les opérations de maintenance ou de modernisation des équipements peuvent générer des déchets dangereux. Les déchets sont traités en filière agréée en fonction de leur typologie.	Faible
Risques naturels	Le site est exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Tous les équipements seront sécurisés vis-à-vis du risque inondation. Une étude de portance et de structure pour les tassements différentiels des sols et le bâti aura été réalisée en amont de la construction.	Aucune
Risques technologiques	Compte-tenu des dispositions constructives et mesures de prévention / protection prévues, aucune mesure compensatoire supplémentaire n'est nécessaire pour éviter tout effet sur le voisinage en cas d'accident.	Aucune
Patrimoine	Aucun monument historique n'étant implanté dans un rayon de 500 m autour du site, il n'y a pas de risque de co-visibilité avec les monuments historiques.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le site ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées. Aucun espace naturel sensible ni espèces remarquables ne sont déclarés dans les environs.	Aucune
Sol	Toutes les mesures de sécurité sont prises pour éviter toute éventuelle pollution ou accident par des matériaux dangereux sur le site.	Aucune
Santé et sécurité	Des plans de prévention et de sécurité seront mis en place sur l'installation et des mesures de contrôles seront faites régulièrement. Les accès aux locaux techniques sont contrôlés et réservés au personnel habilité.	Aucune
Climat et énergie	L'alimentation du réseau de chaleur en ENR atteint environ 70% et permet d'éviter 7500 tonnes de CO_2 par an.	Positive
Eau	Le site est alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable. Son fonctionnement sera à l'origine : -d'une consommation en eau pour les besoins sanitaires et de lavage -des rejets suivants : *eaux pluviales de toiture rejetées au réseau public d'eaux pluviales, *eaux pluviales de voiries traitées par séparateur d'hydrocarbures et rejetées au réseau public d'EP, *eaux usées sanitaires et de lavage rejetées au réseau public d'EU. Aucun rejet n'ira directement dans le milieu naturel.	Faible
Cumul avec d'autres projets	En phase exploitation, le fonctionnement de la centrale géothermique aura des effets cumulés avec ceux du doublet géothermique et du réseau de chaleur.	

Tableau 10 : Synthèse des effets sur l'environnement de la centrale en phase d'exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet du réseau de chaleur sur l'environnement en phase chantier	Incidence
Urbanisme	Le projet s'inscrit dans le projet urbain de Plaine Commune et permettra de raccorder au réseau de chaleur le centre-ville d'Aubervilliers et les ZAC Port Chemin Vert et du Fort d'Aubervilliers.	Positive
Trafic	Le projet implique la réalisation d'un linéaire important de réseaux sous voirie. Il reste aujourd'hui environ 5 km de réseaux à créer. Un schéma de circulation des engins de chantier est prévu pour s'adapter aux différentes phases des travaux et limiter au mieux la gêne sur la circulation automobile. Le trafic routier supplémentaire lié à la livraison et l'expédition des matériaux sur chantier restera limité.	Négative
Paysage et impact visuel	Le projet prend place dans un secteur fortement urbanisé. Le temps de travaux, les barrières de chantier, engins, remblais et matériel impacteront le paysage et la qualité de vie des riverains.	Faible
Bruit	Les nuisances sonores seront limitées dans le temps. Les horaires de chantier seront limitées en journée et en semaine. Aucun travaux ne sera réalisé en période nocturne et en fin de semaine et jours fériés. La gestion du bruit sera mise en place avec une programmation des engins les plus bruyants, des horaires aménagés et une réduction du temps d'utilisation des équipements bruyants.	Faible
Air	Les travaux sur les tranchées ou chaussées génèreront des poussières et les engins de chantier des gaz d'échappement. L'arrosage et l'humidification des déblais et le balayage permettront de limiter l'envol de poussières.	Faible
Déchets	La gestion des déchets, en phase travaux garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique. Tous les déchets produits lors de la phase chantier seront triés, collectés régulièrement et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et formé. Les déchets dangereux feront l'objet d'un bordereau de suivi.	Faible
Risques naturels	Le projet sera réalisé selon les prescriptions constructives applicables à chaque zone. Le plan de prévention des risques de mouvements de terrains sera respecté et notamment les zones délimitées par les poches dissolution du gypse anté-ludien. En cas de pluies intenses ou d'alerte inondation par remontée de nappe, les tranchées seront remblayées et toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes.	Faible
Risques technologiques	Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence de nombreuses canalisations enterrées (électricité, assainissement et de gaz…). Les demandes de renseignements DT DICT ont été réalisées et les précautions seront prises pour ne pas endommager les réseaux existants.	Faible
Patrimoine	La zone du projet est hors du secteur faisant l'objet du plan de sauvegarde et de mise en valeur. Certains tronçons seront concernés par les périmètres de protection de monuments historiques classés ou sites remarquables d'Aubervilliers (Eglise Notre Dame des Vertus et Ancienne Manufacture d'allumette).	Faible
Faune et Flore et zones naturelles	Le tracé retenu est en zone urbaine uniquement, il n'y aura pas d'impact sur la flore et les habitats naturels.	Aucune
Sol	Le projet du réseau ne constitue pas une source de pollution de sols. Toutes les mesures de sécurités seront prises pour éviter toute éventuelle pollution accidentelle. Les sols seront modelés et excavés le temps des travaux. Les voiries et les chaussées seront ensuite remises en état.	Faible
Santé et sécurité	Des plans de prévention, de sécurité et de circulation seront mis en place. Les chantiers seront balisés et leur accès interdit au public et riverains.	Aucune
Climat et Energie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur ou de gaz à effet de serre générées par les engins sur le chantier seront négligeables.	Faible
Eau	Le projet sur le réseau n'atteindra pas les nappes d'eaux souterraines (faible profondeur d'enfouissement). Toutefois l'infiltration des eaux de pluie dans le sol sera modifiée par l'ouverture des tranchées. Sur la commune d'Aubervilliers, aucun captage pour l'alimentation en eau potable n'est présent.	Faible
Cumul avec d'autres projets	La réalisation du réseau de chaleur sera établie en plusieurs tranches après les travaux d'aménagements des différentes ZAC dans la zone du projet. Les travaux s'étendront jusqu'à fin 2023 et des effets pourront se cumuler soit avec les travaux réalisés sur les puits de géothermie soit les travaux de construction de la centrale.	

Tableau 11 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet du réseau de chaleur sur l'environnement en phase d'exploitation	Incidence
Urbanisme	S'agissant d'ouvrages enterrés ne donnant pas lieu à la mise en place de servitudes d'utilité publique, aucun effet sur l'urbanisme n'est attendu. Outre les routes et accès de domaine public, certains tronçons seront en domaine privé.	Aucune
Trafic	Des travaux de maintenance pourront être réalisés sur le réseau pendant son exploitation de manière très ponctuelle. Le trafic routier supplémentaire lié à la maintenance restera limité. Les canalisations et équipements étant enterrés, aucun effet sur le réseau routier n'est attendu en phase de fonctionnement.	Aucune
Paysage et impact visuel	Le projet prend place dans un secteur fortement urbanisé. Les canalisations sont enfouies, il n'aura aucun impact visuel. Les revêtements des surfaces respecteront le cadre réglementaire et auront été remis en état.	Aucune
Bruit	Aucun effet sur les niveaux sonores n'est attendu en phase de fonctionnement du réseau.	Aucune
Air	Le projet de réalisation du réseau de chaleur, via la mise en place de canalisations enterrées de transport d'eau chaude, ne sera pas à l'origine d'émissions atmosphériques.	Aucune
Déchets	Aucun déchet n'est attendu en phase de fonctionnement du réseau.	Aucune
Risques naturels	En cas d'alerte inondation notamment par remontée de nappe, toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes. La localisation enterrée du réseau rend le projet non vulnérable aux phénomènes climatiques extrêmes comme les canicules ou les épisodes de grand froid. Les installations enterrées sont étanches et résistantes à toute submersion.	Aucune
Risques technologiques	Des risques technologiques existeront lors de fuites d'eau sur le réseau. Le projet prévoit la mise en place de dispositifs de contrôle et de sécurité d'exploitation.	Aucune
Patrimoine	Aucun impact n'est attendu sur le patrimoine culturel ou historique pendant la phase de fonctionnement. Le réseau étant souterrain, il n'y aura pas de co-visibilité entre les monuments historiques et le projet.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Aucun effet sur le patrimoine naturel n'est attendu en phase de fonctionnement.	Aucune
Sol	Aucune surface imperméabilisée supplémentaire ne sera créée par rapport à la situation existante. Les tranchées réalisées pour la mise en place du réseau de chaleur ne modifieront pas la topographie des sites traversés et seront remises en état.	Aucune
Santé et sécurité	Aucun effet sur les populations et leur santé n'est attendu en phase de fonctionnement.	Aucune
Climat et Energie	L'alimentation du réseau de chaleur en ENR atteint environ 70% et permet d'éviter 7500 tonnes de CO_2 par an. Les abonnés bénéficieront de tarifs préférentiels pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.	Positive
Eau	S'agissant de canalisations enterrées sous des surfaces déjà imperméabilisées pour la plupart, aucun impact n'est attendu sur l'écoulement et la qualité des eaux pluviales.	Aucune
Cumul avec d'autres projets	En phase exploitation, le fonctionnement du réseau de chaleur aura des effets cumulés avec ceux du doublet géothermique et de sa centrale de production.	

Tableau 12 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le chantier de la centrale géothermique n'ayant pas lieu en même temps que le chantier des puits de géothermie, les effets de la phase chantier de la géothermie et de la centrale ne se cumuleront pas sur la zone.

Les effets pouvant se cumuler seront donc :

- **Phase chantier : géothermie ou construction de la centrale avec ceux du réseau de chaleur,**
- **Phase d'exploitation : géothermie, centrale et réseau de chaleur**.

En phase chantier :

- **Le projet global aura une incidence réduite et de courte durée sur son environnement,**
- **Les effets cumulés seront liés aux thèmes suivants :**
  - **« Trafic » : altération de la fluidité du trafic près du chantier.**
  - **« Impact visuel » : nuisances dues au mat, aux engins de chantier et aux travaux de manière générale ;**
  - **« Bruit » : nuisances sonores dues aux engins de chantier et aux travaux de manière générale.**
  - **« Air » : émissions de poussières et gaz à effet de serre,**
  - **« Déchets » : déchets produits ou à envoyer en centre agréés,**
  - **« Risques naturels » : inondation, tempête, évènements climatiques extrêmes,**
  - **« Risques technologiques » : canalisations/réseaux enterrées et chaufferie existants,**
  - **« Sols » : travaux en sous-sol et risque de pollution accidentelle,**
  - **« Climat et énergie » : vulnérabilité aux conséquences du changement climatique,**
  - **« Eau » : rejets au réseau d'assainissement de la ville.**

En phase exploitation :

- **Le fonctionnement du doublet géothermique, de la centrale et du réseau de chaleur auront des effets cumulés très réduits sur l'Environnement.**
- **Le projet aura une incidence réduite cumulée sur la production de déchets et d'eaux à traiter par le réseau public ou les filières de traitement.**
- **Les effets positifs sont attendus sur le climat et l'énergie où la géothermie sera privilégiée et les consommations en énergie et émissions de gaz à effet de serre réduites.**

Les tableaux suivants permettent d'analyser le niveau d'impact cumulé en phase chantier et en phase d'exploitation.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Géothermie ou boucle géothermale (phase chantier)	Incidence	Centrale géothermique (phase chantier)	Incidence	Réseau de chaleur (phase chantier)	Incidence	Impact cumulé
Urbanisme	-		-		Le projet permettra de raccorder de nouveaux quartiers au réseau.		NON
Trafic	La fluidité du trafic local sera altérée par le passage des camions. Les riverains seront tenus informés et un plan de circulation mis en place.		Pendant les travaux la fluidité du trafic local sera altérée aux abords du site.		Le projet implique la réalisation d'un linéaire important de réseaux sous voirie.		**OUI**
Paysage Impact visuel	La machine de forage d'une hauteur de 40 m environ génèrera des nuisances visuelles temporaires de courte durée.		Des engins de chantier et bras grue pourront générés de faibles nuisances visuelles de courte durée.		Le temps de travaux, les barrières de chantier, engins, remblais et matériel impacteront le paysage.		**OUI**
Bruit	Le projet prévoit la mise en place d'un mur anti-bruit, une isolation des moteurs et des groupes électrogènes, une disposition particulière des bungalows et des mesures de bruit		La limitation des horaires de travail en journée et hors week-end sera imposée.		La limitation des horaires de travail en journée et hors week-end sera imposée.		**OUI**
Air	Le passage des engins de chantier et les machines pourront émettre des poussières. Le trafic routier et le forage du doublet engendreront des émissions évaluées à 1048 tonnes eq.Carbone.		Le trafic routier, les engins et le personnel engendreront des émissions de gaz d'échappement et des poussières.		Le trafic routier, les engins et le personnel engendreront des émissions de gaz d'échappement et des poussières.		**OUI**
Déchets	Les travaux seront générateurs de déblais de forage et de terrassement. Le projet prévoit le traitement en filière agréée ainsi que le tri sélectif. Les déchets dangereux feront l'objet d'un bordereau de suivi.		Tous les déchets produits lors du chantier seront triés, collectés et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et informé.		Tous les déchets produits lors du chantier seront triés, collectés et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et informé.		**OUI**
Risques naturels	Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes inondation et du vent pour anticiper si besoin le repli des engins voire l'arrêt du chantier.		Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes inondation et du vent. Une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles sera réalisée avant la construction des fondations de la centrale.		Les prescriptions constructives applicables à chaque zone seront respectées. En cas de pluies intenses ou d'alerte inondation par remontée de nappe, les tranchées seront remblayées et des mesures prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes.		**OUI**
Risques technologiques	Un gaz dangereux (H2S) pourra être émis lors des forages notamment lors des essais. Le projet prévoit la mise en place de plusieurs dispositifs de sécurité, de circulation et d'organisation sur le chantier (détecteur, PPSPS, BOP...) et à la conception du doublet (forage à l'avancement, tubage par phase, contrôle boue...).		Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence d'ICPE à proximité et le poste GRT Gaz. Les accès à la chaufferie du Fort de l'Est seront conservés de manière à ne pas créer de co-activité et le chantier de la centrale.		Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence de nombreuses des canalisations enterrées Les précautions seront prises pour ne pas endommager les réseaux existants.		**OUI**
Patrimoine	-		-		Certains tronçons seront concernés par les périmètres de protection de monuments historiques classés ou sites remarquables d'Aubervilliers		**NON**
Impact faune flore	Les platanes remarquables seront conservés. Le chantier sera toutefois source d'arrachage de végétation (13 arbres abattus et 14 arbres transplantés). Après les travaux, les arbres abattus et transplantés seront replantés et les espaces en terre remis en état.		-		-		**NON**
Sol	A noter qu'en phase préparatoire du chantier, les terrains pollués du site seront retirés et envoyé en centre de traitement adapté. L'architecture des forages et l'organisation du chantier permettra d'éviter tout transfert de pollution vers le sol. Un bloc d'obturation des puits au niveau des têtes des puits et des kits antipollution seront prévus afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle. Le site et ses accès seront remis en état à l'identique à l'issue des travaux.		La réalisation d'une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 et mesures de portance pour la future centrale seront réalisées. Lors du raccordement hydraulique des nouveaux puits, une canalisation enterrée sera réalisée. Toutes les mesures de sécurité seront prises pour éviter une éventuelle pollution.		Les sols seront modelés et excavés le temps des travaux. Toutes les mesures de sécurités seront prises pour éviter toute éventuelle pollution accidentelle. Les voiries et les chaussées seront ensuite remises en état.		**OUI**
Santé	-		-		-		
Climat et énergie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables. Le projet prévoit une surveillance des alertes inondations et des épisodes de pluies intenses.		Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables.		Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables.		**OUI**
Eau	La consommation d'eau potable et les rejets aux réseaux seront négligeables. Le projet met en place une méthodologie de forage, un contrôle continu des boues de forage et une gestion des eaux de ruissellement afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle des eaux souterraines. Le projet mettra en place le stockage des produits dangereux sur rétention, le stockage des boues en bacs étanches, la gestion des eaux de ruissellement via une plate-forme ceinturée par un dispositif de caniveaux ou merlon via un déshuileur / débourbeur. Les eaux géothermales pompées lors des essais de productivité des puits seront rejetées au réseau d'eaux usées et autorisées par une convention de rejet temporaire.		Le chantier sera alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable et relié au réseau EP pour les eaux pluviales et de ruissèlement. Le chantier n'atteindra pas les nappes d'eaux superficielles ou souterraines.		Le projet sur le réseau n'atteindra pas les nappes d'eaux souterraines (faible profondeur d'enfouissement). Toutefois l'infiltration des eaux de pluie dans le sol sera modifiée par l'ouverture des tranchées.		**OUI**

Tableau 13 : Effets cumulés du projet en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Géothermie/boucle géothermale (phase exploitation)	Incidence	Chaufferie/Centrale (phase exploitation)	Incidence	Réseau (phase exploitation)	Incidence	Impact cumulé
Urbanisme	-		-		-		
Trafic	-		-		-		
Paysage Impact visuel	-		La centrale atteindra 6,5 m de haut. Afin de limiter les impacts de la future centrale, l'architecture simple et l'emploi de matériaux nobles, sains et durables a été privilégié.		-		**NON**
Bruit	-		-		-		
Air	-		Aucun rejet dans l'atmosphère ne sera imputable à la centrale géothermique. Les rejets des chaufferies existantes sont déjà contrôlés dans le cadre de la réglementation ICPE.		-		
Déchets	Le projet ne génèrera que des rejets ponctuels d'eau géothermale au réseau. Les déchets des opérations de maintenance seront envoyés vers des filières de traitement appropriées.		Les déchets issus du site sont essentiellement de type déchets banals et ordures ménagères. Les opérations de maintenance peuvent générer des déchets dangereux. Les déchets sont traités en filière agréée en fonction de leur typologie.		-		**OUI**
Risques naturels	-		-		-		
Risques technologiques	-		-		-		
Patrimoine	-		-		-		
Faune et Flore et zones naturelles	-		-		-		
Sol	-		-		-		
Santé et sécurité	-		-		-		
Climat et énergie	Réduction des émissions de gaz à effets de serre dues au chauffage. Projet souterrain peu vulnérable au changement climatique.		Les chaudières gaz sont utilisées en complément de la géothermie, ce qui permettra une rationalisation des consommations énergétiques. Limitation des coûts d'énergie et utilisation d'une ressource renouvelable et locale et génératrice d'activités et d'emplois.		Les abonnés bénéficieront de tarifs préférentiels pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.		**OUI**
Eau	Les eaux de ruissellement seront collectées dans le réseau d'eaux pluviales de la ville. Les eaux soutirées seront intégralement réinjectées dans le milieu d'origine. L'architecture des forages assurera leur étanchéité et les ouvrages feront l'objet d'une surveillance de manière à éviter tout risque de pollution vers le milieu extérieur. Des mesures de contrôle continu et de stockage des produits polluants sur rétention et des bâches seront mis en place. Pendant les phases de maintenance, de l'eau géothermale pourra être rejetée au réseau d'eau usée mais respectera la convention de rejet et les prescriptions du gestionnaire du réseau.		Le site est alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable. Son fonctionnement sera à l'origine : -d'une consommation en eau pour les besoins sanitaires et de lavage -des rejets suivants : *eaux pluviales de toiture rejetées au réseau public d'eaux pluviales, *eaux pluviales de voiries traitées par séparateur d'hydrocarbures et rejetées au réseau public d'EP, *eaux usées sanitaires et de lavage rejetées au réseau public d'EU.		-		**OUI**

Tableau 14 : Effets cumulés du projet en phase exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

SOMMAIRE

1 INFORMATIONS GENERALES 57

1.1 Justification de la demande de projet de géothermie profonde 57
1.1.1 Contexte et objet de la demande 57
1.1.2 Historique et origine du projet 60
1.1.3 Pertinence du projet au stade de l'étude de faisabilité 61
1.1.4 Objet de la demande 66
1.1.5 Contenu du dossier 68

1.2 Qualité du demandeur 70
1.2.1 Fiche d'identité du maître d'ouvrage 70
1.2.2 Justification des capacités techniques et financières du demandeur 70
1.2.3 Capacité technique et organigramme des intervenants 72

1.3 Les équipements de production existants 74
1.3.1 Vue générale des installations 74
1.3.2 Les chaufferies biomasse 76
1.3.3 Les autres installations 77
1.3.4 Le réseau de distribution PCE 78
1.3.5 Bilan global des installations 80

1.4 Contexte et description du projet 81
1.4.1 Le site de production 82
1.4.2 Création d'un nouveau doublet de géothermie avec sa boucle géothermale 85
1.4.3 Réalisation d'une nouvelle centrale géothermique 86
1.4.4 Scénario de développement du réseau de chaleur vers Aubervilliers 90
1.4.5 Couverture des besoins par le réseau de chaleur 95

1.5 Budget prévisionnel et plan de financement du projet 99
1.5.1 Coût d'investissement général de l'opération 99
1.5.2 Coûts d'exploitation du doublet géothermal 100
1.5.3 Coûts d'exploitation surface 100
1.5.4 Financement du projet, subventions et garanties 101
1.5.5 Subventions à la réalisation – Fonds Chaleur 102
1.5.6 Fonds de garantie géothermie 103

1.6 Planning prévisionnel du projet 105

1.7 Conditions réglementaires d'accès à la ressource 107
1.7.1 Permis de recherche minier et permis d'exploitation 108
1.7.2 Demande d'ouverture de travaux miniers 109
1.7.3 Périmètre de recherche et d'exploitation concernés 110
1.7.4 Permis d'exploitation envisagé suite à la recherche 112
1.7.5 Spécificités du projet vis-à-vis de la loi du 22 août 2021 113

1.8 Identification des risques et contraintes techniques et organisationnelles applicables au projet 115
1.8.1 Les contraintes liées à la protection des ressources en eau 115
1.8.2 Les contraintes en surface 115
1.8.3 Les contraintes de conception 117
1.8.4 Le risque géologique et hydrogéologique 118
1.8.5 Les risques liés au forage 118
1.8.6 Les contraintes d'organisation et de planification 121
1.8.7 Les contraintes contextuelles au chantier 121

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.8.8 Les contraintes d'exploitation 122

2 DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GITE GEOTHERMIQUE AU DOGGER 124

2.1 Localisation du secteur d'étude 124

2.2 Caractéristiques de l'horizon géologique ciblé 127
2.2.1 Contexte géologique global 127
2.2.2 Contexte géologique du secteur d'étude 129
2.2.3 Lithologie de l'aquifère du Dogger 132
2.2.4 Contexte hydrogéologique du Dogger 132
2.2.5 Qualité de l'eau géothermale du Dogger 135
2.2.6 Conclusion 136

2.3 Sollicitation du Dogger dans le secteur d'étude et emprise prévisionnelle du projet 137
2.3.1 Coordonnées des puits 137
2.3.2 Définition du périmètre de recherche sollicité 137
2.3.3 Définition du périmètre d'exploitation 138
2.3.4 Caractéristiques d'exploitation et puissance calorifique 140

2.4 Modélisation numérique du réservoir 141
2.4.1 Hypothèses de modélisation 141
2.4.2 Description du modèle numérique 143
2.4.3 Résultats des simulations numériques 146

2.5 Dispositif de mobilisation de la ressource 156
2.5.1 Implantation des forages 156
2.5.2 Description sommaire des ouvrages du sous-sol 157
2.5.3 Fonctionnement de la boucle géothermale 160
2.5.4 Contraintes liées au fluide 163
2.5.5 Contrôles périodiques et suivi d'exploitation 164
2.5.6 Suivi du fluide géothermal 166
2.5.7 Suivi et contrôle de la ressource 167
2.5.8 Suivi de l'état des tubages et principe des diagraphies différées 167

2.6 Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique 168
2.6.1 Définition des conditions d'arrêt de l'exploitation 168
2.6.2 Procédure d'abandon des puits 168
2.6.3 Protection des aquifères 169
2.6.4 Remise en état du site 170

3 DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX DE FORAGE 172

3.1 Implantation des forages 172

3.2 Fiche résumée des travaux prévus 174

3.3 Travaux d'aménagement pour la réalisation des puits 175
3.3.1 Aménagement nécessaire pour le forage des puits 175
3.3.2 Dispositions à prendre avant le forage des puits 181
3.3.3 Gestion des eaux sur le chantier 182

3.4 Principe et méthodologie des travaux de forage 183
3.4.1 Réalisation des avant-puits 183
3.4.2 Réalisation des forages au Dogger 185

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.4.3 Machine mise en œuvre pour les travaux de forage 187

3.5 Travaux de forage 188
3.5.1 Profils des puits et coupes techniques prévisionnelles 188
3.5.2 Programme de forage des puits inclinés 188
3.5.3 Programme de boue, de cimentation et de diagraphies 191
3.5.4 Programme des essais de production 193
3.5.5 Programme d'échantillonnage des déblais 193
3.5.6 Durée prévisionnelle des travaux de forage 194
3.5.7 Organisation générale du chantier 195
3.5.8 Remise en état du site 196

3.6 Fonctionnement du doublet et dimensionnement des moyens de pompage 197
3.6.1 Descriptif des équipements constitutifs de la boucle géothermale 198
3.6.2 Caractéristiques hydrauliques des puits 200
3.6.3 Estimation des puissances électriques totales et des consommations électriques annuelles 205
3.6.4 Descriptif du système de pompage d'exhaure 208
3.6.5 Descriptif du système de pompage de réinjection 210

4 ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES INSTALLATIONS SOUS-SOL 212

4.1 Objectif de l'étude d'impact 212

4.2 Auteurs de l'étude d'impact et références bibliographiques 214

4.3 Conception et dimension du projet 215
4.3.1 Justification du projet 215
4.3.2 Description des installations de production existantes 216
4.3.3 Description des travaux à réaliser sur les installations 216
4.3.4 Description des travaux à réaliser sur le réseau de chaleur 218

4.4 Planning du projet 220

4.5 Analyse de l'état initial et des milieux susceptibles d'être affectés par le projet 222
4.5.1 Contexte géographique et topographique 222
4.5.2 Réseau hydrographique 223
4.5.3 Contexte climatique 226
4.5.4 Contexte administratif et intercommunalité 230
4.5.5 Histoire de l'évolution urbaine de Saint-Denis 234
4.5.6 Historique du site et projets futurs 235
4.5.7 Diversité urbaine et architecturale 237
4.5.8 Protection du patrimoine bâti 239
4.5.9 Les axes de communication et de transport 242
4.5.10 Les liaisons douces et Trame verte et Bleue 246
4.5.11 Les espaces verts 249
4.5.12 Inventaire du Patrimoine Naturel 252
4.5.13 Situation et description du site d'implantation du projet 267
4.5.14 Equipements et habitations situés à proximité du site 278
4.5.15 Qualité de l'air 281
4.5.16 Environnement sonore 284
4.5.17 Urbanismes et servitudes 290
4.5.18 Risques industriels et naturels 318
4.5.19 Bilan de l'état initial du site et des enjeux sur l'environnement 338

5 ETUDE D'IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT 341

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.1 Effets sur le contexte socio-économique de la ville 341
5.1.1 Impact temporaire et mesures associées 341
5.1.2 Impact permanent et mesures associées 341

5.2 Effets sur la circulation et les voiries 342
5.2.1 Impact temporaire et mesures associées 342
5.2.2 Impact permanent et mesures associées 345

5.3 Effets visuels 347
5.3.1 Impact temporaire et mesures associées 347
5.3.2 Impact permanent et mesures associées 349

5.4 Nuisances sonores 353
5.4.1 Impact temporaire et mesures associées 355
5.4.2 Impact permanent et mesures associées 362

5.5 Chaleur et radiation 363
5.5.1 Impact temporaire et mesures associées 363
5.5.2 Impact permanent et mesures associées 364

5.6 Emissions lumineuses et vibrations 364
5.6.1 Impact temporaire et mesures associées 365
5.6.2 Impact permanent et mesures associées 366

5.7 Effets sur la qualité de l'air 366
5.7.1 Bilan carbone d'un chantier de forage 366
5.7.2 Impacts temporaires et mesures associées 368
5.7.3 Impacts permanents et mesures associées 371
5.7.4 Plan de protection de l'atmosphère (PPA) 373

5.8 Effets sur la gestion des déchets et la propreté du site 374
5.8.1 Risques 374
5.8.2 Gestion des déchets et des effluents du chantier 375
5.8.3 Propreté générale des chantiers 379
5.8.4 Impact temporaire et mesures associées 380
5.8.5 Impact permanent et mesures associées 381

5.9 Risques naturels et technologiques 382
5.9.1 Effets temporaires et mesures associées 383
5.9.2 Effets permanents et mesures associées 384

5.10 Effets sur le patrimoine culturel, historique et archéologique 385
5.10.1 Impact temporaire et mesures associées 385
5.10.2 Impact permanent et mesures associées 385

5.11 Effets sur le Patrimoine naturel 385
5.11.1 Impact temporaire et mesures associées 385
5.11.2 Impact permanent et mesures associées 390
5.11.3 Notice d'incidence Natura 2000 390

5.12 Effets sur le sol et le milieu physique 391
5.12.1 Travaux préparatoires et projetés 391
5.12.2 Risques de pollution des sols 393
5.12.3 Effets sur la géologie et les aquifères profonds 396
5.12.4 Caractéristiques des rejets 396
5.12.5 Impact temporaire et mesures associées 396

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.12.6 Impact permanent et mesures associées 397

5.13 Effets sur la sécurité des personnes 400
5.13.1 Impact temporaire et mesures associées 400
5.13.2 Impact permanent et mesures associées 402

5.14 Effets sur les réseaux existants 404
5.14.1 Impact temporaire et mesures associées 404
5.14.2 Impact permanent et mesures associées 406

5.15 Vulnérabilité au changement climatique 408
5.15.1 A l'échelle nationale 408
5.15.2 A l'échelle du site 410

5.16 Effets sur le Climat 411
5.16.1 Recensement des émissions atmosphériques à pouvoir de réchauffement 412
5.16.2 Quotas de CO_2 – BILAN CARBONE 413
5.16.3 Impact temporaire 413
5.16.4 Impact permanent 413

5.17 Effets des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau 414
5.17.1 Compatibilité avec le SDAGE du bassin Seine Normandie 415
5.17.2 Protection des ressources en eaux au droit du site 427
5.17.3 Ouvrages de captage d'eau aux abords du site 439
5.17.4 Isolement des ouvrages par rapport à l'environnement 444
5.17.5 Incidence sur les ressources en eaux souterraines et superficielles 444
5.17.6 Incidence sur les réseaux d'assainissement et d'eau potable 451
5.17.7 Incidence des rejets d'eaux géothermales 452

6 BILAN DES EFFETS DU PROJETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET MESURES PRISES 454

6.1 Synthèse des effets du projet sur l'environnement 454

6.2 Analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus 462
6.2.1 Le nouveau métro du Grand Paris 462
6.2.2 Le projet CDT « Territoire de la Culture et de la Création » 463
6.2.3 Les projets de ZAC 465
6.2.4 Effets cumulés lies à d'autres projets 468

6.3 Synthèse des effets cumulés 469

6.4 Mesures compensatoires destinées à supprimer, atténuer ou compenser les effets négatifs 473

6.5 Evolution probable par rapport au scénario de référence 477

7 DOCUMENT DE SECURITE ET SANTE 479

7.1 Document de sécurité et de santé durant les travaux 480
7.1.1 Sécurité du public 480
7.1.2 Protection de la santé du personnel sur le chantier 485

7.2 Document de sécurité et de santé durant l'exploitation d'un gîte géothermal 488
7.2.1 Mesures pour la protection du public 489
7.2.2 Mesures pour la protection du personnel 489
7.2.3 Mesures de sécurité en cas de fuite 489

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

7.2.4 Mesures de sécurité contre le sulfure d'hydrogène 492
7.2.5 Cas des travaux de maintenance 493

8 ANNEXES 495

8.1 Bilans et résultats financiers du SMIREC – 2018 – 2019 - 2020 495

8.2 Courrier d'engagement du SMIREC 495

8.3 Références techniques PCE 495

8.4 Références CFG pour la maîtrise d'œuvre sous-sol 495

8.5 Liste des abonnés au réseau de chaleur Plaine Commune Energie 495

8.6 Arrêté préfectoral n°2016-2291 – Réglementation ICPE 495

8.7 Mémoire justificatif – Prévention du risque sismique 495

8.8 Description des ZNIEFF présentes dans le département 495

8.9 Diagnostic de pollution des sols – Bureau Véritas 495

8.10 Communication AFPG 495

8.11 Plan de prévention et sécurité sur les installations du SMIREC 495

8.12 Plan de prévention et sécurité sur les installations de Plaine Commune Energie 495

8.13 Fiche toxicologique H2S 495

8.14 Contrat anti-éruption sur les installations du SMIREC 495

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Liste des figures

Figure 1: Secteur d'étude de Saint-Denis : limites administratives et vues aériennes (Géoportail) 5
Figure 2 : Site d'implantation du chantier et parcelles cadastrales (Géoportail) 6
Figure 3: Coupe géologique schématique des principaux réservoirs du Bassin Parisien 7
Figure 4: Design du doublet et schéma de la boucle géothermale 8
Figure 5 : Permis de recherche et d'exploitation prévisionnels du nouveau dispositif géothermique 10
Figure 6 : Champ prévisionnel de températures après 30 années de fonctionnement du nouveau doublet 11
Figure 7: Situation actuelle du site d'implantation 15
Figure 8: Implantation et visuel de la future centrale et l'aménagement du site projeté (ORSSO) 16
Figure 9 : Plan d'implantation de la machine de forage et de ses annexes 17
Figure 10 : Zone de servicing pour l'exploitation et localisation des têtes de puits 17
Figure 11 : Zone UG concernée par le projet (source PLUI) 18
Figure 12 : Carte de synthèse du l'axe 2 du PADD « Un territoire écologiquement responsable pour le bien-être de ses habitants » (PLUi) 19
Figure 13: Zones de protection du Patrimoine Naturel dans un rayon de a) 1 km : aucun b) 5 km : ZNIEFF (source : INPN) 20
Figure 14: Réseau des sites Natura 2000 dans un rayon de 5 km et 10 km : ZPS Sites de Seine-Saint-Denis (source : INPN) 21
Figure 15 : Extrait de la carte « Paris – Petite Couronne » du SRCE d'Île-de-France 22
Figure 16 : Remise en état et projection du site final (ORRSO) 23
Figure 17 : Plan des servitudes d'utilité publique de la commune de Saint-Denis (PLUi) 24
Figure 18 : Sites et sols pollués BASOL et anciens sites industriels et activités de service BASIAS à proximité du site (InfoTerre) 25
Figure 19: Rose des bruits du forage (points) avec la carte des relevés de bruit Indice Lden (BruitParif) 26
Figure 20: Indice Ln du bruit ambiant (source : BruitParif) et rose des bruits du forage 27
Figure 21 : Réseau de chaleur du SMIREC existant et projeté 57
Figure 22: Secteur d'étude : limites administratives (a) et vues aériennes (b) (source : Géoportail) 58
Figure 23 : Localisation du secteur d'étude et de la chaufferie du Fort de l'Est sur fond IGN et satellite (Géoportail) 59
Figure 24 : Implantation de la centrale géothermale sur le site du Fort de l'Est 59
Figure 25: Actualisation du réseau de la DSP en 2018 (source : Plan Climat Air Energie Plaine Commune) 62
Figure 26 : UIOM situés à proximité du secteur d'étude 64
Figure 27 : Localisation et implantation du chantier de forage 67
Figure 28 : Schéma simplifié de la procédure relative à la réalisation d'un doublet géothermique 68
Figure 29 : Organisation du projet 72
Figure 30 : Répartition du mix énergétique entre 2019 et 2020 75
Figure 31 : Carte et détail du réseau de chaleur existant (SMIREC) 75
Figure 32 : Chaufferies existantes du SMIREC 76
Figure 33: Fonctionnement de la chaufferie biomasse de Stains 77
Figure 34: Périmètre de classement du réseau de la Délégation de Service Public (SMIREC) 79
Figure 35 : Vue aérienne du site actuel 82
Figure 36 : Implantation future des bâtiments 83
Figure 37: Champ prévisionnel de températures de la nappe du Dogger pour l'horizon fin 2054 86
Figure 38 : Principe d'aménagement du projet final pour une centrale à deux niveaux (ORRSO) 87
Figure 39 : Plan d'implantation prévisionnel et architecture de la centrale géothermique sur deux niveaux (ORRSO) 88
Figure 40 : Schéma de principe de fonctionnement de la future centrale géothermique (La Courneuve Nord) 89
Figure 41 : Plan des prospects à raccorder (réseau de distribution en jaune) et des moyens de production (site de production en jaune) 90
Figure 42 : Tracé du nouveau réseau d'Aubervilliers et diamètre des canalisations projetés 91
Figure 43 : Répartition des différents prospects sur le périmètre d'Aubervilliers et type d'habitats raccordés 93
Figure 44 : Développement prévu sur la ZAC Port Chemin Vert 94
Figure 45 : Développement prévu sur la ZAC du Fort d'Aubervilliers 94
Figure 46 : Monotone du réseau d'Aubervilliers 95
Figure 47 : Montée en puissance des raccordements entre 2020 et 2025 96
Figure 48 : Planning prévisionnel de la réalisation d'un doublet au Dogger pour le projet de Saint-Denis 106
Figure 49: Emprise des permis d'exploitation existants et envisagés aux alentours du secteur d'étude 111

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 50 : Permis de recherche et d'exploitation prévisionnels du nouveau dispositif 112
Figure 51 : Plan de situation et environnement du site (ORRSO) 116
Figure 52 : Zonage des parcelles dédiées au chantier dans le PLUi (source : PLUi) 116
Figure 53: Localisation du secteur d'étude de Saint-Denis (Géoportail et Google Earth) 124
Figure 54 : Site d'implantation du chantier et parcelles cadastrales (Géoportail) 125
Figure 55: Localisation des têtes de puits et emprise du futur chantier 126
Figure 56: Coupe géologique schématique des principaux réservoirs du Bassin Parisien 127
Figure 57: Coupe stratigraphique du Bassin Parisien avec localisation des principaux aquifères 128
Figure 58 : Extrait de la carte géologique imprimée de Paris au 1/50 000ème centrée sur le secteur d'étude 129
Figure 59 : Carte d'iso-transmissivité (en Darcy. Mètres) dans le secteur d'étude 133
Figure 60 : Carte d'iso-température (en Degré Celsius) au réservoir dans le secteur d'étude 134
Figure 61 : Carte d'iso-épaisseur productrice (en mètres) du Dogger dans le secteur d'étude 135
Figure 62 : Périmètre de recherche et d'exploitation prévisionnel (gélule) du nouveau dispositif géothermique 139
Figure 63 : Projection horizontale du volume d'exploitation 140
Figure 64 : Représentation schématique du modèle conceptuel 143
Figure 65 : Discrétisation (maillage) du domaine 3D utilisé pour les calculs hydrodynamiques et thermiques 144
Figure 66 : Champ de température à l'horizon 2024 dans le secteur d'étude 147
Figure 67 : Illustration de l'impact hydraulique (bar) pour un débit d'exploitation maximal du nouveau dispositif 148
Figure 68 : Ligne d'écoulement (représentant un débit de 10 m3/h) entre les puits du secteur avec ou sans le dispositif de Saint-Denis (en rouge) pour des débits d'exploitation maximaux 151
Figure 69 : Champ prévisionnel de température pour l'horizon fin 2024, fin 2034, fin 2044 et fin 2054, pour des débits et températures de réinjection moyens 152
Figure 70 : Evolution des températures de production au puits GSD-1 selon le débit d'exploitation 153
Figure 71 : Evolution des températures de production au droit du puits GPNE-1 et GLCN-3 avec la mise en service du nouveau doublet de Saint-Denis 154
Figure 72 : Evolution des températures de production au droit du puits du secteur avec l'arrêt du doublet de La Courneuve Sud en 2030 155
Figure 73 : Vue et abords du site de forage (ORRSO) 157
Figure 74 : Coupe technique du puits producteur GSD-1 de Saint-Denis 158
Figure 75 : Coupe technique du puits injecteur GSD-2 de Saint-Denis 159
Figure 76 : Schéma de principe et prédimensionnement de la boucle géothermale au Dogger 160
Figure 77 : Localisation et environnement du site 173
Figure 78 : Exemples d'un panneau d'information d'un chantier 175
Figure 79 : Plan d'implantation des surfaces dédiées au projet et zone de servicing (CFG) 177
Figure 80 : Schéma de principe d'une cave et ses dimensions 178
Figure 81 : Exemple d'une plate-forme de forage et dispositifs de chantier 178
Figure 82 : Implantation prévisionnelle d'une machine de forage (Arverne Drilling HH220) 179
Figure 83 : Implantation prévisionnelle d'une machine de forage (SMP101) 180
Figure 84 : Implantation prévisionnelle d'une machine de work-over (CFG) 180
Figure 85 : Implantation prévisionnelle d'une machine de work-over (AD HH102) 181
Figure 86 : Réseau d'assainissement présent aux abords du site 183
Figure 87 : Réalisation de l'avant-puits avec des moyens de forage légers 184
Figure 88 : Mise en place d'un tube guide par louvoiement et vue d'une coquille utilisée pour l'extraction des déblais 185
Figure 89 : Sonde de forage rotary (document ENSPM) 186
Figure 90 : Emprise au sol de l'appareil SMP 101 (SMP) 187
Figure 91 : Emprise au sol de l'appareil HH220 (Arverne Drilling) 188
Figure 92 : Profil des puits du nouveau doublet de Saint-Denis 189
Figure 93 : Courbe d'avancement prévisionnelle des forages 189
Figure 94 : Emplacement et projection des futures têtes de puits dans le cadre définitif du projet 196
Figure 95 : Principe de fonctionnement du réseau de la Courneuve avec deux doublets au Dogger (SMIREC) et d'une boucle géothermale (ADEME) 197
Figure 96 : Niveau hydrodynamique au puits producteur GSD-1 – Hypothèse basse 202
Figure 97 : Niveau hydrodynamique au puits producteur GSD-1 – Hypothèse haute 203
Figure 98 :: Pression de réinjection au puits injecteur GSD-2 - Hypothèse basse 204
Figure 99 : Pression de réinjection au puits injecteur GSD-2 - Hypothèse haute 205
Figure 100 : Gamme de fonctionnement d'un GEI de type N1400N-A (Schlumberger) 209

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 101 : Périmètre du volet Géothermie (en vert) 213
Figure 102 : Périmètre du volet Centrale géothermique et du réseau de chaleur (SMIREC) 213
Figure 103 : Site du Fort de l'Est et ses chaufferies gaz et biomasse 216
Figure 104 : Implantation future de la centrale géothermique 217
Figure 105 : Tracé du nouveau réseau d'Aubervilliers et diamètre des canalisations projetés 218
Figure 106 : Travaux de raccordement rue Charles Tillon, du Pressin et Crèvecœur à l'été 2021 219
Figure 107 : Travaux de raccordement rue Réchossière de l'OPH Aubervilliers à l'automne 2021 219
Figure 108 : Planning prévisionnel du projet de Saint-Denis 221
Figure 109 : Localisation de la commune de Saint-Denis (Géoportail) 222
Figure 110 : Topographie de la commune et de ses environs 223
Figure 111 : Cartographie du réseau hydrographique de Plaine Commune en 1820 et actuellement (PLUi) 224
Figure 112 : Réseau hydrographique de la commune (source Géoportail) 224
Figure 113: Probabilité de présence de zones humides sur le territoire de Saint-Denis (source : DRIEAT IDF) 225
Figure 114 : Températures moyennes minimales et maximales mensuelles (en haut) et ensoleillement (en bas), station Le Bourget (Météo France) 226
Figure 115: Données climatiques pour l'année 2020 - station Le Bourget (Infoclimat) 228
Figure 116 : Rose des vents pour la commune de Saint-Denis 228
Figure 117: Flux énergétique du 25 juin 2017 lors d'un épisode caniculaire (PLUi) 229
Figure 118: Carte de densité de foudroiement en France (Source : Météorage 2000 – 2009) 230
Figure 119 : Territoire de l'EPT Plaine Commune (source : Plaine Commune) 231
Figure 120 : Localisation des projets emblématiques du CDT Territoire de la Culture et de la Création (source : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme Ile-de-France) 233
Figure 121 : Périmètres des projets en cours ou à l'étude en 2018 (source PLUi) 235
Figure 122 : Evolution de l'environnement du site d'étude (ORRSO) 236
Figure 123 : Occupation du sol et type de tissus urbains à proximité du secteur d'étude (source ORRSO 237
Figure 124 : Carte du MOS de 2017 – Saint-Denis (www.iau-idf.fr) 238
Figure 125 : Plan de localisation es interventions archéologiques dans le centre de Saint-Denis sur l'Ilot Cygne (UASD) .. 239
Figure 126 : Carte des monuments classés ou inscrits en totalité ou en partie au titre des lois de 1913 (source : Géoportail93.fr) 241
Figure 127 : Base Mérimée et singularités du patrimoine architectural du secteur (www.pop.culture.gouv.fr) 242
Figure 128: Maillage viaire de Saint-Denis (source : Géoportail) 243
Figure 129 : Projet d'extension de la ligne T8 du tramway (Plaine Commune) 244
Figure 130 : Schéma de référence pour l'évolution du réseau de transport collectif à court terme (PLUi) 245
Figure 131 : Extrait de la carte « Paris – Petite Couronne » du SRCE d'Île-de-France 246
Figure 132 : Alignements d'arbres et parcs à Saint-Denis (PLUi) 248
Figure 133 : Carte des itinéraires cyclables (PLUi) 248
Figure 134 : Trame verte aux abords du site (open street view) 250
Figure 135: Habitats à caractère naturel participant à la Trame Verte Urbaine de Plaine Commune (PLUi) 251
Figure 136 : Périmètre du SDAGE du bassin Seine-Normandie (http://gesteau.eaufrance.fr) 252
Figure 137 : Périmètre du SAGE CEVM (https://www.sage-cevm.fr/) 253
Figure 138: Zones de protection du Patrimoine Naturel dans un rayon de a) 1km : aucun b) 5km : ZNIEFF de type 1 et 2, (INPN) 255
Figure 139 : Réseau des sites Natura 2000 dans un rayon de 5 km et 10 km : ZPS Sites de Seine-Saint-Denis, (INPN) 258
Figure 140 : Probabilité de présence et inventaires des zones humides du SAGE CEVM (CLE) 259
Figure 141 : Trames vertes et bleues de Plaine Commune (source PLUi) 260
Figure 142 : Patrimoine environnemental et paysager constitutif de la trame verte et bleue régionale (source geoweb.iau-idf.fr) 261
Figure 143 : Végétations naturelles et semi-naturelles de Plaine Commune (PLUi) 262
Figure 144 : Carte d'alerte des végétations (PLUi) 264
Figure 145: Secteur d'étude de Saint-Denis : limites administratives et vue aérienne (source : Géoportail) 267
Figure 146 : Site d'implantation du chantier et parcelles cadastrales (Géoportail) 268
Figure 147: Situation actuelle du site 270
Figure 148 : Type de sols sur la parcelle (Bureau Véritas) 271
Figure 149 : Evolution de l'occupation de la parcelle entre 1921 et 1977 (Bureau Véritas) 273
Figure 150: Evolution de l'occupation de la parcelle entre 1982 et 2011 (Bureau Véritas) 274
Figure 151 : Log géologique du forage BSS le plus proche (BSS000NFQR) 275

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 152 : Plan des sondages et contaminations identifiées par Véritas 277
Figure 153: Environnement du site dans un rayon de 300 m (plan d'occupation des sols MOS 2017, IAU) 279
Figure 154: Environnement et type d'activités dans un rayon de 500 m autour du site (Véritas) 279
Figure 155 : Type d'équipements et habitats à proximité du site 280
Figure 156 : Concentration en NO_2 et PM_{10} à Saint-Denis (source AIRPARIF) 282
Figure 157 : Evolution de la moyenne annuelle en $PM_{2.5}$ de 2011 à 2019 en Seine-Saint-Denis (source : AIRPARIF) 282
Figure 158 : Contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants sur la commune de Saint-Denis (source : PLUi) 283
Figure 159 : Carte des secteurs exposés aux bruits routiers a) globaux indice Lden, et b) nocturne indice Ln. Zone de dépassement de la valeur limite de bruit routier selon les indicateurs c) globaux Lden, et d) nocturne Ln (BRUITPARIF, 2017) 285
Figure 160 : Carte des secteurs exposés aux bruits ferroviaires a) global indice Lden, b) nocturne indice Ln. Zone de dépassement de la valeur limite de bruit routier selon les indicateurs c) globaux Lden, et d) nocturne Ln (source : BRUITPARIF, 2017) 286
Figure 161 : Classement sonore des transports terrestres sur la commune de Saint-Denis et sur les communes voisines (source PLUi) 287
Figure 162 : Carte des secteurs exposés aux bruits globaux a) indice Lden, b) nocturne indice Ln. Zone de dépassement de la valeur limite de bruit routier selon les indicateurs c) globaux Lden, et d) nocturne Ln (2017 : carto.bruitparif.fr) 288
Figure 163 : Zones faiblement exposées (valeur Lden) au bruit des transports aux alentours du site d'exploitation (PPBE 2014-2018 de Plaine Commune) 289
Figure 164 : Plan de zonage du PLUi du territoire dans la commune de Saint-Denis 291
Figure 165 : Carte de synthèse de l'axe du PADD « un territoire écologiquement responsable pour le bien-être de ses habitants » (PLUi) 294
Figure 166 : Carte de synthèse de l'axe du PADD « un territoire de diversité économique, productif et actif » (PLUi) 295
Figure 167 : Secteurs concernés par des OAP (source : OAP du PLUi) 296
Figure 168 : Droit de Préemption urbain et renforcé sur le territoire (Source : EPT Plaine Commune) 297
Figure 169 : Périmètres de sauvegarde du commerce et de l'artisanat de proximité sur la commune de Saint-Denis (source : Annexe 5.2 du PLUi) 298
Figure 170 : Plan des servitudes d'utilité publique de la commune de Saint-Denis (PLUi) 300
Figure 171 : Zones de saisine archéologique dans la commune de Saint-Denis (Géoportail93) 301
Figure 172 : Canalisations règlementées de transport de matières dangereuses sous pression (source : PLUi) 303
Figure 173 : Réponse et recommandations de GRT Gaz à la demande de DT 304
Figure 174 : Plan du réseau de canalisation de gaz à côté du site (source : GRT GAZ) 305
Figure 175 : Plan de situation du réseau électrique RTE à côté du site 307
Figure 176 : Plan de situation du réseau électrique ENEDIS à côté du site 308
Figure 177 : Détail du réseau électrique souterrain ENEDIS sur le site 309
Figure 178 : Plan du réseau de télécommunication à proximité du site (Altice) 310
Figure 179 : Réseau d'éclairage et de lampadaire public (Plaine Commune) 310
Figure 180 : Schéma des réseaux d'assainissement en 2018 à proximité du secteur d'étude (PLUi) 312
Figure 181 : Réseau d'assainissement près du site (Département 93) 312
Figure 182 : Plan du réseau d'alimentation en eau potable près du site (Veolia) 313
Figure 183 : Plan du réseau d'ouvrage basse et haute pression dit sensible (PCE) 314
Figure 184 : Détail du réseau d'ouvrage basse pression traversant (PCE) 315
Figure 185 : Réseau d'eau pluviale traversant le site (Plaine Commune) 316
Figure 186 : Permis miniers relatifs aux hydrocarbures liquides et gazeux en Ile de France (situation au 1er Avril 2021, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable) 317
Figure 187 : Sites et sols pollués BASOL et anciens sites industriels et activités de service BASIAS sur la commune. (InfoTerre) 319
Figure 188 : Liste des ICPE sur le territoire de Saint-Denis 321
Figure 189 : Installations Nucléaires dans le secteur d'étude (georisques.gouv.fr) 323
Figure 190 : Ressources en aquifères profonds en métropole et opérations (BRGM) 325
Figure 191 : Carte du risque sismique en France (géorisques.gouv.fr) 325
Figure 192 : Risque d'inondations par débordement de la Seine (source : TRI DIREE IDF) 327
Figure 193 : Risques inondations de la commune (PPRI de la Seine) 328
Figure 194 : Zonage réglementaire des zones inondables de la commune (PPRI de la Seine) 329
Figure 195 : Zones sensibles aux remontées de nappes (PLUi) 331

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 196 : Prescription pour la gestion des eaux pluviales sur le territoire (Annexe 4.2.5 du PLUi) 332
Figure 197 : Taux d'imperméabilisation du sol en 2015 à Saint-Denis (géoportail) 332
Figure 198 : Aléa liés au retrait – gonflement des argiles (source PLUi) 334
Figure 199 : Localisation des carrières dans le secteur d'étude (InfoTerre) 336
Figure 200 : Aléa (à gauche) et périmètre de risque (à droite) liés à la dissolution de gypse dans la commune de Saint-Denis (PLUi) 337
Figure 201 : Accès au chantier de Saint-Denis 344
Figure 202 : Zone de nettoyage des véhicules d'un chantier 344
Figure 203 : Exemples d'implantation d'un chantier de forage et son impact visuel 348
Figure 204 : Exemple de mât de forage couramment utilisé pour les forages au Dogger 348
Figure 205 : Exemple d'un chantier de construction (gros œuvre) d'une centrale géothermique et sur le réseau de chaleur enterré 349
Figure 206 - Vues projetées de la future centrale (Architecte ORRSO) 351
Figure 207 : Exemples de chantier de maintenance sur des puits au Dogger 352
Figure 208 : Exemples d'intégration des têtes de puits enterrées 353
Figure 209 : Rose des bruits – Appareil de forage MR 7500 (Entrepose Drilling-Arverne) 355
Figure 210 : Emergence sonore de machine de forage MR8000 mesurée en continu sur la période du 05/01/2018 au 27/03/2018 sur le site de Champigny-sur-Marne 356
Figure 211: Rose des bruits de la machine de forage avec le Mode d'Occupation des Sol de l'Iau Idf, influence sonore de la machine de forage sur le site et sur son voisinage 357
Figure 212: Rose des bruits du forage (points) avec la carte des relevés de bruit cumulé diurne Indice Lden (Bruitparif) 358
Figure 213 : Rose des bruits du forage (points) avec la carte des relevés du bruit ambiant cumulé nocturne Ln (Bruitparif) 359
Figure 214 : Exemples de murs anti-bruit aux abords d'un chantier 361
Figure 215 : Extrait de la carte de pollution lumineuse de France (avex-asso.org) 365
Figure 216 : Chaufferie gaz et biomasse du Fort de l'Est et leur cheminée 371
Figure 217 : Signalisation sur chantier 375
Figure 218 : Stockage des déchets sur un site 376
Figure 219 : Bacs de rétention et stockage d'huile sur un chantier 376
Figure 220 – Affiche démarche « Chantier propre » 380
Figure 221 : Végétation présente sur le site (vue d'ensemble) 387
Figure 222 : Arbres à abattre ou déplanter pour la préparation du chantier 388
Figure 223 : Aménagement projeté du site et emprise de la zone de serviving avec machine de work-over 391
Figure 224 : Type de travaux préparatoires et projetés sur le sol 393
Figure 225 : Type de sols rencontré sur la parcelle actuelle 398
Figure 226 : Type de sols projetés après l'aménagement final du site 399
Figure 227 : Exemples d'affichage présents aux abords d'un chantier (CFG) 401
Figure 228 : Exemples de têtes de puits 403
Figure 229: Schéma d'une ligne de test pour les essais de puits avec l'eau géothermale circulant du puits (à droite) vers le bac de rétention et la goulotte d'évacuation (à gauche) 405
Figure 230 : Séquence type de chroniques de volumes d'eau produits et rejetés lors des essais de fin de forage 406
Figure 231 : Zone de faible vulnérabilité vis-à-vis du changement climatique 410
Figure 232: Répartition des GES en 2018 en Ile de France (Airparif) 412
Figure 233 : SDAGE et SAGE du Bassin Seine Normandie 416
Figure 234 : Périmètre et carte des bassins versants du SAGE CEVM 421
Figure 235: Extrait de la carte de l'état-major (1820-1866) avec le tracé des anciens cours d'eau (Géoportail) 425
Figure 236 : Réseau hydrographique de Plaine Commune 428
Figure 237: Probabilité de présence de zones humides sur le territoire (DRIEAT IDF) 429
Figure 238 : Inventaires des zones humides sur le territoire du SAGE 429
Figure 239 : Etat écologique pour les eaux de surface (rivières, plans d'eau, canaux, eaux côtières et de transition) 432
Figure 240 : Log hydrogéologique du secteur (BDLISA) 433
Figure 241 : Carte des forages à l'Albien-Néocomien dans le secteur d'étude 437
Figure 242 : Point d'eau BSS présents dans un rayon de 500 m autour du site (Infoterre) 440
Figure 243 : Origine de l'eau distribuées en Seine-Saint-Denis (ARS) 441
Figure 244 : Périmètre de protection de l'usine de Suresnes de prise d'eau sur Seine (ARS) 443
Figure 245 : Exemples de bacs étanches utilisés pour la gestion des effluents pendant la fin de forage 448

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 246 : Nouvelles lignes et gare du projet de métro du Grand Paris (source Grand Paris Express)..... 463
Figure 247 : Localisation des projets emblématiques du CDT Territoire de la Culture et de la Création (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme Ile-de-France)..... 464
Figure 248 : Schéma de référence pour l'évolution du réseau de transport collectif à court terme (PLUi) 465
Figure 249 : Programme d'aménagement de la ZAC Port Chemin Vert..... 466
Figure 250 : Projet NPNRU et orientations d'aménagement du quartier Franc-Moisin 467

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques principales d'exploitation du nouveau doublet 7
Tableau 2: Coordonnées du permis de recherche sollicité 8
Tableau 3: Coordonnées des futurs puits du doublet 9
Tableau 4 : Dispositions pour l'exécution et l'entretien des ouvrages 12
Tableau 5 : Coût des principaux postes de dépense pour l'opération de Saint-Denis 13
Tableau 6: Résumé de l'état initial du site et des enjeux environnementaux 31
Tableau 7 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase chantier 33
Tableau 8 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase d'exploitation 34
Tableau 9 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux de la centrale en phase chantier 35
Tableau 10 : Synthèse des effets sur l'environnement de la centrale en phase d'exploitation 36
Tableau 11 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase chantier 37
Tableau 12 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase exploitation 38
Tableau 13 : Effets cumulés du projet en phase chantier 40
Tableau 14 : Effets cumulés du projet en phase exploitation 41
Tableau 15 : Synthèse caractéristiques du réseau existant (SMIREC) 74
Tableau 16 : Consommation énergétique des centrales et pourcentage associé en 2019 et 2020 (SMIREC) 80
Tableau 17 : Emissions de CO_2 par trois centrales du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (SMIREC) 81
Tableau 18 : Décomposition des diamètres de canalisations 92
Tableau 19 : Installation de production et mix énergétique du projet 95
Tableau 20 : Descriptif des raccordements prévus 98
Tableau 21 : Synthèse du montant global de l'opération (SMIREC) 99
Tableau 22 : Estimation du coût d'exploitation annuel (€HT) pour le doublet 100
Tableau 23 : Risques et contraintes pendant le forage 120
Tableau 24 : Coordonnées des futurs puits du doublet 126
Tableau 25 : Coupe géologique prévisionnelle au droit du secteur d'étude 131
Tableau 26 : Caractéristiques principales du réservoir du Dogger au droit du secteur d'étude 136
Tableau 27 : Coordonnées des futurs puits du doublet 137
Tableau 28 : Coordonnées du périmètre de recherche sollicité 138
Tableau 29 : Caractéristiques prévisionnelles pour l'opération de Saint-Denis 140
Tableau 30 : Historique et prévisions d'exploitation des dispositifs géothermiques dans le secteur d'étude 142
Tableau 31 : Chronique d'exploitation prévisionnelle du futur dispositif de Saint-Denis 142
Tableau 32 : Paramètres principaux du modèle hydrogéologique conceptuel 146
Tableau 33 : Impact hydraulique (en bars) du nouveau doublet 149
Tableau 34 : Description sommaire des équipements de complétion de la boucle géothermale 162
Tableau 35 : Opérations de maintenance pour un doublet au Dogger avec des tubages en acier 165
Tableau 36 : Détail des paramètres physico-chimiques 166
Tableau 37 : Caractéristiques du site dédié au projet 172
Tableau 38 : Fiche résumé des travaux de forage 174
Tableau 39 : Spécifications de quelques appareils de forage français 179
Tableau 40 : Programme synthétique des opérations de forage à Saint-Denis 190
Tableau 41 : Résumé des programmes de tubage, boue, cimentation et diagraphie des travaux de forage au Dogger 192
Tableau 42 : Durée d'occupation prévisionnelle de la parcelle dédiée aux travaux de forage 194
Tableau 43 : Description sommaire des équipements de complétion de la boucle géothermale 199
Tableau 44 : Descriptif des équipements de la boucle géothermale du doublet 201
Tableau 45 : Consommation énergétique et COP du doublet selon l'hypothèse de productivité/injectivité du réservoir 207
Tableau 46 : Liste des ZNIEFF à proximité du territoire communal 255
Tableau 47 : Liste des espèces patrimoniales sur le territoire de Plaine Commune (PLUi) 263
Tableau 48 : Niveaux sonores de référence déterminant les secteurs ou les constructions soumis à des obligations d'isolement acoustique (arrêté du 3 janvier 2002) 288
Tableau 49 : Sites et sols pollués recensés sur la commune de Saint-Denis 318
Tableau 50 : Sites BASIAS présents dans un rayon de 500 m autour du site 320

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Tableau 51 : Informations historiques des inondations (georisques.gouv.fr) 327
Tableau 52 : Risques naturels identifiés sur la commune et sur le site d'implantation 338
Tableau 53: Résumé de l'état initial du site 339
Tableau 54 : Estimation du nombre de camions desservant le site selon les phases de travaux 343
Tableau 55 : Fréquence des opérations de maintenance prévues sur le site 346
Tableau 56: Valeurs d'émergences maximales admissibles 354
Tableau 57: Valeurs moyennes de bruit mesurées en 2010 sur un chantier et dans son environnement durant une journée de 7h à 22h avec la machine MR 7500 356
Tableau 58 : Bilan des émissions en équivalent carbone pour la durée du chantier 367
Tableau 59 : Concentrations en polluants autorisées pour l'exploitation des chaufferies du Fort de l'Est 372
Tableau 60 : Résumé des enjeux et dispositions du SDAGE et sa compatibilité avec le projet 420
Tableau 61 : Résumé des enjeux et dispositions du SAGE et sa compatibilité avec le projet 423
Tableau 62 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase chantier 456
Tableau 63 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase d'exploitation 457
Tableau 64 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux de la centrale en phase chantier 458
Tableau 65 : Synthèse des effets sur l'environnement de la centrale en phase d'exploitation 459
Tableau 66 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase chantier 460
Tableau 67 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase exploitation 461
Tableau 68 : Projets au Dogger envisagés en Ile de France 469
Tableau 69 : Effets cumulés du projet en phase chantier 471
Tableau 70 : Effets cumulés du projet en phase exploitation 472
Tableau 71 : Mesures d'évitement (ME) mises en place pendant la phase chantier (C) et d'exploitation (E)du projet 474
Tableau 72 : Mesures de réduction (MR) mises en place pendant la phase chantier (C) et d'exploitation (E)du projet 475
Tableau 73 : Coûts des mesures mises en place pendant la phase chantier et d'exploitation du projet 476
Tableau 74: Vitesse de vent et période moyenne de retour en Ile de France (Source : www.meteo-paris.com) 482
Tableau 75 : Effets sur l'homme en fonction de l'exposition à l'H2S (INERIS) 484
Tableau 76 : Valeurs limite d'exposition professionnelles indicatives selon l'INRS (2009) 484

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

INFORMATIONS GENERALES

SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE

Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1 INFORMATIONS GENERALES

1.1 Justification de la demande de projet de géothermie profonde

1.1.1 Contexte et objet de la demande

Le Syndicat Mixte des Réseaux d'Energie Calorifique (SMIREC) a en charge le 2ième réseau de chaleur d'Ile-de-France (Cf. Figure ci-dessous), intégrant la gestion en régie des deux réseaux de La Courneuve et la gestion de la Délégation de Service Public (DSP) du réseau de chaleur desservant tout ou partie des villes de Saint-Denis, Stains, Pierrefitte, L'Ile-Saint-Denis. Grâce à ces 95 km, le SMIREC fournit du chauffage et de l'eau chaude sanitaire à 57 000 équivalents logements (dont 40 000 équivalents logements alimentés par le réseau de chaleur DSP).

Le SMIREC a évalué en lien avec Plaine Commune Energie (PCE), la faisabilité d'une extension du réseau de chaleur ainsi que la création d'un nouvel outil de production d'Energie renouvelable (EnR) sur la Ville d'Aubervilliers avec pour objectif :

- L'extension du réseau de chaleur historique de PCE (9 km de réseau à créer) ;
- Le verdissement du schéma énergétique de la Ville d'Aubervilliers (qui ne dispose pas de Réseau de Chaleur Urbain à ce jour), et à fortiori du nouveau périmètre envisagé pour la DSP, englobant PCE et Aubervilliers.

Figure 21 : Réseau de chaleur du SMIREC existant et projeté

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le projet du SMIREC est composé des opérations suivantes :

- la réalisation d'un nouveau doublet géothermique au Dogger,
- la construction d'une centrale géothermique avec Pompe à chaleur (PAC 18 MW),
- l'extension du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (PCE) sur la commune d'Aubervilliers
- l'interconnexion entre le réseau initial et les nouveaux abonnés d'Aubervilliers.

Il s'agit d'un projet de création d'un doublet de géothermie profonde au Dogger couplé à des Pompes A Chaleur (PAC), associé à l'extension de 9106 ml du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (PCE) sur la ville d'Aubervilliers. Le projet permettra d'alimenter à terme 7 500 équivalents logements pour des besoins estimés à 52,7 GWh/an. Ainsi, la mise en œuvre du doublet de géothermie permettra de couvrir un minimum de 70% des besoins des bâtiments raccordés.

Pour rappel, la PAC est un système de production équipé d'un évaporateur, d'un compresseur, d'un condenseur et d'un détendeur qui permet de récupérer la chaleur d'un milieu froid vers un milieu chaud via un cycle thermodynamique. En l'occurrence, elle permet de récupérer de la chaleur sur les retours du réseau pour la transférer sur le départ.

Les nouveaux moyens de production (puits géothermiques, centrale géothermique et chaufferie gaz d'appoint / secours) seront tous situés sur le site de production du Fort de l'Est. Les figures ci-après présentent le secteur d'étude et le site qui correspond à l'emplacement des futurs forages.

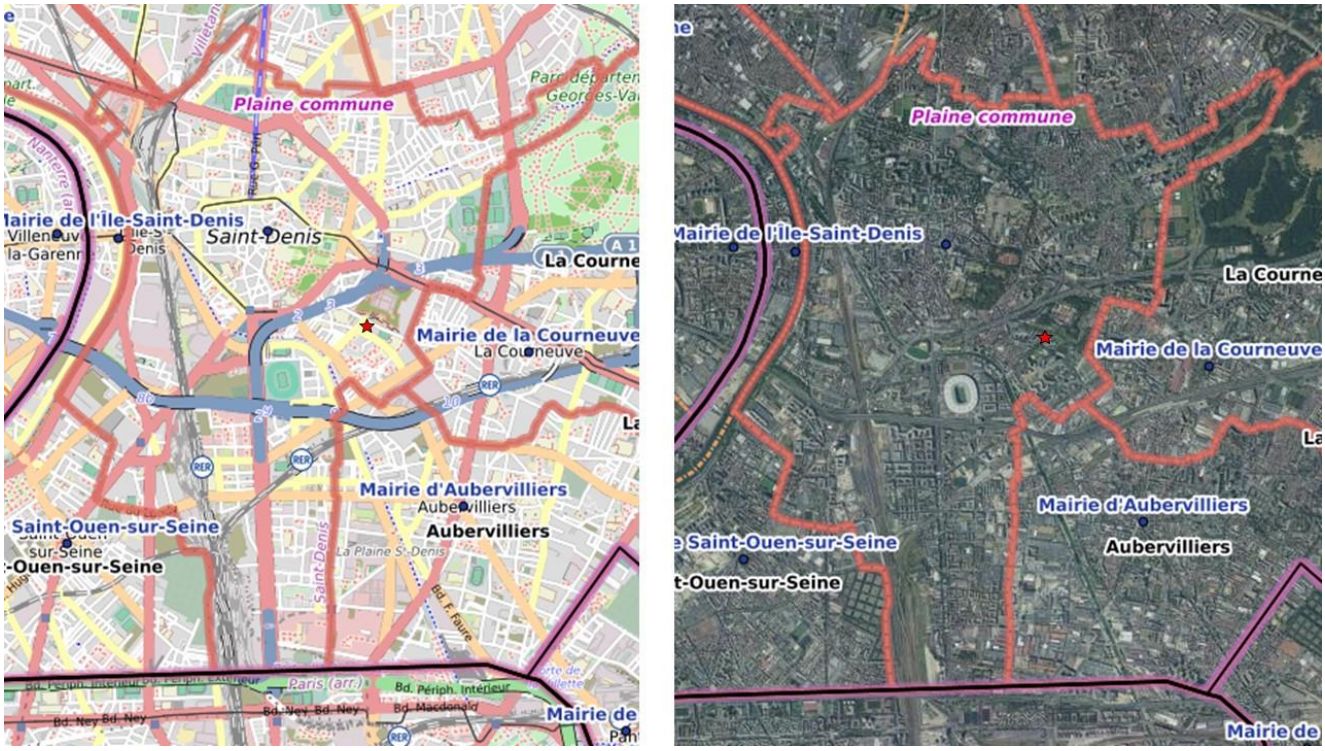


Figure 22: Secteur d'étude : limites administratives (a) et vues aériennes (b) (source : Géoportail)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

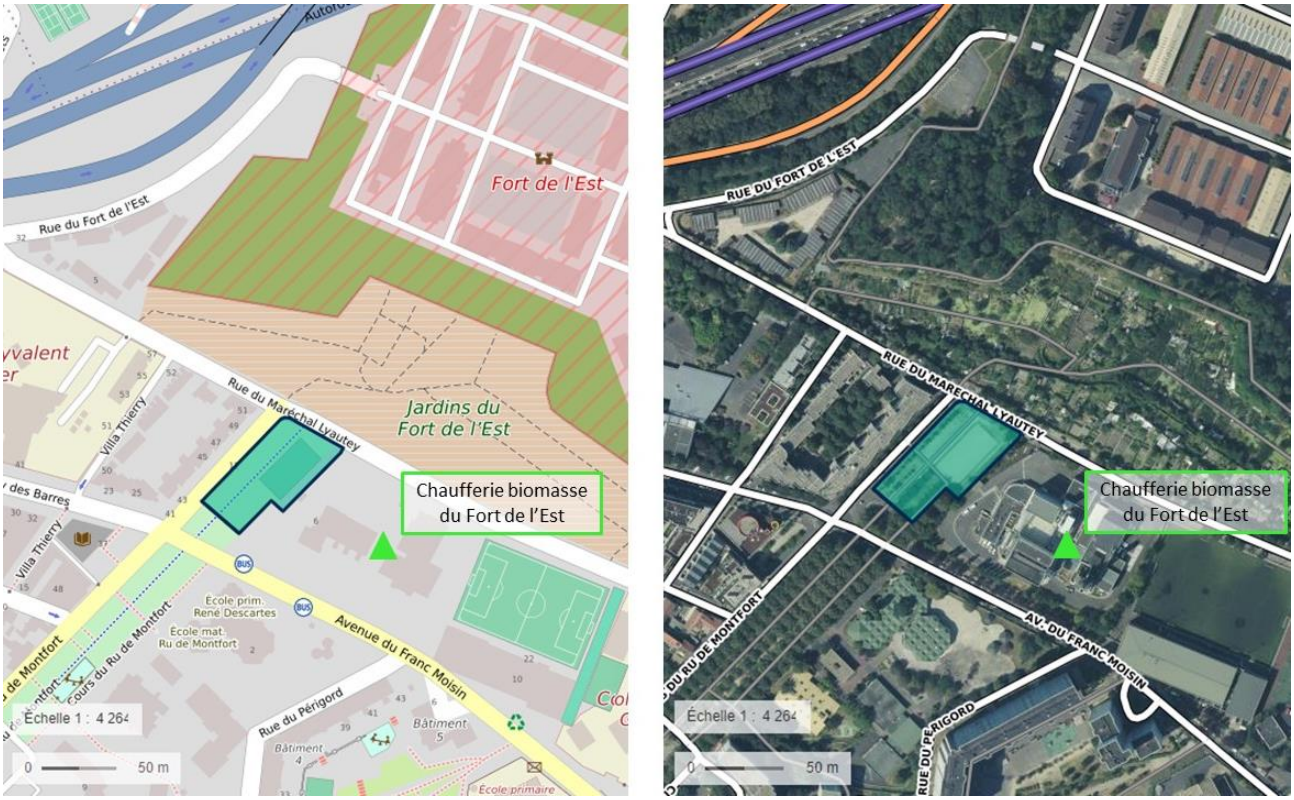


Figure 23 : Localisation du secteur d'étude et de la chaufferie du Fort de l'Est sur fond IGN et satellite (Géoportail)

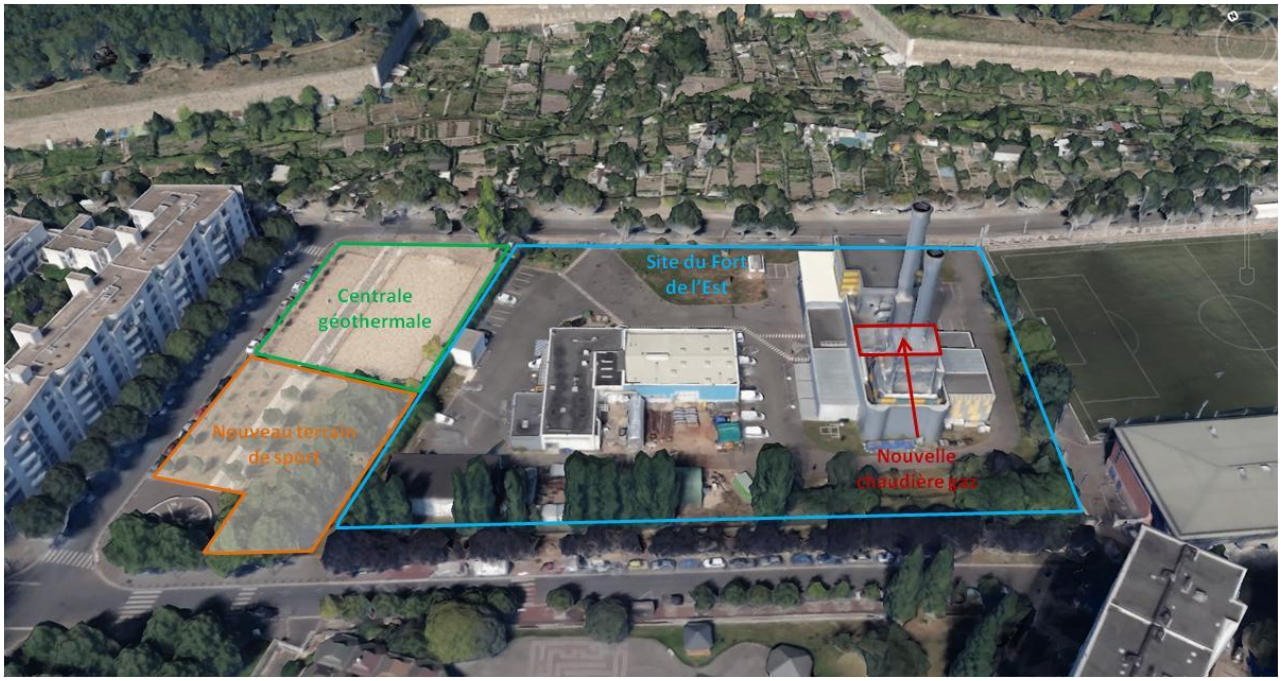


Figure 24 : Implantation de la centrale géothermale sur le site du Fort de l'Est

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.1.2 Historique et origine du projet

Le SMIREC est un syndicat de chauffage urbain qui exerce le service public de production et distribution de chaleur sur les territoires de La Courneuve, Saint-Denis, Stains, Pierrefitte, l'Ile Saint-Denis et Aubervilliers aux côtés des offices d'habitation Plaine Commune Habitat et Seine-Saint-Denis Habitat.

Initialement alimenté au charbon, le réseau de chaleur a progressivement évolué vers des énergies renouvelables en particulier le bois avec l'implantation de deux chaufferies biomasse à Stains et à Saint-Denis, respectivement en 2011 et en 2016.

La ville de la Courneuve a été pionnière dans le développement de la géothermie profonde dans les années 1980. En 2011 et 2017, les forages géothermiques historiques de La Courneuve Nord ont été renouvelés.

Au cœur des projets du Grand Paris, le réseau de chaleur du SMIREC s'inscrit dans la dynamique du territoire et se matérialise par un développement du réseau vers des quartiers qui n'étaient pas desservis jusqu'alors en profitant notamment des nouveaux programmes d'aménagement.

L'Etablissement Public Territorial (EPT) Plaine Commune, qui possède la compétence aménagement, favorise ce développement en mettant en avant le réseau de chaleur dans son « Guide de l'aménagement soutenable » et dans le cadre de son Plan Climat. Le territoire de Plaine Commune s'inscrit dans une démarche sociétale et environnementale visant à produire sur son territoire une énergie décarbonée, locale et compétitive pour alimenter son réseau de chaleur.

Le réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (PCE) est formé de 4 réseaux non reliés physiquement. La production de chaleur est réalisée à partir de plusieurs centrales de production avec des combustibles de nature différentes : gaz, biogaz et bois. Par ailleurs, des travaux de rénovation ont été réalisés sur le Clos Saint Lazare à Stains (démolition, construction et réhabilitation) permettant d'améliorer la sobriété énergétique de cet ensemble de bâtiments.

Aujourd'hui, le réseau de chaleur délégué à PCE a pour ambition de s'étendre sur la ville d'Aubervilliers, objet de la présente demande, allant au-delà du périmètre initial de la DSP, à différentes zones de la ville avec une mixité urbaine forte (logements existants, nouvelles ZAC, équipements publics…). L'ensemble des Parties Prenantes ont réalisé les démarches afin que :

- La Ville d'Aubervilliers puisse devenir adhérente du SMIREC.
- Le potentiel de développement identifié soit en phase avec le projet, pour un périmètre composé de :
    - Bâtiments existants dont le parc appartient principalement à des bailleurs sociaux connus.
    - La ZAC du Port Chemin Vert (Aménageur = SEM Plaine Commune Développement).
    - La ZAC du Fort D'Aubervilliers (Aménageur = Grand Paris Aménagement).

Le raccordement des bâtiments publics s'inscrit dans l'Agenda 21 de la Ville d'Aubervilliers et permet ainsi de renforcer l'implication du Territoire dans la transition énergétique.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Aujourd'hui, le réseau du SMIREC est alimenté à plus de 50 % d'énergies renouvelables qui permet d'éviter chaque année l'émission de 56 000 tonnes de CO_2 dans l'atmosphère.

Le territoire d'Aubervilliers, par sa densité urbaine et ses nombreux projets d'aménagement ainsi que la présence de nombreux immeubles d'habitations alimentés en chauffage collectif, est particulièrement adapté au développement d'un chauffage urbain. La ville d'Aubervilliers a adhéré au SMIREC en 2018 afin de mettre en place un réseau de chaleur visant à desservir plusieurs secteurs : **le patrimoine de son centre-ville, la ZAC Fort d'Aubervilliers et la ZAC Port Chemin Vert.**

Ce projet d'extension du réseau de chaleur du SMIREC sur 9 kilomètres sera à terme alimenté par un doublet de géothermie profonde au Dogger couplé à des Pompes à Chaleur (PAC). Le projet permettra de couvrir un minimum de 70% des besoins et de maintenir un taux d'énergies renouvelables supérieur à 50% sur l'ensemble du réseau d'une longueur actuelle de 70 kilomètres.

Il est estimé que la ressource géothermale au Dogger se trouve à une profondeur verticale d'environ 1628 m/sol, atteignant initialement la température de 57,5 ± 1°C.

1.1.3 Pertinence du projet au stade de l'étude de faisabilité

1.1.3.1 *Le Schéma directeur de Plaine Commune*

La ville d'Aubervilliers a récemment adhéré au SMIREC afin de mettre en place un réseau de chaleur visant à desservir plusieurs secteurs. Le projet vise à la création d'un doublet de géothermie profonde au Dogger, couplé à des Pompes à Chaleur, associé à l'extension de 9 km du réseau de chaleur de la DSP sur la commune. Il permettra d'alimenter à terme 7 500 équivalents logements. L'appoint-secours de la géothermie sera assuré par la récente chaufferie du Fort de l'Est (gaz et biomasse) d'une puissance autorisée de 99,5 MW (Cf. Annexe 8.6).

Le développement du réseau de chaleur s'appuie sur un schéma directeur élaboré en 2012 et actualisé en 2018. Il a pour objectif d'optimiser les consommations d'énergie, de diminuer au maximum les rejets de polluants et de CO2, dans un souci global de performance environnementale, et de garantir un accès équitable à une énergie peu chère.

Le schéma directeur de 2018 estime que pour les huit prochaines années, une puissance supplémentaire de 87 MW sera nécessaire. Sur l'ensemble du territoire, les enjeux pour le territoire de Plaine Commune sont :

- Le classement effectif de l'ensemble du réseau de chaleur afin de formaliser la stratégie des collectivités en faveur des réseaux de chaleur ENR, d'identifier systématiquement les projets, de renforcer la légitimité du réseau de chaleur et de sécuriser les financements ;
- L'augmentation de la production d'énergie renouvelable, avec l'installation de nouvelles unités de production, en vue de maintenir un taux d'ENR > 50% ;
- Le renforcement de l'efficacité du réseau de chaleur par l'optimisation du stockage ;
- La production de froid en réseau (géothermie) pour le Village Olympique et paralympique, la ZAC Pleyel et la Tour Pleyel pour lutter contre la climatisation énergivore en période de pics de chaleur, et proposer une solution pérenne et respectueuse de l'environnement pour répondre au besoin de rafraîchissement individuel ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- L'extension du réseau de chaleur urbain avec de nombreux raccordements, notamment en lien avec les Jeux Paris 2024.

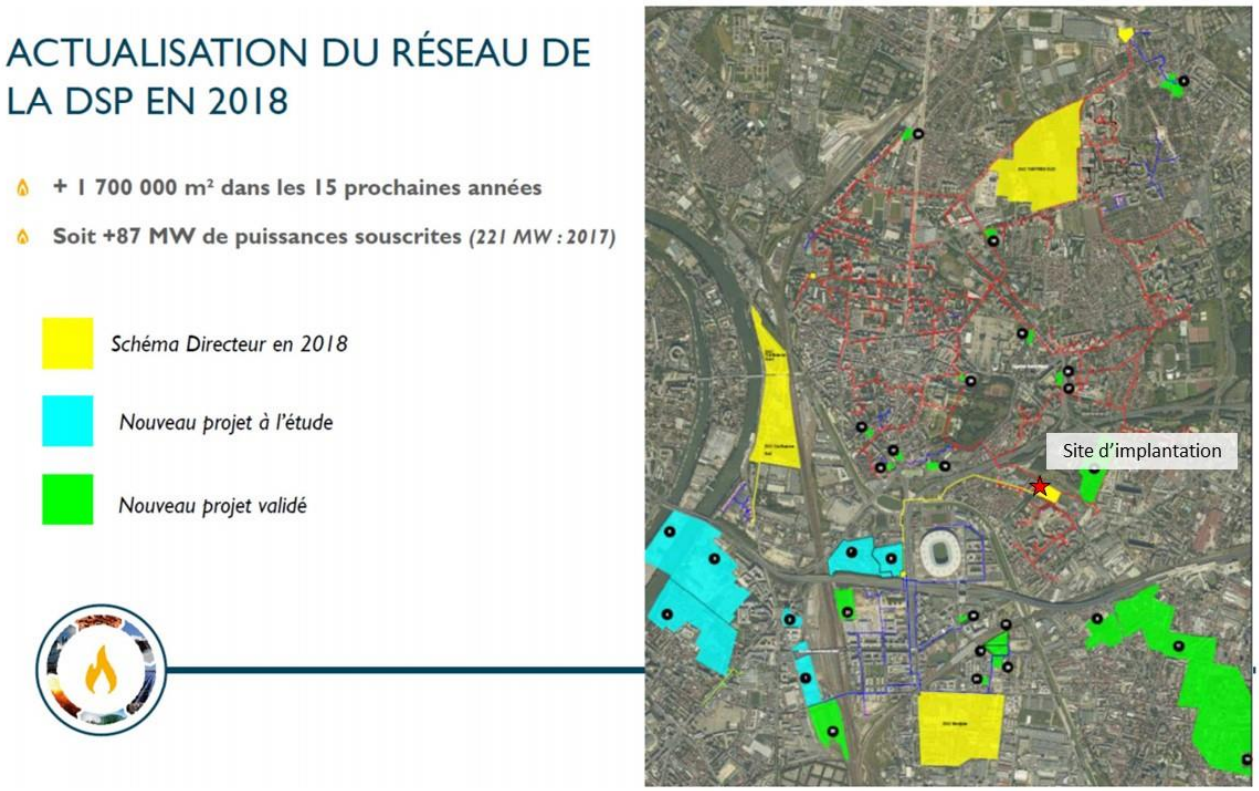


Figure 25: Actualisation du réseau de la DSP en 2018 (source : Plan Climat Air Energie Plaine Commune)

Le schéma directeur a permis d'identifier les modes de production possibles pour répondre à ces nouveaux besoins, tout en maintenant un niveau d'énergies renouvelables supérieur à 50% : ressources géothermiques, centrales avec thermofrigopompes, chaufferie biomasse, récupération de chaleur sur datacenter, achat de chaleur à la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU)…

Le projet de géothermie à Saint-Denis s'inscrit dans le schéma directeur de Plaine Commune et dans les objectifs du Schéma Régional Climat Air Energie en termes de développement des réseaux de chaleur, le raccordement de la Ville d'Aubervilliers étant la meilleure solution permettant de réduire les émissions de CO2 d'au moins 7 500 tonnes/an (par rapport à une solution de référence au gaz naturel) tout en assurant un taux d'énergies renouvelables d'au moins 50% sur l'ensemble du réseau de chaleur.

De plus, avec une production de chaleur essentiellement assurée par la géothermie, ce projet participe à l'amélioration de la qualité de l'air sur la Ville d'Aubervilliers (avec moins de quantités de CO2, SO2 et NOx émises dans l'atmosphère par rapport à une solution tout gaz des centrales).

Les bâtiments existants concernés par le projet d'Aubervilliers constituent principalement du logement social. Ces bâtiments sont actuellement tous alimentés par des énergies fossiles à 100% pour leurs besoins de chauffage et d'ECS. Leur raccordement permettra donc une substitution directe de ces énergies fossiles par une énergie renouvelable proposée à un prix compétitif et maîtrisé dans le temps.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.1.3.2 *Le processus EnR'Choix*

Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'extension du réseau de chaleur existant de PCE, permettant une mutualisation des moyens de production et une meilleure flexibilité opérationnelle. Enfin, le recours aux EnR a été priorisé : les solutions de récupération de chaleur fatale s'étant avérées techniquement incompatibles avec ce projet de réseau de chaleur, la solution finalement retenue est une géothermie au Dogger afin de valoriser la ressource présente sur cette partie du territoire et de substituer 3400 tep/an d'énergie fossile.

Un travail de prospection sur le terrain ainsi que des études techniques fines ont été menés afin d'évaluer les différentes possibilités en termes d'efficacité énergétique : abaissement des températures de départ et de retour (épuisement, travail sur le secondaire, …), isolation du réseau, optimisation de l'architecture des PAC pour un COP maximisé, …

Il est à noter plusieurs sources d'énergie renouvelable et de récupération sont présentes à proximité du réseau du SMIREC :

- Deux usines d'incinération sont identifiées à proximité : Saint-Ouen (93) et Sarcelles (95). 73% des déchets collectés par Plaine Commune sont incinérés.
  - L'usine d'incinération « L'Etoile Verte » à Saint-Ouen se situe à 4 km du site d'implantation. La chaleur générée par la combustion des déchets permet de produire de la vapeur pour alimenter le réseau de chaleur de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU). Cependant, la distance avec entre ce réseau et celui de Plaine Commune Energie ne permet pas d'envisager un projet de raccordement de L'Etoile Verte au réseau de chaleur urbain de Saint-Denis. L'Etoile Verte produit déjà du chauffage pour 108 500 équivalents logements et 57 300 MWh d'électricité grâce au déchets collectés auprès de près de 2 millions d'habitants.
  - L'usine d'incinération de Sarcelles, à environ 8 km du site d'implantation permet de produire 160 GWh/an de chaleur pour le réseau de Sarcelles. Cette usine est trop distante du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (environ 5 km) pour envisager une connexion.
- Biomasse

A ce jour, le réseau de chaleur DSP est alimenté par deux chaufferies Biomasse : celle de Stains et celle du Fort de l'Est qui produisent plus de 50 % de la chaleur du réseau de Plaine Commune Energie.

Cependant, les distances d'approvisionnement importantes et les émissions de particules liées à la combustion du bois n'en font pas une ressource énergétique dont le développement doit être encouragé en ville, notamment pour le chauffage des logements individuels.

- Chaleur fatale

Un potentiel de récupération de chaleur fatale pourrait exister sur le territoire, mais n'a pas encore été quantifié. La chaleur pourrait être récupérée sur les eaux usées des collecteurs départementaux et des émissaires du SIAAP traversant le territoire ou sur les data centers.

- Data center

Un projet de récupération de chaleur fatale du data center Equinix à Saint-Denis est à l'étude avec des perspectives de valorisation pour l'alimentation du nouveau quartier de la Plaine Saulnier et de la future piscine olympique. Le SMIREC étudie également un projet avec la société INTERXION à La Courneuve pour l'alimentation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

d'un réseau de chaleur pour un nouveau quartier. Dans le cadre du Plan Climat Air Energie, le SMIREC s'engage à expérimenter la récupération de chaleur fatale des data centers en construction à proximité de ces réseaux.

- Solaire

Les 1 640 heures d'ensoleillement annuel mesurées à la station du Bourget et le relief modéré de Plaine Commune lui permettent de bénéficier d'un potentiel significatif de production d'énergie solaire. Les systèmes thermiques doivent être privilégiés par rapport aux systèmes photovoltaïques qui produisent moins d'énergie et sont moins robustes.

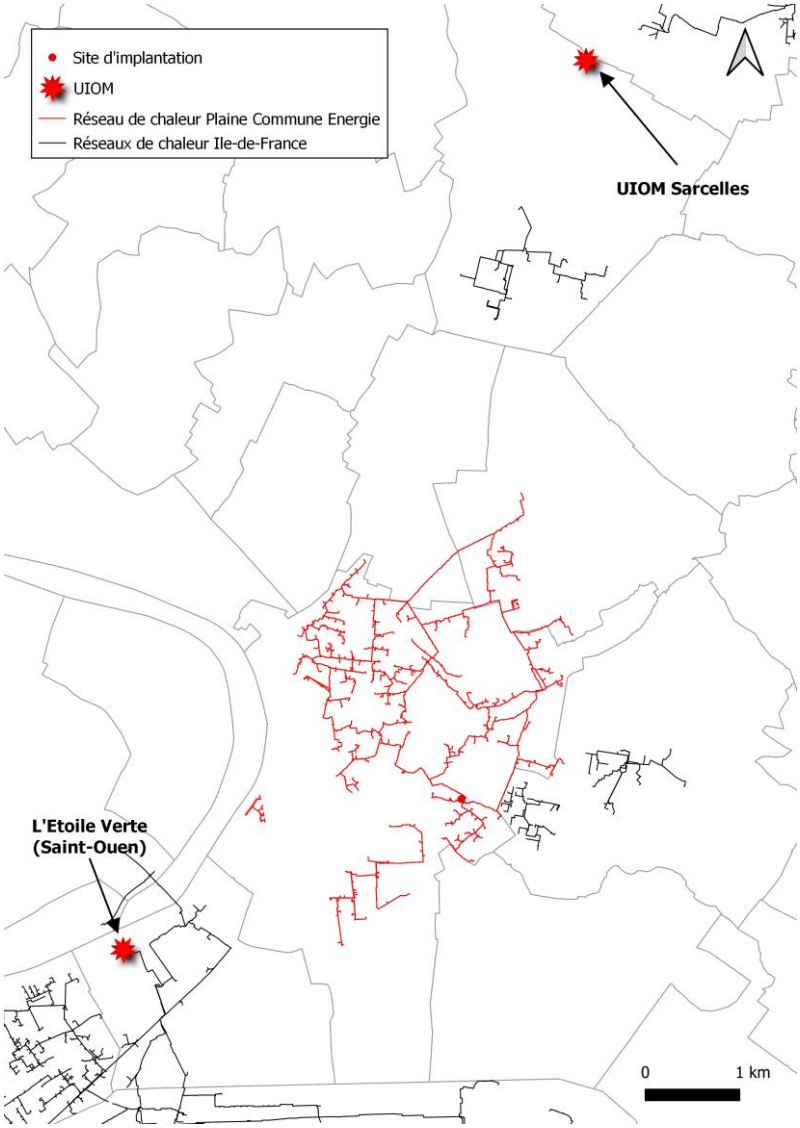


Figure 26 : UIOM situés à proximité du secteur d'étude

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.1.3.3 *Choix techniques étudiés*

La ville d'Aubervilliers a missionné le bureau d'études ITHERM et BERIM pour caractériser les ressources d'énergies renouvelables disponibles. Il est apparu au cours de ces travaux que :

- Les ventes de chaleur attendues sur le réseau d'Aubervilliers à l'horizon 2025 atteindraient 52,7 GWh par an avec le raccordement du centre-ville et les ZAC du Port-Chemin-vert et du Fort d'Aubervilliers.
- La capacité des doublets géothermiques existants de la Courneuve était insuffisante par rapport aux besoins de l'extension vers Aubervilliers.
- La géothermie à partir de l'aquifère profond du Dogger peut subvenir aux futurs besoins thermiques du réseau.

Par la suite le délégataire SMIREC/Plaine Commune Energie a réalisé des études de préfaisabilité pour évaluer le potentiel géothermal du sous-sol qui concluaient que seuls les aquifères de l'Albien et du Dogger offrent un caractère favorable dans le secteur.

Compte-tenu des besoins du réseau à l'horizon 2025 et des régimes de température sur les réseaux Haute température existants (HT 62% des consommations) et Basse température (BT 38% des consommations), les modélisations donnaient les résultats suivants pour le scénario d'une géothermie à l'Albien :

- Pour un scénario réaliste avec une température du réservoir de 28°C et un débit géothermal de 150 m3/h, la puissance atteinte par la géothermie avec la PAC atteindrait 35 GWh par an et impliquerait un appoint en gaz de l'ordre de 23 GWh par an. Soit un taux ENR du réseau d'Aubervilliers de 40%.
- Même en augmentant le débit géothermal à 200 m3/h, le couple température production/réinjection ou les régimes de température HT du réseau, le taux d'ENR atteindrait au maximum 42 %.
- La piste d'une valorisation de la biomasse à pleine puissance en période froide et une couverture exclusive de la géothermie en période estivale ne permet pas d'optimiser davantage le taux d'ENR du réseau.
- Malgré une optimisation et un scénario d'épuisement des températures HT sur le réseau du centre-ville vers les sous-stations BT des deux ZAC, avec un abaissement des températures de l'ordre de 4°C, l'amélioration du COP (+0.2) de l'installation et du taux d'ENR (+0.3%) seraient minime.

Dans le cas d'une géothermie au Dogger avec une puissance appelée de 10 MW, la puissance atteinte par la géothermie avec la PAC atteindrait 50 GWh par an et impliquerait un appoint en gaz de l'ordre de 8.5 GWh par an. Soit un taux ENR du réseau d'Aubervilliers de l'ordre de 70%.

Le rapport 19CFG108 concluait à la pertinence technico-économique d'implanter un nouveau doublet de géothermie au Dogger avec une architecture en acier et des diamètres de tubages classiques avec les caractéristiques suivantes :

- Une température de production d'environ 57,5°C ;
- Une température de réinjection moyenne de 45°C ;
- Un débit d'exploitation moyen annuel de 230 m^3/h et maximal hivernal de 300 m^3/h.

D'autre part, le SMIREC a souhaité optimiser la valorisation de la ressource géothermale à Saint-Denis en :

- Mettant en place des pompes à chaleur qui diminueraient la température de réinjection **à 25°C** en période hivernale avec une température de réinjection moyenne annuelle de 33°C ;
- Anticipant et augmentant le débit d'exploitation au maximum jusqu'à **320 m^3/h**.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La difficulté à trouver des terrains disponibles pouvant accueillir un chantier de forage au Dogger et la proximité de la chaufferie biomasse du Fort de l'Est ont conditionné le choix du site projeté.

L'aléa géologique au Dogger est faible et le couple débit / température le plus optimiste attendu (320 m^3/h, 56,5 ± 1°C en tête de puits et 25°C en retour) détermine une puissance thermique maximale d'environ **11,7 ± 0.3 MW** (valeur attendue ponctuellement).

Au regard des caractéristiques du gîte géothermique à Saint-Denis, deux priorités se sont imposées au projet :

- Un schéma minier optimisé afin d'éviter la percée thermique d'une part et les interférences avec les opérations voisines d'autre part ;
- Une conception classique en acier avec des inclinaisons maitrisées des puits géothermiques permettant de limiter risques en forage et simplifier les opérations de maintenance pendant l'exploitation.

1.1.4 Objet de la demande

Le SMIREC engage le processus réglementaire qui pourra aboutir à la réalisation des forages géothermiques correspondants aux besoins thermiques du réseau. Le site d'implantation du futur doublet est envisagé à l'est de Saint-Denis dans le quartier Franc-Moisin sur le cours du ru de Montfort à proximité du site de la chaufferie du Fort de l'Est (Cf. Figure suivante).

Suite à la réalisation par CFG d'une étude technico-économique d'accès à la ressource et la réalisation de la boucle géothermale, le présent document constitue le dossier conjoint comportant deux demandes :

- **La demande d'une autorisation de recherche d'un gîte géothermique au Dogger dans un périmètre centré sur le secteur d'étude ;**
- **La demande d'ouverture de travaux de forage associé à la demande de recherche correspondant à la réalisation de deux ouvrages déviés, dédiés au pompage (puits producteur) et à la réinjection (puits injecteur), pour le futur doublet géothermique au Dogger.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

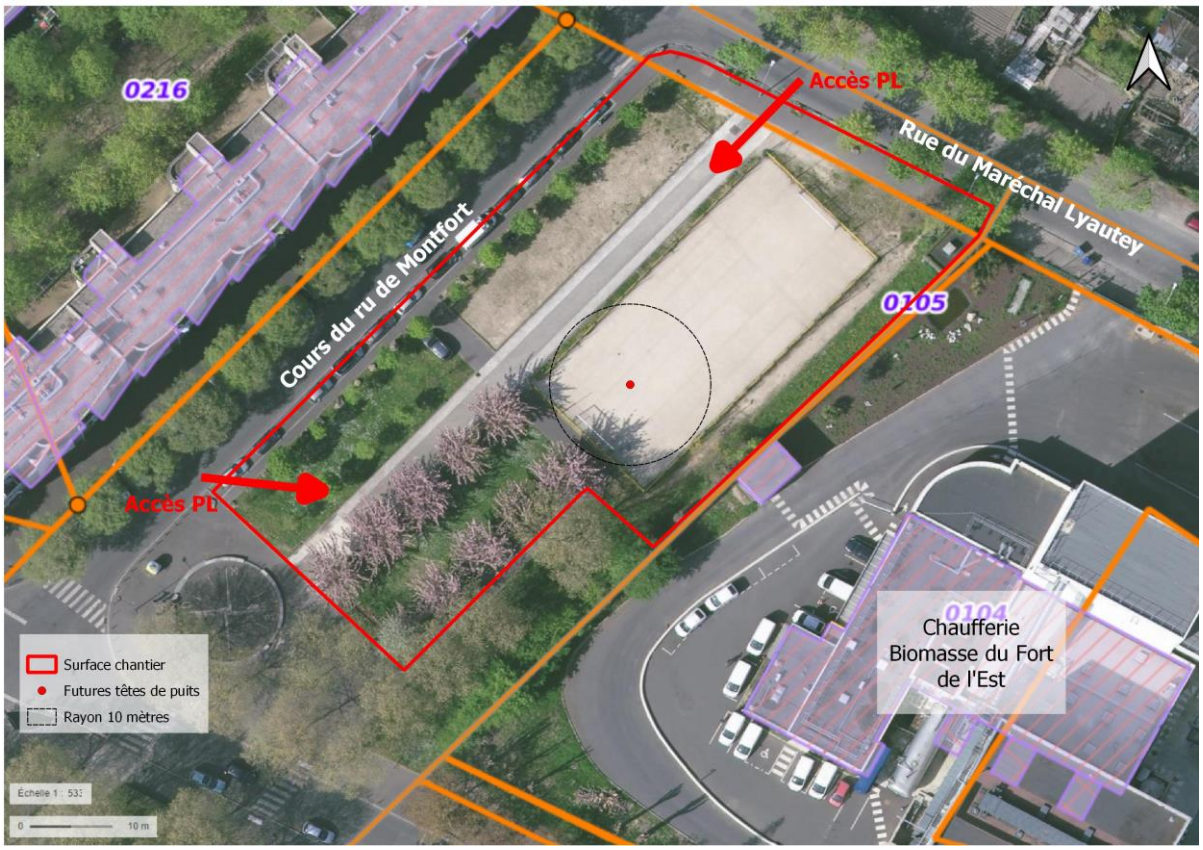


Figure 27 : Localisation et implantation du chantier de forage

Ces demandes ont pour objectif de garantir l'accès à la ressource du Dogger visée par le projet et de commencer la phase des travaux de forage. Elles préparent les futurs dossiers de demande de permis d'exploitation du nouveau doublet qui sera complétée par les informations obtenues à l'issue des travaux de forage (Cf. Figure ci-après).

Aujourd'hui, les mesures mises en œuvre dans le cadre du Fonds Chaleur sont incitatives et permettent d'améliorer la rentabilité des projets de géothermie tel que celui de Saint-Denis/Aubervilliers, en particulier à égard du coût de l'énergie chez l'abonné.

Par ailleurs, les fonds de garantie court terme et long terme de la SAF-Environnement apportent au maître d'ouvrage une couverture du risque financier également incitative (90% du montant maximal garanti des travaux de forage sont pris en charge en cas d'échec total).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

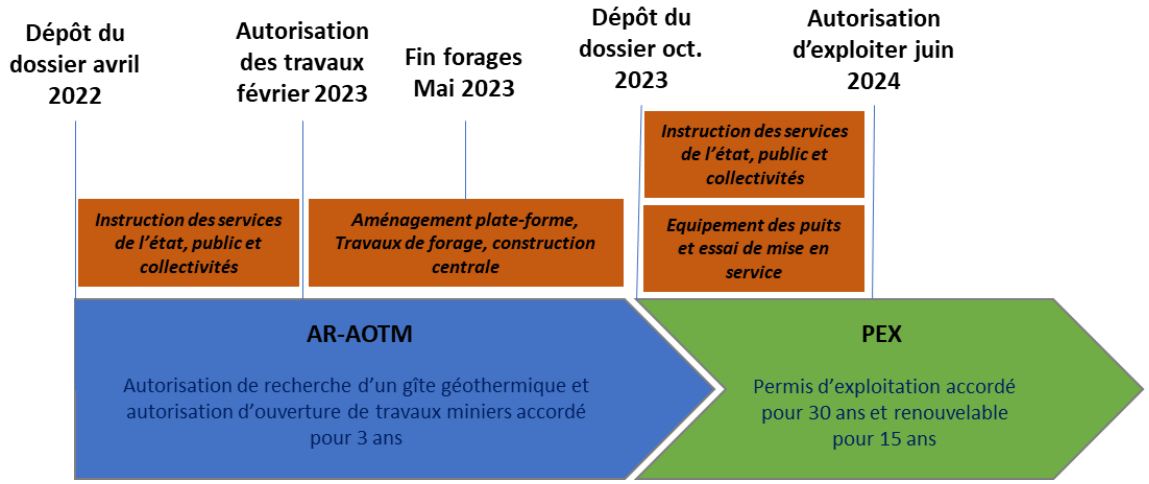


Figure 28 : Schéma simplifié de la procédure relative à la réalisation d'un doublet géothermique

1.1.5 Contenu du dossier

Le dossier détaille les aspects techniques et environnementaux relatifs aux futurs puits géothermiques (GSD-1 / GSD-2) faisant l'objet de la demande d'autorisation de recherche et de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers.

Vu le (nouveau) Code Minier et vus le décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie et le décret n°2006-649 du 6 juin 2006 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines :

Le Chapitre 1 de ce document comprend :

- Les informations relatives à la demande ;
- L'identification du demandeur et la justification de ses capacités techniques et financières ;
- Le contexte et la description du projet de valorisation de la ressource ;
- Le budget prévisionnel et le financement du projet ;
- Le planning prévisionnel ;
- Les références réglementaires ;
- L'identification des risques et contraintes techniques et organisationnelles.

Le **Chapitre 2** concerne la demande d'autorisation de recherche du gîte géothermique. Elle comprend :

- Le cadre général de l'opération et les caractéristiques du réservoir du Dogger ;
- La description de l'opération et l'emprise du projet ;
- Le débit et le volume d'exploitation prévisionnels ;
- La modélisation des impacts hydraulique et thermique de l'exploitation sur la durée du permis sollicité ;
- La description des dispositifs de mobilisation de la ressource ;
- La description des contrôles périodiques et du suivi de l'exploitation.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le **Chapitre 3** de ce document concerne la demande d'ouverture de travaux de forage. Elle comprend :

- Un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus ;
- L'exposé des méthodes de forages envisagées ;
- Le fonctionnement prévisionnel de la boucle géothermale ;
- Les conditions d'arrêt de l'exploitation du gîte géothermique.

Le **Chapitre 4 et 5** traitent de l'impact du projet sur l'environnement d'une manière globale, à savoir :

- La description de l'état initial du site et le contexte relatif au projet ;
- L'analyse des impacts temporaires liés à la période de travaux et les mesures compensatoires envisagées ;
- L'analyse des impacts permanents liés au fonctionnement de l'exploitation géothermique et les mesures compensatoires envisagées ;
- L'incidence des travaux sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine Normandie ;
- L'analyse des effets du projet et des mesures compensatoires destinées à supprimer, atténuer ou compenser les effets négatifs.

Le **Chapitre 6** analyse les effets cumulés du projet avec d'autres projets connus sur le territoire de Saint-Denis.

Le **Chapitre 7** des aspects relatifs à la sécurité et à la santé pour la période des travaux, puis pour la période d'exploitation du gîte géothermal.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.2 Qualité du demandeur

1.2.1 Fiche d'identité du maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage est le Syndicat mixte des réseaux d'énergie calorifique (SMIREC), créé en 2013 à partir de la réunion de deux syndicats plus anciens : le Syndicat mixte pour la géothermie à La Courneuve (SMGC) datant de 1980 et un syndicat géré par la Ville de Saint-Denis, datant de 1957, qui avait délégué l'exploitation à la Société de chaleur de Saint-Denis.

Le SMIREC est un établissement public qui exerce le service public de production et de distribution de chaleur (chauffage et eau sanitaire) et de froid pour les villes de La Courneuve, Saint-Denis, Stains, Pierrefitte-sur-Seine, L'Ile-Saint-Denis, et Aubervilliers, aux côtés des offices d'habitation Plaine Commune Habitat et Seine-Saint-Denis-Habitat.

Les représentants du SMIREC sont les suivants :

- Président : Laurent Monnet, représentant légal – 01.48.38.20.02 - syndicat.mixte@smirec.fr
- Directrice : Aela Menguy – 01-48-38-50-97 – aela.menguy@smirec.fr
- Directeur technique : Maxime Ghestem, chargé du suivi de l'opération - 01-48-38-20-02 - maxime.ghestem@smirec.fr

Raison sociale : SMIREC Syndicat Mixte Ouvert

N° SIRET : 259 300 283 00035

Adresse : 75, rue Rateau – Urbaparc 3 – Bat i3 – 93126 La Courneuve Cedex

1.2.2 Justification des capacités techniques et financières du demandeur

Le SMIREC a en charge le deuxième réseau d'Ile-de-France intégrant :

- **La gestion en régie des deux réseaux de chaleur de La Courneuve (Nord et Sud)**, auxquels sont raccordés environ 7100 logements au 1er janvier 2021.
- **La gestion en Délégation de Service Public (DSP) du réseau de chaleur desservant tout ou partie des villes de Saint-Denis, Stains, Pierrefitte, L'Ile-Saint-Denis et Aubervilliers**, dont l'exploitation a été confiée à Plaine Commune Energie (PCE), filiale d'Engie Solutions, pour une durée de 25 ans à compter du 1er mai 2014 avec comme objectif la livraison de 50 000 équivalents logements.

Le SMIREC est propriétaire des infrastructures et équipements, il décide des moyens de production, contrôle la bonne exécution technique et financière des tâches qu'il a confiées et assure la cohérence entre les différents acteurs du réseau.

Sur le réseau de La Courneuve, le SMIREC livre 70 000 MWh à ses abonnés pour une puissance totale des installations de production de chaleur de 48 MW. Le réseau est constitué de 107 sous-stations pour une longueur de 22 km. Au cours des 5 dernières années, le SMIREC a procédé à la réhabilitation du doublet géothermique sur le site La Courneuve Sud et réalisé un nouveau doublet géothermique sur le site de La Courneuve Nord pour assurer la pérennité de la fourniture d'énergie géothermique sur le territoire de la Ville.

Le réseau de chaleur des villes de la DSP est né dans les années 1950 sur le territoire de la Ville de Saint-Denis. Il s'étend aujourd'hui également sur les villes de Stains, Pierrefitte-sur-Seine et L'Île-Saint-Denis et se développe

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

aujourd'hui vers Aubervilliers. Des travaux de grande envergure ont été réalisés au cours des dernières années et notamment l'interconnexion des réseaux nord et sud situés de part et d'autre du canal de Saint-Denis qui permet d'assurer la sécurité d'alimentation en tout point du territoire et d'atteindre un taux d'énergies renouvelables de plus de 50% pour l'ensemble des usagers de la DSP.

Le SMIREC portera financièrement et techniquement la réalisation des ouvrages de production et du réseau qu'il met à disposition du délégataire PCE dans le cadre du contrat de délégation de service public.

Les ressources financières du Syndicat proviennent essentiellement :

- Des ventes de chaleur et d'électricité ;
- La valorisation des certificats d'économie d'énergie des travaux réalisés sur le patrimoine des abonnés ;
- Les recettes associées au contrat de délégation de service public (redevance de contrôle) ;

Les derniers résultats financiers du SMIREC sont présentés en Annexe 8.1.

Les capacités financières du maître d'ouvrage lui permettent de provisionner le budget nécessaire aux opérations de suivi, de prévention et de maintenance de son exploitation évitant ainsi une dégradation des ouvrages et la survenue d'incident. Il anticipe également les investissements lourds à effectuer tout au long de la vie des ouvrages (Cf. Courrier d'engagement en Annexe 8.2). On notera par exemple la constitution de garanties financières pour prendre en charge les éléments suivants.

Nature des opérations	***Détails des opérations***	***Coûts estimatifs provisionnés (€ HT)***	***Récurrence***
Surveillance du site	Budget du suivi règlementaire de l'exploitation	30 000€/an	Tous les trimestres
	Prélèvements chimiques		Tous les 3 à 4 mois
	Test d'intégrité du tube de traitement		Tous les 6 mois
	Diagraphies règlementaires	15 000€/an (lissé sur 30 ans)	Tous les 3 à 5 ans
	Personnel de la centrale	200 000€/an	Quotidien
Maintien en sécurité des installations :	Contrat anti-éruption	5 000€/an	Permanent
	Traitement inhibiteur	50 000€/an	Quotidien
	Opération de work-over rechemisage	~1 200 000€	Tous les 20 à 30 ans
	Opération de nettoyage	~100 000€	Tous les 10 à 15 ans
	Changement ligne de traitement en inhibiteur corrosion	6 000€/an (lissé sur 30 ans)	Tous les 10 ans
	Changement de pompe d'exhaure	50 000€/an (lissé sur 30 ans)	Tous les 5 ans

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Par ailleurs, le SMIREC souscrira **une assurance spécifique auprès de la SAF Environnement**, couvrant les risques liés aux aléas géologiques, aux travaux et à l'exploitation de la boucle géothermale.

1.2.3 Capacité technique et organigramme des intervenants

Pour la réalisation de son projet, le SMIREC est assisté par :

- Le délégataire Plaine Commune Energie pour la création des nouvelles sous-stations et la fourniture du chauffage urbain, la distribution et l'exploitation du réseau primaire ;
- Le bureau d'études CFG en tant que maître d'œuvre sous-sol pour la conception et la réalisation des installations de la boucle géothermale (de la tête de puits jusqu'à la nappe du Dogger) ;
- Un cabinet d'architectes qui sera désigné prochainement pour la conception et la réalisation du bâtiment de la nouvelle centrale de géothermie.

L'organigramme du projet est présenté sous le schéma ci-dessous.

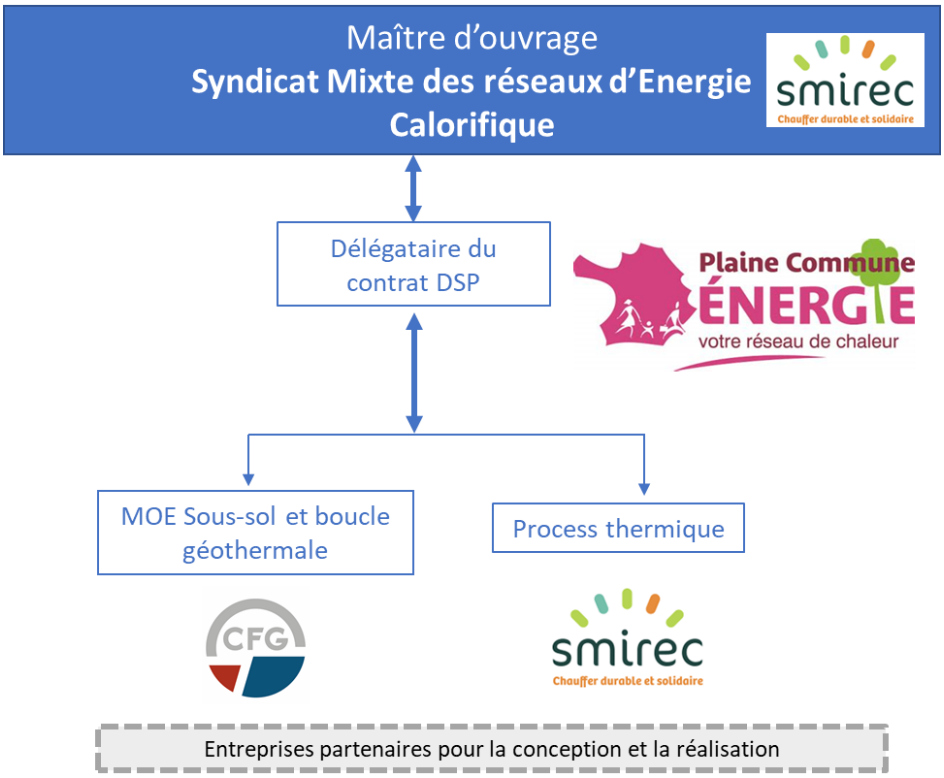


Figure 29 : Organisation du projet

- Le délégataire PCE

Le marché d'exploitation des installations de chauffage du syndicat et d'équipements thermiques des abonnés est confié à Plaine Commune Energie (PCE) filiale 100 % dédiée par ENGIE-Solutions.

Le délégataire PCE réalise les travaux de raccordement (aménagement des sous-stations) et exploite les installations mises à disposition par le SMIREC dans le cadre du contrat de délégation de service public.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le projet mettra en œuvre des compétences locales, les équipes d'exploitation étant en effet basées sur le territoire de Saint-Denis et à la chaufferie du Fort de l'Est.

L'Annexe 8.3 rassemble les informations et les références techniques de PCE.

- Le bureau d'études sous-sol CFG

Le SMIREC a retenu le bureau d'étude **CFG** pour les études et de l'ingénierie « sous-sol / ressource géothermale », ainsi que l'ensemble des démarches administratives et réglementaires, ce qui se traduit par les missions suivantes :

- Etudes de projet et de faisabilité ;
- Constitution des dossiers administratifs : Demande de permis de recherche et d'ouverture de travaux de forage ;
- Maîtrise d'œuvre pour les travaux de forage.

CFG est une société d'ingénierie et de services, spécialisée dans les travaux du sous-sol pour la géothermie profonde qui a développé son expertise et son savoir-faire dès le début des années 80 où elle a été pionnière dans le développement des installations géothermales associées aux réseaux de chauffage urbain de la région parisienne. Le bureau d'études CFG, filiale de l'EPIC BRGM, est spécialisé en géothermie de forages profonds depuis 1985.

- Ses ingénieurs et techniciens spécialisés constituent un pôle d'excellence nécessaire à la réussite de projets de géothermie destinés à la production de chaleur ou d'électricité et couvrent toutes les thématiques : géologie et hydrogéologie, forage et ingénierie de réservoir, géochimie et traitement anticorrosion, pompage, conversion de chaleur et thermodynamique, management d'avant-projet et de projet.
- L'expertise reconnue de CFG dans les domaines de la corrosion et du traitement chimique des fluides géothermaux a permis un transfert de ses compétences vers des secteurs autres que la géothermie, répondant ainsi à la demande des industriels de la chimie et de la pétrochimie.

CFG a été notifiée pour le suivi et la réalisation des forages via un contrat de maitrise d'œuvre sous-sol incluant la réalisation du nouveau doublet.

Raison sociale :

- Forme juridique : SAS Société par actions simplifiée
- Adresse : 3 Avenue Claude Guillemin - BP 46429 -45064 Orléans Cedex 2
- Directeur général : Eric Lasne
- Immatriculation : RCS Orléans 444 572 044
- Responsable du projet : Anne-Lise Gille, chef de projet (al.gille@cfg-geo.fr)

Compagnie Française de Géothermie

L'Annexe 8.4 rassemble les informations commerciales, les références techniques de CFG.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.3 Les équipements de production existants

1.3.1 Vue générale des installations

Le réseau de chaleur de Saint-Denis fournit environ 350 GWh/an de chaleur à ses abonnés, avec un taux de couverture ENR de plus de 50 %.

En 2019, 2020 et 2021 le réseau du SMIREC a été labellisé Ecoréseau par AMORCE, un label qui est destiné à mettre en avant les réseaux de chaleur les plus exemplaires du point de vue environnemental, économique et social.

Le réseau de la DSP, alimente également les villes de L'Ile-Saint-Denis, Pierrefitte-sur-Seine, Stains et se développe aujourd'hui vers Aubervilliers et dispose d'une puissance de production totale de 185 MW composée de :

- Deux chaufferies biomasse à Stains et Fort de l'Est, d'une puissance thermique respective de 16 MW et 28,5 MW ;
- Des chaufferies gaz à Fort de l'Est (71 MW installé), Stains et Saint-Denis ;
- Une centrale biogaz d'Urbaparc, comprenant une chaudière d'une puissance de 2 668 KW permettant d'alimenter en chauffage les zone d'activités Urbaparc à Saint-Denis.
- Deux chaufferies SESAS d'une puissance respective de 9 et 9,6 MW produisent de la chaleur pour les quartiers du Cornillon et du Landy.

Le réseau de chaleur de Saint-Denis, d'une longueur d'environ 70 km, alimente 557 sous-stations et fournit du chauffage et de l'eau chaude sanitaire à environ 50 000 équivalents logements. Le réseau de chaleur est alimenté à plus de 50 % par le chauffage au bois, à 45% environ par le gaz et à environ 5 % par un apport de vapeur CPCU. Les données principales du réseau de Plaine Commune Energie sont décrites dans le tableau suivant.

La typologie des bâtiments raccordés atteint 66% pour les logements, 11 % pour les bâtiments scolaires, 9% pour des bureaux, 7% pour la santé, 5% pour les équipements et 2% pour des commerces.

Désignation	Réseau Plaine Commune Energie
Longueur du réseau (km)	71,3
Nombre de sous-stations	557
Nombre d'équivalent-logements	50 000
Puissance souscrite (kW)	2018 : 234 922 2019 : 237 727 2020 : 243 852
Chaleur livrée en 2020 (MWh/an)	336 503
Taux d'ENR (bois, vapeur, CPCU)	2021 : 53,3 % 2020 : 51 %

Tableau 15 : Synthèse caractéristiques du réseau existant (SMIREC)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

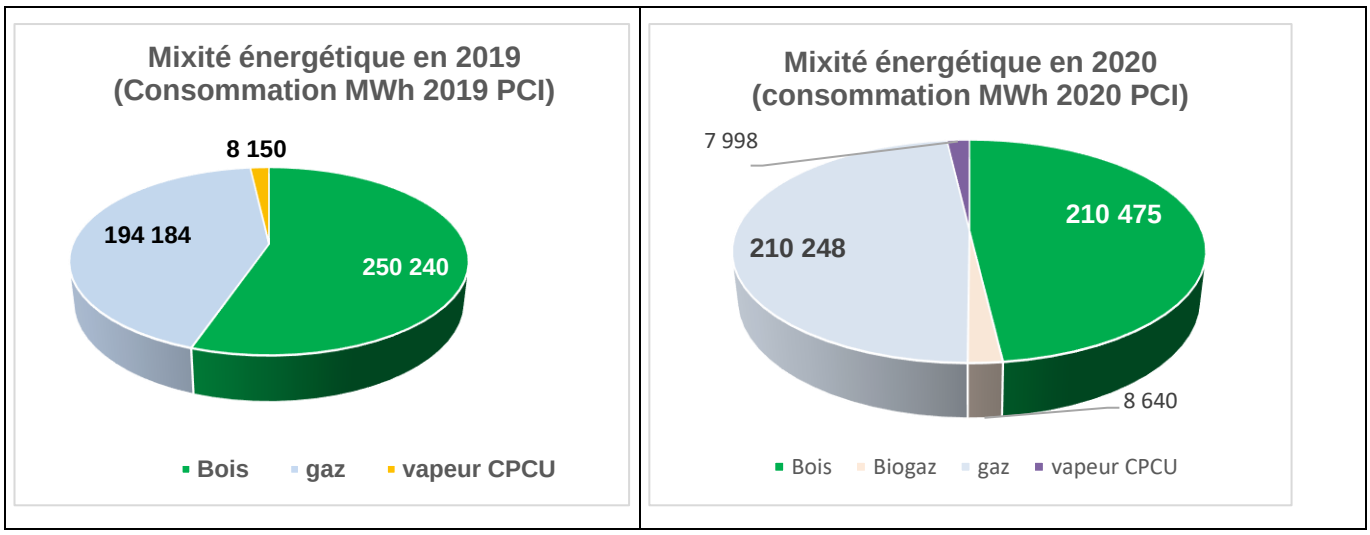


Figure 30 : Répartition du mix énergétique entre 2019 et 2020

Figure 31 : Carte et détail du réseau de chaleur existant (SMIREC)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.3.2 Les chaufferies biomasse

Deux chaufferies biomasse alimentent le réseau de chaleur : celle de Stains et celle du Fort de l'Est. La biomasse correspond à la matière organique qui peut être utilisée comme source d'énergie. D'origine végétale, animale, fongique (champignons) ou encore bactérienne, elle est exploitée soit directement par combustion (le bois, par exemple), soit indirectement par méthanisation (biogaz) ou autres transformations chimiques (biocarburants)

Chaufferie Biomasse du Fort de l'Est

La chaufferie, située sur la commune de Saint-Denis, dans le quartier Franc Moisin est en service depuis 1963. Elle a d'abord fonctionné au charbon et au fuel, puis s'est convertie au gaz naturel. Une turbine de cogénération y a été installée en 2001, avant d'être démantelée pour permettre la construction, en 2016, de la nouvelle chaufferie biomasse. Aujourd'hui, la chaufferie alimente le réseau de chaleur à plus de 50% en énergie renouvelable grâce au bois.

Elle fournit 25 % de l'énergie du réseau de chaleur de Saint-Denis avec une puissance totale de 28,5 MW. Cette chaudière utilise la technique du lit fluidisé bouillonnant qui consiste à introduire le combustible dans un lit de sable chauffé et mis en suspension par injection d'air à haute pression. Sous la pression de l'air, le sable chaud bouillonne comme un liquide. Cette technique permet l'utilisation d'un combustible dépassant 50% d'humidité.

Figure 32 : Chaufferies existantes du SMIREC

Chaufferie Biomasse de Stains

La chaufferie, située sur la commune de Stains, est en service depuis 2011 et assure plus de 25% de la production de chaleur du réseau de Saint-Denis. La chaufferie assure plus de 25% de la production de chaleur du réseau de Saint-Denis. Elle se compose de :

- Deux chaudières de 8 MW

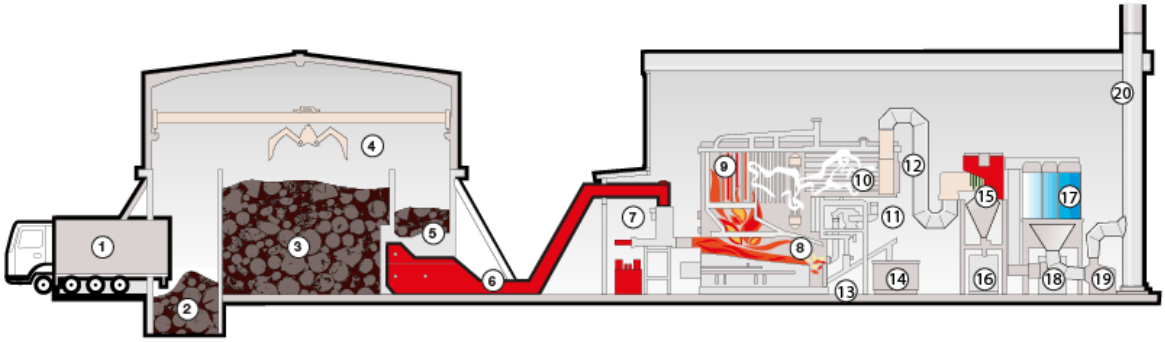
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Un circuit de récupération des cendres,
- Des filtres à manche,
- Un ventilateur de tirage,
- Un hall de stockage du bois,
- Des convoyeurs.

Elle utilise trois types de bois : le bois forestier, le bois issu de l'industrie du bois et le bois de plaquettes. Les cendres issues de la combustion du bois sont transformées en compost et valorisées en agriculture. Il représente 38 000 tonnes annuelles de bois qui proviennent de scieries et forêts situées dans un rayon de 100 km autour de Stains et qui transitent par la plateforme multimodale de Gennevilliers. Les cendres issues de la combustion du bois sont transformées en compost et valorisées en agriculture.

Des chaudières gaz ont été installées dans cette centrale pour assurer l'appoint et le secours.

Au total, le recours à cette énergie locale permet d'éviter le rejet de 23 000 tonnes de CO2 par an dans l'atmosphère.



1- *Livraison combustible par camions à fond mobile*
2- *Fosse de déchargement*
3- *Silo de stockage principal*
4- *Pont roulant et benne preneuse*
5- *Silo tampon et extracteurs à râteaux-poussoirs*
6- *Convoyeur à chaînes*
7- *Clapet et poussoir d'introduction*
8- *Foyer à grille dynamique*
9- *Chambre de combustion bas NOx et bas CO*
10- *Echangeur à tubes de fumées*
11- *Recirculation des fumées*
12- *Ramonage automatique de l'échangeur*
13- *Décendrage foyer et échangeur par vis cendres*
14- *Bennes à cendres*
15- *Dépoussiéreur multicyclones*
16- *Big bag cendres sous dépoussiéreur*
17- *Filtre à manche*
18- *Big bag cendres sous filtre à manches*
19- *Ventilateur extraction fumées*
20- *Cheminée*

Figure 33: Fonctionnement de la chaufferie biomasse de Stains

1.3.3 Les autres installations

1.3.3.1 *Les chaufferies gaz*

Trois chaufferies fonctionnant au gaz naturel et servant d'appoint sont présentes sur le réseau :

- celle du Fort de l'Est, à côté de la chaufferie biomasse avec une puissance de 43 MW couplée à deux chaudières d'appoint de 14 MW chacune,
- celle de Stains, également sur le site de la chaufferie biomasse,

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- la centrale Fabien, à Saint-Denis.

La chaufferie gaz du Fort de l'Est a été réaménagée dès 2015. Les améliorations suivantes ont été réalisées :

- Démolition de la surélévation d'une partie d'un bâtiment avec sous-sol et reconstruction pour implanter la chaufferie biomasse en rez-de-chaussée uniquement.
- L'implantation de deux silos bois
- Une nouvelle zone de dépotage de 100 m²
- Une cheminée de 42 m
- Un parking pour véhicules légers, un bâtiment pour des locaux, l'extension de voiries lourdes et un bassin tampon sous voiries sur 200 m² de surface au sol environ.
- Deux nouvelles chaudières gaz à tubes de fumées ont été installées en 2021

La centrale Fabien, située sur la commune de Saint-Denis permet d'effectuer un complément de production thermique en hiver et en été. Elle a une puissance thermique de 30 MW. Elle fournit de l'énergie thermique sur le réseau de distribution et en particulier lors des arrêts techniques des deux autres centres de production.

Deux autres chaufferies gérées par la société Stade Energie SAS produisent de la chaleur pour les quartiers du Cornillon et du Landy.

1.3.3.2 *La centrale biogaz Urbaparc*

Située sur la commune de Saint-Denis, cette centrale a été construite en 1989 pour alimenter en chauffage la zone d'activité Urbaparc en basse pression et basse température. Cette centrale biogaz a une puissance de 2 668 KW et utilise le biogaz issu de la méthanisation par fermentation des déchets organiques.

Une nouvelle chaudière biogaz de 8 MW est installée dans le secteur de Confluence afin de garantir un approvisionnement en énergies renouvelables du secteur.

1.3.3.3 *Le réseau vapeur CPCU*

Situé à la limite de Saint-Ouen, ce réseau a été doté en 1992 d'une distribution de chaleur sous forme de vapeur provenant des usines thermiques de Saint-Ouen qui traitent les déchets urbains.

1.3.4 Le réseau de distribution PCE

Plaine Commune Energie produit et achemine de l'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de nombreux bâtiments via le réseau de distribution de 70 km qui se décompose en deux catégories :

- Le réseau haute pression d'une longueur de 49,230 km qui transporte de l'eau surchauffée à une pression de 25 bars et une température de 190°C ;
- Le réseau basse pression d'une longueur de 19,195 km à une pression de 4 à 6 bars et une température comprise entre 90 et 105°C.

La totalité des canalisations constituant le réseau principal sont en tube d'acier isolé sous les voieries publiques et installées dans des caniveaux en béton.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'alimentation de chaque abonné se fait, selon le cas, par deux ou trois canalisations. De manière générale, le réseau de chaleur est implanté en domaine public puis en domaine privé correspondant à l'emprise foncière de l'abonné raccordé.

La limite de prestation du réseau primaire s'arrête :

- Pour le chauffage : en aval des vannes des échangeurs (côté secondaire) et hors appareils connexes (expansion réseau secondaire, remplissage, traitement d'eau, etc.) ;
- Pour l'Eau Chaude Sanitaire : aux vannes en amont du ballon de stockage et hors pompe de recyclage ECS.

Le réseau sud de Saint-Denis est classé et vérifie des conditions suivantes :

- Être alimenté à 50% par des énergies renouvelables
- Posséder un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison
- Être à l'équilibre financier durant la période d'amortissement des installations.

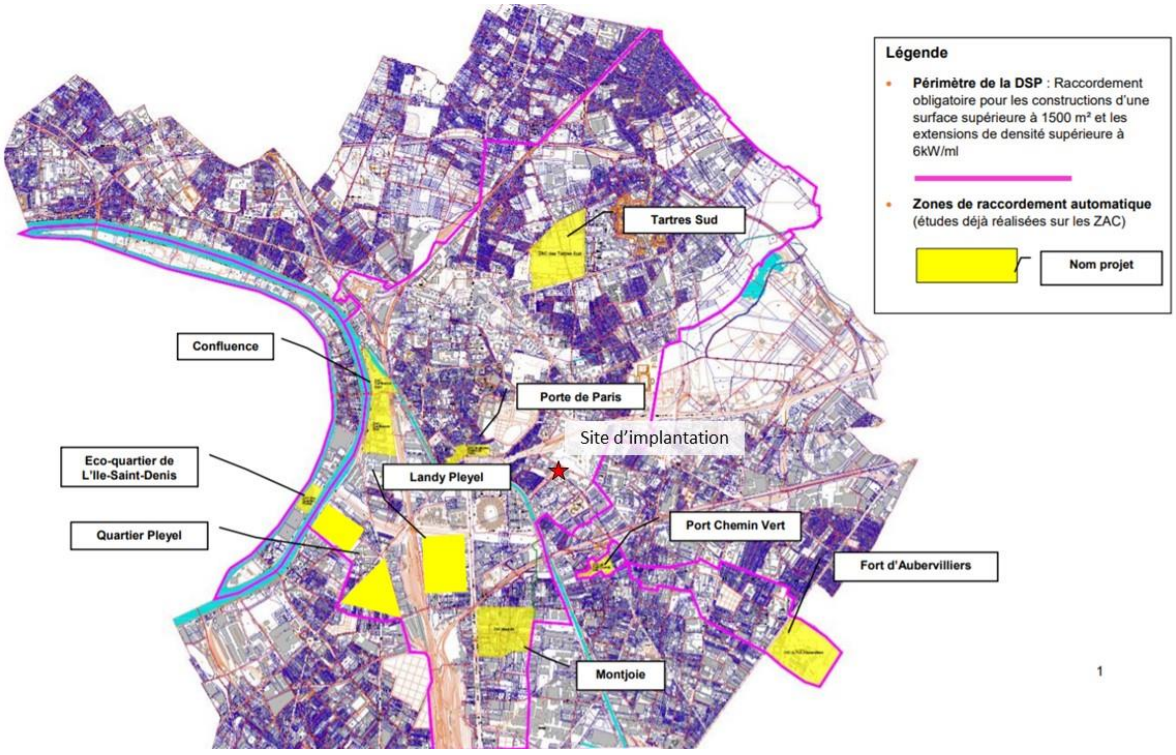


Figure 34: Périmètre de classement du réseau de la Délégation de Service Public (SMIREC)

Cette disposition en matière d'urbanisme permet d'imposer le raccordement au réseau de chaleur dans des zones prioritaires. Par ailleurs, il est rappelé que les réseaux de chaleur pouvant justifier d'un approvisionnement d'au moins 50% d'énergies renouvelables (incluant la géothermie donc), peuvent bénéficier d'une réduction du taux de TVA sur le prix de vente final au client.

Fin 2020, le réseau PCE alimentait environ 50 000 équivalent-logements. Il distribue en moyenne près de 350 000 MWh (Chauffage et eau chaude sanitaire). L'énergie provenant des énergies renouvelables (notamment la biomasse qui produit 50% de l'énergie) permet d'éviter l'émission d'environ 56 000 tonnes de CO2 chaque année.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En 2020, la production d'énergie s'élève à 336 503 MWh pour le réseau principal. Le rendement global du réseau d'élève à 76,7 % en 2020.

La liste des abonnés, qui profitent de la chaleur distribuée par le réseau de chaleur de la DSP, est présentée en Annexe 8.5.

1.3.5 Bilan global des installations

La production d'énergie sur le réseau de chaleur PCE est majoritairement assurée par les centrales biomasse (de Stains et du Fort de l'Est) sans recours au biogaz. Ces deux chaufferies ont initialement fonctionné au fioul, puis se sont converties à la biomasse respectivement en 2011 et en 2016.

Les chaufferies au gaz permettent d'effectuer un complément de production thermique en hiver et en été, et de fournir de l'énergie thermique sur le réseau de distribution lors des arrêts techniques des autres centres de production.

Les consommations d'énergie par les différentes unités de production pour l'année 2019 et 2020 sont les suivantes :

	MWh PCI 2019	*Répartition 2019*	MWh PCI 2020	*Répartition 2020*	*Evolution 2020/2019*
Gaz Urbaparc	5 371	***1,19%***	5 006	***1,1%***	**-6,80%**
Gaz Fort de l'Est	109 026	***24,09%***	112 153	***25,6%***	**2,87%**
Gaz Fabien	5 294	***1,17%***	8 158	***1,9%***	**54,10%**
Gaz centrale Nord	62 222	***13,75%***	71 801	***16,4%***	**15,39%**
Bois centrale Nord	119 035	***26,30%***	130 772	***29,9%***	**9,86%**
Bois Fort de l'Est	131 205	***28,99%***	79 703	***18,2%***	**-39,25%**
Achat d'énergie Landy	8 284	***1,83%***	13 130	***3,00%***	**58,48%**
Achat Vapeur CPCU	8 150	***1,80%***	7 998	***1,8%***	**-1,87%**
Biogaz Fort de l'Est		***0,00%***	8 640	***2%***	
Gaz Technicentre SNCF	**4 198**	***0,93%***		***0,00%***	**-100,00%**
	452 786	***100%***	***437 361***	***100%***	**-3,4%**

Tableau 16 : Consommation énergétique des centrales et pourcentage associé en 2019 et 2020 (SMIREC)

Les consommations d'énergie en 2020 sont en baisse par rapport à 2019 (-3,4%) en lien avec la rigueur climatique et la baisse des ventes.

En 2020, la production a été assurée par les centrales biomasse à hauteur de 48% ainsi qu'avec une part de 2% de biogaz environ (le biogaz est acquis sous forme de certificats biométhane auprès du fournisseur de gaz du Délégataire et est utilisé comme combustible sur le site du Fort de l'Est).

La part des énergies renouvelables dans la consommation totale de combustibles passe de 56,6% à 51% sur l'ensemble des réseaux.

Cette baisse est due à l'indisponibilité de la chaufferie biomasse du Fort de l'Est d'octobre à décembre 2020 en raison de problèmes techniques survenus sur la chaudière bois et ayant nécessité le changement d'un module chaudière (opération de maintenance lourde).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Année	*Emission (t CO2)*	Quotas attribués 3e phase
2014	*61 340*	*58 842*
2015	*74 480*	*51 851*
2016	*59 480*	*45 380*
2017	*38 758*	*39 108*
2018	*37 815*	*28 554*
2019	*35 105*	*23 483*
2020	***39 084***	***18 596***

Tableau 17 : Emissions de CO_2 par trois centrales du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (SMIREC)

1.4 Contexte et description du projet

Le SMIREC et Plaine Commune Energie ont étudié la faisabilité d'une extension de 9 km du réseau de chaleur vers la ville d'Aubervilliers. Sur le périmètre d'Aubervilliers, la géothermie permettra de couvrir 70 % des besoins, et l'appoint gaz les 30 % restants. Les besoins totaux sont estimés à 52,7 GWh/an. Pour rappel, ces besoins sont répartis sur trois zones principales :

- Le patrimoine existant, représentant 32.8 GWh, dont le parc appartient principalement à des bailleurs sociaux,
- La ZAC Fort d'Aubervilliers, représentant 14.8 GWh, aménagée par SEM Plaine Commune Développement,
- La ZAC Port Chemin Vert, représentant 5.1 GWh, aménagée par Grand Paris Aménagement.

Le projet sera développé en deux temps :

Au cours des années 2020-2021, 4 km ont été réalisés permettant de relier la chaufferie du Fort de l'Est au centre-ville d'Aubervilliers où 1200 logements sont alimentés depuis le 16 novembre 2021.

La dernière partie des travaux sera engagée à la mi 2022 permettant le raccordement de la ZAC du Fort d'Aubervilliers ainsi que d'autres bâtiments existants appartenant à des bailleurs sociaux (OPH Aubervilliers, I3F) et des copropriétés.

Les travaux sur le réseau se termineront en 2023.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.4.1 Le site de production

Le site d'implantation du futur doublet forage géothermique profond est envisagé à l'est de Saint-Denis dans le quartier Franc-Moisin. Le site d'implantation est envisagé sur les terrains de sport et de promenade du cours du ru de Montfort et de la rue du Maréchal Lyautey à une altitude de +33 m NGF.

Le futur chantier de forage prendra place sur une surface prévisionnelle de l'ordre de 3 300 m², qui se situe sur la parcelle n°181 de la feuille cadastrale n° 000 BE 01 de la commune. Cette parcelle n°181 abritera les futures têtes de puits.

Le nouveau doublet géothermique et la centrale géothermique seront implantés à côté du site de production du Fort de l'Est à Saint-Denis (Cf. Figure suivante).

Figure 35 : Vue aérienne du site actuel

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Des conventions de mises à disposition des terrains, d'accès et de voirie sont en cours auprès des services techniques de la ville de Saint-Denis.

Les raccordements et la nouvelle centrale devront être achevés et fonctionnels à l'horizon juin 2024.

La zone de la nouvelle centrale de production géothermique sera délimitée en deux terrains :

- 1 terrain pour la centrale thermique et l'exploitation du site,
- 1 terrain pour la création d'une zone de maintenance et des deux têtes de puits relatives aux nouveaux forages.

Les plans ci-dessous montrent l'implantation futur des locaux sur la parcelle.

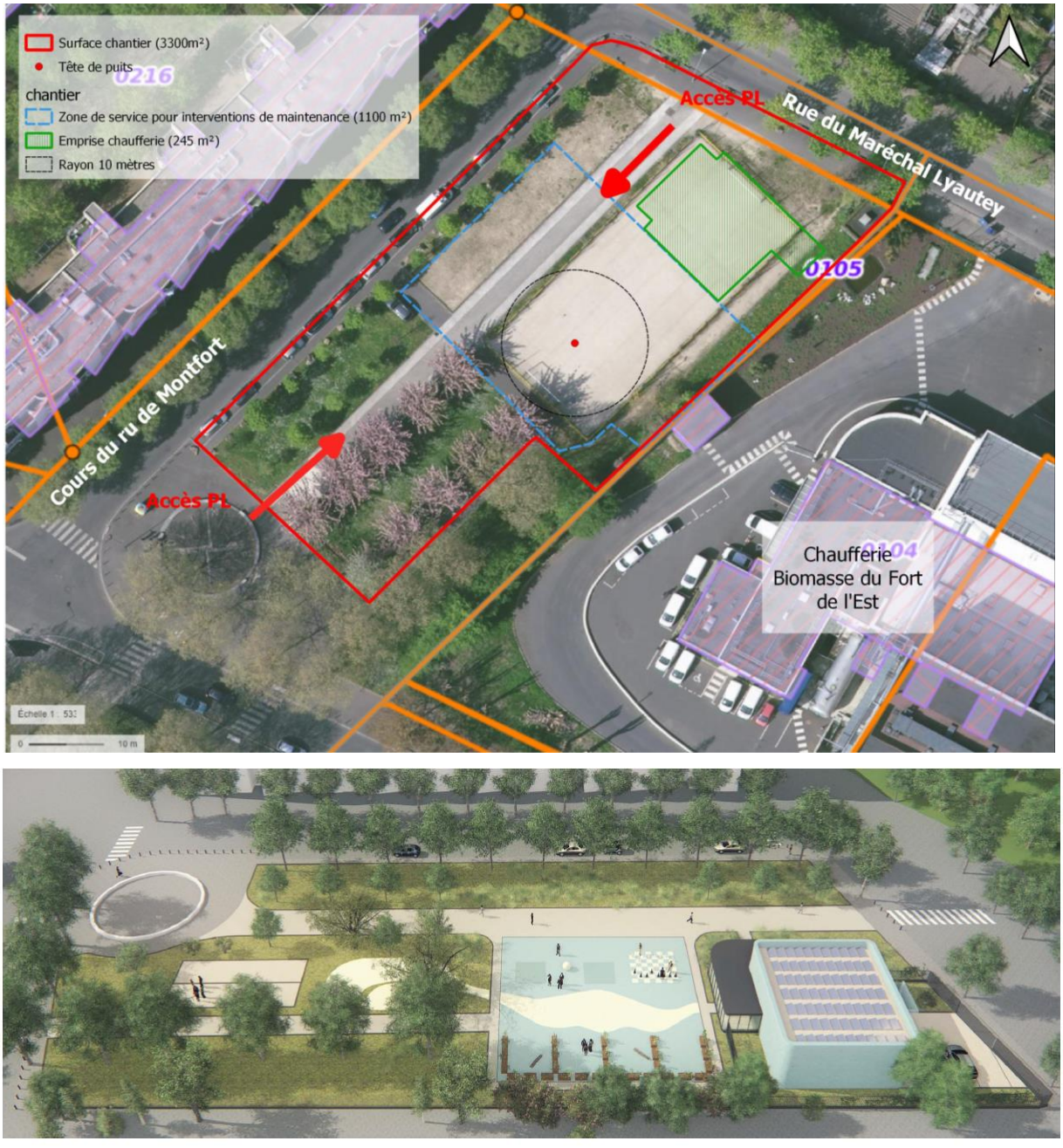


Figure 36 : Implantation future des bâtiments

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Un caniveau commun associé au passage en réseau enterré permettra de relier la centrale géothermique aux têtes de puits. La distance entre les deux caves et le local géothermie est d'environ 15 à 20 m.

Sur le caniveau, les travaux suivants seront prévus :

- Mise en place d'un tube en acier précalorifugé jusqu'à la cave « Production et Réinjection » raccordé à la vanne « maîtresse »,
- Mise en place d'un tube de liaison en acier entre le traitement inhibiteur en local géothermie et le point d'injection au niveau de la cave « Production »,
- Mise en place d'un tube de liaison en acier entre le puisard des caves « Production et Réinjection » et le local géothermie en lien vers le réseau d'assainissement,
- Calorifuge des canalisations « géothermales » par de la laine de roche et revêtement type gaine étanche,
- Mise en place d'un chemin de câbles en caniveau et câblage pour l'alimentation de l'armoire électrique de la cave « production »,
- Mise en place d'un chemin de câbles en caniveau et câblage pour l'alimentation des 2 pompes puisard (vide-cave).

Le bâtiment de la centrale géothermique aura une forte intégration dans le paysage, à usage industriel d'une d'emprise de 245 m² sur deux niveaux (Cf. paragraphe 1.4.3) comprenant la pompe du maintien de pression, la pompe de réinjection, le local variateur, le local HT ainsi que le local de supervision, les échangeurs de chaleur et la pompe à chaleur.

Le principe général de fonctionnement de la centrale géothermique du Fort de l'Est sera le suivant (Cf. Figure 40) :

- Le retour BT (Basse température) se fait réchauffer par transfert thermique avec la ressource géothermale et la pompe à chaleur (PAC).
- L'eau géothermale prélevée au Dogger à une température de 56,5 ± 0,5 °C en tête de puits est réinjectée à une température moyenne de 33°C. L'objectif est de la réinjecter à une température la plus froide possible pour utiliser au maximum l'énergie disponible.
- Si nécessaire, notamment en période hivernale, l'appoint/secours Gaz réchauffe le départ réseau afin de pouvoir alimente l'ensemble des sous-stations en Eau Chaude Sanitaire et Chauffage.
- Ensuite, le fluide HT repart en direction des différentes sous-stations alimentées par le réseau de chaleur.

Sur le site du Fort de l'Est, la chaufferie biomasse et gaz existante, avec une puissance installée totale de 71,5 MW, est soumise à autorisation sous la rubrique n°2910A et 3110 et en déclaration sous la rubrique 1532.-3 de l'arrêté du 27 Juillet 2016 relatif aux installations de combustion existantes (Cf. Annexe 8.6). La réglementation ICPE exige la rédaction d'un « porté à connaissance » notamment afin de démontrer que la construction de la centrale géothermique n'aura pas d'incidence sur le bâtiment classé de la chaufferie (Cf. art 1.6.1).

Au vu de l'impact nul du présent projet sur l'installation classée, le porté à connaissance sera composé d'éléments similaires à ceux du permis de construire et seront déposés en même temps que celui-ci à la préfecture, soit :

- Une explication du projet notamment sur le fait que les travaux n'impactent pas le bâtiment classé ICPE
- Des plans et coupes du nouveau bâtiment

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Un planning prévisionnel
- Le respect de la limite des 10 mètres avec les éléments classés (chaufferie gaz)

Les dossiers seront déposés auprès de la préfecture et de la DRIEAT à l'automne 2022.

Les nouveaux moyens de production seront situés sur le site de production du Fort de l'Est qui a été agrandi pour le nouveau projet. Deux chaudières gaz à tubes de fumées d'une puissance de 18 MW ont été installées en 2021 sur le site de la chaufferie biomasse. Elles assurent l'appoint et le secours de la production.

1.4.2 Création d'un nouveau doublet de géothermie avec sa boucle géothermale

Afin d'exploiter la ressource géothermale de manière pérenne sur le long terme et dans le cadre de l'extension du réseau de chaleur vers Aubervilliers, il est prévu de réaliser un nouveau doublet géothermique au Dogger (objet de la présente demande) à partir de l'année 2023 sur le site de la chaufferie Fort de l'Est.

La réinjection est requise pour assurer un maintien en pression du réservoir. Sur le plan environnemental, la réinjection permet de régler le problème des rejets de l'eau salée et des gaz en surface, la totalité du débit prélevé étant restituée à l'aquifère source.

D'après l'étude de faisabilité, le fonctionnement en doublet (GSD-1/GSD-2) permettra d'assurer la pérennité de l'exploitation de la ressource du Dogger au moins pour 30 ans d'exploitation.

Une transmissivité du réservoir de 15 ± 5 D.m et un débit maximal d'exploitation visé de 320 m^3/h sont attendus. La température est estimée à 57,5 ± 1°C au toit du réservoir. En considérant une température de réinjection minimale de 25°C et une température en surface maximale de 57°C, la puissance thermique moyenne prévisionnelle du nouveau doublet est d'environ 11,7 ± 0,3 MW.

Pour la boucle géothermale, les caractéristiques des équipements fixes de cette boucle (puits, dispositifs de traitement, conduites de surface, échangeurs, etc.) sont déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale, traitement anti-corrosion) et limiter les pertes de charge de l'installation.

Les caractéristiques des éléments mobiles de la boucle géothermale (pompes et variateurs associés) seront déterminées pour réguler la production d'eau géothermale en fonction des besoins du réseau de chaleur et selon les caractéristiques finales des ouvrages.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

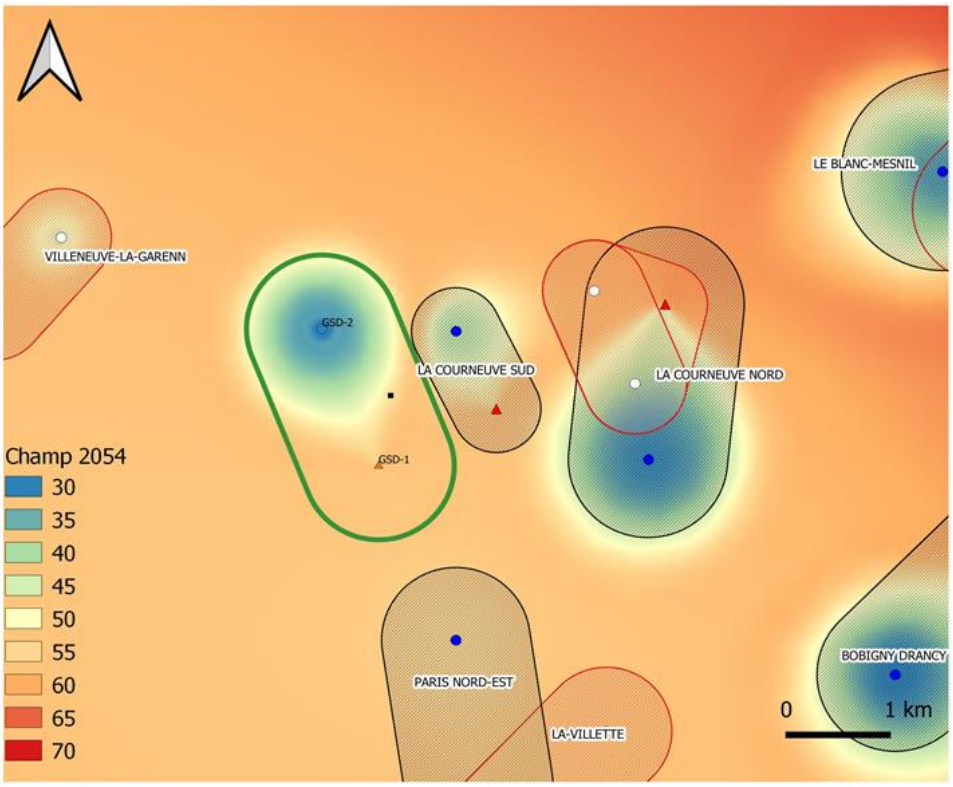


Figure 37: Champ prévisionnel de températures de la nappe du Dogger pour l'horizon fin 2054

1.4.3 Réalisation d'une nouvelle centrale géothermique

La centrale géothermique sera construite sur un ou deux niveaux. A noter que quelque soit la solution retenue, le bâtiment aura une hauteur d'environ 6,5 m. Le choix architectural sera le suivant :

- Deux niveaux (Cf. Figure 38 et Figure 39) :

  - Emprise de 245 m² au sol (avec 245 m² au rdc et 200 m² au sous-sol)

  - -Accès aux locaux technique depuis la cour anglaise via la rue du Maréchal Lyautey.

  - Un local d'accueil du public en rez-de-chaussée (45m²) et orientation des accès au local vers le cours du ru de Montfort.

De manière générale, l'implantation du bâti se fera en préservant l'espace public existant et respectera la continuité du cours du ru de Montfort avec les dispositions suivantes :

- Plantation d'arbres en remplacement du végétal supprimé lors des travaux de forage et de construction de la centrale ;
- Création de zone de jardin en pleine terre avec arbres et végétation basse ;
- Sols perméabilisés pour favoriser la gestion des eaux pluviales ;
- Utilisation de la plate-forme pour la maintenance des puits, des plantations en bacs et d'activités récréatives ;
- Intégration d'un programme d'exposition pédagogique ;
- Panneaux solaires sur la toiture du bâtiment ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

– Possibilité d'utilisation de béton bas-carbone pour la construction.

En accord avec la fin des travaux de forage géothermique, les travaux de création de la nouvelle centrale géothermique seront prévus à partir de l'été 2023 jusqu'au début de l'année 2024.

Les principes d'aménagement du cours du ru de Montfort après la réalisation des travaux sont présentés sur les figures suivantes.

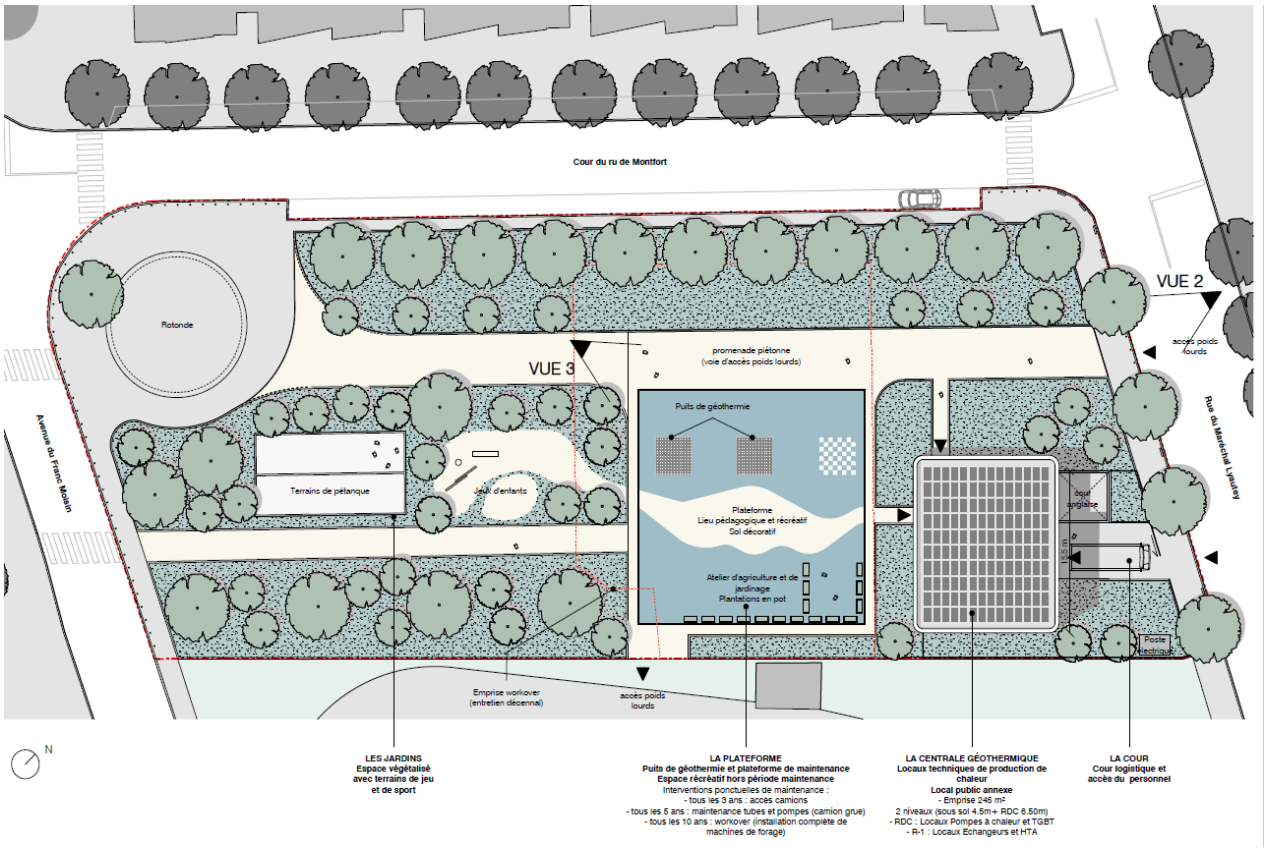


Figure 38 : Principe d'aménagement du projet final pour une centrale à deux niveaux (ORRSO)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

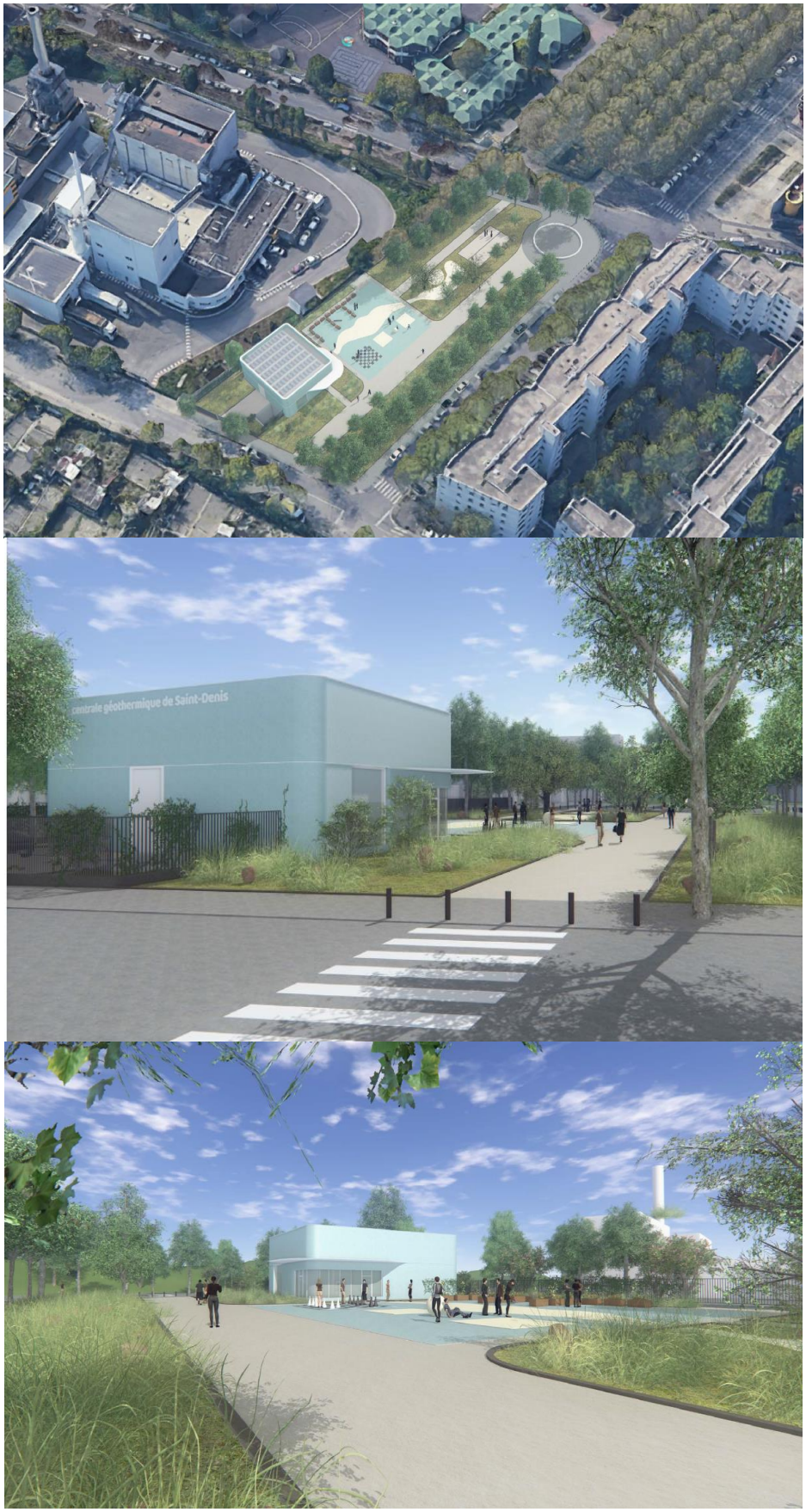


Figure 39 : Plan d'implantation prévisionnel et architecture de la centrale géothermique sur deux niveaux (ORRSO)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Sur la base des installations géothermiques de La Courneuve Nord du SMIREC, le principe général de fonctionnement de la nouvelle centrale géothermique est représenté sur le synoptique suivant.

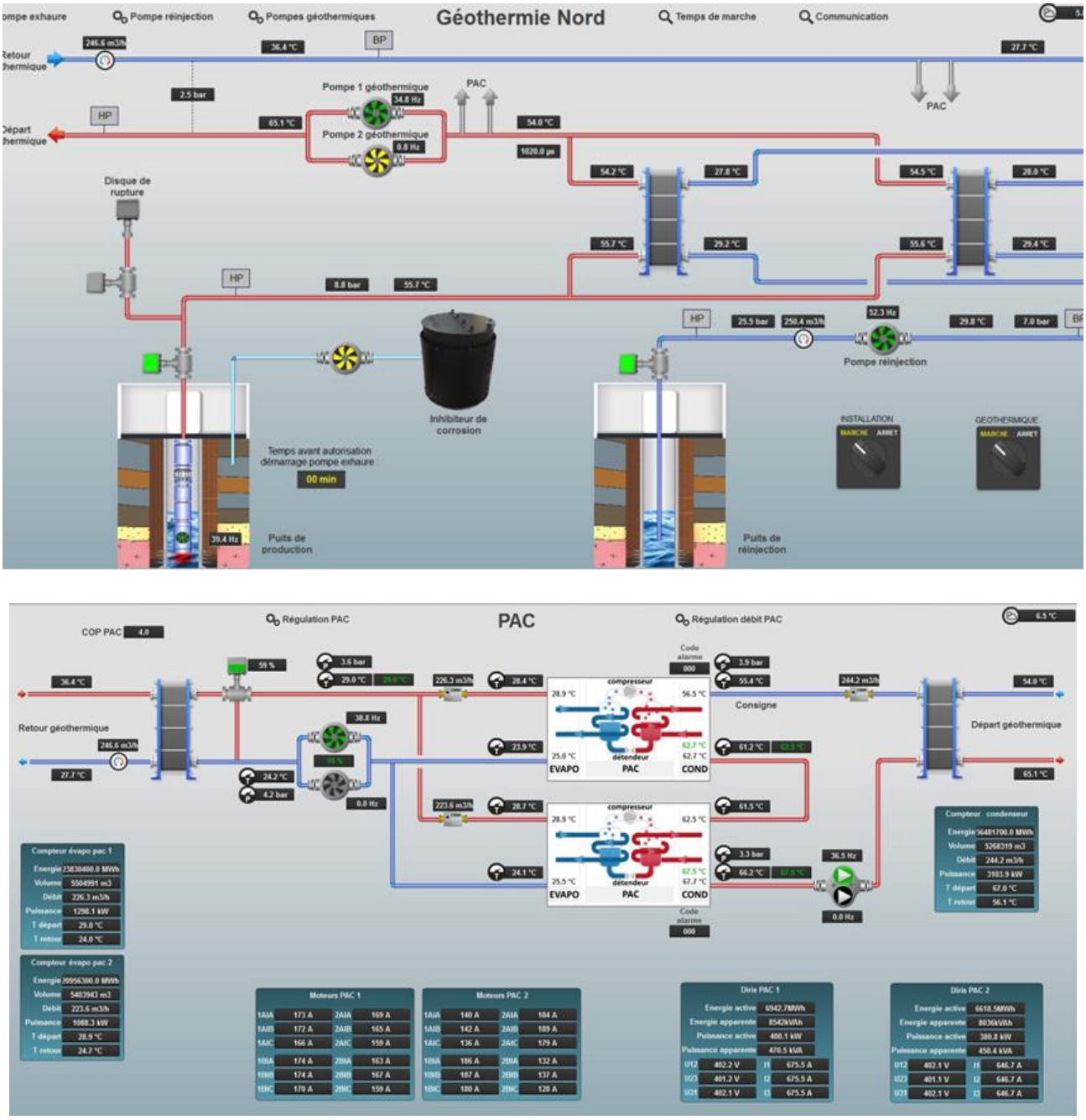


Figure 40 : Schéma de principe de fonctionnement de la future centrale géothermique (La Courneuve Nord)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.4.4 Scénario de développement du réseau de chaleur vers Aubervilliers

1.4.4.1 *Caractéristiques principales et description du projet*

Le territoire d'Aubervilliers, par sa densité urbaine et des nombreux projets d'aménagement, ainsi que la présence de nombreux immeubles d'habitations alimentés en chauffage collectif, est particulièrement adapté au développement du chauffage urbain. Les 9106 ml de réseau à créer sur Aubervilliers seront alimentés à partir du site de production du Fort de l'Est unique, en basse pression. Néanmoins, la chaufferie gaz d'appoint/secours étant susceptible de fonctionner en haute pression pour le réseau historique de PCE, une sous-station d'échange HP/BP a été ajoutée en 2016 pour l'alimentation du réseau sud de la DSP via la chaufferie du Landy.

Les travaux sur le réseau de chaleur ont commencé en 2020 et se termineront en 2023. Le réseau permettra d'alimenter en énergies renouvelables le centre-ville d'Aubervilliers, la ZAC Fort d'Aubervilliers et la ZAC Port Chemin Vert (Cf. Figures ci-dessous).

Le projet vise à alimenter 7 500 équivalents logements et les besoins du futur réseau d'Aubervilliers sont estimés à 52,7 GWh/an.

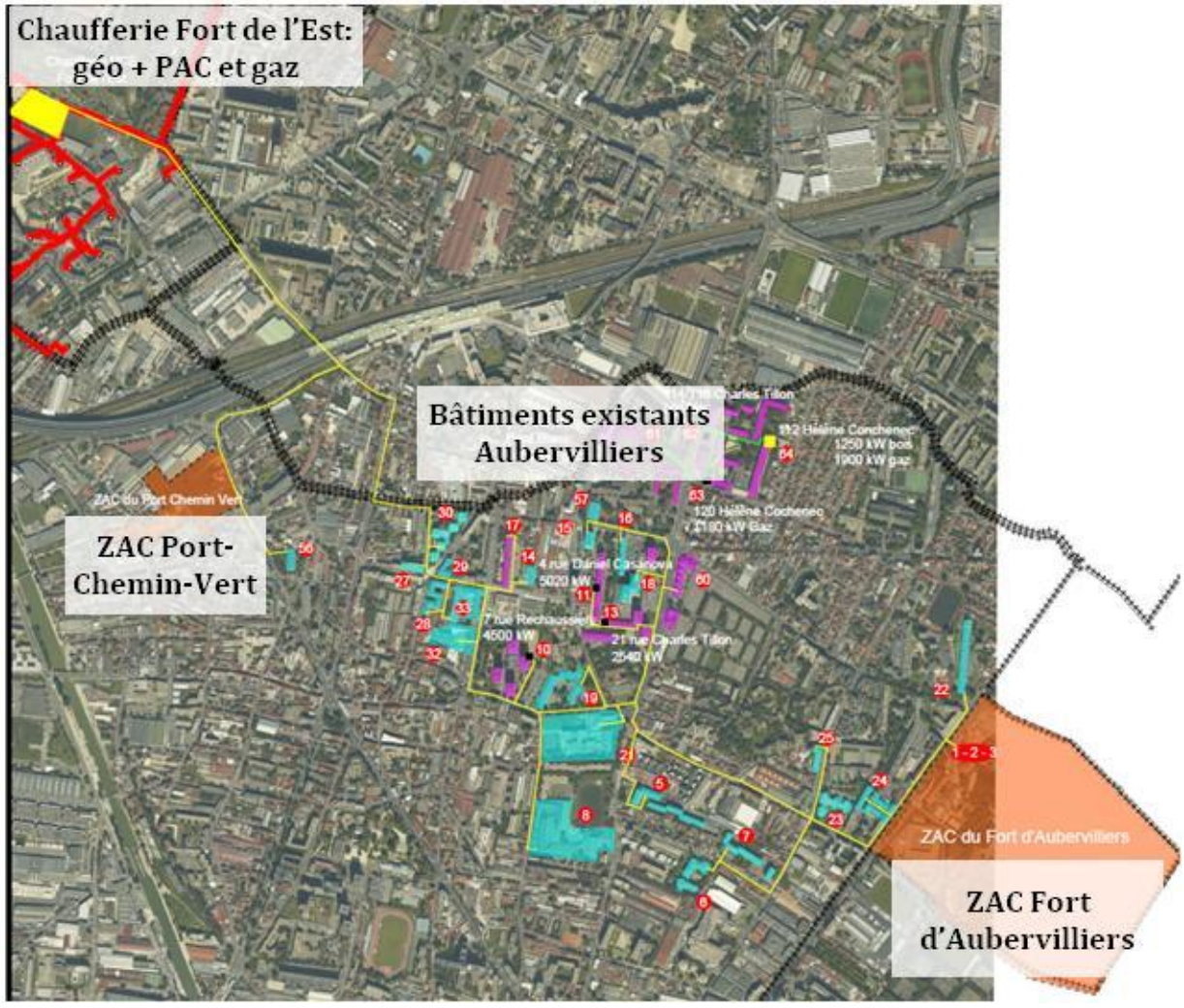


Figure 41 : Plan des prospects à raccorder (réseau de distribution en jaune) et des moyens de production (site de production en jaune)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

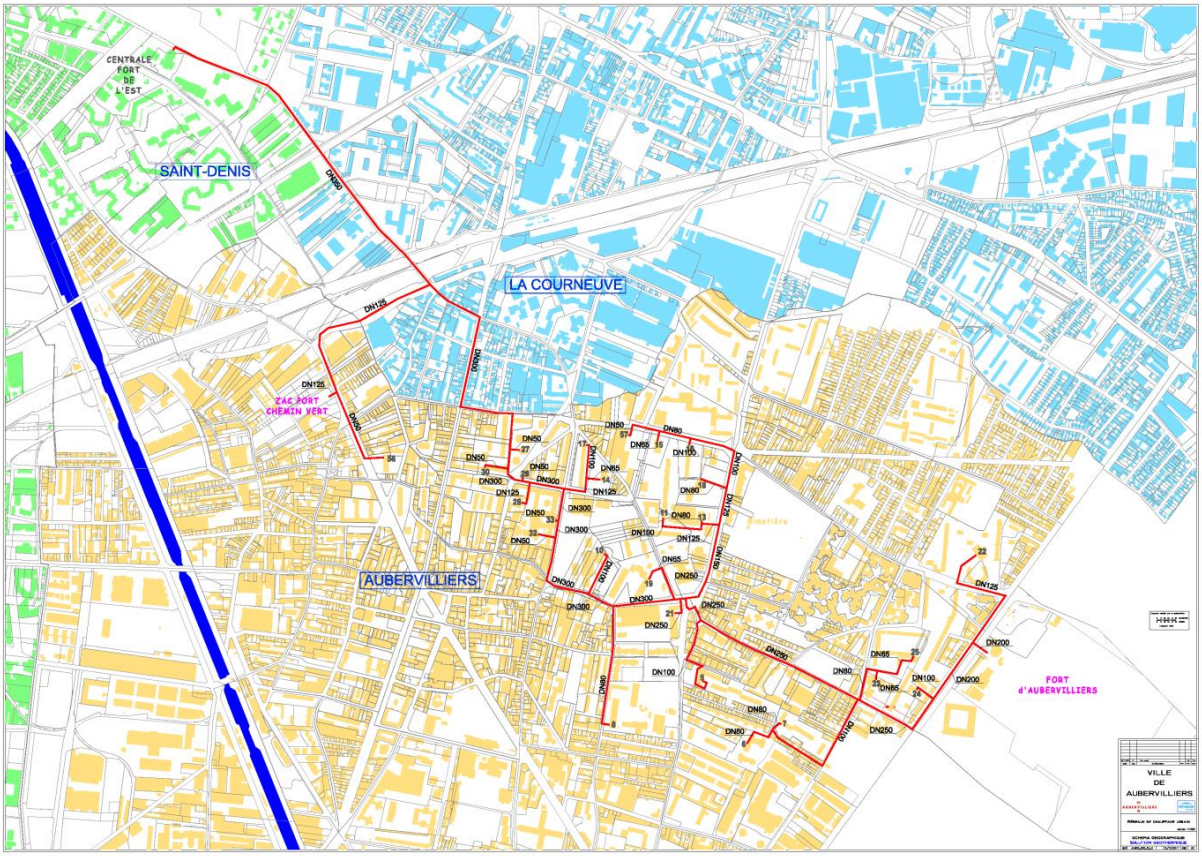


Figure 42 : Tracé du nouveau réseau d'Aubervilliers et diamètre des canalisations projetés

Les caractéristiques principales du réseau sont les suivantes :

Longueur totale du réseau (Tranchée) (ml)	9106
- longueur basse pression (ml)	9106
- longueur haute pression (ml)	0
Diamètre Nominal maxi	350
Type de fluide caloporteur	Eau
Nombre de ss stations	28
Puissance installée en ss Station (kW)	31 701
MWh/an injectés sur le réseau	57 320
MWh EnR&R/an injectés sur le réseau	34 392 Soit 2957 Tep* EnR&R
MWh/an vendus en Ss station	52 734
Densité du réseau : Mwh livrés Ss Stations/ml.an	5,8
Nbre équivalents logements raccordés	7 440
Coût invest. du mètre linéaire de réseau €/ml	992
Taux EnR&R injecté dans le réseau (%)	60%

**Tep : Tonne équivalent pétrole : 1 Tep = 11,63 MWh*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Sur 9 km de réseau, les diamètres des canalisations iront de DN 50 à 350 (voir décomposition suivante).

DN	Longueur de tranchée	Total métrés par tranche
DN400	0	2 831
DN350	1123,5	
DN300	1707,5	
DN250	899	1936,5
DN200	282,5	
DN150	755	
DN125	1135,5	3102,35
DN100	1372,6	
DN80	594,25	
DN65	596	
DN50	640,5	1236,5
DN40	0	
DN32	0	
DN25	0	
TOTAL		9106

Tableau 18 : Décomposition des diamètres de canalisations

1.4.4.2 *Planning du projet d'extension*

Après avoir posé 1,7 km de canalisations depuis la centrale du Fort de l'Est jusqu'à la future Zac du Port Chemin Vert en 2020, puis 2 km jusqu'au centre-ville (au niveau des rues Leopold Rechossière et Charles Tillon). Avec comme perspective, l'alimentation de 1200 logements de l'OPH Aubervilliers est opérationnelle depuis novembre 2021.

La dernière phase allant du centre-ville jusqu'à la ZAC du Fort d'Aubervilliers pour la cité Emile Dubois sera lancée en mai 2022 avant pour objectif un achèvement des travaux fin 2023.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'avancement des travaux sur le réseau est disponible sur le site internet du SMIREC (https://www.smirec.fr/actualites/infos-travaux/).

1.4.4.3 *Description des usagers du réseau*

En majorité, les logements existants représenteront 53% des usagers du réseau avec 3943 équivalents logements. Les logements neufs représenteront 36% soit environ 2662 équivalents logements sur 7440.

A terme, la répartition des différents prospects et du type de logements raccordés sont détaillées sur la figure suivante.

Le parc des bailleurs sociaux représente 60% des besoins totaux retenus avec 30% pour les constructions neuves dans les ZAC.

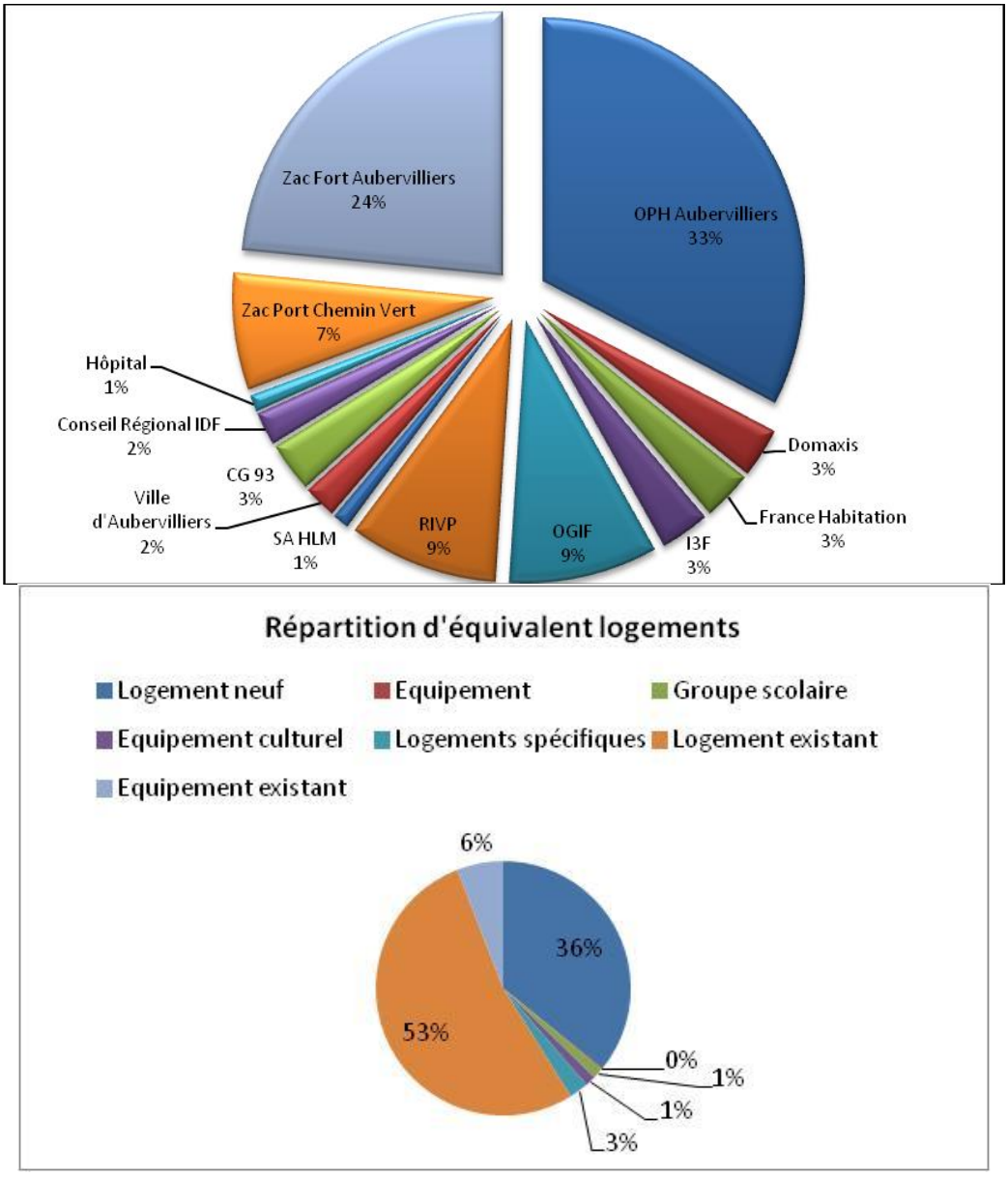


Figure 43 : Répartition des différents prospects sur le périmètre d'Aubervilliers et type d'habitats raccordés

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 44 : Développement prévu sur la ZAC Port Chemin Vert

Figure 45 : Développement prévu sur la ZAC du Fort d'Aubervilliers

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.4.5 Couverture des besoins par le réseau de chaleur

1.4.5.1 *Caractéristique énergétique des raccordements*

Les deux chaudières (gaz naturel et biomasse) à tubes de fumées d'une puissance totale installée de 71,5 MW ont été implantées sur le site de la centrale du Fort de l'Est à Saint-Denis. Elles assurent l'appoint et le secours de la production.

1.4.5.2 *Le taux de couverture*

La géothermie permettra de couvrir 70% des besoins générés par les nouveaux bâtiments raccordés dans le cadre du programme de densification /extension sur le périmètre d'Aubervilliers.

La densité thermique moyenne de l'extension sera de **5.8 MWh/an.ml.**

Type d'énergie (à préciser)	**Puissance installée**	**MWh/an injectés sur le réseau**	**MWh/an%**	**Tonnes de CO_2/an produites**
Charbon			0%	
Gaz naturel	*35 MW*	*17 244*	30%	3843
Géothermie + PAC	*18 MW*	*40 075*	70%	415
Total	53 MW	57 320	100%	4257
Taux EnR&R injecté dans le réseau (%)		60%		
Contenu CO2 du réseau de chaleur (tCO2 /MWh livré)		0,08		

Tableau 19 : Installation de production et mix énergétique du projet

La courbe monotone du réseau d'Aubervilliers pour une année type est présentée sur la figure suivante.

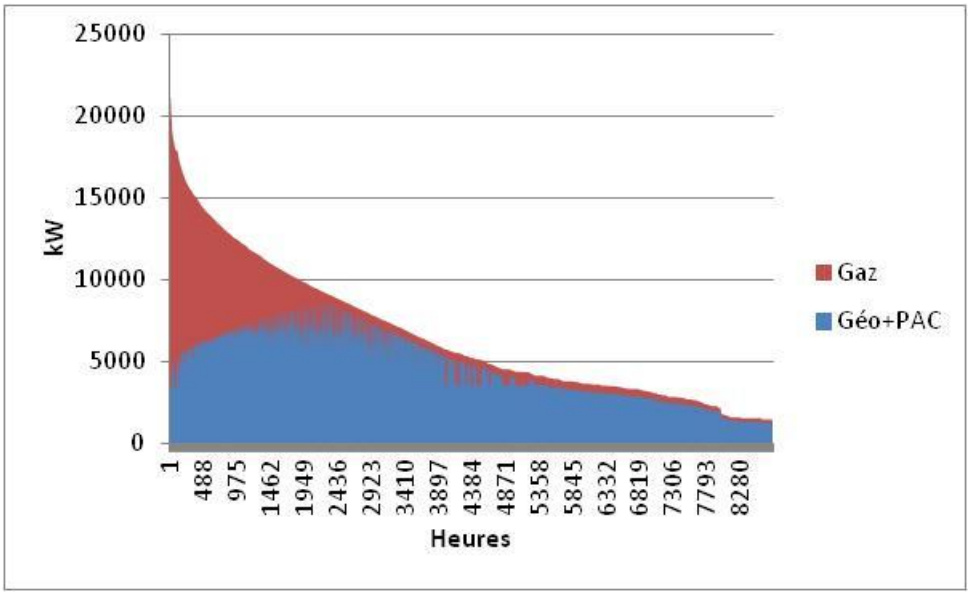


Figure 46 : Monotone du réseau d'Aubervilliers

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La montée en charge des raccordements et le mix énergétique projeté après l'ensemble des créations, extensions et densifications en 2025 sont résumés dans le tableau suivant.

Année	Energie vendue en sous-station (MWh)	Nombre de Ss stations	Puissance souscrite (kW)	Mixité EnR &R	Quantités d'EnR&R injectée
2020	*7055*	*10*	*4464*	*50%*	*3834*
2021	*27231*	*23*	*16354*	*50%*	*14799*
2022	*42068*	*29*	*25471*	*50%*	*22863*
2023	*44675*	*29*	*27060*	*60%*	*29136*
2024	*51499*	*29*	*30945*	*60%*	*33586*
2025	*52734*	*29*	*31701*	*60%*	*34392*

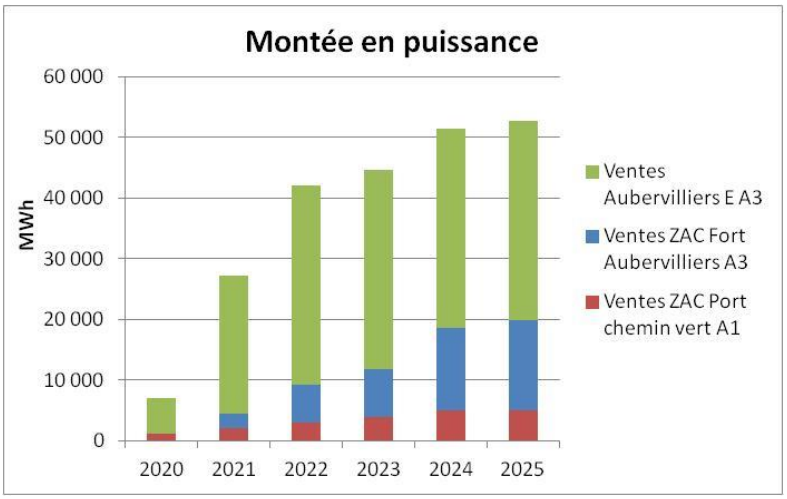


Figure 47 : Montée en puissance des raccordements entre 2020 et 2025

La description des raccordements prévus (création, extension et densification) sur le réseau sont détaillés dans le tableau suivant.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Bâtiment	Neuf/ existant	Date de raccordement prévue	Type de bâtiment	Eq. Logement	Surface chauffée (m2)	Besoins avant réhabilitation / démarches énergétique MWh	Besoins après réhabilitation / rénovation MWh pris en compte pour le dimensionnement	*dont Besoins chauffage*	*dont Besoins ECS*	P Souscrite kW	Besoins / m2 ou /logt (précisez)	Classe énerg. (A, B, C, …)
Ilôt A-Lôt 1	Neuf	2 020	Logement neuf	52	3900	312		*137*	*176*	*350*	80	B
Ilôt A-Lôt 2	Neuf	2 020	Logement neuf	35	2475	198		*87*	*111*	*120*	80	B
Ilôt A-Lôt 3	Neuf	2 020	Logement neuf	63	4425	354		*155*	*199*	*214*	80	B
Ilôt A-Lôt 4	Neuf	2 020	Logement neuf	41	2850	228		*100*	*128*	*138*	80	B
Ilôt A-Lôt 5	Neuf	2 021	Logement neuf	34	2400	192		*84*	*108*	*116*	80	B
Ilôt A-Lôt 6	Neuf	2 021	Logement neuf	51	3600	288		*126*	*162*	*174*	80	B
Ilôt A-Lôt 7	Neuf	2 021	Logement neuf	42	2925	234		*102*	*132*	*142*	80	B
Ilôt A-Lôt 8	Neuf	2 021	Logement neuf	42	2925	234		*102*	*132*	*142*	80	B
Ilôt A-Lôt 10	Neuf	2 022	Logement neuf	55	3825	306		*134*	*172*	*185*	80	B
Ilôt A-Lôt 11	Neuf	2 022	Logement neuf	64	4500	360		*158*	*203*	*218*	80	B
Ilôt A-Lôt 12	Neuf	2 022	Logement neuf	50	3525	282		*123*	*159*	*171*	80	B
Ilôt A-Lôt 13	Neuf	2 023	Logement neuf	57	3975	318		*139*	*179*	*193*	80	B
Ilôt A-Lôt 14	Neuf	2 023	Logement neuf	57	3975	318		*139*	*179*	*193*	80	B
Ilôt A-Lôt 15	Neuf	2 023	Logement neuf	58	4050	324		*142*	*182*	*196*	80	B
Ilôt A-Lôt 16	Neuf	2 024	Logement neuf	61	4275	342		*150*	*192*	*207*	80	B
Ilôt A-Lôt 17	Neuf	2 024	Logement neuf	93	6525	522		*228*	*294*	*316*	80	B
Ilôt A-Lôt 18	Neuf	2 024	Logement neuf	26	1800	144		*63*	*81*	*87*	80	B
Ilôt A-Lôt 9	Neuf	2 024	Equipement	13	1500	120		*120*	*0*	*58*	80	B
A1	Neuf	2 021	Logement neuf	65	0	446		*209*	*237*	*273*	0	NC
A2	Neuf	2 021	Logement neuf	56	0	384		*180*	*204*	*235*	0	NC
A3	Neuf	2 022	Logement neuf	70	0	480		*225*	*255*	*294*	0	NC
A4	Neuf	2 022	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
B1	Neuf	2 021	Logement neuf	65	0	446		*209*	*237*	*273*	0	NC
B2	Neuf	2 022	Logement neuf	80	0	549		*257*	*292*	*336*	0	NC
B3	Neuf	2 021	Logement neuf	70	0	480		*225*	*255*	*294*	0	NC
B4	Neuf	2 022	Logement neuf	80	0	549		*257*	*292*	*336*	0	NC
C2	Neuf	2 023	Logement neuf	29	0	199		*93*	*106*	*122*	0	NC
C3	Neuf	2 023	Logement neuf	15	0	103		*48*	*55*	*63*	0	NC
C4	Neuf	2 023	Logement neuf	36	0	247		*116*	*131*	*151*	0	NC
D	Neuf	2 021	Groupe scolaire	100	0	686		*321*	*365*	*0*	0	NC
E1	Neuf	2 022	Logement neuf	85	0	583		*273*	*310*	*357*	0	NC
E2	Neuf	2 022	Logement neuf	50	0	343		*161*	*182*	*210*	0	NC
E3	Neuf	2 022	Logement neuf	85	0	583		*273*	*310*	*357*	0	NC
E4	Neuf	2 022	Logement neuf	50	0	343		*161*	*182*	*210*	0	NC
O	Neuf	2 023	Logement neuf	25	0	172		*80*	*91*	*105*	0	NC
N1	Neuf	2 023	Logement neuf	45	0	309		*145*	*164*	*189*	0	NC
N2	Neuf	2 023	Logement neuf	45	0	309		*145*	*164*	*189*	0	NC
N3	Neuf	2 023	Logement neuf	45	0	309		*145*	*164*	*189*	0	NC
P	Neuf	2 024	Logement neuf	25	0	172		*80*	*91*	*105*	0	NC
Q1	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
Q2	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
Q3	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
Q4	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
Q5	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
Q6	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
Q7	Neuf	2 024	Logement neuf	55	0	377		*177*	*201*	*231*	0	NC
T1	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*	0	NC
T2	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*	0	NC

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

T3	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*	0	NC
T4	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*	0	NC
T5	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*	0	NC
T6	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*		NC
U1	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*		NC
U2	Neuf	2 024	Logement neuf	40	0	275		*129*	*146*	*168*		NC
0	Neuf	2 024	Equipement culturel	100	0	686		*321*	*365*	*150*	0	NC
R1	Neuf	2 025	Logements spécifiques	30	0	206		*96*	*109*	*126*	0	NC
R2	Neuf	2 025	Logements spécifiques	30	0	206		*96*	*109*	*126*	0	NC
R3	Neuf	2 025	Logements spécifiques	30	0	206		*96*	*109*	*126*	0	NC
S1	Neuf	2 025	Logements spécifiques	30	0	206		*96*	*109*	*126*	0	NC
S2	Neuf	2 025	Logements spécifiques	30	0	206		*96*	*109*	*126*	0	NC
S3	Neuf	2 025	Logements spécifiques	30	0	206		*96*	*109*	*126*	0	NC
150 H. Barbusse	Existant	2 021	Logement existant	193	13510	2017		*1289*	*728*	*1222*	149	C
33 P des Roses	Existant	2 022	Logement existant	171	11970	1809		*1156*	*653*	*1096*	151	D
55 rue de la Motte	Existant	2 022	Logement existant	132	9240	1698		*1085*	*613*	*1029*	184	D
146 rue des cités, Aubervilliers	Existant	2 022	Equipement existant	125	0	1177		*1046*	*131*	*778*		NC
1,3, 5, 7 rue Rechossière	Existant	2 020	Logement existant	462	28140	2003		*1280*	*723*	*1214*	71	B
42 rue Danielle Casanova + 38 Hemet + 10 Hemet	Existant	2 021	Logement existant	520	30442	2701		*1726*	*975*	*1636*	89	B
21 25 rue Charles Tillon	Existant	2 021	Logement existant	216	14992	1339		*855*	*483*	*811*	89	B
49 rue hermet,	Existant	2 021	Logement existant	69	0	650		*650*	*0*	*394*		NC
38 rue casanova,	Existant	2 021	Logement existant	107	7499	821		*821*	*0*	*497*	109	C
44 rue casanova,	Existant	2 021	Logement existant	202	0	1900		*1330*	*570*	*1151*		NC
61 rue hermet,	Existant	2 021	Logement existant	281	0	2640		*1848*	*792*	*1599*		NC
11 allée Paul Eluard + Cité Gabriel PERI	Existant	2 021	Logement existant	161	0	1517		*899*	*618*	*919*		NC
5 rue hemet,	Existant	2 021	Equipement existant	50	0	473		*430*	*43*	*312*		NC
44 rue réchossière,	Existant	2 022	Equipement existant	77	0	720		*640*	*80*	*476*		NC
156 rue danielle casanova, s	Existant	2 022	Logement existant	714	36936	4028		*2574*	*1455*	*2440*	109	C
2 rue manigart, s	Existant	2 022	Logement existant	100	7000	648		*414*	*234*	*393*	93	C
193 avenue jean Jaurès,	Existant	2 021	Logement existant	201	0	1890		*1323*	*567*	*1145*		NC
26 rue de la maladrerie,	Existant	2 021	Equipement existant	111	7792	639		*581*	*58*	*422*	82	B
48 avenue du président roosevelt,	Existant	2 020	Logement existant	92	3592	405		*259*	*146*	*246*	113	C
1 impasse du pressin,	Existant	2 020	Logement existant	49	0	463		*228*	*235*	*280*		NC
36 rue de la courneuve, s	Existant	2 020	Logement existant	174	0	1640		*1148*	*492*	*994*		NC
38 rue de la courneuve,	Existant	2 020	Logement existant	48	0	450		*315*	*135*	*273*		NC
3 impasse du pressin,	Existant	2 020	Logement existant	50	0	470		*329*	*141*	*285*		NC
5 rue du commanant l'herminier,	Existant	2 020	Equipement existant	30	0	279		*248*	*31*	*184*		NC
rue du commandant l'herminier,	Existant	2 020	Equipement existant	27	0	252		*224*	*28*	*167*		NC
21 rue Danielle Casanova,	Existant	2 021	Equipement existant	21	1504	198		*180*	*18*	*131*	131	NC
				7440	**236067**	***52734***	**0**	***32111***	***20623***	***31701***		

Tableau 20 : Descriptif des raccordements prévus

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.5 Budget prévisionnel et plan de financement du projet

1.5.1 Coût d'investissement général de l'opération

Les compétences et savoir-faire du SMIREC et de PCE seront mis en œuvre en matière de conception, financement, réalisation et exploitation du réseau de chaleur et des moyens de production associés.

Le montant des travaux est global et forfaitaire pour la création du nouveau doublet géothermique, d'équipement et du réseau de s'élève à environ **31 872 k€ HT**.

Le détail du budget de l'opération est présenté dans le tableau suivant.

Montant prévisionnel des investissements (en k€ HTR : HT, TTC ou part de la TVA non récupérable selon régime fiscal du bénéficiaire)	
Installation d'appoint non EnR	1 630
Centrale géothermique + PAC	3 850
Forage doublet	8 557
Equipement de surface	1 765
Garantie SAF	342
Aléas	219
MOE, AMO, bureau contrôle, SPS, OPC	1 758
TOTAL HTR Production thermique	**18 121**
Réseau	9 004
Sous Stations d'échange HP/BP	867
Aléas	395
MOE, AMO, bureau contrôle, SPS, OPC	1 180
TOTAL HTR Réseau de chaleur	**11 446**
Sous-stations	1 987
Aléas	79
MOE, AMO, bureau contrôle, SPS, OPC	238
TOTAL HTR Sous-station	**2 304**
Total général de l'opération	**31 872**

Tableau 21 : Synthèse du montant global de l'opération (SMIREC)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.5.2 Coûts d'exploitation du doublet géothermal

Les charges d'exploitation annuelle des équipements de surface du réseau concernent :

- Le P1, représentant l'ensemble des consommations de combustible y compris l'électricité nécessaire au fonctionnement des installations,
- Le P2, représentant les frais de maintenance des installations de surface,
- Le P3, représentant les frais de Gros Entretien et Renouvellement,
- Les frais de gestion, assurances et remboursement des investissements déjà engagés.

Les coûts d'exploitation du nouveau doublet au Dogger à Saint-Denis, selon l'hypothèse retenue, annualisés sur une période de 30 ans, sont détaillés à titre indicatif dans le tableau suivant :

	Hypothèse basse productivité / injectivité	Hypothèse haute productivité / injectivité
P1	677 582 €HT	412 172 €HT
P2	99 733 €HT	99 733 €HT
P3	167 000 €HT	144 667 €HT
Total (arrondi)	**944 000 €HT**	**657 000 €HT**

Tableau 22 : Estimation du coût d'exploitation annuel (€HT) pour le doublet

L'augmentation des coûts d'exploitation sera induite par :

- L'augmentation des consommations suite aux nouveaux raccordements,
- L'augmentation de la part gaz dans le mix énergétique, couplée à l'augmentation de la TICGN,
- La réalisation de travaux de maintenance ou d'intervention exceptionnels.

1.5.3 Coûts d'exploitation surface

Au vu des investissements importants à consentir, de la durée de vie prévisionnelle des installations et de manière à optimiser au mieux le prix de la chaleur finale proposé aux abonnés, il est imposé de manière habituelle pour les réseaux de chaleur géothermique, de mettre en place un contrat de longue durée (ici DSP jusqu'à 2039). Cette durée permet à l'opérateur d'amortir l'ensemble des investissements sur la durée du contrat.

Les coûts d'exploitation globaux de surface (entretien centrale, réseau, sous-stations etc) sont estimés à 1,2 millions d'euros par an (hors achat énergie et cogénération).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.5.4 Financement du projet, subventions et garanties

Le SMIREC portera financièrement et techniquement la réalisation des ouvrages de production et du réseau qu'il met à disposition du délégataire PCE dans le cadre du contrat de délégation de service public.

Des subventions seront accordées par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), la Région Ile-de-France et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre des projets de géothermie et d'extension du réseau.

Le SMIREC sollicite des subventions auprès :

- De la Région Ile-de-France (délibération sur l'énergie N° CR-37-08 du mois d'avril 2008) ;
- De l'ADEME (loi d'orientation sur la politique énergétique nationale du 13 juillet 2005).

Le SMIREC a déposé des dossiers de demandes de subventions auprès de l'ADEME et de la Région d'Ile de France, dans le cadre des Appels à Projets (AAP) en 2017 (pour le réseau) et en 2018 (pour la production) du Fonds Chaleur. Le portage technique et financier du projet global sera le suivant :

Compte tenu de la nécessité de consolider l'ensemble des hypothèses en phase d'étude, le tableau ci-dessous est donné à titre indicatif.

Financeurs	Montants financés en €	% / coût total opération
Subvention ADEME	5 500 000	17,5%
Subvention région	4 000 000	12,75%
Total subventions publiques	9 500 000	30,3%
Emprunt	19 568 000	62,4%
Délégataire	2 304 000	7,3%

Pour le financement prévisionnel de l'opération, il est prévu :

Pour la partie production et géothermie, un montant global de 18,121 M€ avec :

- Environ 4,232 M€ d'aides publiques de l'ADEME
- Environ 2 M€ d'aides publiques de la région,
- Environ 11,889 M€ d'autofinancement du SMIREC.

Pour la partie réseau et sous-stations, un montant global de 13 750 k€ avec :

- Environ 1,268 M€ d'aides publiques de l'ADEME,
- Environ 2 M€ d'aides publiques de la région,
- Environ 8,343 M€ d'autofinancement du SMIREC.
- Environ 2,304 M€ de financement de la part du délégataire PCE.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le projet dans sa globalité (réseaux et géothermie profonde) est de 31 M€ dont 9,5 sont financés par le Fonds Chaleur (5,5 M€ de l'ADEME et 4 M€ de la Région Ile-de-France). Le taux de subventions global du projet (forage, bâtiment, process) sera d'environ 30%.

Les subventions demandées dans les dossiers ADEME pour la géothermie et le réseau de Chaleur associé permettraient de proposer un prix moyen de la chaleur compétitif de 75.0 € TTC/MWh (contre 89.7 € TTC/MWh sans subvention), soit une baisse du prix moyen de 14.7 € TTC/MWh. Les aides publiques ainsi employées pour la partie Géothermie Profonde seule s'élèveraient alors à un maximum de 154 €/tep d'EnR produite sur 18 ans.

Les investissements réalisés pour l'ensemble du projet (forage, surface, *workover*, …) ont, entre autres, deux objectifs : permettre d'atteindre à terme un taux de couverture en ENR supérieur à 50% sur l'ensemble du réseau et garantir la stabilité du prix de la chaleur pour les abonnés du réseau.

1.5.5 Subventions à la réalisation – Fonds Chaleur

Le Fonds Chaleur est l'une des 50 mesures opérationnelles en faveur du développement des énergies renouvelables, annoncées suite aux engagements du Grenelle Environnement et pérennisé par la loi sur la transition énergétique de 2015.

Il a pour objectif d'aider financièrement au développement de la production de chaleur à partir des énergies renouvelables (biomasse, géothermie, solaire) par le remplacement ou la création de nouvelles installations et de diversifier ainsi les approvisionnements en énergie. Cet outil financier complète les dispositifs d'aide actuels et s'intègre dans les projets des Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie. Il est destiné aux entreprises (industrie, tertiaire, agriculture), aux collectivités et à l'habitat collectif.

La gestion de ce fonds est confiée à l'ADEME et ses délégations régionales. L'ADEME inscrit les objectifs des aides aux énergies renouvelables dans le cadre de ses missions fixées par le Code de l'Environnement (articles L.131-3, R.131-2 et R131-3).

En particulier, l'ADEME a pour mission de susciter, animer, coordonner, faciliter et, le cas échéant, réaliser toutes opérations ayant pour finalité la réalisation d'économie d'énergie et de matières premières et le développement des énergies renouvelables. La Région Ile-de-France agit sur ce sujet en partenariat avec l'ADEME.

Le principe du Fonds Chaleur qui sous-tend le calcul des aides attribuées dans le cadre de ce fonds est de permettre à la chaleur renouvelable d'être vendue à un prix inférieur d'au moins 5 % à celui de la chaleur produite à partir d'énergie conventionnelle (gaz, fioul…).

Les projets d'extensions de réseau bénéficiant d'un taux de couverture ENR supérieur à 50% sont éligibles pour l'obtention d'aides du Fonds Chaleur suivant les critères suivants :

- Extension d'une longueur minimum de 200 mètres (longueur de tranchée),
- Extension permettant de valoriser au minimum 25 tep ENR/an (soit 290 MWh/an),
- Densité thermique du réseau après extension >= 1,5 MWh/ml,
- Impact positif pour l'abonné sur le tarif de fourniture de chaleur,
- Le système de production ENR du réseau doit avoir une réserve de capacité lui permettant une production supplémentaire correspondant au moins à 50% des besoins de chaleur de l'extension prévue.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le projet du SMIREC de doublet géothermique et d'extension du réseau a été accepté par le Fonds Chaleur et bénéficiera de subventions.

Ce niveau d'aide peut être atteint par le Fonds Chaleur seul, ou en combinaison avec des crédits régionaux et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

Les aides du Fonds Chaleur accordées pour le SMIREC dans le cadre de la convention signée en 2019 ne sont pas cumulables avec les Certificats d'Economie d'Energie lorsque ceux-ci portent sur le même objet que l'aide du Fonds Chaleur (cette règle a été modifiée).

L'aide aux investissements peut être complétée par une aide spécifique pour le financement de l'opération d'assistance à Maîtrise d'Ouvrage pour accompagner le maître d'ouvrage tout le long de l'opération.

L'octroi des aides est subordonné à l'adhésion de l'opération au fonds de garantie (SAF Environnement) abondé par l'ADEME et la Région Ile-de-France ainsi qu'à la validation de l'analyse économique du projet par un Comité Technique ADEME-Région.

1.5.6 Fonds de garantie géothermie

Comme toute ressource du sous-sol, la géothermie est soumise aux aléas géologiques. Ces risques spécifiques à la filière ne peuvent être correctement couverts par les compagnies d'assurances classiques. Lors du développement des activités de géothermie en Ile-de-France dans les années 1980, un fonds de garantie a été créé par les Pouvoirs Publics, spécialement à l'attention des maitres d'ouvrage d'exploitations géothermiques.

Afin de couvrir les risques géologiques liés aux travaux ainsi que ceux liés à la pérennité de la ressource géothermale en cours d'exploitation (pérennité de la ressource, dommages liés à la thermochimie du fluide géothermal), la couverture par le fond de garantie court terme de la SAF-Environnement est très fortement conseillé. Il est de la responsabilité du Maître d'ouvrage de souscrire à la couverture court terme de la SAF Environnement.

Le fonds de garantie géothermie est géré par la SAF Environnement (filiale de la Caisse des Dépôts et Consignations) et présidé par l'ADEME.

On distingue le fonds « court terme » qui couvre le risque de ne pas trouver les caractéristiques prévisionnelles de la ressource (température et débit) lors de la réalisation des forages, et le fonds « long terme » qui couvre le risque lié à une dégradation des caractéristiques de la ressource en cours d'exploitation et les dommages pouvant survenir sur les installations.

1. <u>Fond de garantie « court terme » :</u>

Les grandes lignes sont les suivantes :

- Garanties : échec des forages (les débits ou températures escomptés ne sont pas vérifiés) ;
- Cotisation : 3,5 % du montant Hors Taxes d'un doublet de forage ;
- Couverture :

Elle garantit la puissance thermique de l'installation selon les critères de température et de débit exploitable et injectable. Elle prend en charge jusqu'à 65% des coûts assurés et supportés par le maître d'ouvrage, c'est-à-dire hors subventions. Ce pourcentage peut être porté à 90% grâce à une couverture additionnelle de 25% proposée par certaines régions françaises. En cas d'échec partiel d'un des deux forages du doublet (puissance thermique

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

avérée inférieure à 85% de la puissance thermique escomptée), le montant de l'indemnisation est égal à une fraction du montant maximal garanti.

Le plafond de garantie du fond géothermie est fixé à 4,8 M€ par forage au Dogger.

Le SMIREC fera une demande de contrat Fonds Court Terme pour les nouveaux puits GSD-1 et GSD-2. Cette police d'assurance couvrira les risques géologiques liés aux travaux ainsi que ceux liés à la ressource.

2. Fond de garantie « long terme » :
    - Garanties : pérennité de la ressource (en termes de débit et de température), dommages aux puits d'origine géologique ou géothermique (dépôts, corrosion, colmatage, vieillissement du réservoir, etc.) ;
    - Durée : 20 ans ;
    - Cotisation : 15 k€/an environ pour une opération sur le Dogger dans le Bassin Parisien ;
    - Couverture :

Elle couvre la valeur des puits au moment du sinistre, celle de la boucle géothermale ainsi que le débit et la température du fluide géothermique. Cette couverture est accordée en cas de déclaration de sinistre et dépend du degré de déperdition de la ressource. Elle est plafonnée à 1,4 M€ par sinistre.

Le SMIREC fera une demande de contrat Fonds Long Terme pour les nouveaux puits GSD-1 et GSD-2 après la réalisation des forages. Cette police d'assurance couvrira les risques géologiques liés aux travaux ainsi que ceux liés à la ressource.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.6 Planning prévisionnel du projet

Le déroulement des phases du projet est présenté en intégrant les démarches administratives (AR-DAOTM, PEX, marchés public), les études d'avant-projet et de projet, les travaux de forage, jusqu'à la mise en service de l'exploitation. La mobilisation de la ressource géothermale locale s'articulera succinctement selon le phasage suivant :

- élaboration d'un programme de développement en accord avec l'adéquation entre la ressource géothermale (débit, température) attendue et les besoins du réseau de chaleur, objet des études d'APS/APD réalisées en juin 2021;
- définition d'un schéma minier (type doublet), d'une architecture puits et d'une boucle géothermale (interface puits/réseau) aptes à sécuriser l'objectif de production (mission PRO et AR-DAOTM) ;
- sélection d'une entreprise et appareil de forage appropriés compatible avec les contraintes locales (accès, transports, bruit) et environnementales (habitats, végétation, faune) ;
- engagement des travaux de Génie Civil préparatoires à l'installation de l'appareil et de la dotation de forage ;
- réalisation du programme de forage, complétion et essais validant la ressource et son exploitation ultérieure ;
- établissement du cahier des charges des équipements, prestations et services requis par la mise en œuvre de la boucle géothermale ;
- réception des travaux et équipements (puits, centrale géothermique) ;
- mise en service du doublet géothermique de chauffage urbain.

Compte tenu de la profondeur du Dogger dans le secteur d'étude et en prenant en compte une inclinaison des puits géothermiques d'environ 40°, la durée des travaux de forage **par puits est estimée à 43 jours.** La durée des travaux, avec amenée et repli de la machine de forage, est d'environ 110 jours. Cela exclut l'aménagement et la remise en état de la plateforme. S'agissant de la centrale géothermique, la durée des travaux est estimée à neuf mois pour la construction du bâtiment et la canalisation géothermale de liaison.

Les étapes principales et la durée des travaux seront les suivantes :

- **Travaux de génie-civil / plate-forme de forage : 5 mois d'août à décembre 2022**
- **Travaux de forage des puits producteur et injecteur : 4 mois de février à mai 2023**
- **Travaux de remise en état : 1 mois en juin 2023**
- **Travaux de construction et process en centrale : 9 mois de juillet 2023 à mars 2024**
- **Travaux d'équipement des puits et raccordement à la centrale : d'avril à juin 2024**

Une première proposition de planning de réalisation du doublet pour le projet de Saint-Denis en présentée sur la figure suivante. **La mise en service du doublet est prévue pour juin 2024.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

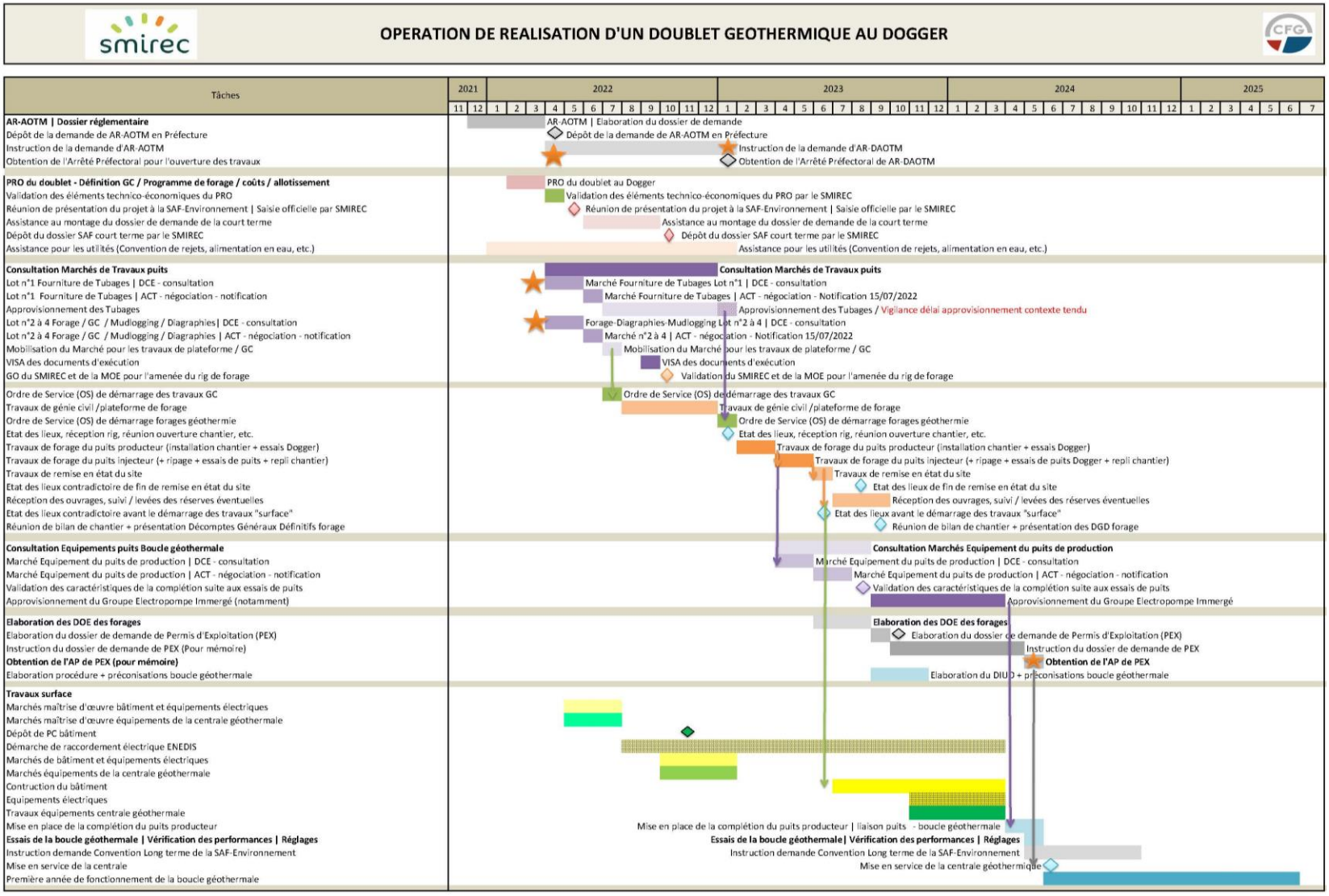


Figure 48 : Planning prévisionnel de la réalisation d'un doublet au Dogger pour le projet de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.7 Conditions réglementaires d'accès à la ressource

Ce chapitre présente les contraintes réglementaires auxquelles est soumis le projet d'exploitation du futur doublet géothermique GSD-1/GSD-2 selon la procédure réglementaire afin d'obtenir successivement les demandes d'autorisation de recherche de gîte géothermique (AR), d'ouverture de travaux de forage exploratoire (DOTEX), puis de permis d'exploitation (PEX) ;

Le SMIREC s'engage à réaliser les travaux de forage dans le respect de la réglementation en vigueur au moment de leur réalisation.

Les textes réglementaires applicables sont les suivants :

- **Phase projet :**

  - Code minier : les gîtes géothermiques relèvent du régime légal des mines (Article L112-1, L112-2 et 161-1). Version en vigueur depuis le 24 mars 2012.
  - Nouveau code minier : les conditions administratives d'obtention des titres de recherche sont précisées par les articles L124-1 à L124-9 (Livre Ier, Titre II, Chapitre IV) modifiés ou créés par Ordonnance n°2019-784 du 24 juillet 2019. **Version en vigueur depuis le 1er janvier 2020.**
  - Décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie. Modifié récemment par le décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019. **Version en vigueur depuis le 1 janvier 2020.**
  - Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Modifié récemment par le décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019. **Version en vigueur depuis le 1 janvier 2020.**
  - Décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrage ou d'aménagements. **Version en vigueur depuis le 1 juin 2012.**
  - Décret n°2011-2018 du 29 décembre 2011 portant réforme de l'enquête publique relative aux opérations susceptibles d'affecter l'environnement. **Version en vigueur depuis le 31 décembre 2011.**
  - Code de l'environnement : la demande d'autorisation de recherches d'un gîte géothermique doit être accompagnée d'une étude d'impact environnemental définie par les articles R.122-1 à R.122-14. Modifié par Décret n°2016-1110 du 11 août 2016. **Version en vigueur depuis le 15 août 2016.**

- **Phase travaux :**

  - Nouveau code minier : les travaux de recherches et d'exploitation de gîtes géothermiques sont soumis aux dispositions du Livre Ier, titre VI, Chapitres IV – Travaux miniers (articles L164-1 et L164-2).
  - Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Modifié récemment par le décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019. **Version en vigueur depuis le 1 janvier 2020.**
  - Décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives. Version en vigueur depuis le 6 octobre 2016.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Code de l'environnement : Annexe de l'article R. 122-2 à la section 1 du chapitre III du titre IX du livre V. **Version en vigueur au 1 janvier 2021.**

Toutes les autorisations sont délivrées par arrêtés préfectoraux, y compris l'arrêt définitif des travaux d'exploitation du gite (articles L162-1, L162-4 et L124-6, L165-1 du nouveau Code Minier et article 54, 55 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006).

1.7.1 Permis de recherche minier et permis d'exploitation

L'objectif du projet étant la récupération de chaleur souterraine, assimilée à une substance minérale qualifiée de « gîte géothermique », le cadre réglementaire qui s'applique qui s'applique est le nouveau Code Minier**. Ce dernier a récemment été modifié par Ordonnance n°2019-784 du 24 juillet 2019. Les articles présentés ci-dessous correspondent à la version en vigueur depuis le 1 janvier 2020.**

Les procédures d'obtention du permis minier et du permis d'exploitation sont étroitement liées. Les modalités administratives de demande d'autorisation de recherche, de permis d'exploitation ou de prolongation de permis sont décrites dans les articles L124-1 à L124-9 (recherche), L134-1 à L134-14 (exploitation) et le décret n°78-498 du 28 mars 1978.

En outre, les obligations prévues dans les articles L121-1 à L121-5 s'appliquent à tous les gîtes géothermiques quelle que soit leur température

Pour l'autorisation de recherche on retiendra principalement l'article L124-3 du nouveau code minier :

« L'autorisation de recherches de gîtes géothermiques détermine, soit l'emplacement du ou des forages que son titulaire est seul habilité à entreprendre, soit le tracé d'un périmètre à l'intérieur duquel les forages peuvent être exécutés. Cette autorisation est accordée par l'autorité administrative. Sa validité ne peut excéder trois ans ».

Tous travaux de forage en vue de recherche de gîtes géothermiques sont soumis à autorisation accordée par arrêté préfectoral après enquête publique. L'exploitation des gîtes géothermiques fait l'objet du Chapitre IV du Titre III du Livre Ier du Code Minier. Il faut retenir des articles L134-1 à L-134-9 du nouveau Code Minier que :

- les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative **(L134-1-1)** ;
- sans préjudice des dispositions des articles L. 124-2-4 et L. 124-4, le titulaire d'une autorisation de recherches ou d'un permis exclusif de recherches de gîtes géothermiques a droit par priorité, si ses travaux ont fait la preuve qu'un gîte est exploitable, s'il en fait la demande avant l'expiration de ce titre minier et sous réserve de disposer des capacités techniques et financières prévues par décret en Conseil d'Etat, à l'octroi d'un permis d'exploitation qui englobe les emplacements des forages autorisés ou qui est situé en tout ou en partie à l'intérieur du périmètre de cette autorisation de recherches ou de ce permis exclusif de recherche. Le permis d'exploitation est accordé, dans les autres cas, après mise en concurrence. **(L134-3)** ;
- la durée du permis d'exploitation est fixée par l'arrêté qui l'accorde, en prenant en compte les coûts de recherche et d'exploitation et l'équilibre économique du projet. Elle ne peut excéder trente ans. **(L134-4)** ;
- le permis d'exploitation confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé, dit " volume d'exploitation ", défini par un périmètre et deux profondeurs. Le permis d'exploitation peut limiter le

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

débit calorifique qui sera prélevé. Il peut également imposer toutes dispositions concernant notamment l'extraction, l'utilisation et la réinjection des fluides calorifères et des produits qui y seraient contenus et, plus généralement, les obligations relatives au respect des intérêts mentionnés à l'article L. 161-1. Il peut abroger l'autorisation de recherches dont dérive le permis d'exploitation, ou réduire les droits qui y sont attachés **(L134-5)** ;

- Outre les renseignements administratifs relatifs au maître d'ouvrage et les caractéristiques des aquifères-cibles, la demande doit intégrer :
    - Le programme de travaux, le type et les modalités de valorisation envisagés ;
    - Le cas échéant, la justification de la demande de périmètre de protection ;
    - La demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique doit être accompagnée d'une étude d'impact environnemental ;
    - Les volumes d'exploitation et périmètres de protection envisagés.
    - Lorsque la demande est jugée recevable par le service interdépartemental des Mines (DRIEAT), l'enquête publique, d'une durée minimale de 1 mois, est diligentée dans chaque commune concernée par la demande ;
- l'arrêté initial portant permis d'exploitation ou un arrêté ultérieur de l'autorité administrative peut, à la demande du pétitionnaire, fixer un périmètre de protection à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés tous travaux souterrains susceptibles de porter préjudice à l'exploitation géothermique. La détermination du périmètre de protection, lorsqu'elle n'est pas prévue par l'arrêté initial portant permis d'exploitation, est effectuée selon la procédure prévue à l'article L. 124-5. Le périmètre de protection peut être modifié ou supprimé dans les mêmes formes que celles prévues pour sa détermination. **(L134-7)** ;
- la demande de permis d'exploitation n'est pas soumise à une enquête publique lorsqu'elle est déposée avant l'expiration de l'autorisation de recherches et qu'elle répond aux conditions suivantes **(L134-9)** :

– Les forages sont situés à des emplacements précisés dans le dossier d'autorisation de recherche soumis à enquête publique ;

– Le volume d'exploitation et éventuellement le périmètre de protection ainsi que le débit calorifique sollicités se situent dans les limites de ceux qui étaient mentionnés à titre prévisionnel dans le dossier d'autorisation soumis à enquête publique.

1.7.2 Demande d'ouverture de travaux miniers

L'ouverture des travaux de forage est soumise à autorisation administrative après enquête publique et consultation des communes concernées, en application des articles L162-1 et L162-4 du Code Minier. L'Article L162-1 du code minier (nouveau) subordonne l'ouverture de travaux de recherches et d'exploitation de mines soit à une autorisation, soit à une déclaration administrative suivant la gravité des dangers ou des inconvénients qu'ils peuvent représenter pour les intérêts mentionnés à l'article L161-1.

La procédure est régie par le décret **2006-649 du 2 juin 2006** dont l'article 3 soumet les travaux de recherche géothermique à autorisation, délivrée par le Préfet (article 15).

Le dossier doit être constitué des pièces prévues à l'article 6-I du décret qui reprend en grande partie ceux nécessaires à l'obtention de l'autorisation de recherche, complétées par :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1. L'indication de la qualité en laquelle le dossier est présenté ;
2. Un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus avec les documents, plans et coupes nécessaires et, lorsqu'il y a lieu, leur décomposition en tranche ;
3. Un exposé relatif, selon le cas, aux méthodes de recherches ou d'exploitation envisagées ;
4. L'étude d'impact définie à l'article R. 122-3 du code de l'environnement. Pour les injections de gaz naturel ou de gaz de pétrole liquéfié (GPL) en nappe aquifère contenant ou en contact avec de l'eau potable ou qui peut être rendue potable, l'étude d'impact doit, notamment, démontrer que l'injection est effectuée de manière à éviter tout risque présent ou futur de détérioration de la qualité des eaux souterraines concernées ;
5. Le document de sécurité et de santé prévu à l'article 28 ;
6. Un document indiquant, à titre prévisionnel, en vue de l'application des dispositions des articles 91 à 93 du Code Minier, les conditions de l'arrêt des travaux ainsi que l'estimation de son coût ;
7. Un document indiquant les incidences des travaux sur les ressources en eau et, le cas échéant, les mesures compensatoires envisagées, afin de rendre les travaux compatibles avec le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) mentionné à l'article L. 212-1 du Code de l'Environnement.

1.7.3 Périmètre de recherche et d'exploitation concernés

Actuellement 3 opérations géothermiques fonctionnent dans un rayon de 5 km autour du site :

- Le doublet de La Courneuve sud (GLCS-1 / GLCS-2) ;
- Le doublet de Paris nord-est (GPNE-1 / GPNE-2) ;
- Le doublet de La Courneuve nord (GLCN-3 / GLCN-4) ;

Un autre permis de recherche est référencé dans le département :

- Le doublet en projet d'Aulnay-Sous-Bois.
- Le quadruplet en projet de Pantin -Les Lilas.

Trois opérations de géothermie sont arrêtées dans un rayon de 5 km autour du site :

- Le triplet de La Courneuve nord (GLCN-1 / GLCN-2 / GLCN-3)
- Le doublet de La Villette (GLAV-1 / GLAV-2)
- Le doublet de Villeneuve-la-Garenne (GVG-1 / GVG-2)

Depuis 2016 ; trois opérations de géothermie au Dogger ont vu le jour :

- Le forage BMES (groupe CORIANCE) du nouveau doublet du Blanc-Mesnil GBMN-3 / GBMN-4 en 2016 ;
- Le forage par le SMIREC en 2017 d'un nouveau puits injecteur GLCN-4 pour créer le nouveau doublet de La Courneuve Nord avec le puits producteur GLCN-3 ;
- Le forage par le SIPPEREC d'un quadruplet à Bobigny-Drancy en 2020 avec les puits GBD-1 / GBD-2 et GBD-3 / GBD-4.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'emprise des permis d'exploitation des doublets au Dogger en exploitation ou arrêtés, ainsi que les permis de recherche envisagés aux alentours du secteur d'étude sont représentés sur la Figure suivante.

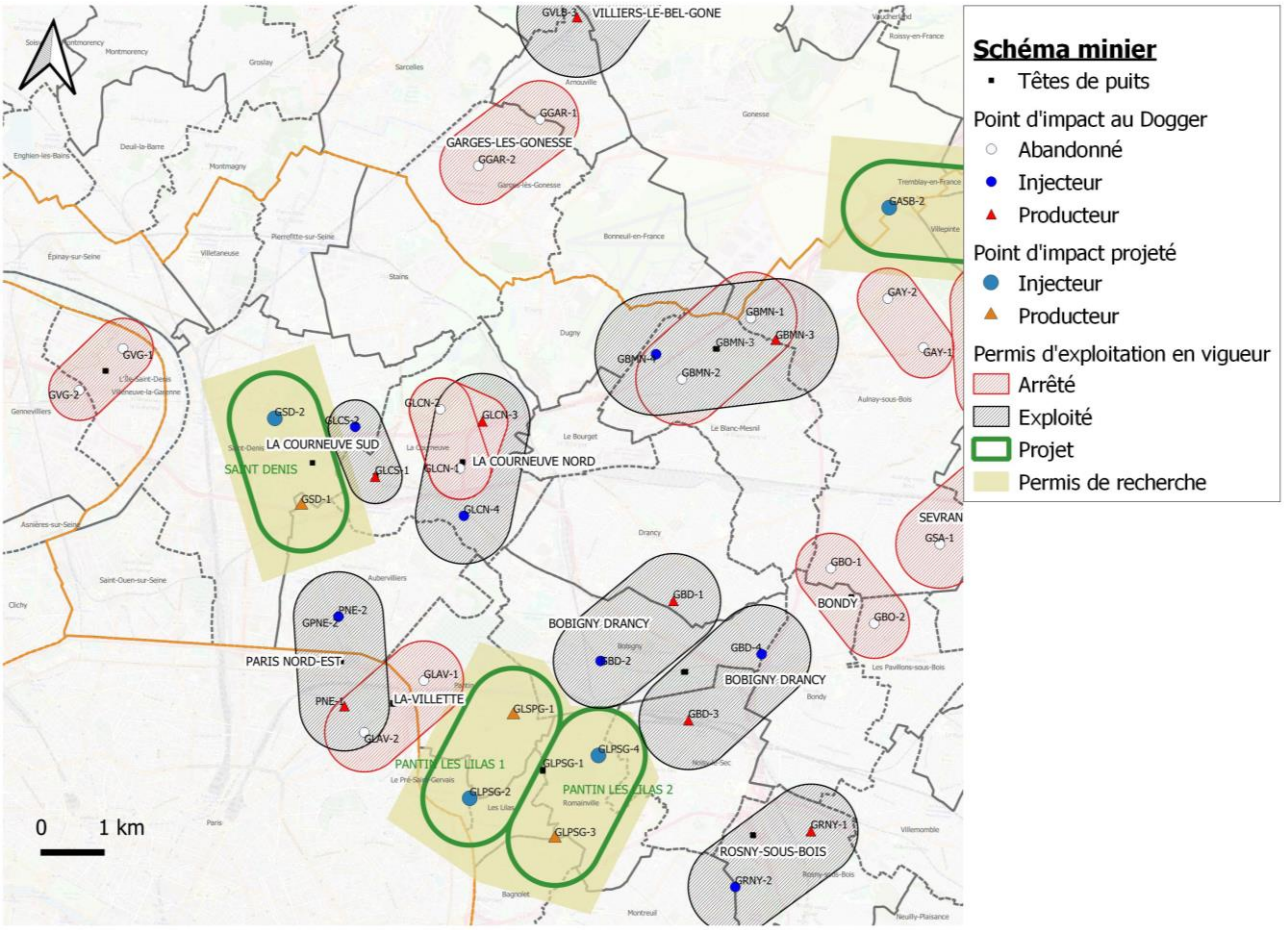


Figure 49: Emprise des permis d'exploitation existants et envisagés aux alentours du secteur d'étude

L'emprise de ce permis de recherche empiète sur le permis d'exploitation de La Courneuve sud détenu par le SMIREC. S'agissant du même exploitant la superposition du périmètre de recherche avec la gélule existante ne pose pas de problème.

L'emprise du futur périmètre d'exploitation s'appuie sur la modélisation du fonctionnement hydrodynamique et thermique du réservoir (présentée au Chapitre 2.4.3) dont les principaux objectifs sont :

- De s'assurer de la pérennité de la ressource au droit du futur doublet ;
- De vérifier l'absence de recyclage d'eau froide au sein du doublet ou entre doublets, susceptible de compromettre la viabilité technique et économique de l'exploitation projetée ou existante ;
- De contrôler l'impact à moyen et long terme (30 ans) de l'exploitation du réservoir sur les opérations voisines, et inversement.

Les travaux de forage du doublet géothermique seront réalisés, après réception de l'autorisation préfectorale d'ouverture des travaux, dans un délai maximum de 3 ans et en tout état de cause dans le cadre du permis de recherche.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le périmètre de recherche demandé pour Saint-Denis est représenté sur la Figure suivante. Le détail et les caractéristiques du périmètre de recherche sont présentés au chapitre 2.3.2.

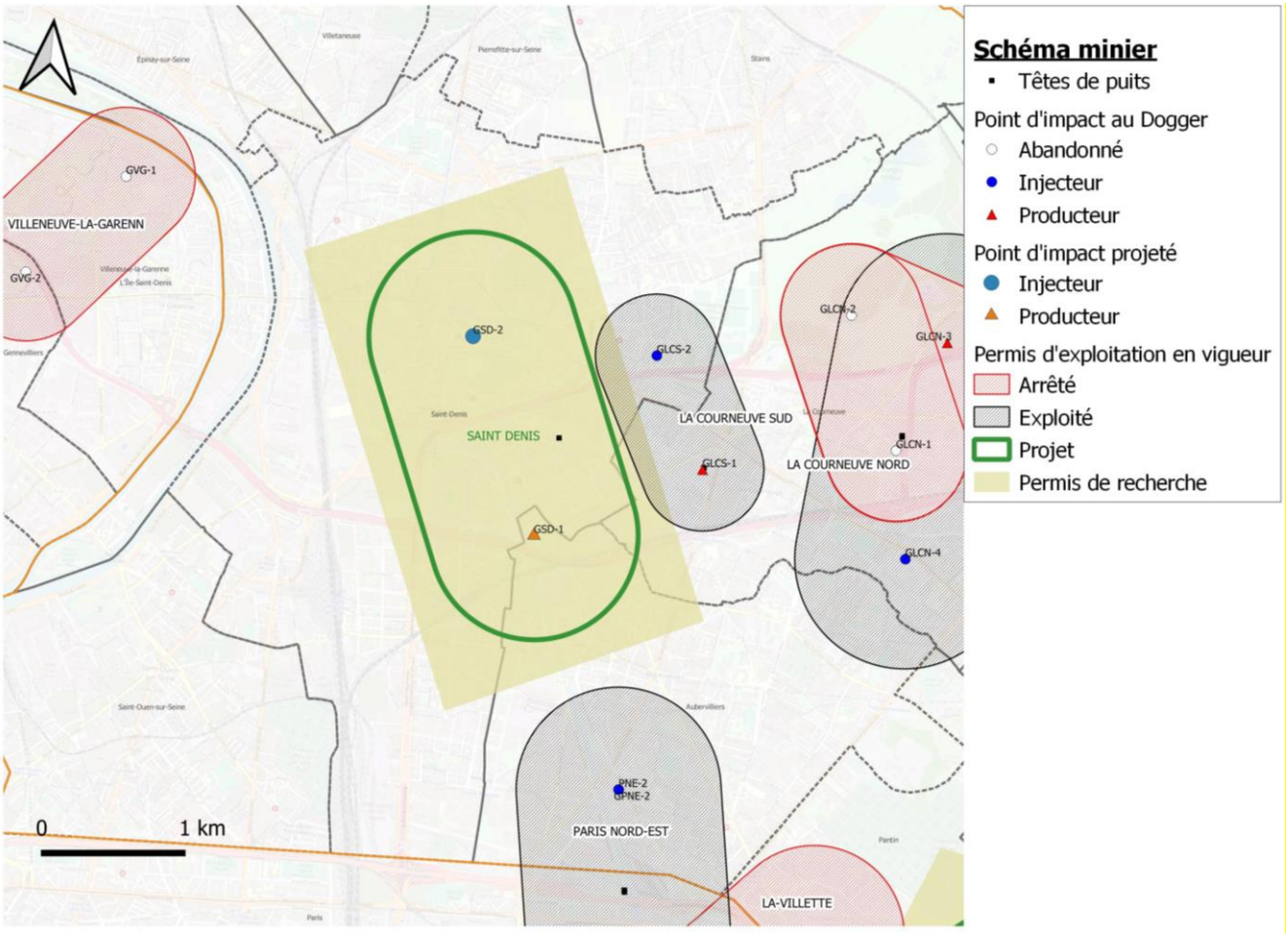


Figure 50 : Permis de recherche et d'exploitation prévisionnels du nouveau dispositif

1.7.4 Permis d'exploitation envisagé suite à la recherche

A l'issue des travaux de forage de l'opération de géothermie de Saint-Denis et en fonction des résultats opérationnels, une demande de permis d'exploitation devra être formulée pour une durée initiale de 30 ans.

Cette demande sera faite sur la base du programme visé par l'enquête publique du présent dossier et sans modifications de ce dernier.

Elle tiendra compte d'une part de la nouvelle ressource mobilisée (température, débit) et d'autre part d'éventuelles perspectives d'évolution du réseau géothermique.

Les caractéristiques d'exploitation du nouveau doublet sont détaillées au chapitre 2.4.1.2.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.7.5 Spécificités du projet vis-à-vis de la loi du 22 août 2021

Le projet est également concerné par la LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets et notamment deux articles modifiant le Code Minier : article 65 et article 74.

- **L'article 65**

D'après l'article L162-2 du code minier, L'autorisation d'ouverture de travaux miniers est soumise à la constitution de garanties financières, sous réserve de l'article L. 516-1 du code de l'environnement.

« Ces garanties financières sont destinées à assurer, suivant la nature et l'importance des dangers ou inconvénients que ces travaux peuvent représenter :

- « 1° Les mesures d'arrêt des travaux à réaliser dans le cadre de la procédure prévue au chapitre III du présent titre ;
- « 2° La surveillance du site et le maintien en sécurité des installations ;
- « 3° Les interventions éventuelles en cas d'accident avant ou après la fermeture du site ».

« L'autorité administrative compétente peut déterminer, après consultation de l'exploitant, la nature des garanties financières auxquelles elle subordonne la délivrance de l'autorisation d'ouverture des travaux miniers. **Un décret en Conseil d'Etat définit la nature des garanties pouvant être constituées et les règles de fixation de leur montant**. »

Ce même article 65 introduit une notion de police « résiduelle des mines » de 30 ans à l'issue de l'arrêt de l'exploitation, en vue de renforcer la responsabilité des exploitants.

Les capacités financières du maître d'ouvrage lui permettent de provisionner le budget nécessaire aux opérations de suivi, de prévention et de maintenance de son exploitation évitant ainsi une dégradation des ouvrages et la survenue d'incident. Il anticipe également les investissements lourds à effectuer tout au long de la vie des ouvrages (Cf. Courrier d'engagement en Annexe 8.2). Par ailleurs, le SMIREC souscrira une assurance spécifique auprès de la SAF Environnement, couvrant les risques liés aux aléas géologiques, aux travaux et à l'exploitation de la boucle géothermale

Les coûts de nettoyage, de bouchage et d'abandon des puits ont été estimés à 1 000 k€ HT pour le doublet hors frais MOE d'accompagnement (Cf. paragraphe 2.6.3).

Ces montants sont compatibles avec les capacités financières du demandeur (Cf. paragraphe 1.2.2).

En cas d'arrêt de l'exploitation liée à un incident ou à un accident technique, une partie de ces montants pourrait être pris en charge par la SAF-Environnement (garantie « pérennité » ou long terme).

Une fois le programme de comblement validé par l'administration et après réalisation du rebouchage et validation de ce dernier par la réalisation des contrôles et des essais listés à l'article 69 de l'Arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, la règlementation n'impose pas à l'heure actuelle la surveillance des ouvrages par l'exploitant.

Lorsqu'un site géothermique est définitivement abandonné, l'accès à l'ancien puits peut être rendu impossible par de nouveaux aménagements. Dans ce cas, l'existence de l'ouvrage abandonné doit impérativement être prise en compte par les aménageurs qui ne devront en aucun cas intervenir sur la tête de puits existante ou la modifier sans une autorisation préalable de la DRIEAT (d'après le Guide de « bonnes pratiques » sur les retours d'expérience des forages géothermiques profonds, BRGM/RP-65443-FR, mise à jour octobre 2021).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le détail des conditions d'abandon des ouvrages est consultable au paragraphe 2.6.

- **L'article 74**

Après l'article L. 164-1-1 du code minier, il est inséré un article L. 164-1-2 ainsi rédigé :

« Art. L. 164-1-2.-Les demandes d'autorisation d'ouverture de travaux de recherches ou d'exploitation sont accompagnées d'un mémoire précisant les mesures mises en œuvre et celles envisagées pour connaître la géologie du sous-sol impacté par les travaux et comprendre les phénomènes naturels, notamment sismiques, susceptibles d'être activés par les travaux, afin de minimiser leur probabilité, leur intensité ainsi que les risques de réapparition de tels phénomènes après leur survenance éventuelle, en vue de protéger les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1.

« L'autorité administrative peut demander l'actualisation de ce mémoire et sa transmission. En tout état de cause, le mémoire est actualisé et transmis à l'autorité administrative au plus tard trois ans après le démarrage effectif des travaux et au moment de la déclaration d'arrêt des travaux. »

Un mémoire, proportionné aux enjeux locaux du risque sismique, est présenté en Annexe 8.7.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.8 Identification des risques et contraintes techniques et organisationnelles applicables au projet

L'identification détaillée des risques et contraintes techniques applicables au projet, ainsi que les dispositions mises en œuvre pour les réduire sont détaillées dans les Chapitres 4, 5 et 6 de ce dossier.

1.8.1 Les contraintes liées à la protection des ressources en eau

Les travaux doivent être réalisés dans le respect des dispositions du SDAGE et du SAGE en vigueur au voisinage du site d'implantation des installations.

Le SDAGE 2016-2021 compte 44 orientations et 191 dispositions qui sont organisées autour de grands défis et leviers d'actions à savoir « les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux » (article L.212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de la Seine et des cours d'eaux côtiers normands. « Cette gestion prend en compte les adaptations aux changements climatiques » (article L.211-1 du code de l'environnement) et « la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole » (article L.430-1 du code de l'environnement).

Ses dispositions prévoient une protection accrue de l'aquifère stratégique de l'Albien/Néocomien.

Le SAGE auquel appartient le site de Saint-Denis est celui de Croult – Enghien – Vieille Mer. Il est doté d'une portée juridique car les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles avec ses dispositions - qui doivent l'être, à leur tour, avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Le SDAGE et le SAGE constituent ainsi les seuls documents règlementaires de référence sur ce périmètre. Le détail de ces prescriptions liées au SDAGE et SAGE est développé dans le Chapitre 5.17.

1.8.2 Les contraintes en surface

La surface prévisionnelle totale, utilisée pour l'implantation de la machine de forage et dédiée au chantier, est d'environ 3 300 m².

La réalisation d'un puits géothermique foré en diamètre 8''$^{1/2}$ au Dogger nécessite autour de la tête de puits une aire idéalement vierge de végétation et de construction, horizontale et traitée en voirie lourde. A l'issue des travaux, une aire de « servicing » de l'ordre de 1 100 m² doit être ménagée autour des têtes de puits pour en assurer la maintenance.

Les dimensions de la future centrale et la présence d'arbres ont fortement contraint l'implantation des futures têtes de puits. L'orientation de ces dernières et de la machine de forage tient compte de la circulation nécessaire autour de la machine et l'anticipation de la création d'une centrale géothermique sur la parcelle.

L'accès au chantier se fera via la rue du Maréchal Lyautey et le cours du ru de Montfort. Une convention d'accès et de voieries seront à prévoir auprès des services techniques de la ville. Une mise à disposition des trottoirs et des places de parking aux abords du site sera également nécessaire.

Les Déclarations de Travaux (DT) ont déjà été lancées par le SMIREC afin de recenser l'emplacement des réseaux, canalisations et ouvrages enterrés à proximité du chantier (Cf. paragraphe 4.5.17.7).

Dans le PLUi en vigueur de la commune, le site d'implantation de chantier appartient à la zone UG, zone dédiée aux grands services urbains et aux grands équipements. Le projet de forages de puits géothermiques profonds et l'exploitation sont compatibles avec les conditions d'occupation et d'utilisations. Les travaux projetés, les constructions, affouillements et exhaussements des sols sont autorisés sur la zone dédiée au projet de géothermie. Le projet devra respecter les dispositions réglementaires de ces zones (Cf. paragraphe 4.5.17.1).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 51 : Plan de situation et environnement du site (ORRSO)

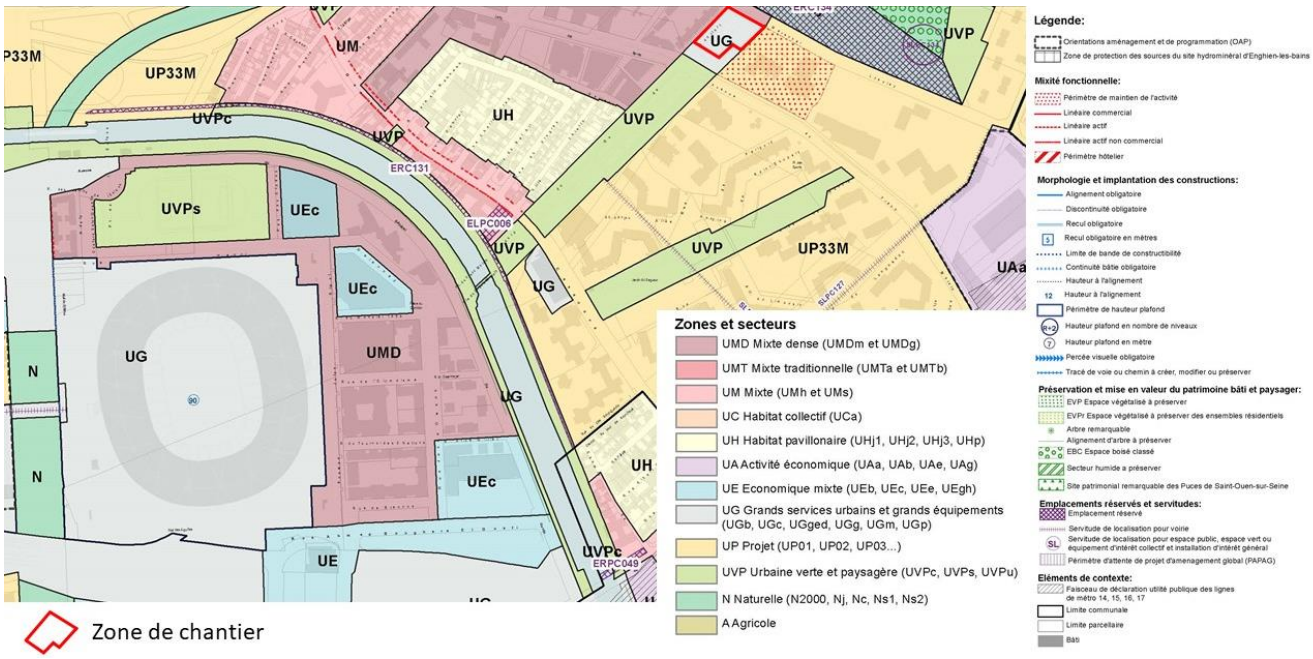


Figure 52 : Zonage des parcelles dédiées au chantier dans le PLUi (source : PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'aire de chantier pourra comporter un corral maçonné sous les vibrateurs de l'appareil de forage ou un réseau de bassins étanches ou bourbiers correctement dimensionnés, destinés à la récupération des déblais solides et liquides pendant le forage et une semelle en béton imperméable. L'option des bacs étanches en remplacement du corral pourra être étudiée.

Un réseau de caniveaux et un système de récupération d'eau de ruissellement (drains, merlon ou fossé périphérique ceinturant la semelle en béton de la plateforme...) doivent être disposés autour des bassins de fabrication et de circulation de la boue de forage de manière à rediriger les effluents vers les bourbiers via un bac déshuileur qui piège les effluents polluants. Tous ces dispositifs de rétention seront vidangés régulièrement.

Le site devra être desservi en eau courante et équipé d'un point de rejet au réseau d'assainissement.

Des investigations ont mis en évidence la présence de métaux et d'hydrocarbures sur le site probablement en lien avec la mauvaise qualité des remblais présents en surface et apportés lors de l'aménagement du site.

Lors des travaux d'aménagement du site, il sera réalisé :

- un retrait des terres surfaciques, présentes au droit du terrain de football actuel, pour éliminer les sources de contamination en place au sein des remblais d'apport et limiter les risques d'inhalation, de contact cutané et d'ingestion de sol lors des travaux des avant-puits, caves de puits et de construction de la centrale.
- l'ensemble des terres retirées seront dirigées vers une Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDND) sous condition d'acceptation préalable de l'installation choisie,
- sur le reste du site, un recouvrement de surface ou d'imperméabilisation des sols permettra d'écarter les risques de contact. L'option d'un retrait des terres sur l'ensemble du site est étudiée.

1.8.3 Les contraintes de conception

Conformément au Code Minier (Cf. Paragraphe 1.7), tout projet neuf au Dogger doit être conçu dans le respect des permis d'exploitation en vigueur à proximité du projet. Les études d'interférences et l'optimisation des impacts au réservoir minimisent le risque d'interférence avec les opérations voisines.

Le futur permis d'exploitation du gîte géothermique de Saint-Denis ne sera pas contraint par les permis de recherche et d'exploitation voisins, notamment celui de La Courneuve Sud.

Pour des raisons environnementales liées à la salinité du fluide et techniques en relation avec le maintien en pression du réservoir, un dispositif en doublet s'impose pour l'exploitation de la ressource géothermale ; composé du puits de production GSD-1 et du puits de réinjection GSD-2 présentant un diamètre de forage initial de 24'' puis 17''$^{1/2}$ et 12''$^{1/4}$ et enfin un diamètre de 8''$^{1/2}$ au niveau du réservoir.

L'architecture des forages doit tenir compte de l'obligation de protection des aquifères de l'Albien et du Néocomien traversés pour atteindre la cible du Dogger. Ces aquifères « stratégiques », compte tenu de l'exceptionnelle qualité de l'eau qu'ils contiennent, doivent être isolés par deux tubages concentriques avec cimentation de chaque annulaire.

Les nouveaux ouvrages seront réalisés dans les règles de l'art. Les cimentations annulaires des tubages feront l'objet d'une attention particulière et leur contrôle sera réalisé par des méthodes de diagraphies conventionnelles (CBL, VDL, USIT ou équivalent).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.8.4 Le risque géologique et hydrogéologique

Les risques naturels géologiques regroupent principalement les séismes, mouvements de terrain, effondrement des cavités, éruptions volcaniques, retrait-gonflement des argiles, etc. Concernant le projet de forage de Saint-Denis, seuls des risques naturels liés à des inondations par remontée de nappe ont été identifiés. Ces aléas sont relativement courant en Ile-de-France et des mesures préventives seront donc mises en œuvre pour s'y adapter.

Des incertitudes sur les côtes des différents horizons géologiques traversés ou sur leur lithologie peuvent constituer un risque pour le projet. En effet, étant donné l'absence de d'information immédiate à l'ouest du secteur d'étude, la coupe géologique prévisionnelle du secteur d'étude aura une incertitude au toit de chaque formation à partir du Crétacé supérieur de ± 20 mètres.

Le suivi géologique en temps réel et l'adaptabilité de la rhéologie de la boue de forage permettront d'adapter le programme de forage à l'avancement.

Le risque n'étant cependant pas nul, la couverture du risque par le fond de garantie « court terme » de la Société Auxiliaire de Financement de l'Energie et de l'Environnement (SAF) a été souscrite par le SMIREC et sera fournie au plus tard à l'issue de l'enquête publique.

Le projet devra tenir compte des variations régionales des paramètres hydrogéologiques et thermiques de l'aquifère du Dogger. Des hypothèses basses et hautes encadrant la productivité et l'injectivité du réservoir ont été prises afin d'anticiper les variations du réservoir cible.

L'aquifère du Dogger est artésien au droit du site (~ 9 bars de pression statique). Le forage du réservoir implique la mise en place de dispositifs particuliers de contrôle des éruptions (Bloc Obturateur de Puits - BOP). Le dispositif de contrôle des éruptions sera mis en place lors de la phase de forage du réservoir.

Un programme d'acidification après la fin du forage est prévu, un programme prévisionnel de stimulation chimique complémentaire sera élaboré et mis en œuvre si la perméabilité trouvée n'est pas suffisante. Les quantités d'acides seront adaptées aux caractéristiques obtenues et aux gains attendus.

1.8.5 Les risques liés au forage

Les risques liés au forage sont relativement bien connus et maîtrisé, en particulier dans le Bassin parisien où les formations présentant une perméabilité élevée et donc un risque potentiel de perte totale des fluides entrainant un effondrement du trou sont bien identifiées.

Les formations superficielles sont généralement très perméables au droit des aquifères, les risques de perte totale de fluides de forage sont élevés. Le forage par havage ou à la tarière (sans boue ni fluide de forage) des avant-puits jusqu'à 25 ± 5 mètres de profondeur environ minimise ce risque.

La pose du tubage 18''$^{5/8}$ (à 470 et 220 mètres environ), destinée à isoler les formations superficielles et à protéger la partie verticale de l'ouvrage, est déterminante dans le cas de forage déviés. La cote d'ancrage de ce tubage doit être déterminée avec soin.

L'accès à l'aquifère du Dogger implique le percement de nappes sus-jacentes potentiellement productrices (Albien, Néocomien, Lusitanien). En cours de forage, des venues d'eau, ou au contraire des pertes de boue de forage, sont possibles au droit de ces formations. Une adaptation permanente des paramètres de forage sera imposée.

L'inclinaison d'un ouvrage est génératrice de risque accru de coincement de la garniture de forage. Plus l'angle d'inclinaison est élevé plus le risque est fort. Le facteur de risque découle en réalité de la combinaison diamètre de forage / angle.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'inclinaison prévisionnelle des puits de Saint-Denis est d'environ 38,4°(P) et 39,4°(I). Un programme de déviation maitrisé, avec une montée en inclinaison limitée à 0,8°/10 m, a volontairement été retenu afin de faciliter le suivi de la trajectoire.

Les phases nécessitant une vigilance accrue lors des forages sont celles liées :

- aux risques de coincement de la garniture (notamment dans des formations argileuse),
- à la géométrie du trou foré,
- aux phases de pose des tubages et de leur cimentation,
- aux contrôles des pressions dans le puits (pertes, mais surtout venues pouvant entraîner des éruptions).

Les risques et contraintes techniques applicables au projet pendant le forage sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Série Stratigraphique			Aquifère	Prévisionnel		Risques
Sous-système	Etage	Sous-étage		Toit (m NFG)	Toit (m/sol)	
Quaternaire				33	0	- Pertes : maîtriser les paramètres de forage (en particulier le débit et ROP), diminuer la densité de la boue, ne pas laisser l'espace annulaire se charger en cuttings (nettoyage régulier par pompage de bouchons visqueux) o En cas de pertes partielles : poursuivre le forage avec des paramètres réduits, les pertes devraient se colmater avec les cuttings des formations forées (en particulier lors du forage de la craie). Si besoin des bouchons de colmatant peuvent être envoyés (à noter que leur efficacité devrait être réduite du fait du diamètre de forage important) ; o En cas de pertes totales, le forage sera maintenu en eau avec envoi de bouchons visqueux à base de bentonite lors de chaque ajout ; - Bourrage de l'outil et des stabilisateurs dans la craie en particulier ; - Formations instables pouvant poser des problèmes lors de la descente du casing 18"5/8 ; - Cavage.
	Bartonien	Marinésien Auversien	x	27	6	
	Lutétien		x	7	26	
	Yprésien	Cuisien Sparnacien	x	-27	60	
Crétacé supérieur	Sénonien		x	-87	120	
	Turonien			-457	490	
	Cénomanien			-597	630	
Crétacé inférieur	Albo-Aptien	Gault		-657	690	- Pertes possible dans la craie et dans l'Albien : maîtriser les paramètres de forage, réduire la densité de la boue, ne pas laisser l'espace annulaire se charger en cuttings et porter une attention particulière sur la composition de la boue. En cas de pertes partielles, forer avec des paramètres réduits, diminuer autant que possible la densité, nettoyer l'espace annulaire par l'envoi de bouchons visqueux ; - Bourrage de l'outil et des stabilisateurs dans la craie en particulier ; - Argiles fluentes (argiles du Gault) : des agents inhibiteurs de gonflement et réducteurs de filtrat seront utilisés pour limiter le fluage des formations et maîtriser les particules forées ; - Collage par pression différentielle : la traversée de l'aquifère de l'Albien est particulièrement sensible. Maintenir la densité de la boue aussi basse que possible afin de limiter le risque de collage. Limiter au minimum le temps d'arrêt des pompes aux ajouts ; - Cavage dans les formations sableuse : éviter de rester en position statique pendant des durées prolongées. Toujours maintenir la garniture en mouvement. Contrôler les paramètres de forage en particulier le débit de circulation ;
			x	-690	723	
	Barrémien			-780	813	
	Néocomien-Wealdien		x	-820	853	
	Purbeckien			-910	943	
Jurassique supérieur	Portlandien			-935	968	- Risque de pertes en particulier au droit de l'aquifère du Lusitanien (formations du Séquanien / Rauracien / Argovien) : maîtriser les paramètres de forage, maintenir une densité de boue la plus basse possible et ne pas dépasser 1.12 max, ne pas laisser l'espace annulaire se charger en cuttings et porter une attention particulière sur la qualité du mud cake et sur la composition de la boue. o En cas de pertes partielles, forer avec des paramètres réduits, si possible baisser la densité, nettoyer l'espace annulaire ; o En cas de pertes totales, le forage sera maintenu en eau avec envoi de bouchons visqueux à base de bentonite ; - Risque de gains au droit de l'aquifère du Lusitanien et donc de dilution et dégradation des propriétés de la boue dans le puits (densité, viscosité et filtrat) ; - Couple excessif : du fait de la forte inclinaison et de la longueur du forage il y a un risque d'atteindre le couple maximum de l'appareil de forage. Porter une attention particulière sur la déviation et sur la calibration du trou, limiter au maximum les dog-legs, maintenir une concentration de lubrifiant optimum ; - Risque de chaneling pendant la cimentation : optimiser la trajectoire et la centralisation du casing ; - Risque de gonflement des argiles du Kimmeridgien et de l'Oxfordien pouvant entrainer des instabilités de formation. Des problèmes de coincement de la garniture peuvent être attendus.
	Kimmeridgien			-1055	1088	
	Séquanien	Lusitanien	x	-1205	1238	
	Rauracien			-1300	1333	
	Argovien			-1395	1428	
	Oxfordien			-1490	1523	
Jurassique moyen	Callovien			-1555	1588	- Pertes : maîtriser les paramètres de forage, maintenir une densité de boue la plus basse possible et ne pas dépasser 1.09 max, ne pas laisser l'espace annulaire se charger en cuttings et porter une attention particulière sur la qualité du mud cake et sur la composition de la boue ; - Collage par pression différentielle dans les niveaux oolithiques du Bathonien : maintenir une densité de boue la plus basse possible et ne pas dépasser 1.09 max. Limiter au minimum le temps d'arrêt des pompes aux ajouts ; - Présence de H2S : contrôler la concentration de H2S en particulier au niveau des vibrateurs et bacs. Réaliser périodiquement des exercices de sécurité sur ce thème ; - Venue : alourdir la boue en ajoutant du sel ou envoyer un bouchon lourd. Si la venue est très importante, fermer le BOP et circuler en injectant par les tiges une boue alourdie avec du sel jusqu'à ce que la venue soit maitrisée, faire des flow check réguliers pendant l'opération
	Bathonien		x	**-1595**	**1628**	
Fond de puits (fin de forage)				-1695	1728	

Tableau 23 : Risques et contraintes pendant le forage

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

1.8.6 Les contraintes d'organisation et de planification

La disponibilité des appareils et des équipes de forage capables de forer les ouvrages au Dogger est limitée. Les entreprises françaises sont peu nombreuses (deux visibles dans les appels d'offres récents) et elles ne disposent que d'un ou deux appareils pouvant répondre au cahier des charges. La planification des consultations (et *a fortiori* des travaux) devra tenir compte de ce contexte. Si les coûts de régie d'appareils de forage connaissent une relative stabilité (de l'ordre de 25 000 €HT/j, tarif T1 pour un appareil de capacité au crochet 200 t), il n'en va pas de même pour les services associés (forage dirigé, services boues, contrôle géologique, mud logging, cimentations, diagraphies différées, traitement des effluents…), dont les prix suivent les cours du marché du baril de pétrole.

Pour des raisons similaires à celles évoquées précédemment, le marché des tubages - à l'instar de celui de l'acier - subit aujourd'hui un stress au niveau international. Pour les besoins du doublet, environ 6 500 mètres de tubes sont nécessaires. Des délais supplémentaires liés aux conditions de transports par bateau allongent actuellement les délais de mise à disposition de fournitures.

Les délais d'approvisionnement des tubages demeurent une contrainte majeure de planification des projets. Les délais actuels sont d'environ 6 mois selon les diamètres pour l'acier. Les risques de corrosion liés aux caractéristiques physico-chimique de l'eau du Dogger exigent par ailleurs une grande vigilance quant à la qualité des fournitures.

Les délais d'approvisionnement affectent également les autres fournitures ; accessoires de cimentation, les équipements de pompage/électropompes de production immergées, les équipements d'injection de surface, et accessoires hydrauliques (colonne d'exhaure, robinetterie/vannes) et électromécaniques (transformateur et variateurs de fréquences) pour lesquels les délais d'approvisionnement sont de l'ordre de 15 à 20 semaines.

Un autre impact est la variabilité des prix des matières premières et matériaux, qui concernent principalement l'acier (tubages) et le titane (échangeurs de chaleur à plaques) sensibles aux fluctuations de la demande et à la pression du marché.

1.8.7 Les contraintes contextuelles au chantier

Les contraintes liées au chantier proviennent principalement du trafic routier aux abords du site, à l'activité continue de forage et des nuisances sonores, visuelles et olfactives qu'elles engendrent.

Le chantier entraîne une intensification du trafic routier en phase d'amenée/montage/démontage/repli (DTM) de l'appareil de forage. L'amenée et le repli de la machine mobilise couramment de 50 à 60 colis pendant une durée de 8 à 10 jours, assurée par des transports poids lourds, semi-remorques surbaissées, en convois en partie exceptionnels.

Les approvisionnements en tubages, produits boue, ciment, outillages divers, les camions de diagraphies et les véhicules (camions, bennes et citernes) représentent un mouvement régulier assuré par des poids lourds, ce qui nécessite une bonne gestion des accès, du stationnement et du transit aux abords du chantier.

La nature postée (3x8h) du travail continu, 24h/24, 7j/7 interdit tout repos dominical ou férié, justifiant le cas échéant des dérogations.

Sur le plan environnemental, le chantier provoque des nuisances sonores et continues. La gestion des résidus et effluents de chantier, qu'ils soient liquides (boues, productions d'eau géothermale), solides (fragments de formations, cuttings) ou gazeux (H_2S) constitue un élément important du chantier, tant du point de vue environnemental que réglementaire et sanitaire, vis-à-vis des travailleurs et du public (riverains, visiteurs).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Ces contraintes sont abordées dans le Chapitre 5 de ce document, consacré à l'impact du projet sur l'environnement.

1.8.8 Les contraintes d'exploitation

Compte tenu de la salinité et de la teneur en sulfures naturelle du fluide géothermal constituent un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages et donc de pollution des aquifères sus-jacents en cas de percement des cuvelages. Ce qui amène à ne pas préconiser une exploitation en artésianisme en raison du risque de dépôts de sulfures de fer et d'encrassement des tubages. La mise en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion est implicite.

La présence de gaz dissous au sein du fluide géothermal est dommageable aux équipements dès lors que la pression de point de bulle n'est pas respectée.

A la production, l'eau du Dogger véhicule des particules solides dont la granulométrie et la quantité peuvent varier. Une filtration en tête de puits d'exhaure doit être mise en œuvre à l'aide d'un filtre à tamis.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GITE GEOTHERMIQUE AU DOGGER

SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE

Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2 DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GITE GEOTHERMIQUE AU DOGGER

2.1 Localisation du secteur d'étude

Le site d'implantation du futur doublet forage géothermique profond se trouve est envisagé à Saint Denis, en Seine-Saint-Denis, ville de la proche banlieue nord de Paris, dont elle est limitrophe, avec Saint-Ouen-sur-Seine, L'Ile-Saint-Denis, Épinay-sur-Seine, Villetaneuse, Pierrefitte-sur-Seine, Stains, La Courneuve et Aubervilliers.

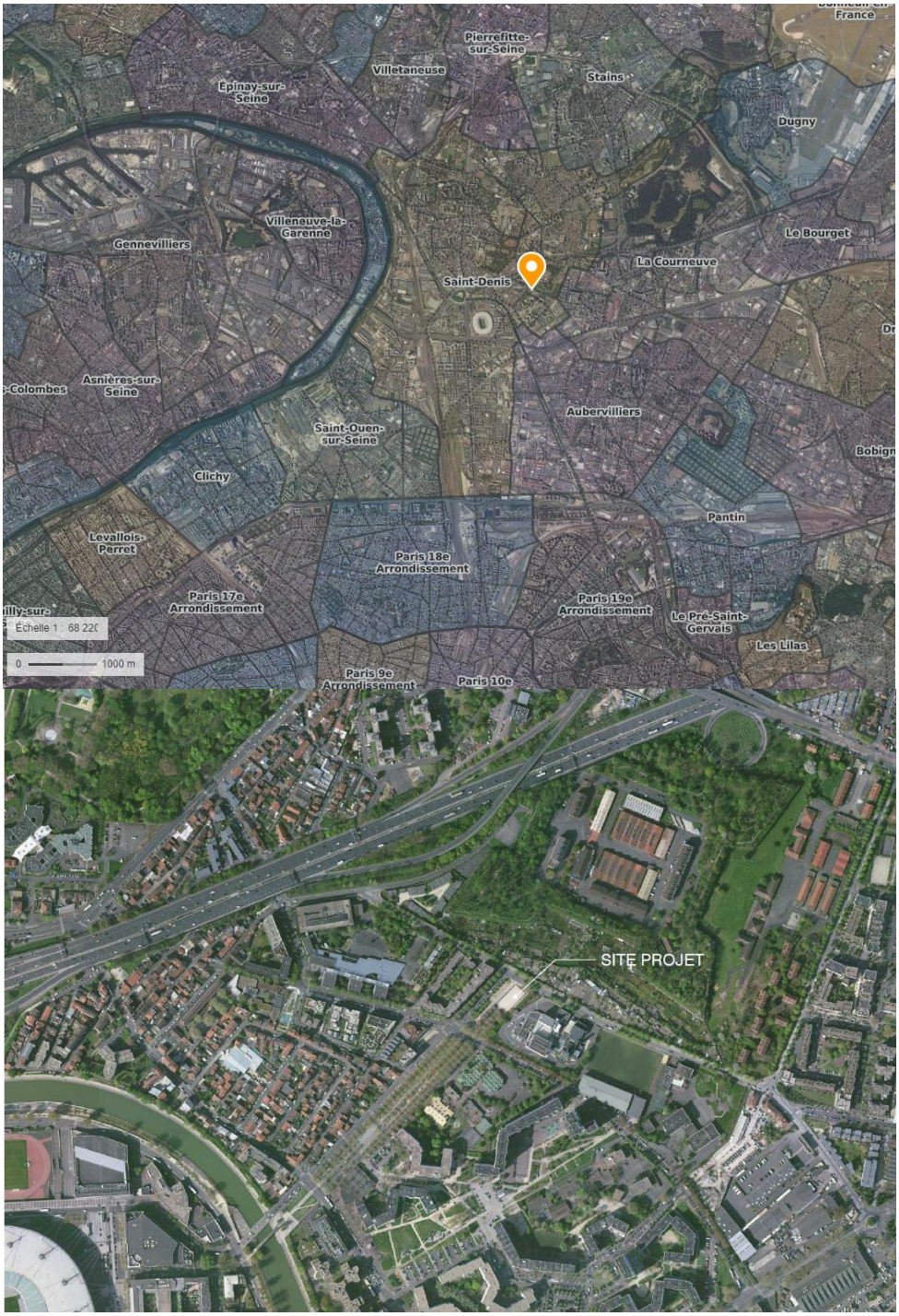


Figure 53: Localisation du secteur d'étude de Saint-Denis (Géoportail et Google Earth)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site est situé à 700 m de La Courneuve, au sud du Fort de l'Est et à 500 m du Canal de Saint Denis, dans le quartier Franc Moisin, à une altitude de +33 m NGF. Le site d'implantation est envisagé au croisement de la rue du Maréchal Lyautey et du cours du ru de Montfort, à proximité du site de la « Chaufferie Fort de l'Est ».

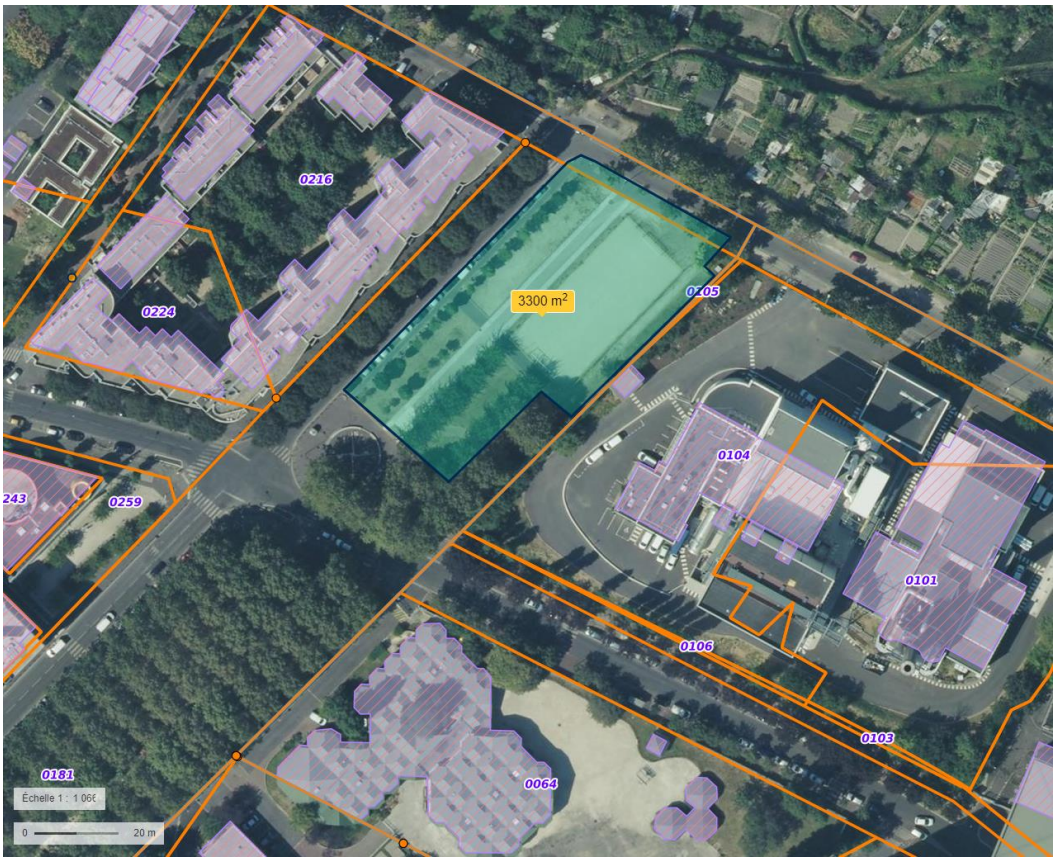


Figure 54 : Site d'implantation du chantier et parcelles cadastrales (Géoportail)

Le futur chantier de forage prendra place sur une surface prévisionnelle de l'ordre de 3 300 m², qui se situe sur la parcelle n°181 de la feuille cadastrale n° 000 BE 01 de la commune.

Une surface d'environ 1 100 m² sera conservée libre d'installation à l'issue des travaux pour la maintenance des puits. Cette surface devra être libre de toute construction ou plantation pérenne. La parcelle n°181 abritera les têtes de puits à la fin des travaux.

Une nouvelle centrale géothermique comprenant les échangeurs de chaleur, la pompe d'injection, le système d'injection, un local électrique et une Pompe à chaleur, sera également construite sur la parcelle récupérant sur place la chaleur délivrée par le forage géothermique producteur.

Les coordonnées géographiques (système de projection : Lambert 93) des futures têtes de puits du doublet retenues pour le projet géothermique de Saint-Denis sont comprises dans un cercle de rayon de 10 mètres centré autour du point suivant (Cf. Tableau suivant) :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

	GSD-1 (Producteur)	GSD-2 (Injecteur)
Coordonnées tête de puits	X (m) : 653 835 ± 10 Y (m) : 6 870 050 ± 10	
Coordonnées toit Bathonien (Sabot 9''5/8)	X (m) : 653 720 Y (m) : 6 869 360 Z (m) : 1628 m / sol (-1595 m NGF)	X (m) : 653 175 Y (m) : 6 870 710 Z (m) : 1628 m / sol (-1595 m NGF)

Tableau 24 : Coordonnées des futurs puits du doublet

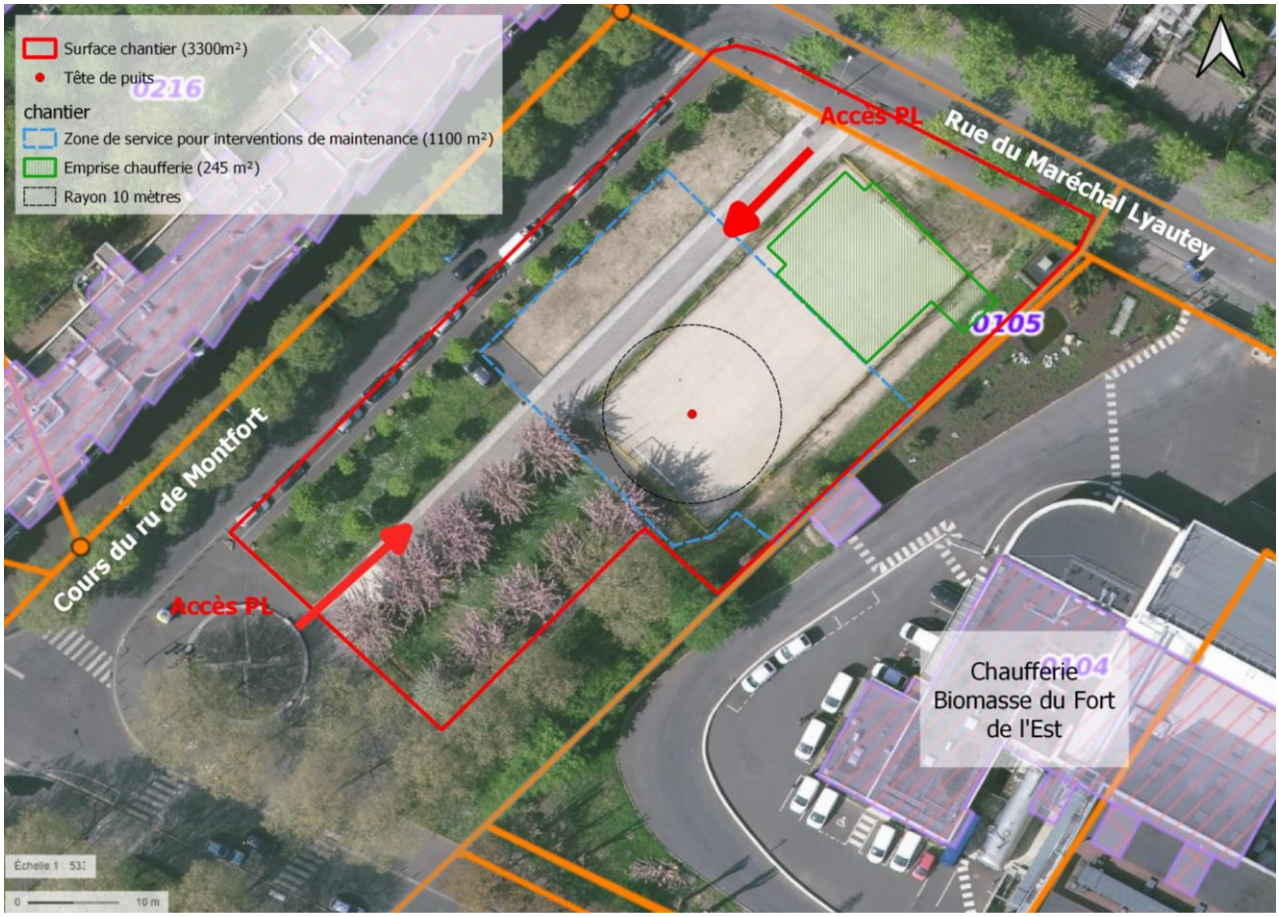


Figure 55: Localisation des têtes de puits et emprise du futur chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.2 Caractéristiques de l'horizon géologique ciblé

2.2.1 Contexte géologique global

La géologie de la zone d'étude s'inscrit dans celle du bassin sédimentaire parisien. Sur un plan général, la structure du Bassin Parisien est une succession de couches sédimentaires empilées dont la partie la plus profonde se situe au droit de la zone de Meaux-Coulommiers. Lorsque l'on se déplace vers l'est ou l'ouest, les niveaux remontent sur les flancs du bassin.

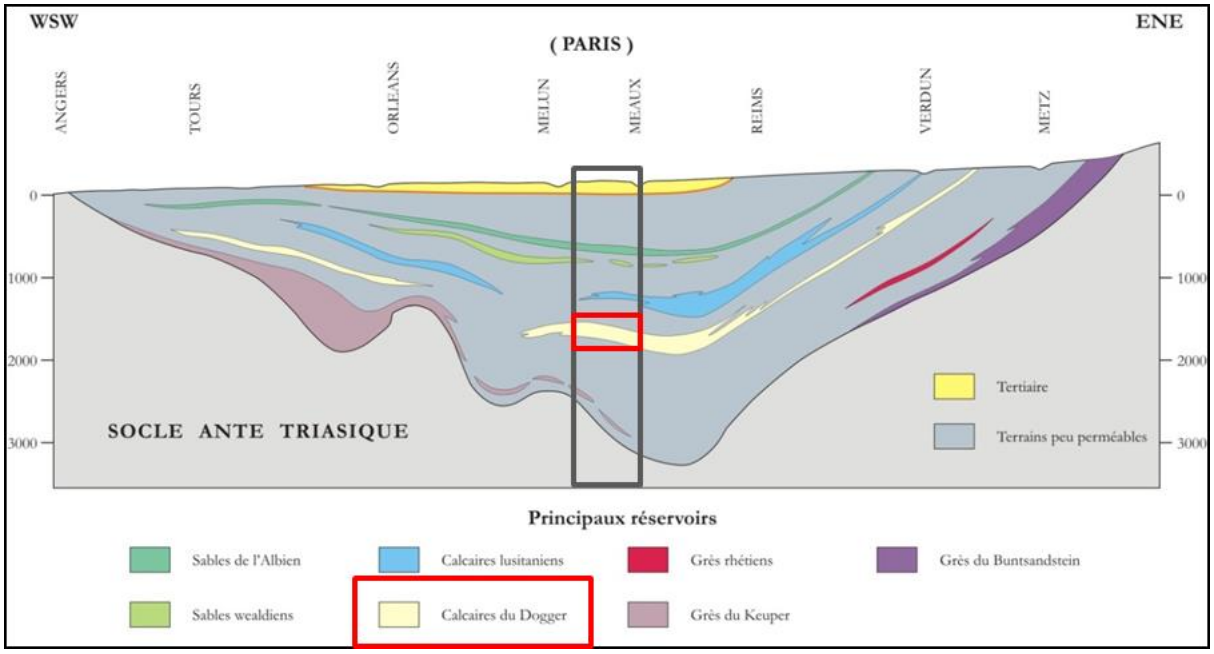


Figure 56: Coupe géologique schématique des principaux réservoirs du Bassin Parisien

Les couches géologiques du Bassin Parisien sont de natures variées et résultent de phases d'immersion ou d'émersion des terres, puis d'apport d'alluvions par la Seine pour ce qui concerne les niveaux les plus récents. Ces couches ne sont ni uniformes ni régulières. Elles subissent des variations latérales de faciès, parfois rapides, en fonction de la position des anciennes rives, anciens chenaux marins ou anciens lits du fleuve, ce qui explique certaines hétérogénéités au sein du Bassin.

Sous une couverture constituée par les formations les plus récentes attribuées à l'ère géologique du Tertiaire (ou Cénozoïque), la stratigraphie du Bassin Parisien est largement dominée par des dépôts sédimentaires attribués à l'ère Secondaire (ou Mésozoïque). Celle-ci est subdivisée en trois périodes, de la plus récente à la plus ancienne : le Crétacé, le Jurassique et le Trias.

La coupe stratigraphique suivante fait apparaître les nappes souterraines contenues dans les formations perméables (aquifères) du bassin. Les dépôts sédimentaires Mésozoïques reposent en discordance sur les roches du socle.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

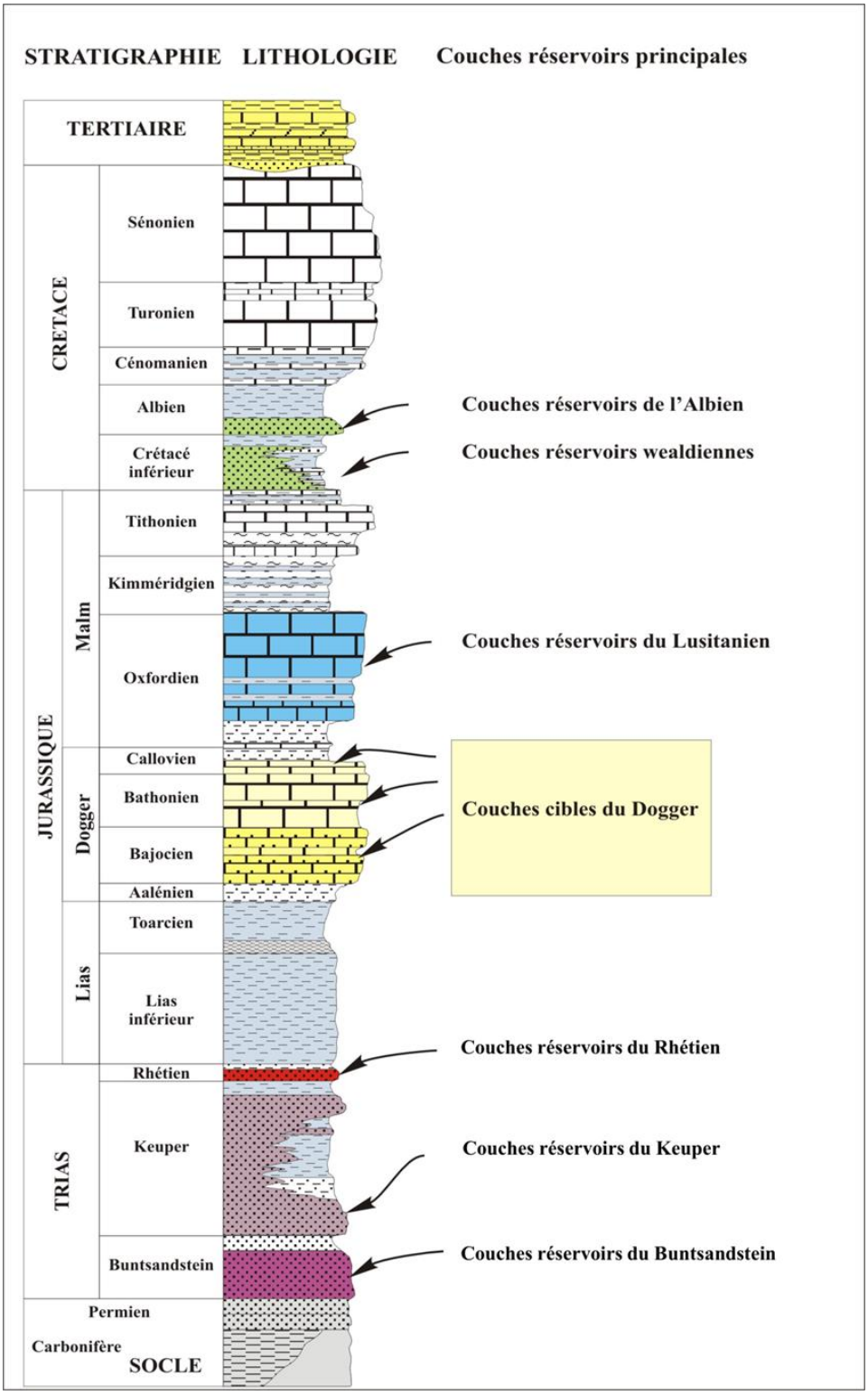


Figure 57: Coupe stratigraphique du Bassin Parisien avec localisation des principaux aquifères

La structure empilée est associée à une anomalie locale du gradient géothermique dont la valeur moyenne de 3°C/100 mètres est portée à 3,6°C/100 mètres en Ile-de-France. Sous la région parisienne, les températures du Dogger sont de l'ordre de 47°C à 85°C.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.2.2 Contexte géologique du secteur d'étude

Au droit et à proximité du projet, les terrains les plus récents, et donc affleurants sont les alluvions modernes de la Seine (Fz), les Marnes et les Masses du Gypse (Ludien – Priabonien e7a) suivies des Marnes à Pholadomyes et Sables de Monceau (Marinésien – Bartonien e6e).

La Figure ci-dessous présente un extrait de la carte géologique au 1/50 000ème sur laquelle est localisée la zone d'intérêt dans le secteur d'étude.

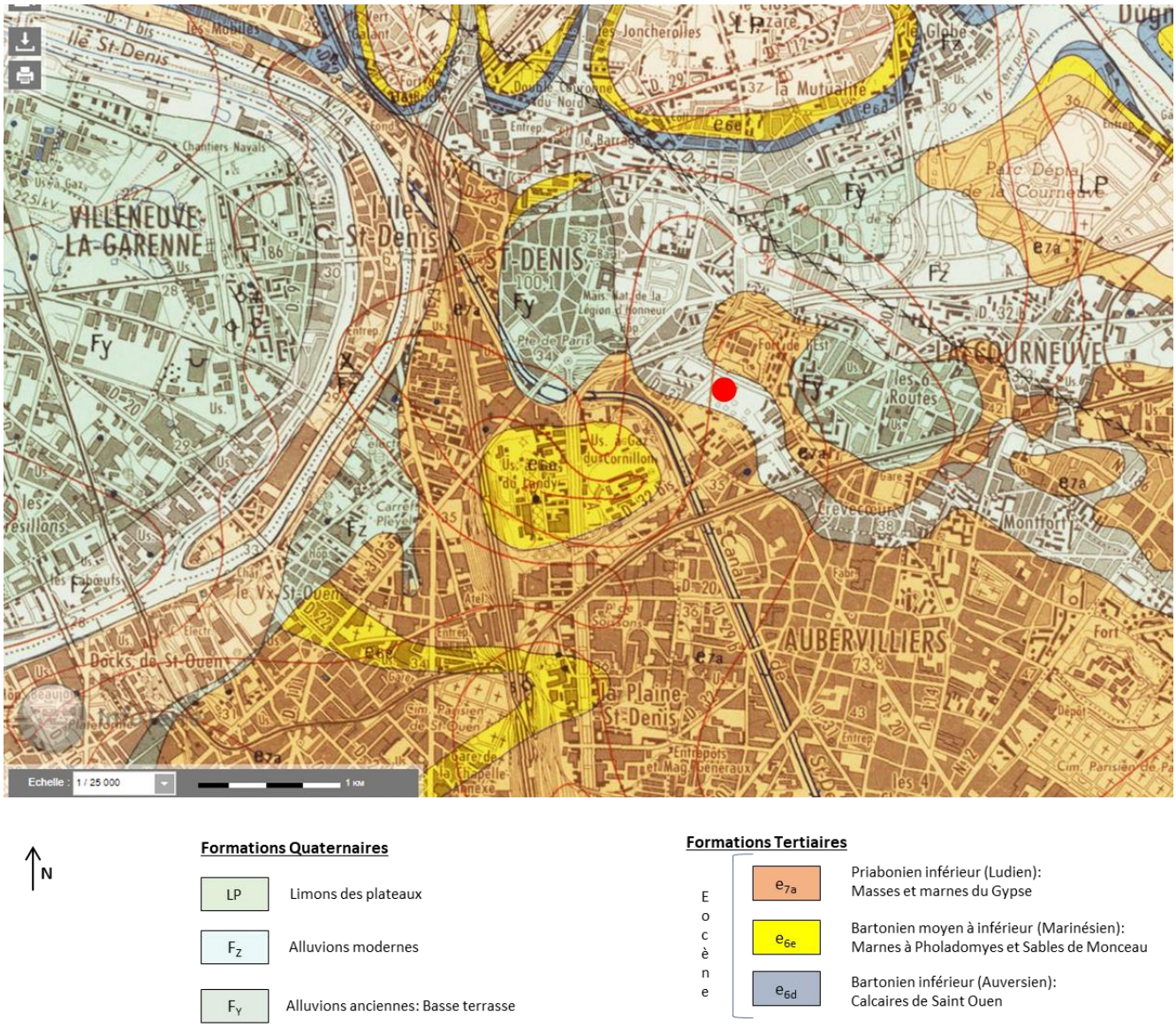


Figure 58 : Extrait de la carte géologique imprimée de Paris au 1/50 000ème centrée sur le secteur d'étude

Au droit et à proximité du projet, les terrains sub-affleurant et non-affleurant suivants poursuivent la série du Tertiaire du plus récent au plus ancien :

- Les formations du <u>Tertiaire</u> :
    - Bartonien Moyen (Marinésien) : Calcaire de Saint-Ouen (e6d calcaire argileux) ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Bartonien Inférieur (Auversien) : Grès et Sables de Beauchamp ;
- Lutétien : Marnes (marnes grises blanchâtres puis bleuâtres) et Caillasses, puis Calcaires Grossiers (calcaire sableux gris blanchâtre) ;
- Sparnacien (Yprésien) : Argiles sableuses et sables grossiers (« arkose » du Breuillet).

- Les formations secondaires du Crétacé sont ensuite représentées par :
  - La Craie du Sénonien et du Turonien ;
  - Les calcaires argilo-gréseux du Cénomanien ;
  - Les Argiles noires de l'Albien supérieur (argiles du Gault) ;
  - Les Sables verts de l'Albien inférieur et de l'Aptien ;
  - Les formations argilo-sableuses et Calcaires du Barrémien – Néocomien ;
  - Les Calcaires dolomitiques du Berriasien (à faciès Purbeckien).
- Les formations du Jurassique sont représentées par :
  - Les calcaires du Portlandien, les marnes du Kimméridgien et les calcaires de l'Oxfordien pour l'ensemble du Jurassique Supérieur (Malm) *;*
  - Les argiles du Callovien, les **calcaires micritiques, graveleux et oolithiques du Bathonien** et les Marnes du Bajocien pour l'ensemble du Jurassique Moyen (Dogger).

L'aquifère cible du Dogger est représenté par les calcaires micritiques, graveleux et oolithiques du Bathonien.

Du point de vue structural, la zone d'étude se trouve sur le flanc nord de l'anticlinal de Beynes Meudon et au cœur de la fosse de Saint-Denis où le pendage des couches géologiques du Dogger est faible et plonge vers le sud-est et où l'absence de phénomène tectonique majeur est observée.

Le point de départ de la coupe géologique prévisionnelle est déterminé par l'altitude du site, soit environ + 33 mètres NGF (Cf. Tableau suivant).

Pour les formations du Tertiaire, les ouvrages et sondages, recensés sur la BSS du BRGM sur un rayon de 2 km, suivants ont été considérés pour établir la coupe géologique : n°BSS000NFQR, BSS000NFUC, BSS000NFUT02198X0165, n°02197X0178, n°02198X0001, n°02198X0031 et n°02198X0096.

Pour les formations du Crétacé et du Jurassique, la coupe géologique prévisionnelle des nouveaux puits a été établie en fonction des épaisseurs des formations recensées aux puits GLCS-1 et GLCS-2 de La Courneuve Sud et du puits injecteur GPNE-2 de Paris Nord-Est par une méthode de moyenne pondérée par la distance au site d'étude.

Compte tenu de l'absence d'information immédiate à l'ouest du secteur d'étude et du fait du faible pendage des couches géologiques, la coupe géologique sera identique pour les deux puits du doublet avec une incertitude de l'ordre de ± 20 mètres au toit de chaque formation à partir du Crétacé supérieur.

Au droit du site de la « Chaufferie du Fort de l'Est », le réservoir du Dogger (calcaires du Bartonien) se trouve à une profondeur verticale d'environ 1628 mètres, soit -1595 m NGF.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Période	Sous-Période	Etages	Description lithologique	Saint Denis		
				GSD-1 / GSD-2		Epaisseur
				m/sol	m NGF	m
Quaternaire			Remblai, alluvions récentes et anciennes	0	33	6
Tertiaire	Priabonien	**Ludien**	Marnes et masses du gypse			
	Bartonien	**Marinésien Auversien**	Calcaire de Saint-Ouen, Sables d'Auvers et de Beauchamp,	6	27	20
	Lutétien		Calcaire grossier, Calcaire à Milioles, Marnes et Caillasses	26	7	34
	Yprésien	**Sparnacien**	Argile silteuse noire à lignite, sable moyen à grossier, argile sableuse (plastique)	60	-27	60
Crétacé	Crétacé supérieur	**Sénonien**	Craie blanche à silex avec quelques passages dolomitisés et recristallisés	120	-87	370
		Turonien	Calcaire crayeux sableux, Craie blanche à beige +/- argileuse	490	-457	140
		Cénomanien	Calcaire gréseux glauconieux, Grès fin très glauconieux	630	-597	60
	Crétacé Inférieur	**Gault**	Argile calcaire grise silteuse	690	-657	33
		Albo-Aptien	Sable fin à moyen +/- glauconieux	723	-690	90
		Barrémien	Argile bariolée sableuse	813	-780	40
		Néocomien	Sable, Lignite, argile sableuse et Grès pyriteux	853	-820	90
		Purbeckien	Calcaire argileux graveleux, Dolomie	943	-910	25
Jurassique	Malm	**Portlandien**	Calcaire lgt argileux et quelques passées de marne silteuse	968	-935	120
		Kimmeridgien	Marne gris silteuse à sableuse, qqls intercalations calcaires	1088	-1055	150
		Séquanien	Calcaire graveleux argileux	1238	-1205	95
		Rauracien	Calcaire oolithique poreux	1333	-1300	95
		Argovien	Marne gris clair silteuse	1428	-1395	95
		Oxfordien	Marne gris clair sableuse, Calcaire argileux gris brun	1523	-1490	65
	Dogger	**Callovien**	Argile calcaire silto-sableuse, calcaire argileux	1588	-1555	40
		Bathonien	Calcaire sublithographique, Calcaire oolithique et graveleux	**1628**	**-1595**	**100**
			Profondeur prévisionnelle atteinte	**1728**	**-1695**	

Tableau 25 : Coupe géologique prévisionnelle au droit du secteur d'étude

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.2.3 Lithologie de l'aquifère du Dogger

Les forages géothermiques réalisés en Ile-de-France ont recoupé une puissante série carbonatée appartenant au Bathonien et à la partie basale du Callovien, dénommée l'aquifère du Dogger. En région parisienne, cette série est constituée d'une succession de calcaires sublithographiques compacts, pouvant présenter une porosité de fracture, et de calcaires oolithiques présentant une porosité matricielle.

Il s'est avéré, au fur et à mesure du développement des programmes de forage au Dogger, que le réservoir présentait une géométrie et des caractéristiques complexes à l'échelle du bassin. Schématiquement, la succession stratigraphique des calcaires du Bathonien du bas vers le haut est la suivante :

- **Ensemble des alternances** : succession de séquences de marnes et calcaires dans lesquels quelques niveaux producteurs peuvent être rencontrés ;
- **Ensemble oolithique** : cet ensemble constitué de calcarénites à forte porosité regroupe l'essentiel des horizons réservoirs ; il assure environ les deux tiers de la production d'eau du Bathonien en Ile-de-France ;
- **Ensemble comblanchien** : il recèle une porosité matricielle importante, notamment dans sa partie inférieure. On y dénombre jusqu'à cinq niveaux producteurs qui peuvent totaliser jusqu'à un tiers de la production d'eau du Bathonien.

2.2.4 Contexte hydrogéologique du Dogger

Les calcaires du Dogger, avec plus de 155 forages réalisés à ce jour en Ile-de-France, représentent un des réservoirs géothermiques basse température les plus développés au monde. La coïncidence de cette ressource avec des zones urbaines à forte demande en chauffage, constitue un élément clef de développement de l'énergie géothermique en Ile-de-France depuis les années 80.

Les faciès perméables ont surtout été mis en évidence dans le secteur délimité par un quadrilatère dont les sommets seraient Fontainebleau, Cergy-Pontoise, Creil et Meaux. Au sud-ouest de ce secteur apparaît un sillon marneux très peu productif, le long d'une diagonale Rouen-Nevers.

A l'échelle du Bassin Parisien, l'aquifère du Dogger est caractérisé par l'existence d'un grand nombre de couches productives d'épaisseur et de débit variables selon les secteurs.

Pour les doublets géothermiques au Dogger, la productivité des différents faciès du Dogger est caractérisée par une forte hétérogénéité spatiale expliquée par des phénomènes postérieurs au dépôt sédimentaire (compaction-dissolution, fracturation, dissolution, recristallisation…) qui affectent la porosité et la perméabilité du réservoir. De plus, le nombre de niveaux producteurs et la hauteur productrice diffèrent fortement d'un doublet à l'autre, voire même d'un puits à l'autre.

Le secteur d'étude bénéficie d'une bonne connaissance de la ressource étant donné la présence de quelques doublets avoisinants. Ce secteur est considéré comme une zone favorable pour l'exploitation de la géothermie au Dogger.

2.2.4.1 *Transmissivité*

Pour un débit d'exploitation donné, le rabattement de la nappe est un paramètre directement lié à la transmissivité du réservoir. Cette valeur exprimée en Darcy.mètre (D.m) traduit la capacité plus ou moins importante de l'aquifère à transmettre le fluide qu'il contient. Elle se détermine lors des essais de fin de forage. Au niveau de l'exploitation, une bonne transmissivité permettra de réduire le rabattement dans le puits producteur et les pressions de réinjection au puits injecteur. Une transmissivité élevée permettra donc de

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

réduire les HMTs des pompes de production et d'injection, et donc les consommations électriques en comparaison d'une transmissivité faible.

La carte géostatistique ci-dessous permet d'évaluer la transmissivité du réservoir au droit du secteur d'étude. Cette dernière est construite depuis la base de données DOGGER (SYBASE) du BRGM entretenue et mise à jour annuellement par CFG.

La transmissivité retenue pour la suite du projet est de l'ordre de 15 ± 5 D.m.

Compte tenu de l'absence de forages géothermiques à l'ouest du secteur d'étude et de la forte variabilité spatiale de ce paramètre, une valeur conservatrice et une incertitude de ± 5 D.m sont retenues dans cette étude.

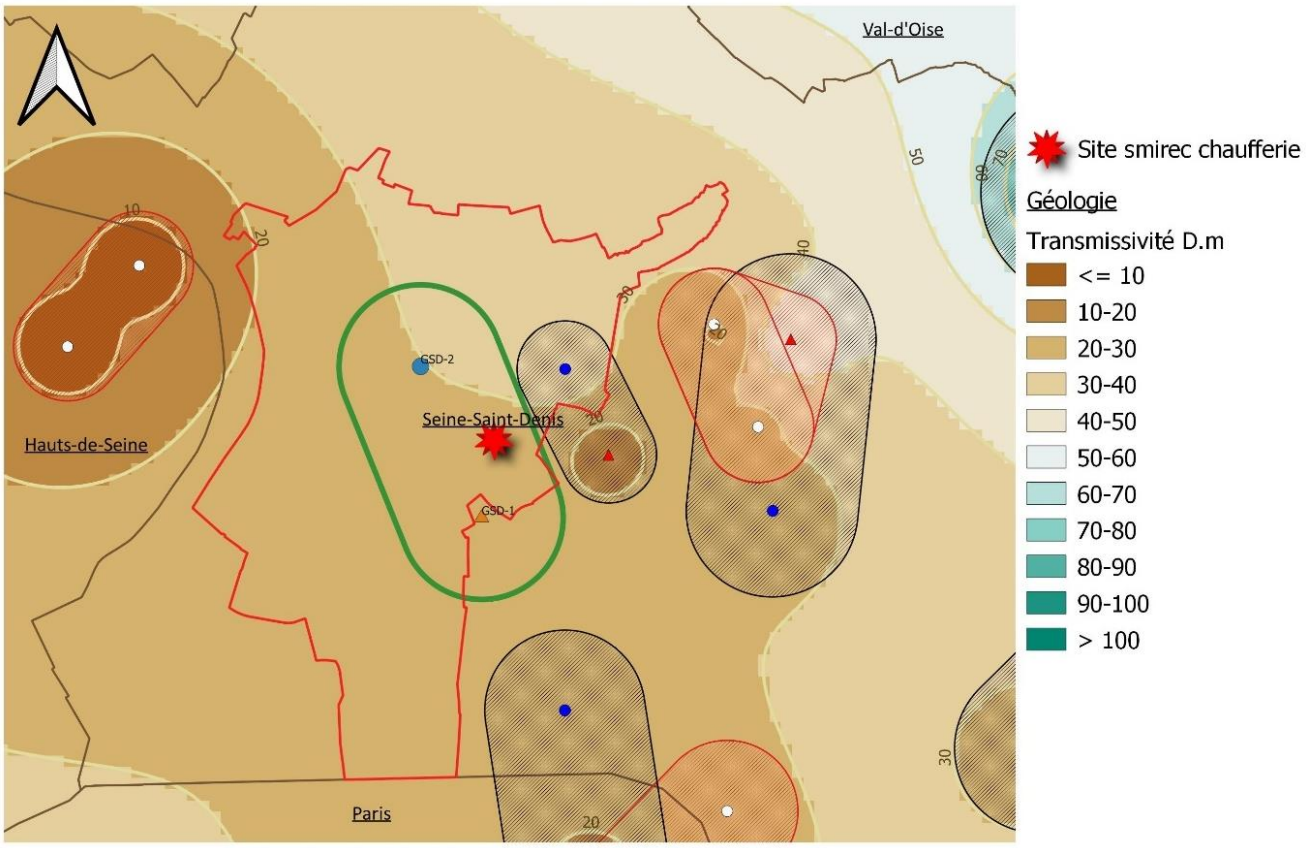


Figure 59 : Carte d'iso-transmissivité (en Darcy. Mètres) dans le secteur d'étude

2.2.4.2 *Température de l'eau géothermale*

La température du réservoir permet d'estimer le potentiel énergétique au droit du site et influe les modélisations hydro-thermiques permettant d'estimer la longévité d'un doublet en termes de température.

La carte géostatistique ci-dessous permet d'évaluer la température du réservoir au droit du secteur d'étude.

La température retenue au toit du réservoir est de l'ordre de 57,5 ± 1°C ; soit en tête de puits une température attendue de l'ordre de 56,5 ± 1°C.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

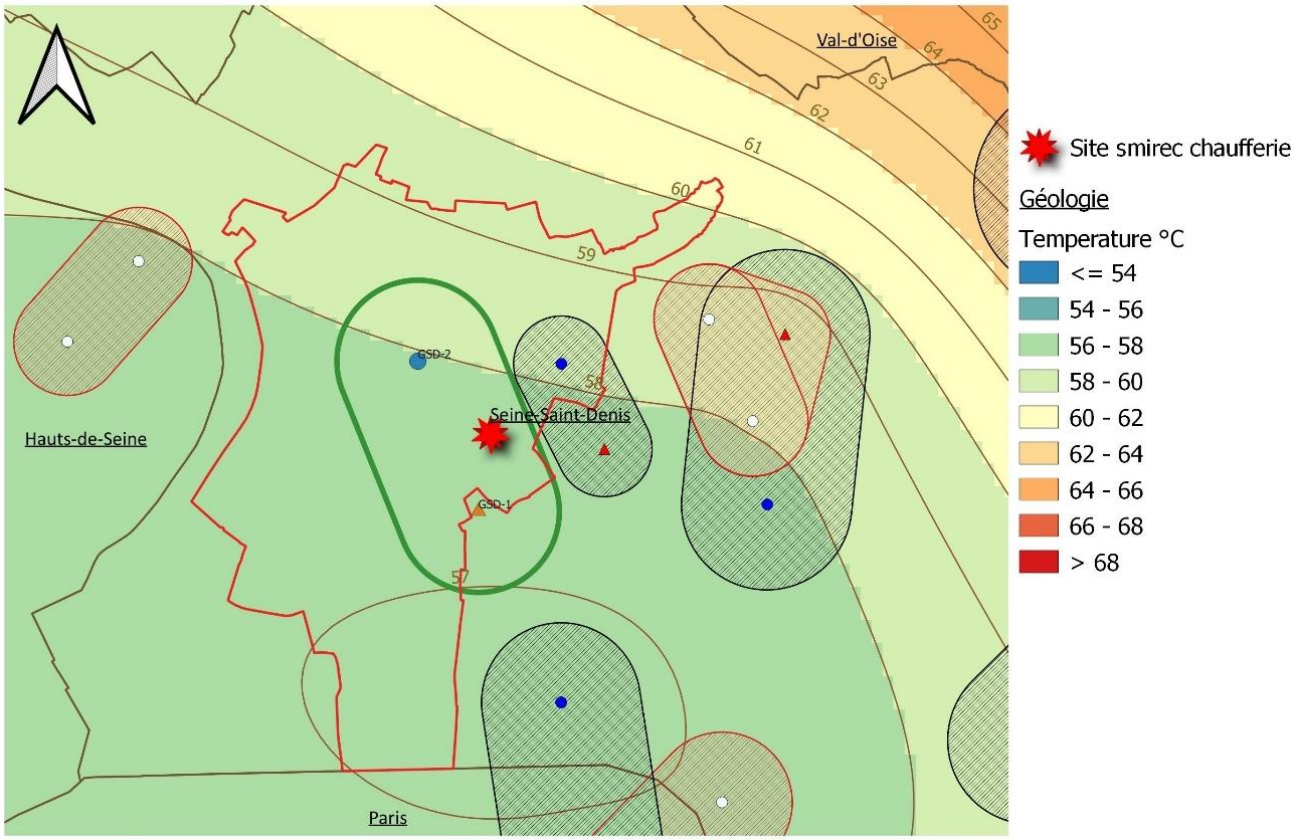


Figure 60 : Carte d'iso-température (en Degré Celsius) au réservoir dans le secteur d'étude

2.2.4.3 *Epaisseur productrice du Dogger*

L'épaisseur productrice du réservoir est un paramètre qui influencera davantage les volumes du réservoir mis en jeu et aura tendance à accélérer le recyclage thermique au sein d'un doublet à mesure que l'épaisseur est réduite.

Au droit du site d'implantation de Saint-Denis, l'épaisseur totale des niveaux producteurs est estimée à environ 15 ± 5 mètres.

Cette carte géostatistique témoigne de l'hétérogénéité géométrique et hydrodynamique du Dogger et du peu de données disponibles au nord et à l'ouest du projet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

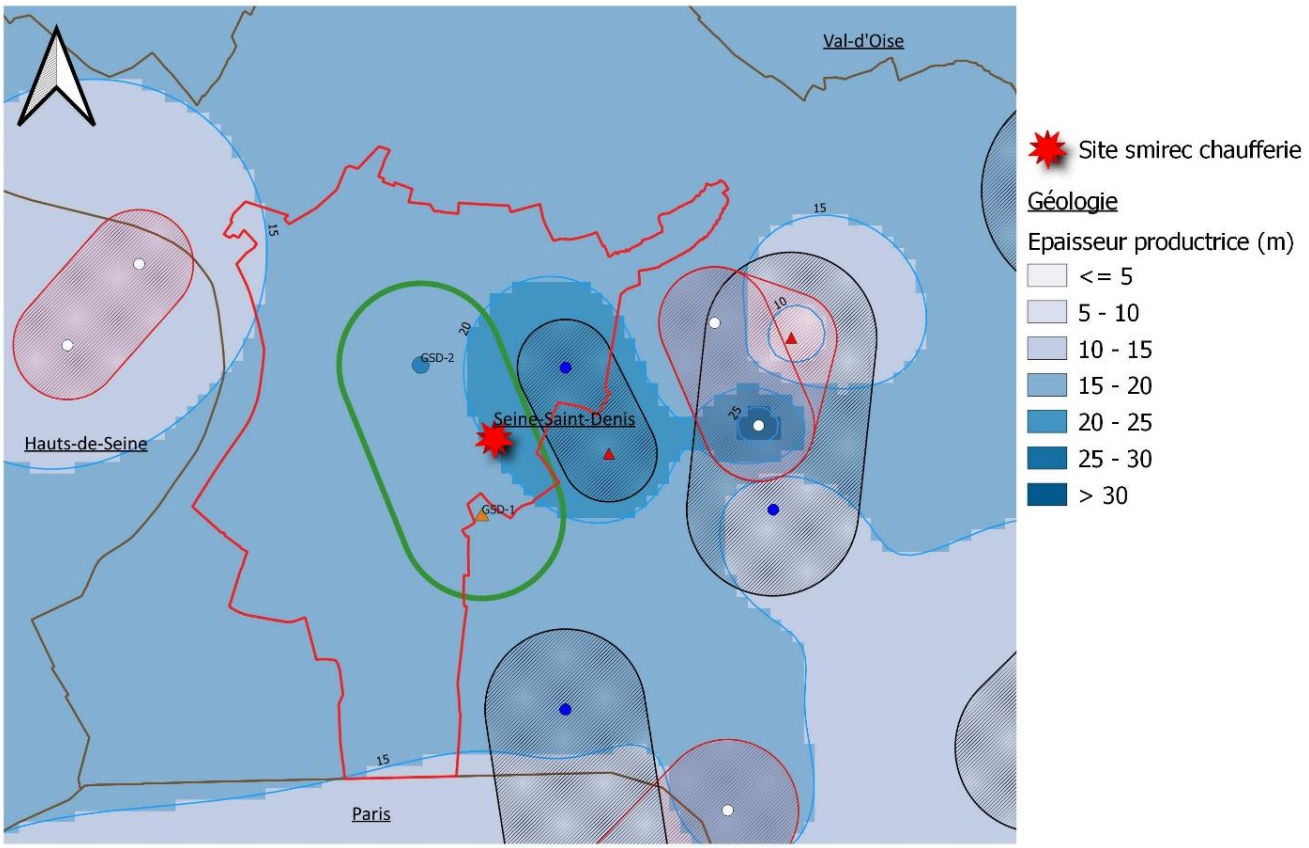


Figure 61 : Carte d'iso-épaisseur productrice (en mètres) du Dogger dans le secteur d'étude

2.2.5 Qualité de l'eau géothermale du Dogger

L'eau géothermale du Dogger est légèrement acide et fortement minéralisée ; de type chloruré sodique. Elle est par conséquent corrosive. Des facteurs aggravants de la corrosion tels que l'activité bactérienne ou la teneur en sulfure, sont connus dans cet aquifère. En effet le caractère réducteur de l'eau géothermale dans le secteur favorise le développement de ces bactéries sulfato-réductrices.

La présence de gaz est également dommageable aux équipements dès lors que la pression de point de bulle n'est pas respectée. D'autre part, la teneur en sulfures dans le secteur est naturellement présente (30 à 40 mg/L), ce qui amène à ne pas préconiser une exploitation en artésianisme en raison du risque de dépôts de sulfures de fer et d'encrassement des tubages. La mise en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion est implicite en cas de réalisation de puits en acier.

La salinité de l'eau retenue pour le projet est de l'ordre de 20 à 25 g/L.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.2.6 Conclusion

Les caractéristiques principales du réservoir au droit du secteur d'étude sont reportées dans le tableau suivant :

Hydrogéologie	Hypothèses prévisionnelles
Saint-Denis	**GSD-1 / GSD-2**
Profondeur au toit du Dogger	-1595 m NGF
Profondeur finale en fond de puits	-1695 m NGF
Epaisseur du réservoir capté	100 m vertical
Température au toit du réservoir	57,5 ± 0,5°C
Transmissivité du réservoir	15 ± 5 D.m
Indice de productivité du réservoir	15 ± 5 m^3/h/bar
Epaisseur productrice utile	15 ± 5 m vertical
Débit artésien attendu	80 ± 20 m^3/h
Pression artésienne	9 ± 1 bars
Porosité du réservoir	15 %
Salinité du fluide géothermal	20-25 g/L

Tableau 26 : Caractéristiques principales du réservoir du Dogger au droit du secteur d'étude

Les débits extraits et réinjectés par pompage seront compris entre 100 et 300 ± 20 m^3/h. Le débit maximal envisagé de 320 m^3/h pourrait être difficilement atteignable si la transmissivité du réservoir s'avère inférieure à 10 D.m.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.3 Sollicitation du Dogger dans le secteur d'étude et emprise prévisionnelle du projet

2.3.1 Coordonnées des puits

D'après les modélisations numériques du réservoir (Cf. Chapitre 2.4), le déplacement optimisé au toit du réservoir est d'environ 933 m pour le puits injecteur et d'environ 700 m pour le puits producteur, soit un écartement entre les deux puits d'environ 1 455 mètres.

Note : A ce stade les coordonnées des têtes de puits sont identiques. Celles-ci seront confirmées lors de l'implantation finale de la machine de forage. Systèmes de coordonnées : RGF 93 zone Lambert 93

	GSD-1 (Producteur)	**GSD-2 (Injecteur)**
Coordonnées tête de puits	X (m) : 653 835 ± 10 Y (m) : 6 870 050 ± 10 Z (m) : +33 m NGF	
Coordonnées toit Bathonien (sabot 9-5/8")	X (m) : 653 720 Y (m) : 6 869 360 Z (m) : 1628 m / sol (-1595 m NGF)	X (m) : 653 175 Y (m) : 6 870 710 Z (m) : 1628 m / sol (-1595 m NGF)
Tolérance Cible	Rayon de 50m	Rayon de 50m
Inclinaison et Azimut finaux	Inclinaison max : 38,2° Azimut : 189°	Inclinaison max : 39,5° Azimut : 314.5°
Déplacement horizontal toit Bathonien	~ 700 m	~ 933 m

Tableau 27 : Coordonnées des futurs puits du doublet

2.3.2 Définition du périmètre de recherche sollicité

L'emprise du périmètre de recherche empiètera sur le permis d'exploitation (PEX) en vigueur de La Courneuve Sud détenu par le SMIREC. Les modèles numériques réalisés ne montrent un impact hydraulique non négligeable et un impact thermique indirect faible sur l'exploitation voisine de La Courneuve Sud (Cf. Chapitre 2.4).

Ses dimensions permettent d'anticiper, dans une certaine limite, un éventuel changement du point d'implantation des têtes de puits du doublet et de faire pivoter le dispositif en cas de besoin (incident technique survenant lors de la réalisation d'un forage par exemple, avec création d'un side-track).

A l'issue des travaux de forage et en cas de succès des puits, une demande d'exploitation sera formulée.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le périmètre de recherche, sur lequel sera demandé le titre de recherche dans le présent dossier, proposé pour le projet de Saint-Denis est assimilable à un rectangle dont les coordonnées des sommets sont données dans le tableau ci-dessous (système de coordonnées « RGF93 » dans la zone « Lambert 93 »).

Le périmètre de recherche et le futur permis d'exploitation (en vert) pour le nouveau dispositif de Saint-Denis sont présentés sur la figure suivante Cf. Figure 62).

Le périmètre de rechercher relatif au nouveau projet de Saint-Denis s'étend sur trois communes de Seine-Saint-Denis : Saint-Denis, La Courneuve et Aubervilliers.

La superficie du permis de recherche est d'environ 6,4 km² pour un périmètre de 10,5 km. Les futures autorisations de recherche et d'ouverture de travaux exploratoires feront l'objet d'un arrêté préfectoral (Seine-Saint-Denis).

Coordonnées des angles du périmètre de recherche	Coordonnées Lambert 93	
	X(m)	Y(m)
A	651 940	6 871 205
B	653 700	6 871 945
C	654 955	6 868 870
D	653 205	6 868 085

Tableau 28 : Coordonnées du périmètre de recherche sollicité

2.3.3 Définition du périmètre d'exploitation

Le périmètre d'exploitation sollicité à l'issue des travaux sera inclus dans le périmètre de recherche sollicité dans ce dossier. Il prendra en compte les paramètres réels du réservoir ainsi que les impacts réels des ouvrages au toit du réservoir et l'épaisseur du réservoir capté.

La projection horizontale de l'enveloppe du volume d'exploitation a la forme d'un « stade » ou d'une « gélule » (Cf. Figure 63). P et I sont les impacts au niveau du Dogger respectivement des puits producteur et injecteur. Deux cylindres verticaux, centrés sur chaque impact des puits au toit du réservoir, ayant un rayon égal à la distance d/2, d étant la distance entre les verticales passant par ces impacts, soit d = 1455 m. La gélule aura une longueur maximale de 2911 m et une largeur de 1455 m.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

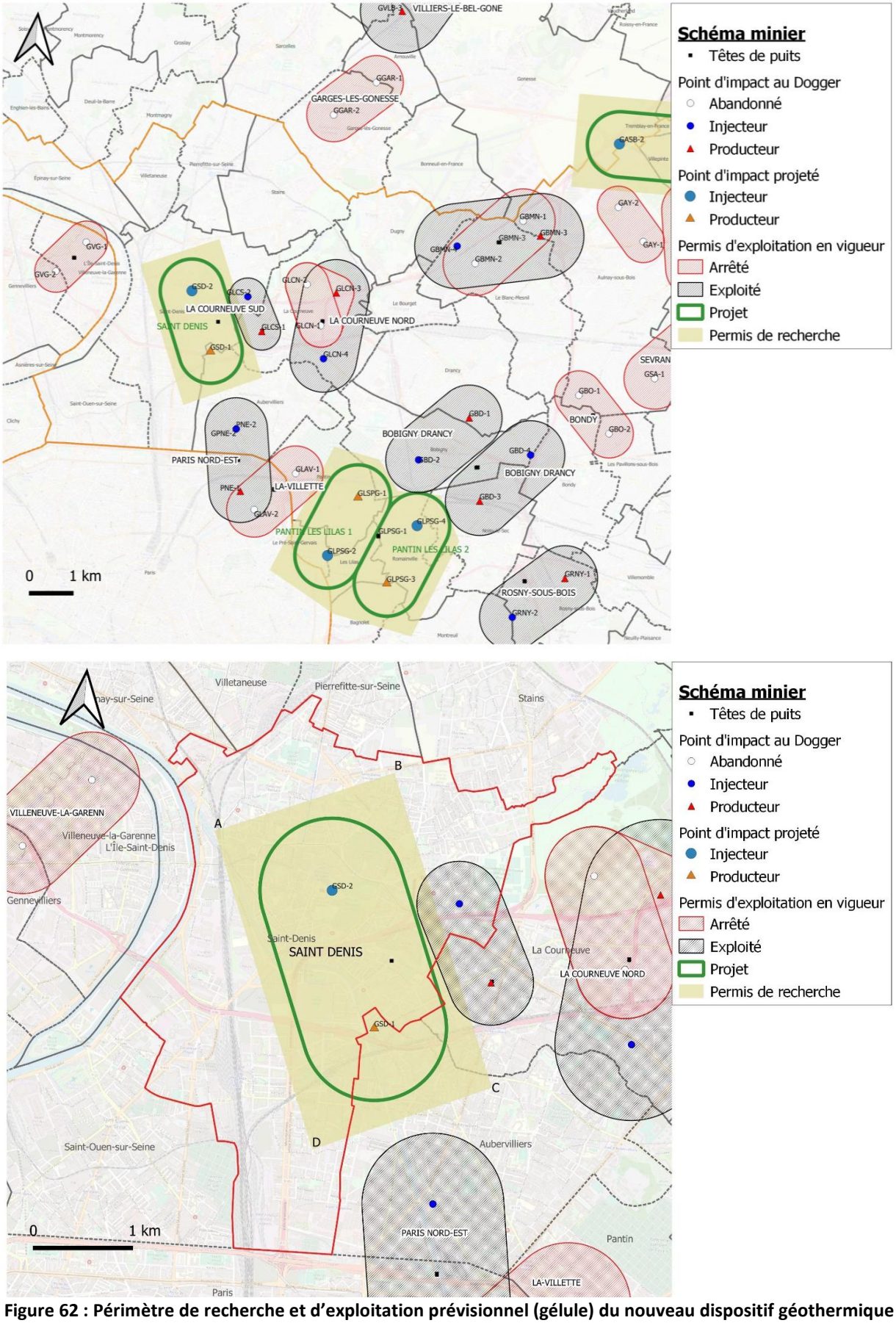


Figure 62 : Périmètre de recherche et d'exploitation prévisionnel (gélule) du nouveau dispositif géothermique

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

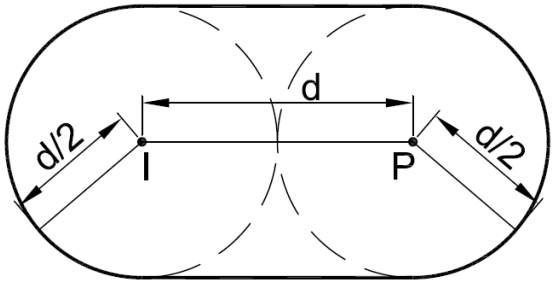


Figure 63 : Projection horizontale du volume d'exploitation

L'épaisseur d'aquifère sollicitée est définie par deux côtes en mètres par rapport au sol :

- La cote du sabot du tubage le moins profond (au toit du réservoir) ; soit à la cote prévisionnelle de 1628 m de profondeur verticale (- 1595 m NGF).
- La cote de fond du forage le plus profond ; soit à la cote prévisionnelle de 1728 m de profondeur verticale (- 1695 m NGF).

Par expérience, une épaisseur verticale captée d'environ 100 mètres, afin de recouper tous les niveaux producteurs de cet horizon géologique, a été prise en compte. L'épaisseur finale sera définie dans les Dossiers des Ouvrages Exécutés suite aux travaux de forage.

La superficie du permis d'exploitation prévisionnel est estimée à environ 3,8 km² pour un volume d'exploitation prévisionnelle d'environ 0,38 km³ (soit environ 4.10⁸ m³). Le permis d'exploitation s'étendra sur trois communes de Seine-Saint-Denis : Saint-Denis, La Courneuve et Aubervilliers.

2.3.4 Caractéristiques d'exploitation et puissance calorifique

Les caractéristiques d'exploitation prévisionnelles du nouveau doublet sont résumées dans les tableaux suivants. L'extraction est envisagée à un débit maximal de 320 m³/h (valeur demandée au dossier) pour un débit calorifique maximal de 11,7 ± 0,3 MW. Les thermies extraites seront distribuées dans le réseau par échange direct et par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

Transmissivité du réservoir	Température attendue au sabot GSD-1	Température attendue en tête de puits	Puissance thermique maximale
15 ± 5 (D.m)	57,5 ± 1°C	56,5 ± 1°C	11,7 ± 0.3 MW

Débit moyen (m³/h)	Débit maximal (m³/h)	Température d'injection minimale (°C)
230	320	25

Tableau 29 : Caractéristiques prévisionnelles pour l'opération de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.4 Modélisation numérique du réservoir

La modélisation numérique du réservoir ciblé par ce projet (Dogger) a été effectuée avec le logiciel COMSOL Multiphysics et le module Earth Science développés par la société COMSOL. Le code de calcul résout par la méthode des éléments finis, en géométrie bi- ou tridimensionnelle, les équations décrivant l'écoulement et le transport de masse ou d'énergie en aquifère.

La modélisation du réservoir constitue un outil d'aide à la décision portant sur la conception des futurs dispositifs géothermiques de Saint-Denis et plus particulièrement sur le positionnement des points d'impact au réservoir des puits du nouveau doublet.

Compte tenu des contraintes réglementaires existantes dans le secteur d'étude, l'emplacement optimal du nouveau doublet tiendra compte :

- De l'historique de la nappe du Dogger ;
- D'une limitation des risques liés à l'inclinaison des ouvrages ;
- D'une limitation des impacts hydrauliques et thermiques du nouveau doublet sur les exploitations voisines, en orientant le nouveau dispositif de manière optimale ;
- Du permis d'exploitation du doublet de La Courneuve Sud ;
- D'une limitation optimale de la décroissance thermique afin de retarder au maximum la percée thermique dans les 30 années suivant la mise en service du doublet.

2.4.1 Hypothèses de modélisation

2.4.1.1 *Historique d'exploitation du Dogger*

Compte tenu de la distance des doublets géothermiques voisins, la simulation numérique du réservoir intègre l'ensemble des exploitations géothermiques fonctionnant dans le secteur d'étude sur un rayon de 7 km autour du site de Saint-Denis.

Malgré l'arrêt des exploitations de Villeneuve-la-Garenne et de Garges-lès-Gonesse dans les années 80-90, l'historique de leurs exploitations a été pris en compte. Le doublet de la Villette n'a quant à lui jamais fonctionné.

Les récents projets de géothermie de Bobigny-Drancy et de Pantin- Les-Lilas ont été pris en compte dans cette modélisation.

L'historique des exploitations et la valeur des débits (moyens et maximaux) et des températures de réinjection prises en compte dans le modèle pour les simulations sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Site	Date mise en service (début-fin)	Débit moyen annuel (m^3/h)	Température d'injection moyenne	Débit maximal (m^3/h)
Saint-Denis	Juin-24	280	33°C	320
Bobigny-Drancy quadruplet	Mars-21 – 2027	250	30°C	350
	>2028	280		
Le Blanc-Mesnil 1	Nov.-83	153	49,5 °C	220
	Janv.-04	50	55 °C	80
Le Blanc-Mesnil 2	Janv.-16	280	36 °C	350
La Courneuve Nord	Févr.-83	130	41°C	180
	Sept. 2016 (GLCN-1/3)	185	37 °C	300
	Mai 2018 (GLCN-3/4)	240	31 °C	
La Courneuve Sud	Mai-82 – Oct.-82	138	44 °C	190
	>Oct.-02	90	42,5°C	100
Paris Nord Est	Juin-13	230	55 °C	320
Pantin les Lilas quadruplet	2023	230	50,6	350
	2024-2025	254	37,4	
	2026-2053	281	37.2	
Villeneuve-la-Garenne	1976 - 1994	56	35 °C	-
Garges-Lès-Gonesse	1984 - 1987	242	47,6 °C	-

Tableau 30 : Historique et prévisions d'exploitation des dispositifs géothermiques dans le secteur d'étude

2.4.1.2 *Chroniques (Débit / Température) du nouveau projet*

Les hypothèses de débit et de température de réinjection retenues pour le futur doublet de Saint-Denis sont exposées dans le tableau ci-dessous :

Mois	Débit moyen (m^3/h)	Température injection moyenne
Janvier	320	29°C
Février	320	29°C
Mars	320	29°C
Avril	320	29°C
Mai	320	29°C
Juin	200	41°C
Juillet	200	41°C
Août	200	41°C
Septembre	200	41°C
Octobre	320	29°C
Novembre	320	29°C
Décembre	320	29°C
Moyenne	**280**	**33**°C

Tableau 31 : Chronique d'exploitation prévisionnelle du futur dispositif de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.4.2 Description du modèle numérique

2.4.2.1 *Choix du Modèle conceptuel*

Le modèle de réservoir est une représentation géométrique et numérique simplifiée et imparfaite de la réalité qui ne peut tenir compte de l'hétérogénéité spatiale du réservoir (nombre de niveaux producteurs, épaisseur productrice, porosité, perméabilité du réservoir…) observable à l'échelle régionale, voir même à l'échelle d'un doublet. En outre, les circulations entre les différentes formations géologiques et niveaux producteurs sont inconnues. De plus les incertitudes relatives au régime d'exploitation de chaque dispositif (débit d'exploitation, température de réinjection) conduit à prendre des hypothèses a priori réalistes compte tenu de la durée des simulations (plusieurs décennies).

Le modèle choisi est un modèle bicouche (Cf. Figure ci-dessous) couramment utilisé dans les modélisations actuelles des exploitations géothermiques du Bassin Parisien. Ce modèle permet de respecter :

- La hauteur totale du réservoir comprise entre le premier et le dernier niveau producteur ;
- L'épaisseur productrice totale, qui est répartie sur deux couches productrices, séparées par une éponte intermédiaire.

Le modèle conceptuel choisi correspond à un aquifère constitué par deux niveaux producteurs séparés par un niveau imperméable (une éponte tampon intermédiaire) mais conducteur de chaleur. Par conséquent, la modélisation numérique du réservoir induit la mise en relation de tous les niveaux producteurs par lesquels transite la totalité du débit.

Ce modèle minimise le nombre réel de niveaux producteurs et par conséquent les échanges de chaleur entre le fluide géothermal et les épontes encaissantes. Les épaisseurs des niveaux producteurs et de l'éponte intermédiaire sont cumulées et disposées selon le schéma conceptuel ci-dessous.

Un plan de symétrie est défini au milieu de l'éponte intermédiaire de manière à ne simuler qu'une moitié du domaine et ainsi optimiser le temps de calcul numérique.

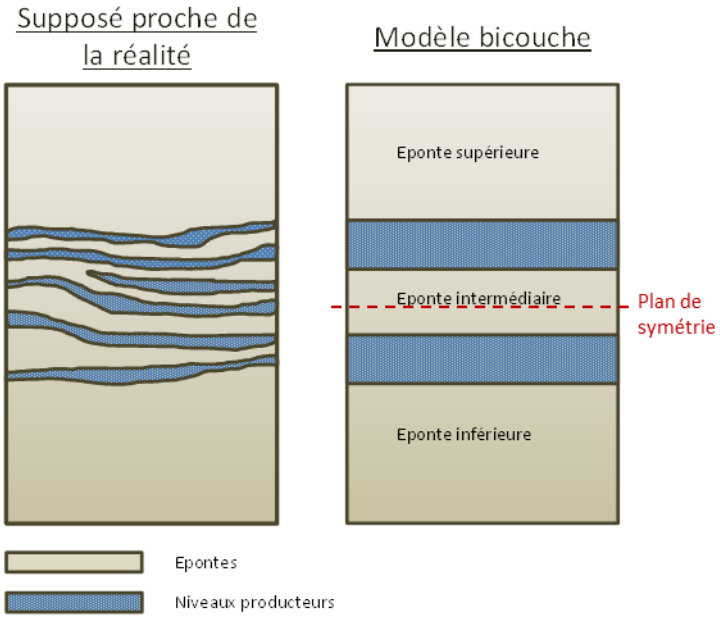


Figure 64 : Représentation schématique du modèle conceptuel

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.4.2.2 *Géométrie et maillage du modèle*

Le domaine modélisé est représenté sur la figure ci-dessous. Il correspond à un carrée de 15 km de côté qui permet d'intégrer l'ensemble des exploitations géothermiques du secteur d'étude et d'appliquer les calculs hydrodynamiques et thermiques.

La figure suivante représente la discrétisation (maillage) du domaine 3D modélisé qui comporte plus de 439 000 éléments tétraédriques. Les tailles extensibles des mailles s'adaptent à la progression des perturbations hydrauliques et thermiques.

Le raffinage du maillage au niveau des interfaces épontes/aquifère permet de représenter au mieux la recharge thermique par phénomène de conduction verticale de l'éponte vers le réservoir.

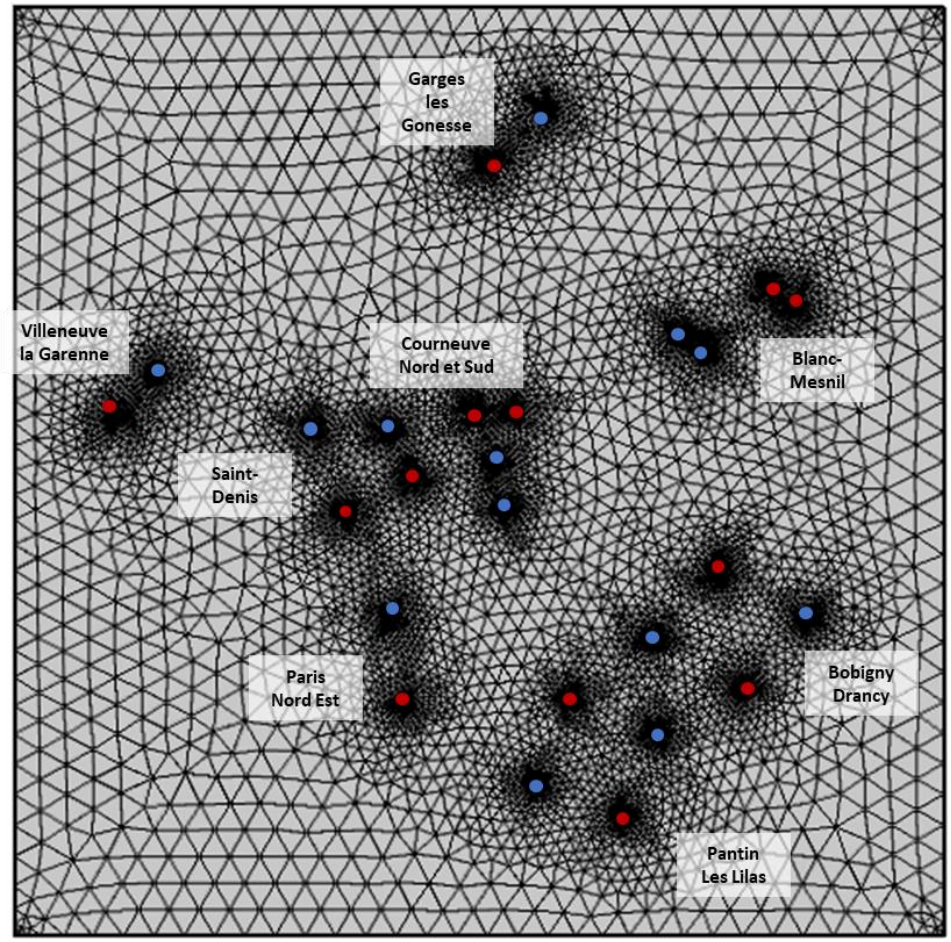


Figure 65 : Discrétisation (maillage) du domaine 3D utilisé pour les calculs hydrodynamiques et thermiques

2.4.2.3 *Equations mathématiques utilisées dans le modèle numérique*

Les équations mathématiques utilisées dans le modèle numérique prennent en compte l'écoulement du fluide géothermal dans le milieu poreux et le transport de chaleur.

L'hydrodynamisme est résolu par les équations de Darcy au niveau du réservoir. L'écoulement n'est pas résolu dans les épontes assimilées à des solides imperméables. Celles-ci sont néanmoins conductrices de chaleur. Le transport de chaleur intègre :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- La convection dans l'aquifère (entrainement de la chaleur par l'eau en mouvement) qui est le mécanisme dominant ;
- La conduction dans l'aquifère et dans les épontes (flux de chaleur résultant du gradient de température) qui retarde la progression du front froid. Le transport de chaleur dans les épontes ne prend en compte que le mécanisme de conduction pure ;
- Le phénomène de dispersion thermique cinématique est pris en compte par un flux de chaleur résultant de l'hétérogénéité locale du champ de vitesse. Une dispersivité anisotrope de 10 m selon l'axe horizontal (x) et de 1 m selon l'axe transversal (y) a été retenue ;

En outre :

- Les écoulements gravitaires sont négligés ;
- Le gradient géothermique est négligé (la température initiale des différentes couches est constante selon toute verticale) ;
- Les vitesses d'écoulement du fluide sont utilisées pour coupler les transferts hydrauliques et les transferts thermiques. En effet, les températures relevées aux puits de production sont dépendantes de la vitesse d'écoulement entre les puits.

2.4.2.4 *Conditions initiales et conditions aux limites du modèle*

Du point de vue hydraulique, la condition initiale fixée correspond à une pression nulle sur l'ensemble du domaine. Sur les limites du maillage, une condition de potentiel imposé (pression nulle) permet de simuler un domaine d'extension infini.

D'un point de vue thermique, la condition initiale du modèle correspond au champ de température calculé pour le secteur d'étude par extrapolation (krigeage) des données fournies par l'ensemble des exploitations du Dogger. Au niveau des limites extérieures du modèle, la température est imposée constante et égale à la température du réservoir extrapolée régionalement par krigeage.

2.4.2.5 *Paramètres du réservoir*

Le modèle hydrogéologique utilisé est basé sur les données du réservoir disponibles au niveau des doublets géothermiques du secteur d'étude.

Le modèle numérique intègre les paramètres suivants :

- Les valeurs de transmissivité du réservoir, d'épaisseur productrice et de température du fluide (condition initiale) sont intégrées dans le modèle sous la forme de cartes géostatistiques.
- La viscosité et la densité du fluide géothermal correspondant à celle d'une eau à la température moyenne attendue dans le secteur (soit une moyenne entre 60°C et 25°C).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Paramètres du modèle numérique	
Eponte intermédiaire	15 mètres
Porosité moyenne	15 %
Densité de la roche	2800 kg/m^3
Densité moyenne du fluide	1015 kg/m^3
Viscosité moyenne du fluide	0,6 cp
Salinité moyenne	25 g/L
Capacité calorifique du fluide	4,18 MJ/kg/K
Conductivité thermique du fluide	0,6 W/m/K
Capacité calorifique du réservoir	2,5 MJ/m^3/K
Capacité calorifique des épontes	2,1 MJ/m^3/K
Conductivité thermique du réservoir	2,5 W/m/K

Tableau 32 : Paramètres principaux du modèle hydrogéologique conceptuel

2.4.3 Résultats des simulations numériques

2.4.3.1 *Etat actuel du champ de température et positionnement du point d'impact au réservoir*

Le positionnement des futurs points d'impact au réservoir du puits producteur et injecteur a été conditionné par les éléments suivants :

- Les contraintes techniques du forage et en particulier la limitation de l'angle de déviation à 40° des forages liée au déplacement horizontal entre la tête de puits et l'impact au réservoir visé ;
- La distance aux bulles froides prévisionnelles ; en effet, le nouvel ouvrage producteur doit se situer à une distance suffisante de son puits injecteur et des bulles existantes pour ne pas provoquer une percée thermique précoce ;
- Les contraintes hydrauliques pour ne pas défavoriser les opérations géothermiques environnantes en limitant l'augmentation des pressions d'injection et des rabattements au droit des puits en exploitation (inférieur à 1 bar) notamment le doublet Paris-Nord-Est.

La figure suivante représente l'état de la bulle froide générée par les puits injecteurs du secteur d'étude, fonctionnant à un débit moyen jusqu'à l'horizon 2024, ainsi que les emplacements prévisionnels du nouveau dispositif GSD-1/GSD-2.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

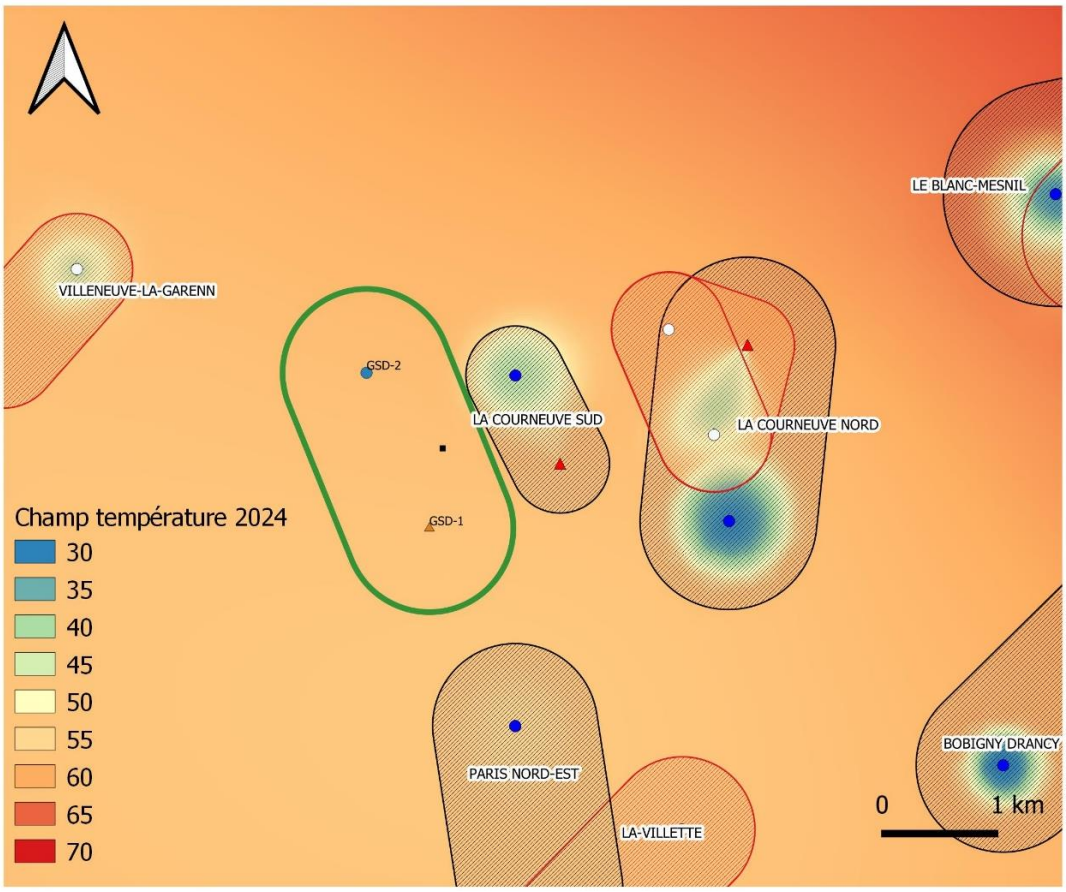


Figure 66 : Champ de température à l'horizon 2024 dans le secteur d'étude

2.4.3.2 *Résultats de la modélisation hydraulique*

L'impact hydraulique est évalué par une carte des variations piézométriques induites par le fonctionnement du nouveau dispositif de Saint-Denis. Afin de déterminer l'impact hydraulique de chaque scénario sur les exploitations voisines, deux simulations sont réalisées :

- Une première simulation prend en compte tous les doublets en exploitation du secteur d'étude ;
- Une deuxième simulation intègre le dispositif prévisionnel GSD-1/GSD-2 pour un débit d'exploitation moyen et maximal.

La figure suivante illustre les variations des champs de pression (en bars) de la nappe du Dogger envisagée à un débit maximal de 320 m^3/h qui est le cas de figure le plus pessimiste en matière d'impact hydraulique du doublet sur les exploitations voisines.

Les impacts négatifs témoignent d'un rabattement de la nappe induit par le puits producteur. Les impacts positifs témoignent d'une hausse du niveau piézométrique de la nappe induite par le puits injecteur. Dans le cadre de la gestion du réservoir du Dogger en Ile-de-France, il est communément accepté qu'une différence de pression inférieure à ± 1 bar sur les exploitations voisines soit considérée comme un impact négligeable.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

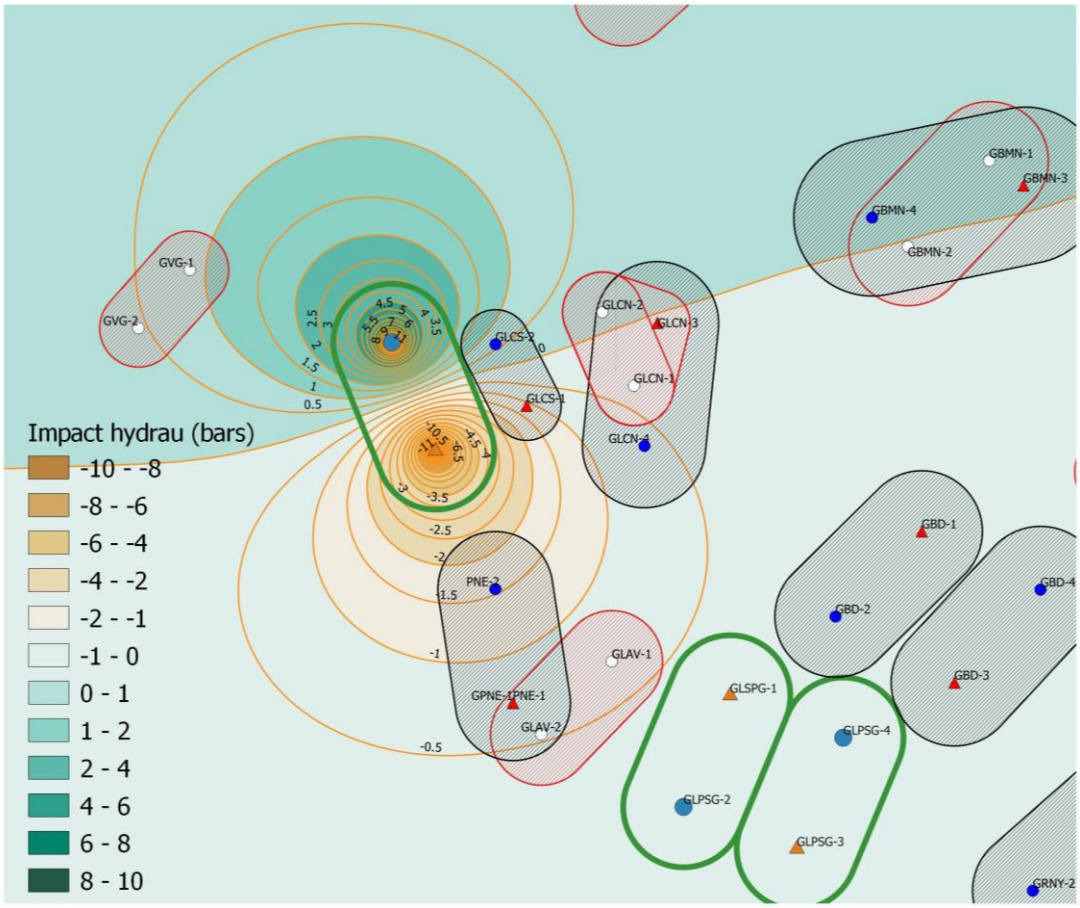


Figure 67 : Illustration de l'impact hydraulique (bar) pour un débit d'exploitation maximal du nouveau dispositif

A débit maximal, l'impact hydraulique du nouveau dispositif de Saint-Denis est négligeable (inférieur à ± 1 bar) sur les doublets environnants à l'exception du puits producteur de La Courneuve Sud GLCS-1 et du puits injecteur de Paris Nord-Est GPNE-2 (Cf. tableau ci-après).

En effet, la valeur de l'impact hydraulique du futur doublet est de l'ordre de 1,1 bar (soit une baisse de la nappe de 11 m environ) pour le puits producteur GLCS-1 et de -1,6 bar (soit une baisse de la nappe de 16 m environ) pour le puits injecteur GPNE-2.

L'impact hydraulique est favorable vis-à-vis du puits Injecteur GPNE-2 puisque son niveau dynamique est inférieur lorsque le nouveau doublet de Saint-Denis fonctionne. L'impact de Saint-Denis est défavorable sur le puits producteur GPNE-1 dans une moindre mesure (-0,8 bar).

L'impact hydraulique est défavorable vis à vis du puits producteur GLCS-1 puisque son niveau dynamique est alors inférieur. Il en est de même et dans une moindre mesure sur le puits injecteur GLCS-2 puisque son niveau dynamique augmente sous l'effet du puits injecteur GSD-2.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Impact hydraulique de GSD-1 / GSD-2 en bars					
Puits			QMAX 320 m3/h	QMOY 280 m3/h	QMOY 200 m3/h
Paris Nord Est	GPNE-1	P	-0,8	-0,7	-0,5
	GPNE-2	I	-1,6	-1,4	-1,0
Courneuve sud	GLCS-1	P	-1,1	-1,0	-0,7
	GLCS-2	I	0,5	0,5	0,3
Courneuve Nord	GLCN-3	P	-0,1	0	0
	GLCN-4	I	-0,7	-0,6	-0,4
Blanc-Mesnil	GBMN-3	P	0.1	0	0
	GBMN-4	I	0	0	0
Bobigny-Drancy	GBD-1	P	-0,2	-0,2	-0,1
	GBD-2	I	-0,3	-0,3	-0,2
	GBD-3	P	-0,2	-0,1	-0,1
	GBD-4	I	-0,1	-0,1	0
Pantin Les Lilas	GLPSG-1	P	-0.4	-0.4	-0.3
	GLPSG-2	I	-0.4	-0.3	-0.2
	GLPSG-3	P	-0.2	-0.2	-0.1
	GLPSG-4	I	-0.3	-0.2	-0.2

Tableau 33 : Impact hydraulique (en bars) du nouveau doublet

Néanmoins d'un point de vue hydraulique, la disposition du nouveau doublet de Saint-Denis est globalement favorable vis-à-vis du doublet de Paris Nord-Est et de La Courneuve Nord dans la mesure où elle permet de réduire le gradient hydraulique (hausse du niveau piézométrique au puits producteur supérieure aux variations observées au puits injecteur), et donc les vitesses d'écoulement entre les puits de ce doublet. L'arrivée) de la percée thermique sur le dispositif de Paris Nord-Est et de La Courneuve Nord en sera donc ralentie (Cf paragraphe suivant.

A l'inverse sur le doublet de La Courneuve Sud, l'impact hydraulique défavorable impliquera une accélération de la percée thermique sur le doublet. Toutefois ce doublet sera prochainement arrêté.

Chaque ligne d'écoulement, tracée en rouge pour Saint-Denis, en rose pour Paris-Nord-Est, en vert pour La Courneuve sud et en gris pour La Courneuve Nord etc…, (Cf. Figure ci-dessous), représente un débit de 10 m^3/h. Ces écoulements mettent en évidence les connexions hydrauliques entre les puits (interférences). Celles-ci sont légèrement modifiées après la mise en service du nouveau doublet de Saint-Denis. Les observations sont les suivantes :

- Aucun puits du secteur ne fonctionne en doublet isolé ;
- Le débit prélevé au puits producteur de Saint-Denis (GSD-1) provient pour environ 34% du puits injecteur GPNE-2, pour environ 3% du puits injecteur GLCS-2, pour environ 10% du puits injecteur GLCN-4 et pour 53% de son propre puits injecteur GSD-2 ;
- Dans le cas de la configuration de référence, le débit prélevé au puits producteur GPNE-1 est constitué par les écoulements provenant de son puits injecteur GPNE-2 à 75%, pour environ 25 % du puits injecteur GLPSG-2 Après la mise en service du nouveau dispositif de Saint-Denis, ces derniers proviennent pour environ 69% de son puits injecteur GPNE-2, 25% de GLPSG-2, pour environ 3% de GLCN-4 et pour environ 3% du puits injecteur de Saint-Denis GSD-2 ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Dans le cas de la configuration de référence, le débit prélevé au puits producteur GLCS-1 de La Courneuve Sud est constitué par les écoulements provenant de son puits injecteur GLCS-2 à 30%, pour environ 40 % du puits injecteur GPNE-2 et du puits injecteur GLCN-4 à hauteur de 30%. Après la mise en service du nouveau dispositif de Saint-Denis, ces derniers proviennent pour environ 40% de son puits injecteur GLCS-2 et pour 60% du puits injecteur GLCN-4 de La Courneuve Nord ;
- Dans le cas de la configuration de référence, le débit prélevé au puits producteur GLCN-3 est constitué par les écoulements provenant de son puits injecteur GLCN-4 à 64%, pour environ 23 % du puits injecteur GBMN-4 et du puits injecteur GLCN-2 à hauteur de 13%. Après la mise en service du nouveau dispositif de Saint-Denis, ces derniers proviennent pour environ 50% de son puits injecteur GLCN-4, 23% de GBMN-4, pour environ 17% de GLCS-2 et pour environ 10% du puits injecteur de Saint-Denis GSD-2 ;
- Les écoulements sont peu modifiés pour les autres puits du quadruplet de Bobigny-Drancy et de Pantin et ceux du Blanc-Mesnil après la mise en service du doublet GSD-1/GSD-2.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

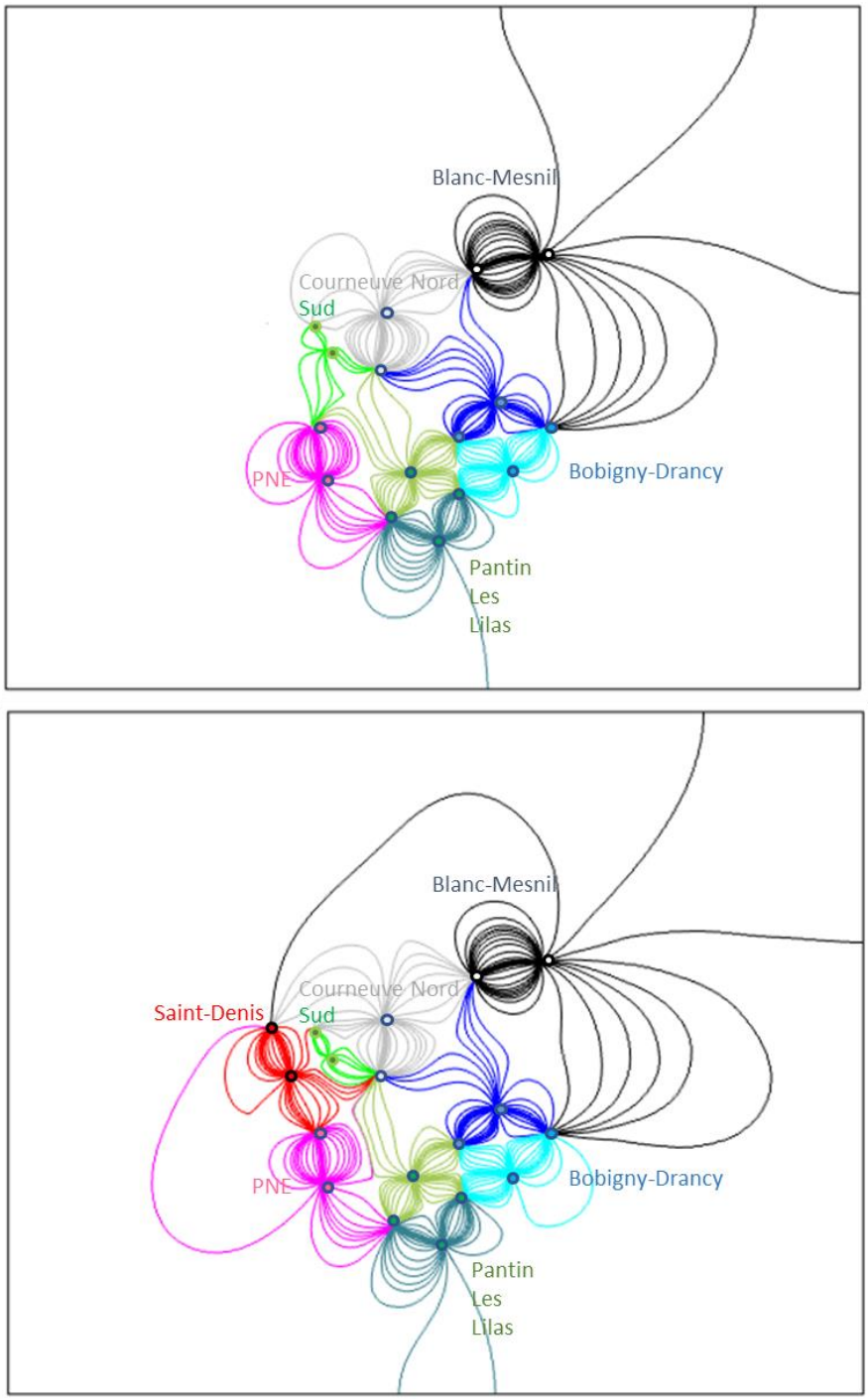


Figure 68 : Ligne d'écoulement (représentant un débit de 10 m3/h) entre les puits du secteur avec ou sans le dispositif de Saint-Denis (en rouge) pour des débits d'exploitation maximaux

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.4.3.3 *Résultats de la modélisation thermique*

L'implantation des futurs puits de Saint-Denis a été fortement conditionnée par :

- Une limitation des risques liés à l'inclinaison de l'ouvrage ;
- Un éloignement suffisant des puits pour ne pas empiéter sur le permis d'exploitation du doublet de La Courneuve Sud ;
- Une limitation optimale de la décroissance thermique afin de retarder au maximum la percée thermique dans les 30 années qui suivent la mise en service du doublet.

Du point de vue de l'impact thermique direct du nouveau dispositif de Saint-Denis, les résultats des simulations numériques sont analysés en visualisant la propagation des bulles froides créées autour des puits injecteurs (Cf. Figures suivantes).

Les figures ci-dessous témoignent du champ prévisionnel de température atteint après 30 ans de fonctionnement du dispositif, pour des chroniques d'exploitation à débit moyen mensualisé.

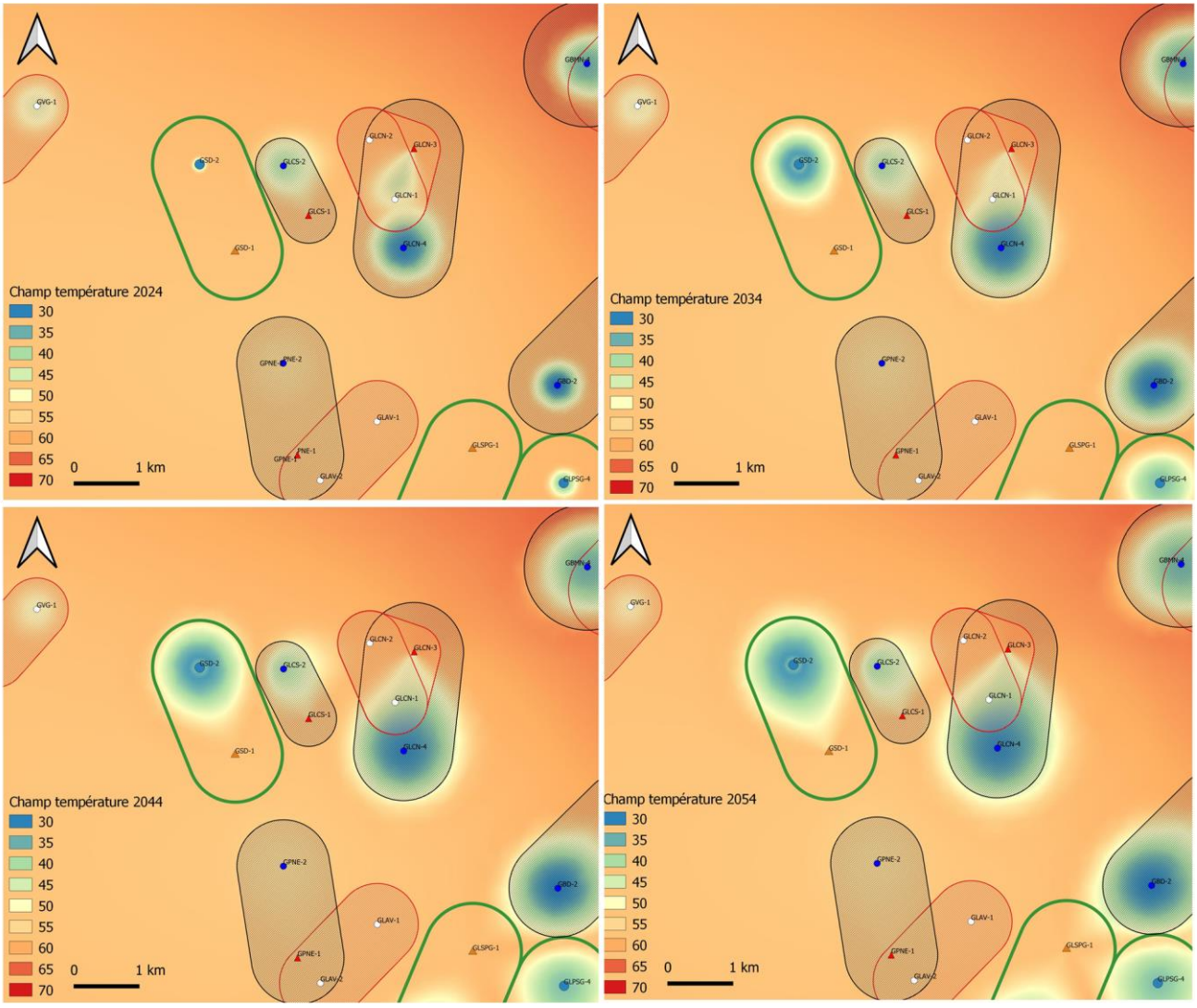


Figure 69 : Champ prévisionnel de température pour l'horizon fin 2024, fin 2034, fin 2044 et fin 2054, pour des débits et températures de réinjection moyens

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les figures précédentes montrent que le puits producteur GSD-1, du fait de sa position, attire intégralement la bulle froide créée autour du puits injecteur GSD-2.

Le graphique suivant représente l'évolution de la température de production au futur puits producteur GSD-1 sur une période de 30 ans, durée légale du permis d'exploitation.

La légère hausse de la température immédiate après la mise en service en 2024 du doublet est expliquée par l'intégration de la variabilité des températures du réservoir dans le secteur d'étude et à la précision du modèle numérique.

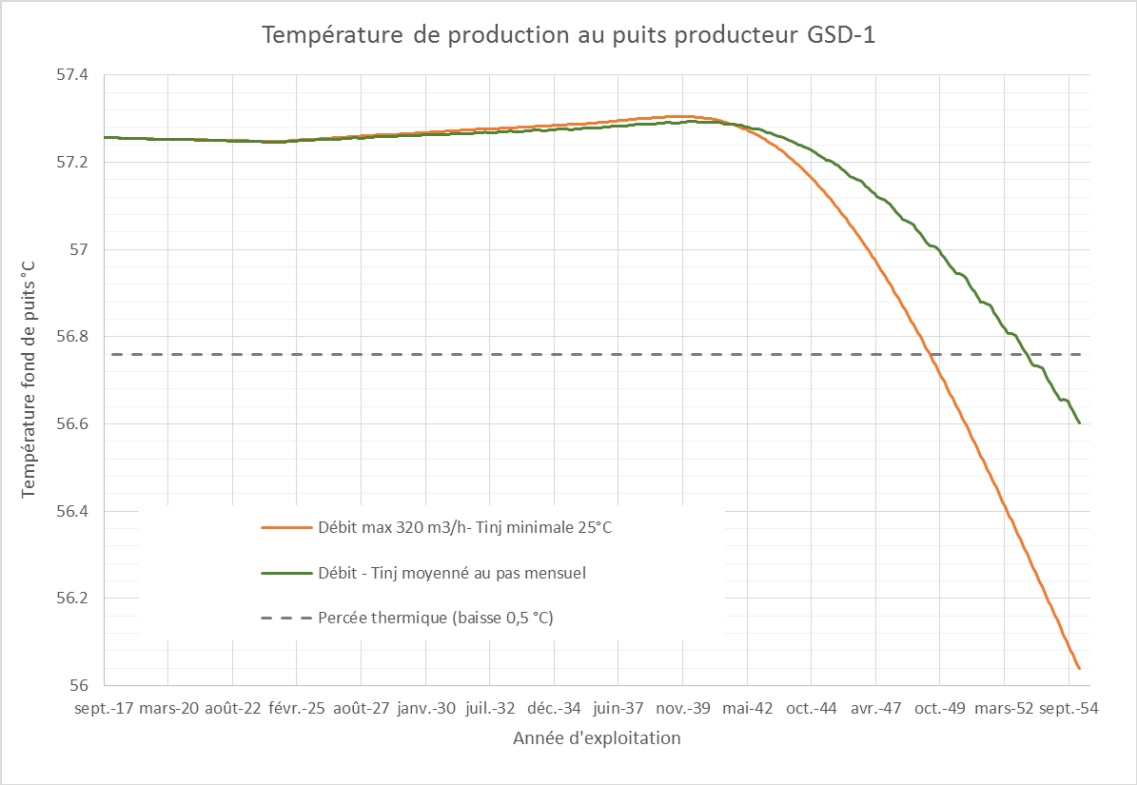


Figure 70 : Evolution des températures de production au puits GSD-1 selon le débit d'exploitation

A l'horizon fin 2054, la température de production au puits atteindrait :

- Une température d'environ 56,6°C, soit une baisse de 0,65°C pour des débits d'exploitation mensualisés (entre 200 et 320 m^3/h) et une température de réinjection mensuelle comprise entre 29°C (en hiver) et 41°C (en été);
- Une température d'environ 56,1°C, soit une baisse de 1,15°C pour un débit d'exploitation maximal de 320 m^3/h et une température de réinjection minimale de 25°C ;

Afin de vérifier l'impact thermique indirect, une simulation du fonctionnement des doublets existants sans le nouveau projet de Saint-Denis a été réalisé. Sur le graphique suivant, une amélioration de la température de production au puits GPNE-1 et GLCN-3 est observée suite à la mise en service du nouveau doublet de Saint-Denis entre 2024 et 2054. L'impact thermique indirect se traduit donc par une diminution de la cinétique de refroidissement du puits producteur de Paris Nord-Est de manière négligeable et de manière faible sur celle du doublet de La Courneuve Nord.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Cette observation confirme l'impact hydraulique favorable de Saint-Denis généré sur le doublet de La Courneuve Nord et de Paris Nord-Est et l'impact défavorable sur le doublet de La Courneuve Sud. L'accélération de la décroissance thermique au doublet La Courneuve Sud se traduirait par une baisse supplémentaire de l'ordre de 0,5°C à l'horizon 2054.

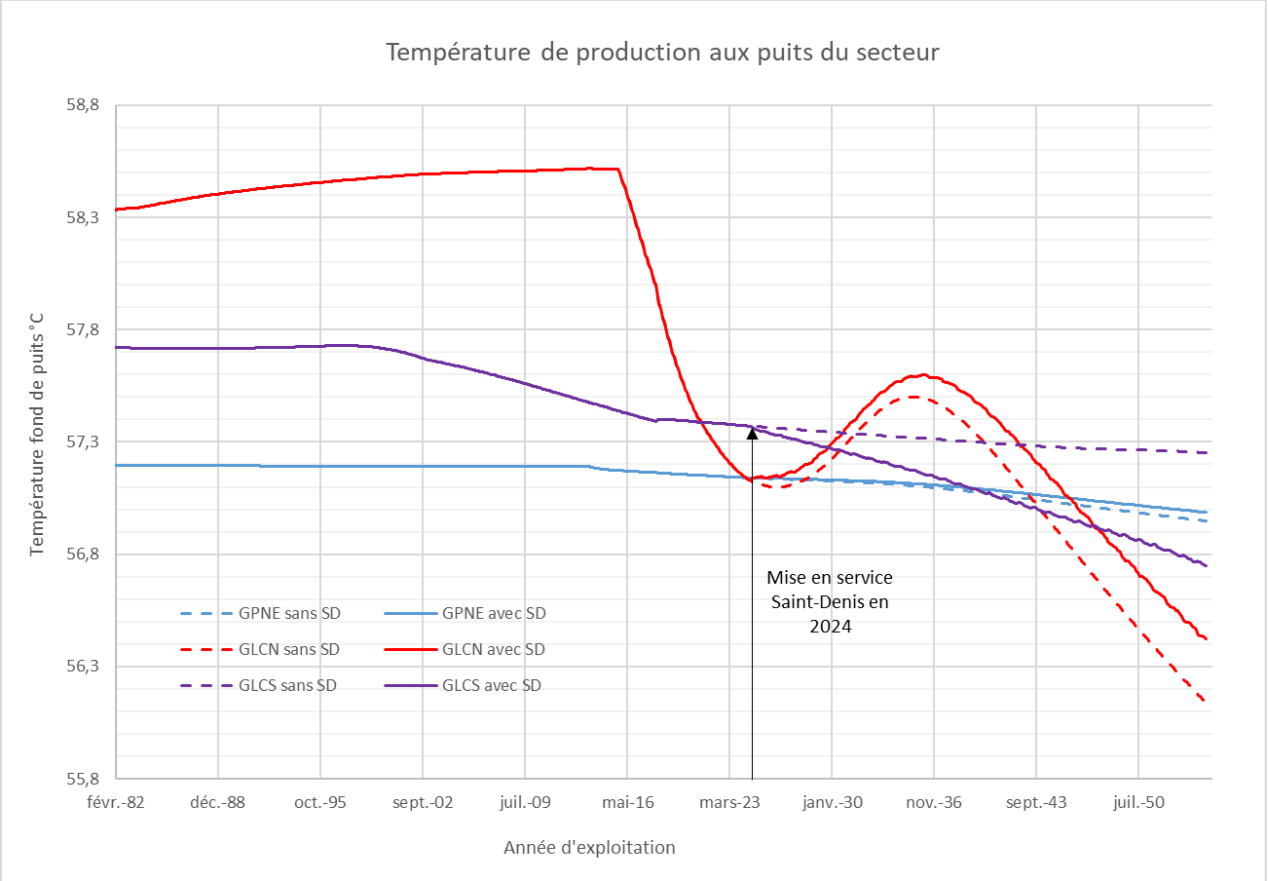


Figure 71 : Evolution des températures de production au droit du puits GPNE-1 et GLCN-3 avec la mise en service du nouveau doublet de Saint-Denis

A noter que le doublet de La Courneuve Sud devrait être arrêté prochainement. A titre indicatif ci-après une simulation des températures de production des puits du secteur, si le doublet de La Courneuve Sud était arrêté à l'horizon 2030.

L'arrêt du doublet de La Courneuve Sud sera légèrement bénéfique pour le futur doublet de Saint-Denis avec un ralentissement de la décroissance thermique à partir de 2042. Il sera toutefois sans impact pour le doublet de Paris-Nord-Est et légèrement défavorable pour le doublet de La Courneuve Nord.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

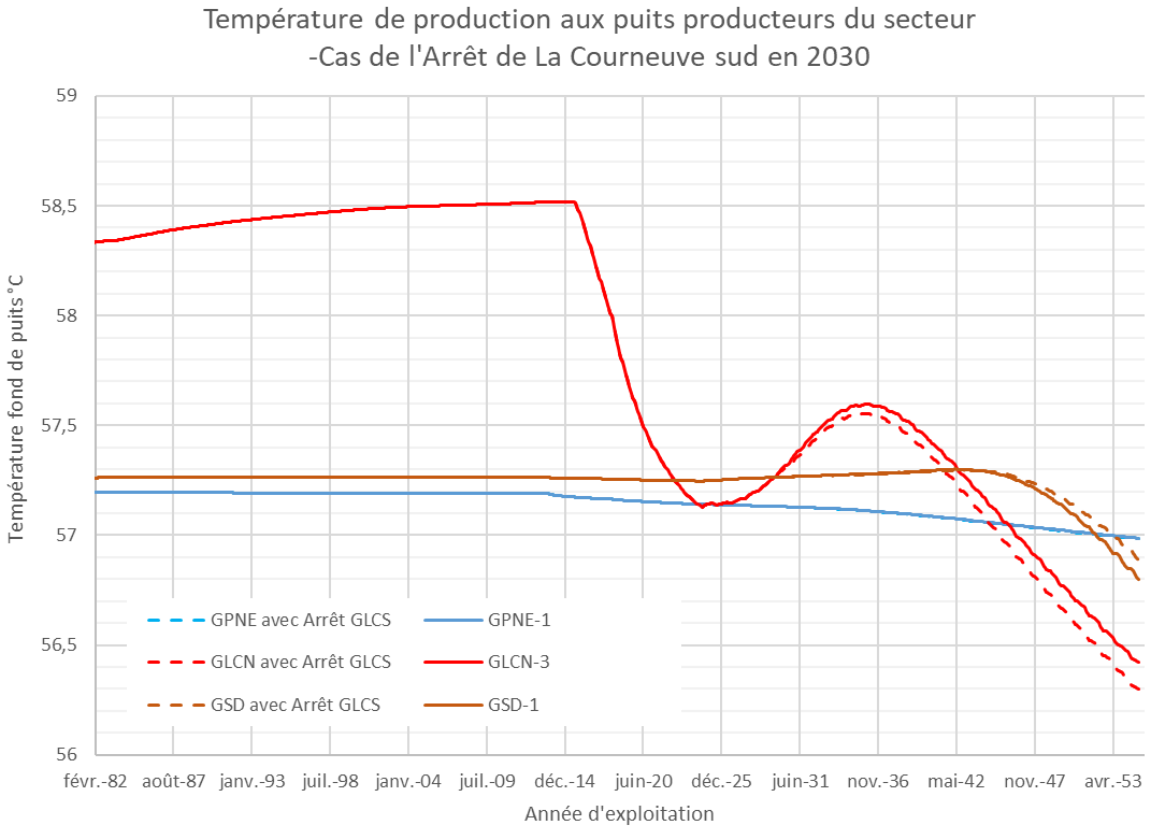


Figure 72 : Evolution des températures de production au droit du puits du secteur avec l'arrêt du doublet de La Courneuve Sud en 2030

2.4.3.4 *Conclusion de la modélisation numérique du réservoir*

Le positionnement du nouveau dispositif de Saint-Denis selon l'option retenue permet d'obtenir une décroissance faible au droit du puits producteur (de l'ordre de 0,65°C après 30 ans d'exploitation à débits moyens).

L'impact hydraulique du futur doublet est négligeable (± 1 bar) ou globalement favorable sur l'ensemble des puits des exploitations voisines. Seul le doublet de La Courneuve Sud est impacté de manière défavorable et non négligeable au droit de son puits producteur GLCS-1.

Sur le plan thermique, l'impact direct du nouveau dispositif géothermique est nul sur les exploitations du secteur. L'impact hydraulique favorable généré par GSD-1/GSD-2 implique une diminution de la cinétique de recyclage thermique au sein du doublet de Paris-Nord-Est et de La Courneuve Nord.

L'impact thermique indirect défavorable sur le doublet de La Courneuve Sud, impliquerait une baisse de la température au puits producteur GLCS-1 de l'ordre de 0,5°C après 30 d'exploitation supplémentaire. Le doublet de La Courneuve Sud appartient au SMIREC qui étudie aujourd'hui la pertinence de son arrêt.

Le nouveau projet de Saint-Denis ne remet pas en cause la pérennité des dispositifs voisins, ni du point de vue de la valorisation thermique, ni du point de vue des rendements hydrauliques.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.5 Dispositif de mobilisation de la ressource

2.5.1 Implantation des forages

Au stade de l'étude de faisabilité, les besoins du SMIREC justifient la réalisation d'un nouveau doublet géothermique au Dogger pour atteindre la température et les débits visés. En outre, pour des raisons environnementales liées à la salinité du fluide d'une part, et techniques en relation avec le maintien en pression du réservoir d'autre part, un dispositif en doublet s'impose pour l'exploitation de la ressource géothermale du Dogger.

Les contraintes techniques de mobilisation de cette ressource sont liées à la profondeur des ouvrages qui nécessite la mise en œuvre d'une machine de forage suffisamment puissante, et aux caractéristiques physico-chimiques du fluide du Dogger qui induisent des risques de corrosion-dépôts susceptibles de survenir en cours d'exploitation.

Le choix du site d'implantation des forages prend en compte les critères suivants :

- La proximité des forages avec la chaufferie associée ;
- La disponibilité foncière des terrains ;
- L'optimisation d'exécution des forages déviés à partir d'une même plate-forme afin d'optimiser les coûts de travaux de forage, de raccordement et de maintenance future ;
- L'absence d'interaction forte avec d'autres opérations au Dogger, validé par des modélisations numériques hydro-thermiques ;
- Limitation de l'impact du projet sur le milieu naturel (Le site n'est pas situé à proximité d'espaces naturels protégés de type EBC, ENS, ZNIEFF, PNR, RNN, Natura 2000…).

Dans le respect des critères évoqués ci-dessus, le site de la Chaufferie de Fort de l'Est a été retenu par le SMIREC pour accueillir la future centrale géothermique ainsi que les puits du doublet (Cf. Figure 73).

L'emprise et le contenu des travaux de forage et d'aménagement de la plate-forme sont décrits au paragraphe 3.3.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 73 : Vue et abords du site de forage (ORRSO)

2.5.2 Description sommaire des ouvrages du sous-sol

Les profils de puits conçus avec un déplacement horizontal respectivement de 933 m (I) et 700 m (P) entre la tête de puits et l'impact au réservoir à 1 628 m de profondeur verticale.

Chaque puits comporte une phase verticale entre la surface et :

- 490 m de profondeur pour le puits producteur ;
- 240 m de profondeur pour le puits injecteur.

Suivie d'une phase durant laquelle l'inclinaison croît progressivement (jusqu'à environ 38,2° pour le puits producteur et 39,5° pour le puits injecteur) par rapport à la verticale.

La troisième phase réalisée en inclinaison stabilisée permet d'obtenir un écartement entre les sabots des tubages de production / injection respectivement de 1455 m, à la profondeur verticale de 1628 m/sol.

Afin de limiter l'inclinaison finale et la prise en inclinaison dans les sables de l'Albien/Néocomien, le déplacement du puits producteur a été réduit afin de privilégier un déplacement plus important au puits injecteur et la prise en inclinaison limitée à 0,8°/10m. L'amorce de la déviation se fait à une profondeur moindre pour le puits injecteur pour lequel une section verticale plus courte peut être imposée en raison de l'absence de chambre de pompage.

2.5.2.1 *Architecture du puits producteur GSD-1*

La coupe technique du puits producteur GSD-1 du nouveau doublet de Saint-Denis est la suivante.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

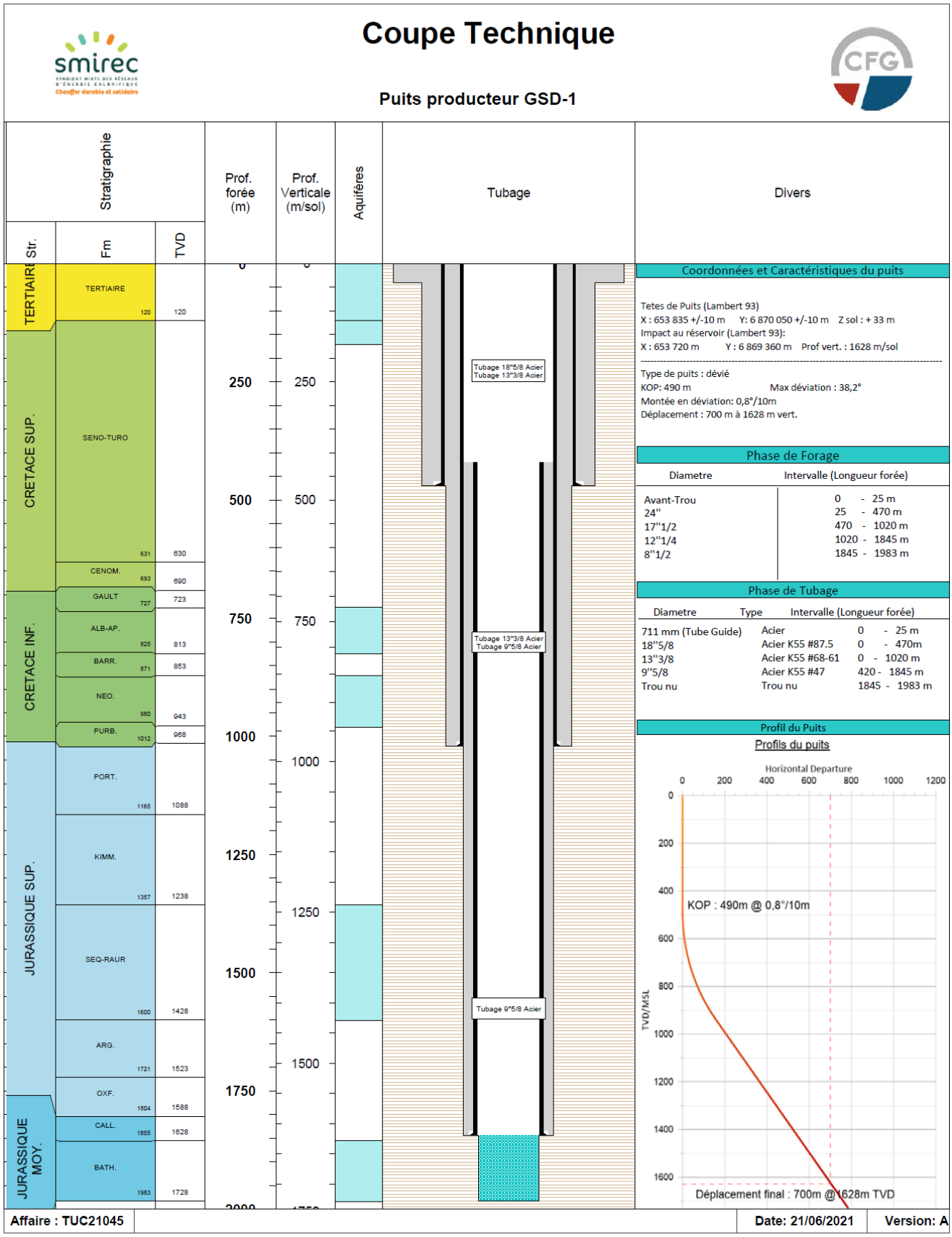


Figure 74 : Coupe technique du puits producteur GSD-1 de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.5.2.2 *Architecture du puits injecteur GSD-2*

La coupe technique du puits injecteur GSD-2 du nouveau doublet est la suivante.

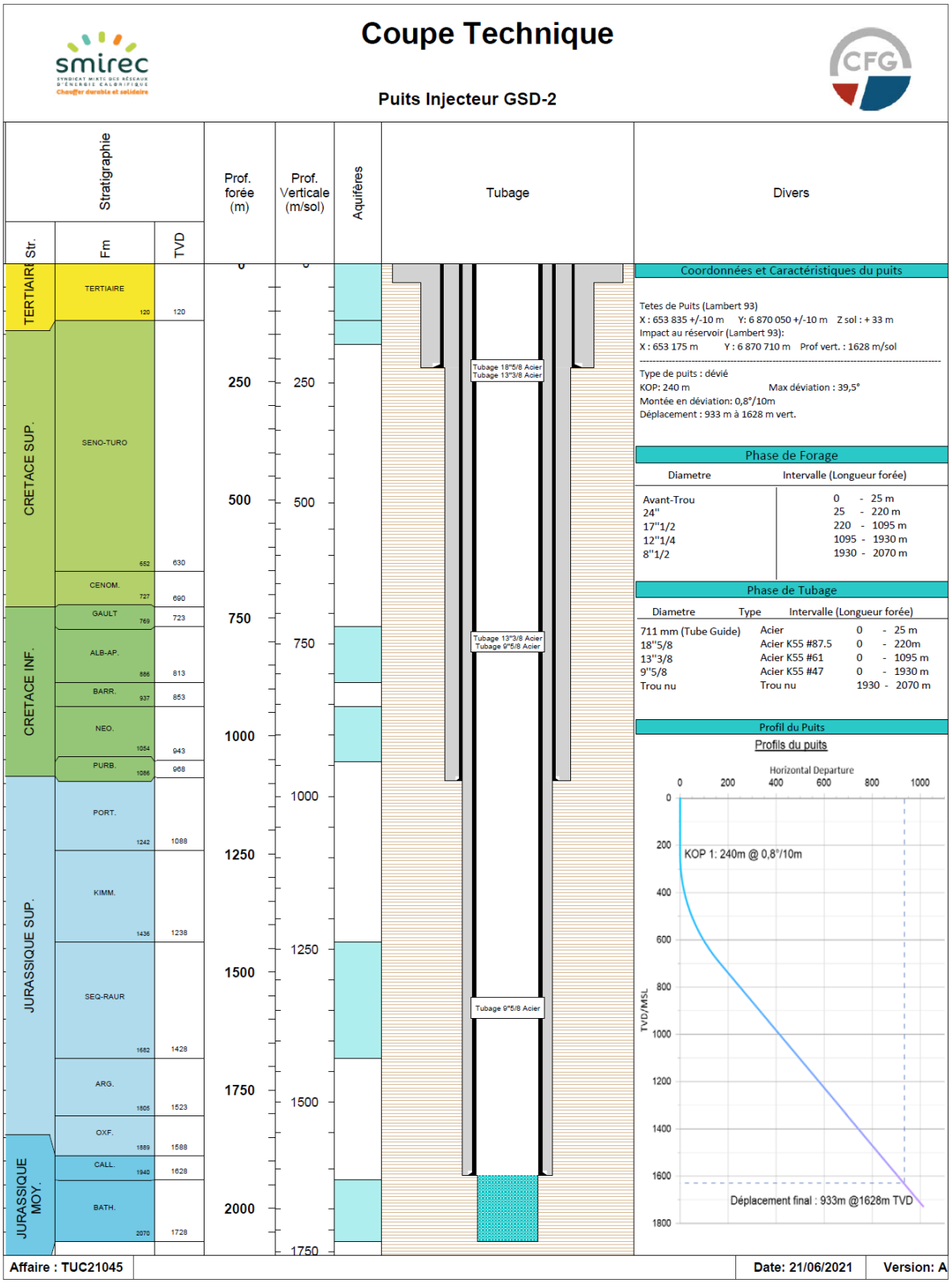


Figure 75 : Coupe technique du puits injecteur GSD-2 de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.5.3 Fonctionnement de la boucle géothermale

Les paramètres de dimensionnement des installations correspondent à une production géothermale maximale de 320 m^3/h. Le doublet constitué de deux puits inclinés sera également équipé d'un moyen de traitement des fluides spécifique au Dogger. Il est prévu d'exploiter le gisement par l'intermédiaire d'un équipement de pompage immergé.

La figure suivante présente schématiquement les principaux organes fonctionnels de la boucle géothermale.

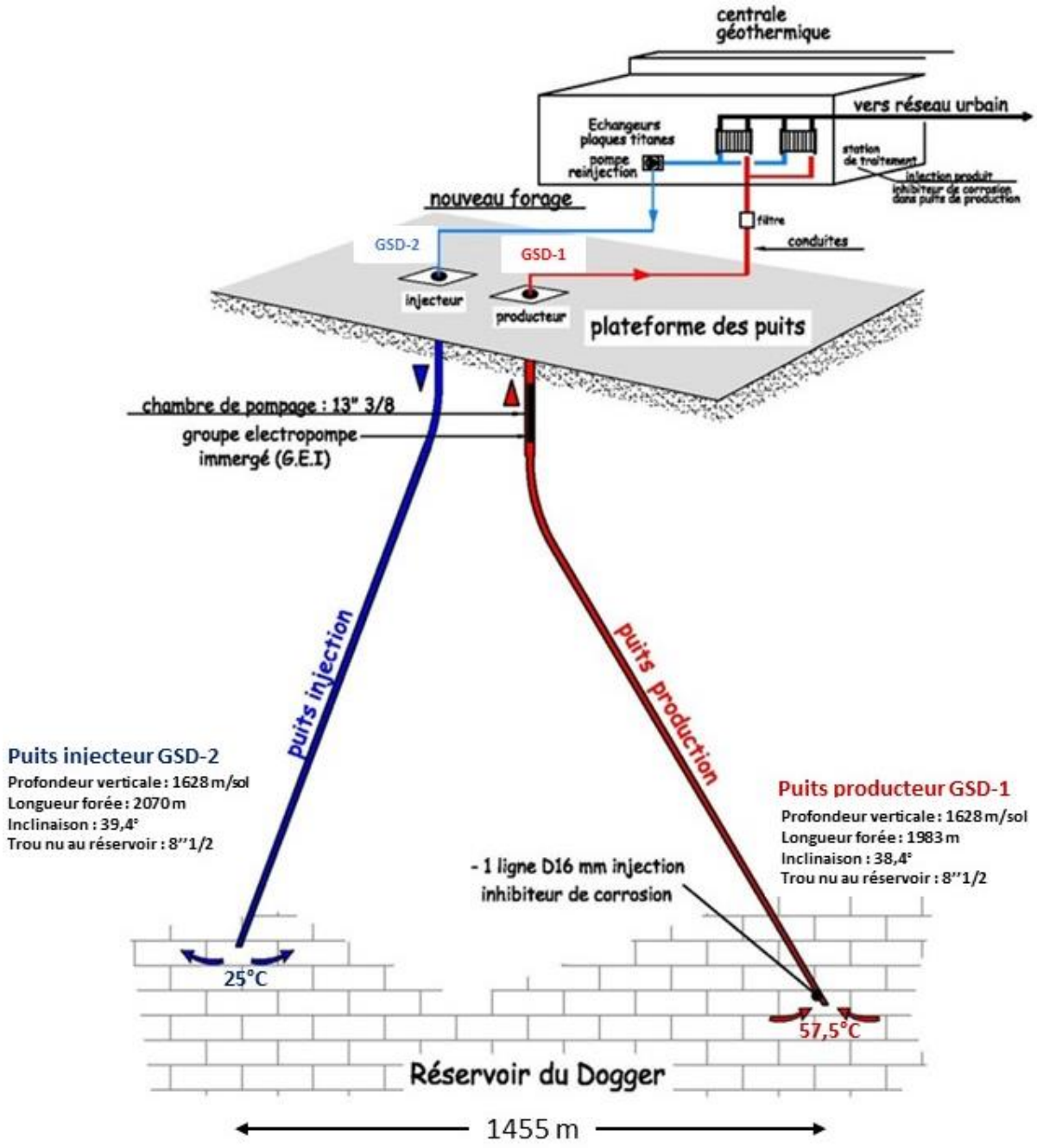


Figure 76 : Schéma de principe et prédimensionnement de la boucle géothermale au Dogger

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Compte tenu des contraintes du fluide géothermal (corrosion et dépôts) et des conditions de fonctionnement (encombrement des forages, profondeur d'immersion liée au rabattement, température et débit), les équipements de pompage immergés utilisés en géothermie pour l'eau du Dogger sont issus de la technologie pétrolière réputée puissante et robuste pour ce type d'application. L'étanchéité entre le moteur et l'hydraulique est notamment assurée par un équipement spécifique : Protector ou Seal Section.

Les caractéristiques des équipements fixes de la boucle géothermale (puits, dispositif de traitement anti-dépôt, conduite de surface, échangeurs) sont déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale, traitements anti-dépôts) et limiter les pertes de charge.

La puissance hydraulique de pompage et l'encombrement de la chambre de pompage (304 mm) impliquent l'utilisation d'un moteur et d'un câble électrique à haute tension immergés.

L'augmentation de la tension est réalisée par un transformateur électrique élévateur placé en amont ou aval du variateur de fréquence qui peut être soit moyenne tension, soit basse tension.

Le dimensionnement définitif des équipements de production dépendra des résultats des essais de production et de réinjection réalisés en fin de travaux de forage.

Les caractéristiques des éléments mobiles de la boucle géothermale (pompes et variateurs associés) sont déterminées pour réguler la production d'eau géothermale en fonction des besoins en chaleur. Leur dimensionnement est tel qu'il permet d'anticiper une possible dégradation des caractéristiques des puits.

La durée de vie des équipements d'une boucle géothermale va dépendre de plusieurs facteurs : la qualité des matériels à l'achat, le choix de matériaux appropriés à la corrosivité du fluide géothermal (fibre de verre – alliages nobles), la maintenance et conduite des équipements et l'efficacité des traitements anti-corrosion.

Le choix de la métallurgie des différentes pièces du groupe de pompage (hydraulique, moteur, seal section et câble) en contact avec le fluide géothermal est essentiel pour assurer une durée de vie de l'ordre de 5 ans des équipements. Les métallurgies et matériaux en Inox 316 L ou 316 Ti, Duplex et Super Duplex, Alloy, Titane, PVDF, Elastomère sont à privilégier. Leurs caractéristiques techniques seront précisées au stade des études de projet.

Les équipements nécessaires à la mise en production sont décrits succinctement par sous-ensembles fonctionnels dans le tableau suivant. L'échangeur de chaleur constitue la limite géothermale / géothermique.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Sous-ensembles fonctionnels	Fonction	Fréquence de Renouvellement* (*valeurs indicatives)
Dispositif d'injection de traitement anti-dépôt au niveau de la chambre de pompage – Station de traitement associée	Lutte contre les phénomènes de dépôts au niveau du groupe Electropompe et des équipements de complétion.	7 ans
Groupe électropompe immergé (GEI) et colonne d'exhaure	Relevage de l'eau géothermale, Assurer le débit de production, Maintenir une pression minimale en tête de puits (pression de dégazage).	5 ans
Régulation et contrôle des puits, des installations de surface et du fluide	Régulation des pressions et des débits en fonction des besoins, Sécurité et Contrôle	10 ans
Equipements électriques d'alimentation depuis le tableau HT	Alimentation électrique du groupe de pompage en moyenne tension 4000 V, Entrainement du groupe à vitesse variable en fonction de la pression "point de bulle"	30 ans
Filtration réseau géothermal	Elimination des éléments pouvant réduire la durée de vie des échangeurs.	30 ans
Echangeurs de chaleur à plaques titane	Transférer l'énergie thermique du fluide primaire (réseau géothermal) au fluide secondaire (réseau géothermique).	30 ans
Pompage de réinjection, équipements électriques d'alimentation depuis le TGBT	Réinjecter la totalité du volume extrait et Vaincre les pertes de charge	30 ans
Réseaux d'eau géothermale de surface	Relier les deux forages du doublet en traversant l'échangeur de chaleur	30 ans

Tableau 34 : Description sommaire des équipements de complétion de la boucle géothermale

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.5.4 Contraintes liées au fluide

2.5.4.1 *Corrosion*

Les eaux de l'aquifère du Dogger de nature agressive constituent un milieu anaérobie et témoignent d'un environnement réducteur caractérisé par une minéralisation élevée et la présence de gaz dissous dont le sulfure d'hydrogène (H_2S) et le gaz carbonique (CO_2).

Les principales caractéristiques de ces eaux sont :

- Température de 47°C à 85°C selon la localisation ;
- pH de 6,1 à 6,5 ;
- Potentiel d'oxydo-réduction de l'ordre de -100 à 0 mV par rapport à l'électrode normale à hydrogène ;
- Teneur en sels dissous de 6 à 35 g/L dont une grande partie de Cl^-, des teneurs en CO_2/HCO_3^- de 250 à 600 mg/L, des teneurs en SO_4^{2-} de 300 à 1200 mg/L, des teneurs en H_2S/HS^- de 0 à 100 mg/L. On note également la présence de mercaptans (sulfures organiques) RSH/RS^- de 0 à 10 mg/L et l'absence d'oxygène dissous en fonctionnement normal.

La présence de gaz est également dommageable aux équipements, dès lors que la pression de point de bulle n'est pas respectée. La corrosivité de l'eau du Dogger non traitée est de l'ordre de 0,2 à 0,4 mm/an sur l'acier au carbone.

A Saint-Denis, l'eau du Dogger est de type chloruré sodique avec une salinité de l'ordre de 20-25 g/L. Des facteurs aggravants de la corrosion tels que l'activité bactérienne ou la teneur en sulfure, sont connus dans cet aquifère. La présence de gaz est également dommageable aux équipements, dès lors que la pression de point de bulle n'est pas respectée.

Les paramètres de la corrosion feront l'objet, en cours d'exploitation, d'un suivi rigoureux dont le contenu et la fréquence sont intégrés à l'arrêté préfectoral d'exploitation (Cf. paragraphe 2.5.5).

2.5.4.2 *Risque de dépôts*

La composition chimique de l'eau du Dogger induit un risque de dépôts de sulfures de fer et de carbonates (de fer et de calcium), dès lors que l'eau est refroidie et/ou dégazée ou en cas d'inhibition chimique contre la corrosion insuffisante.

Le niveau de risque est quantifié par l'indice de saturation du fluide vis-à-vis de chaque phase minérale susceptible de précipiter. Cet indice évolue en fonction du pH, de la température et de l'état d'oxydation de l'eau (potentiel redox). Le maintien d'une pression, en tout point de l'installation, supérieure à la pression de point de bulle, permet de limiter ce risque.

2.5.4.3 *Filtration*

A la production, l'eau du Dogger véhicule des particules dont la granulométrie et la quantité varient en fonction de la lithologie des niveaux producteurs et des vitesses d'écoulement dans la formation et les cuvelages.

Une filtration en tête de puits d'exhaure sera mise en œuvre et si besoin à l'entrée des échangeurs de chaleur afin d'éviter le colmatage/embouage de ces derniers.

A la réinjection, l'aquifère calcaire est relativement tolérant quant à la teneur en particules du fluide.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.5.5 Contrôles périodiques et suivi d'exploitation

Les principales tâches techniques associées au suivi et à l'entretien préventif des puits sont décrites dans ce chapitre. Les permis actuels mentionnent les obligations et principales tâches techniques, associées au suivi et à l'entretien préventif des puits, suivantes.

2.5.5.1 *Suivi de l'installation et des équipements*

Les installations et équipements constituant la boucle géothermale doivent être maintenus en permanence en **état de propreté et de bon fonctionnement**.

Le futur exploitant devra assurer, par l'intermédiaire de ses propres équipes techniques, le suivi quotidien et la maintenance préventive des installations de surface en relation avec la production géothermale.

Un suivi des paramètres électromécaniques des équipements de production constituant la boucle géothermale (groupe de pompage, variateurs de fréquence, vannes, échangeurs…) sera réalisé.

Ces auscultations permettent de détecter des dérives ou l'évolution de paramètres symptomatiques de dysfonctionnements de matériel ou l'évolution des paramètres hydrodynamiques de l'ensemble réservoir/puits. L'objectif est double :

- Optimiser la disponibilité et la productivité par une maintenance préventive ;
- Garantir le respect des contraintes relatives à l'environnement.

A l'issue de chacun de ces diagnostics, les éléments suivants sont rapportés et comparés avec ceux de l'auscultation précédente :

- Productivité du puits d'exhaure (niveau hydrodynamique et rabattement) ;
- Injectivité du puits d'injection ;
- État des groupes de pompage d'exhaure et d'injection (consommations électriques, puissances, rendements) ;
- Bilan thermique des échangeurs (efficacité, pertes de charge) ;
- État des dispositifs de sécurité et de mesure : vannes de barrage en tête de puits, clapets anti-retour, manomètres, thermomètres…
- État des régulations et sécurités électriques.

Ces mesures sont généralement réalisées au rythme de quatre par an. Chaque intervention sur site fera l'objet d'un rapport détaillé où seront reportées les mesures réalisées, les observations particulières, les recommandations et toute suggestion relative à un éventuel désordre.

Le rapport sera diffusé simultanément au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation, ainsi qu'à la DRIEAT.

Le tableau ci-dessous résume les dispositions précédemment prises, ainsi que les périodicités imposées par arrêté préfectoral dans le cadre de contrôle des puits en acier.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Opération de maintenance	Fréquence indicative de l'opération	Durée de l'opération	Appareil(s) d'intervention	Ordre de grandeur de l'emprise au sol nécessaire
Auscultation / Diagnostic	Environ 4 par an	1 journée	1 véhicule léger (camion laboratoire)	Environ 100 m²
Géochimie	Environ 6 par an			
Contrôle du tube de traitement	Environ 2 par an			
Remontée / descente de pompe	Au minimum tous les 5 ans Ou sur panne	2 semaines	- 1 camion de saumure - 1 grue sur camion - 1 semi-remorque - 1 plateforme métallique de travail à l'aplomb du puits	Environ 600 m²
Diagraphie (Inspection des cuvelages)	Tous les 3 ans pour le puits injecteur	1 journée pour le puits injecteur	- 1 camion de saumure (pour Producteur) - 1 grue sur camion - 1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) - 1 camion de diagraphie	400 m² pour le puits injecteur
	Tous les 5 ans pour le puits producteur	2 semaines pour le puits producteur		600 m² pour le puits producteur
Curage	Environ tous les 10 ans (conditionné par l'état du puits)	3-4 semaines par puits	- 1 camion de saumure - 1 grue sur camion - 1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) - 1 machine de work-over (appareil de réhabilitation auto-porté)	Environ 1 200 m²
Rechemisage (suite à un curage)	Environ tous les 20-25 ans (conditionné par l'état du puits)	1 mois		Environ 1 200 m²

Tableau 35 : Opérations de maintenance pour un doublet au Dogger avec des tubages en acier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.5.6 Suivi du fluide géothermal

L'évolution de la composition et des propriétés de l'eau géothermale sont susceptibles de refléter une perturbation ou une évolution du réservoir géothermal et/ou des organes de production.

Un suivi physico-chimique et bactériologique des eaux du Dogger doit être effectué quatre à six fois par an afin de contrôler la qualité du fluide géothermal et de prévenir d'éventuelles contaminations.

Les paramètres observés faisant objet des arrêtés préfectoraux en vigueur dans le bassin parisien sont les suivants.

Paramètres
Fer total et dissous, Sulfure, pH, Eh, Conductivité
Composition ionique (SiO_2, Na, Ca, K, Mg, HCO_3, Cl, SO_4, Mn, NH_4, Sr, F) Mesure de la filtrabilité et des matières en suspensions Détermination de la présence de bactéries sulfato-réductrices et de ferrobactéries
Composition gazeuse (gaz libres et dissous : N_2, CH_4, H_2, H_2S, CO_2) Recherche de traces d'O_2 et d'H_2 et contrôle de la valeur de la pression de point de bulle Détermination du rapport gaz/liquide (GLR)

Tableau 36 : Détail des paramètres physico-chimiques

A l'issue de chaque série de mesures, les éléments sont rapportés et comparés avec ceux de l'auscultation précédente. Les mesures sont interprétées en termes de :

- Variation de la composition chimique du fluide et notamment de sa conformité avec les caractéristiques de l'eau du Dogger au droit du site ;
- Évolution de la quantité et de la qualité du gaz et implication sur les conditions d'exploitation ;
- Examen des indicateurs de dépôts ;
- Évolution de la charge solide ;
- Nature et abondance des colonies bactériennes.

Chaque intervention sur site fera l'objet d'un rapport détaillé. Les interprétations conduisent, selon les cas, à des mesures correctives d'exploitation ou à des diagnostics de désordres nécessitant des actions curatives. Le rapport est diffusé simultanément au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation, ainsi qu'à la DRIEAT.

En complément du suivi chimique des paramètres indicateurs de la corrosion (fer et sulfures), le contrôle de la corrosion sur le doublet et les éléments métalliques constitutifs de la boucle géothermale comprendra sur le fluide :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Le suivi de l'évolution de la teneur en fer dissous du fluide par rapport à un niveau de référence ;
- L'évolution de témoins en métal de même nature que celui de la pompe du puits de production (acier ou inox) et en composite de même nature que celui des tubages par méthode gravimétrique ;
- Le suivi du dosage en produit inhibiteur de corrosion.

L'analyse des coupons permettra également de suivre les phénomènes de corrosion, dépôts et d'érosion opérant le long des installations.

Une estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion sera présentée tous les trois mois à la DRIEAT pour l'estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion/dépôts dans la partie de la boucle en surface.

2.5.7 Suivi et contrôle de la ressource

L'exploitant de surface réalise quotidiennement un relevé des débits, températures, pressions et de l'énergie thermique transférée au réseau. Cette surveillance permet de s'assurer du bon fonctionnement des installations et d'optimiser l'appoint sur le réseau. Les données sont enregistrées soit de façon numérique, soit dans un registre papier. Elles sont ensuite mises à disposition sur la base de données en ligne (SYBASE) du BRGM, par envoi annuel.

Tous les évènements dont les interventions telles que les nettoyages de filtre, les contrôles particuliers et les incidents survenus sur la boucle géothermale, y sont également enregistrés.

Les mesures, les enregistrements et les évènements relevés au cours des cinq dernières années sont tenus à la disposition des agents de la DRIEAT. Ces données doivent lui être transmises annuellement et une synthèse trimestrielle doit être produite.

2.5.8 Suivi de l'état des tubages et principe des diagraphies différées

Le principe d'une diagraphie est de faire remonter à faible vitesse le long du tubage un outil de mesure afin de suivre l'évolution des variations d'épaisseur du tubage dues aux dépôts ou à la corrosion.

Les parois des tubages des puits sont maintenues dans un état de surface suffisant pour assurer la validité des contrôles visés ci-dessous. Dans l'éventualité où l'épaisseur des dépôts sur les parois des tubages dépasse 2 cm, le titulaire procède au nettoyage des puits ou adresse au préfet et à la DRIEAT un argumentaire justifiant le report de l'opération de nettoyage à une échéance donnée.

- **La calibration des tubages**

L'état des tubages est contrôlé par diagraphies de diamétrage avec des outils multi bras (40 ou 60 bras) qui sont descendus au fond des puits et communiquent en surface les valeurs des rayons du tubage. Ces mesures permettent de mesurer les phénomènes de corrosion et de dépôts pouvant affecter les puits.

Dans le cas de puits réalisés en acier, ces contrôles sont effectués :

- tous les 5 ans pour le puits producteur (ainsi qu'à l'occasion d'une opération de remontée d'équipements tels que pompe, tube de traitement ou après chaque opération de nettoyage des tubages),
- tous les 3 ans pour le puits injecteur ou après chaque opération de nettoyage des tubages.

Des traçages à l'eau douce peuvent également être envisagés sur cette même périodicité. Ces observations permettent d'établir un premier diagnostic quant à l'état et à l'étanchéité du tubage.

- **Le contrôle de la cimentation**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

A la demande de la DRIEAT pourront être mis en œuvre des diagraphies de contrôle de cimentations des annulaires entre tubages et formations et entrefers entre deux tubages avec des outils de type CBL-VDL ou imageurs USIT/URS.

Les comptes rendus de ces différentes diagraphies sont diffusés dans un délai de deux mois après leur réalisation au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation et le suivi ainsi qu'à la DRIEAT.

2.6 Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique

2.6.1 Définition des conditions d'arrêt de l'exploitation

La fermeture des forages géothermiques relève de la même réglementation et des mêmes pratiques que celles appliquées aux puits d'hydrocarbures. Les mesures d'abandon sont définies par des textes réglementaires et techniques (Code Minier, Loi sur l'Eau), notamment par le Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers et par le Décret n°2000-278 du 22 mars 2000, modifiant le Décret 80-331 du 07 mai 1980. Il introduit un Titre "Recherche par Forage, Exploitation de Fluides par Puits, Traitement de ces Fluides" dans le Règlement Général des Industries Extractives qui se substitue au Titre "Forage" (Article 49 - Fermeture définitive des puits).

L'exploitation du gîte pourrait être arrêtée ou ne pas être initiée si l'une des situations suivantes se concrétisait :

- Cas 1 : Si en fin de travaux, après stimulation du réservoir, les tests de production ou d'injection au Dogger fournissent des résultats considérés comme insuffisants, sans que des solutions techniques réalistes et économiquement acceptables puissent être mises en œuvre ; l'exploitant peut décider de mettre à profit la présence de l'appareil de forage sur le site pour procéder à la fermeture de l'ouvrage. Dans ce cas, l'exploitant fait parvenir, suffisamment à l'avance, au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement le programme définitif de fermeture avec l'ensemble des éléments lui permettant de juger de l'efficacité des dispositions prévues.
- Cas 2 : une chute brutale de la température du fluide géothermal en tête de puits de production ne permet plus de valoriser la chaleur géothermale dans des conditions de rentabilité concurrentielles par rapport à d'autres modes de production énergétique conventionnels ;
- Cas 3 : Après contrôle, si l'état des puits ne permet plus d'assurer la mobilisation de la ressource géothermale dans des conditions de sécurité suffisantes vis-à-vis de l'environnement et qu'aucune solution technico-économique ne soit envisageable.

2.6.2 Procédure d'abandon des puits

En cas d'arrêt définitif de l'exploitation du gîte, le maître d'ouvrage adressera au Préfet à l'attention de ses services techniques instructeurs, une déclaration d'arrêt d'exploitation accompagnée d'une procédure d'abandon et de sécurisation des ouvrages. Cette déclaration sera accompagnée des éléments suivants :

- Un résumé des conditions conduisant à la décision de fermeture du doublet ;
- Un plan de position des ouvrages concernés et leur coupe technique avant rebouchage ;
- La procédure d'abandon de puits appliquée (coupe après rebouchage) ;
- Les mesures de prévention des risques identifiées, notamment celles concernant la protection des aquifères superficiels.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La procédure d'abandon envisagée et les conditions de fermeture préalables seront analysées par les services de la DRIEAT Ile de France et de la SAF Environnement. Après fermeture des puits, le rapport de fin de travaux (Dossier des Ouvrages Exécutés) sera également instruit.

L'objectif des travaux d'abandon est leur transfert de propriété à l'Etat afin de :

- Garantir l'absence de circulation entre les nappes et le transfert de pollution après fermeture ;
- Respecter le Code Minier/RGIE et les décrets afférents ;
- Se mettre dans les meilleures dispositions pour obtenir le quitus de l'Etat.

2.6.3 Protection des aquifères

Avant de réaliser la cimentation des tubages au droit des zones à risque, il est indispensable de déterminer l'état complet des cuvelages (même sous dépôts) et de placer judicieusement les bouchons de ciment.

Le cas échéant et en fonction de la qualité de la cimentation des cuvelages au droit de l'aquifère de l'Albien / Néocomien, des bouchons supplémentaires pourraient être mis en place.

L'abandon sera réalisé dans le respect des règles de l'art en matière d'abandon de puits profonds et dans les conditions optimales de sécurité par rapport à la protection des aquifères sensibles, en évitant par conséquent toutes connexions hydrauliques entre aquifères. L'objectif est la mise en sécurité des ouvrages et de leur environnement en rétablissant une étanchéité définitive des différentes zones traversées par les ouvrages :

- Mise en sécurité ciblée des zones dont le diagnostic a montré une détérioration importante ; des bouchons de ciment spécifiques pourront être installés au droit de ces zones ;
- Protection spécifique des sabots des tubages et des zones de raccordement ou de télescopage entre tubages ;
- Protection des différents aquifères traversés par le forage, en particulier de celui de l'Albien-Néocomien qui est une réserve stratégique protégée d'eau potable pour la région parisienne ; le programme de rebouchage des puits est établi de façon à ce que ces zones soient rendues étanches à une invasion par des fluides géothermaux ;
- Mise en sécurité du puits vis-à-vis des risques de fuite de fluides géothermaux (de l'intérieur vers l'extérieur du puits) ou de contamination des nappes via les annulaires. Il s'agira d'assurer par un rebouchage adéquat (bouchons étanches résistants aux pressions) que les fluides géothermaux ne puissent circuler ni à l'intérieur du puits, ni dans les annulaires. De la même façon, on s'assurera que les eaux de surface (ruissellement, inondation) ne puissent pas pénétrer à l'intérieur de l'ouvrage ou par les annulaires depuis la surface.

A titre d'exemple, le positionnement des bouchons de ciment se fait généralement de la manière suivante :

- Un bouchon au toit du réservoir du Dogger jusqu'à 50 mètres au-dessus du sabot ;
- Un bouchon couvrant jusqu'à 50 mètres au-dessus et en-dessous l'aquifère du Lusitanien ;
- Un bouchon couvrant jusqu'à 50 mètres au-dessus et en-dessous l'aquifère de l'Albien Néocomien ;
- Un bouchon au bas de la chambre de pompage pour le puits producteur ;
- Un bouchon en surface.

Les coûts de nettoyage, de bouchage et d'abandon des puits s'élèvent généralement entre **450 et 550 k€ HT** par puits soit environ **1 000 k€ HT** pour un doublet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

2.6.4 Remise en état du site

Les têtes de puits (complétion) pourront être conservées ou démantelées selon l'évaluation de l'état de cet empilement de surface.

Pour la remise en état du site les têtes de puits de production et d'injection sont arasées à hauteur des casing heads, une bride pleine est posée et les pompes vide caves et échelles d'accès sont retirées.

Les caves sont comblées par du gravier, une couche géotextile et complétées sur les 50 cm supérieurs par une grave béton, éventuellement coiffée par un revêtement bitumé à niveau de la dalle béton de la plateforme de forage.

En surface, les travaux de remise en état des sols sont proposés par l'opérateur dans un dossier qui est soumis à la consultation des services administratifs concernés. Ce dossier décrit l'état des têtes-de puits à l'issue de l'abandon et indique l'usage des sols envisagé par la suite.

Des travaux spécifiques peuvent être prescrits lorsque des contraintes environnementales particulières sont attendues. Lorsque l'accès au site est ultérieurement rendu impossible par de nouveaux aménagements, cette contrainte doit être inscrite, évaluée, et si nécessaire prise en compte dans le programme de rebouchage.

Concernant la conduite géothermale, il est généralement procédé à l'enlèvement de la conduite et au comblement du caniveau par du gravier et, le cas échéant par une grave en béton.

Enfin, concernant la centrale géothermale proprement dite, il est procédé au démantèlement des unités et équipements spécifiques à la géothermie, à leur réutilisation/revente éventuelle, sinon à leur destruction assortie d'un recyclage pour les matériaux/métaux récupérables sur un site conforme à la réglementation industrielle et environnementale en vigueur et agrée par l'administration de tutelle compétente.

Tout cela est réalisé afin de restituer le site dans son état initial.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX DE FORAGE

SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE

Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3 DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX DE FORAGE

Ce chapitre est consacré à la présentation du programme technique de réalisation des deux forages du nouveau doublet de Saint-Denis et aux caractéristiques principales des travaux prévus.

3.1 Implantation des forages

Le site d'implantation du futur doublet forage géothermique profond envisagé se situe dans le quartier Franc Moisin sur le site de de la « Chaufferie de Fort de l'Est ». La zone de chantier se situe à proximité de la chaufferie biomasse du Fort de l'Est à proximité d'écoles et d'habitations.

L'accès au chantier se fera via la rue du Maréchal Lyautey et le cours du ru de Montfort. Une mise à disposition du site, des trottoirs est en cours d'obtention par le SMIREC. Une convention d'accès et de voieries seront à prévoir auprès des services techniques de la ville

Les coordonnées des têtes de puits sont rappelées dans le tableau suivant. Leurs coordonnées seront précisées suite au relevé du géomètre définitif après réalisation de la plate-forme et des avants -puits.

Le site dédié au chantier est aujourd'hui composé de cheminements piétons, d'un terrain de sport et de pétanque et d'alignements d'arbres (Cf. Figures suivantes).

Caractéristiques	Site de Saint-Denis
Coordonnées en Lambert 93	X (m) : 653 835 ± 10 Y (m) : 6 870 050 ± 10
Occupation actuelle	Terrain libre sans construction, cheminements piétons, terrain de sport, alignements d'arbres
Niveau	Terrain sans dénivelé
Aire	≈ 3 300 m²
Contraintes	Habitations, végétation et emprise de la future centrale à prévoir, canalisations enterrées et traces de pollution existante

Tableau 37 : Caractéristiques du site dédié au projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

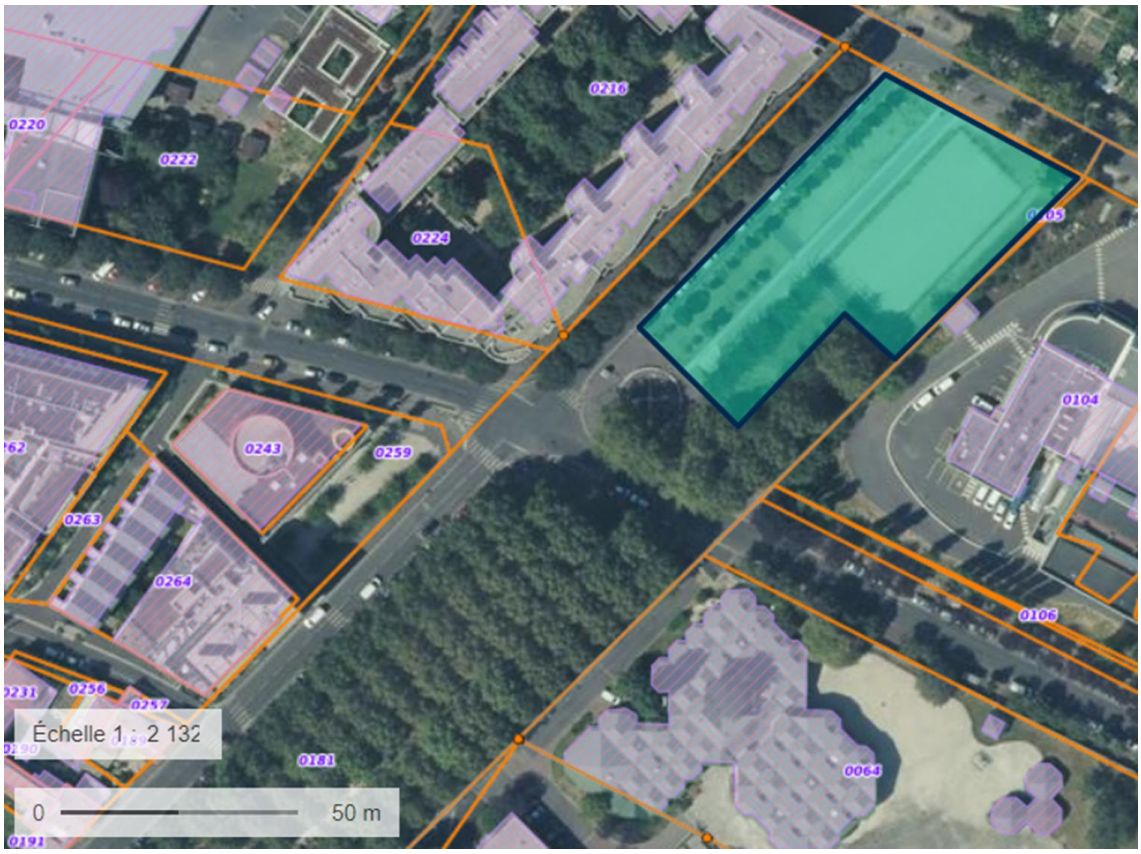


Figure 77 : Localisation et environnement du site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.2 Fiche résumée des travaux prévus

Ce projet de forage permettra d'alimenter en énergie renouvelable le réseau de chaleur d'Aubervilliers en cours d'extension. L'objectif vise une productivité maximale de 320 m^3/h, avec sous un rabattement en pression inférieur à 30 bars, dans un contexte géologique de transmissivité faible de l'aquifère du Dogger (15 D.m +/- 5), mis en évidence sur les forages limitrophes.

Le programme de forage comprend la réalisation des deux puits GSD-1 (producteur) et GSD-2 (injecteur) tubés jusqu'au toit du réservoir objectif (Dogger) ainsi que l'exploitation en découvert dans le réservoir.

Le programme de forage s'étendrait sur 110 jours environ (mobilisation et démobilisation de l'appareil de forage incluse).

Intitulé du projet :	Réalisation d'un doublet géothermique dédié au chauffage urbain
Département :	Seine-Saint-Denis (93)
Commune :	Saint-Denis
Adresse du site :	rue du Maréchal Lyautey et cours du ru de Montfort / Parcelle n°181 de la feuille BE 01
Objectif :	Réalisation d'un puits géothermique de réinjection et d'un puits de production
Maître d'Ouvrage :	SMIREC
Classification minière :	Forage visant un gîte géothermique
Aquifère cible / ressource sollicitée :	Calcaires Oolithiques du Dogger (Bathonien)
Type d'ouvrages :	Déviés, orientés
Profondeur finale :	1728 m verticaux / 1983 m forés (P) et 1728 m verticaux / 2070 m forés (I). La profondeur finale pourra être inférieure ou supérieure en fonction des résultats observés.
Production géothermale :	Puissance thermique maximale : 11,7 ± 0.3 MW Taux de couverture ENR 70% sur Aubervilliers
Durée prévisionnelle des travaux de forage :	Environ 13 semaines (43 jours par puits)
Date prévisionnelle de début des travaux de forage :	Début 2023 après la notification des autorisations administratives (Cf. Partie 1.6).
Durée prévisionnelle des travaux sur site :	Environ 17 mois pour la réalisation des nouveaux forages, plate-forme, remise en état, construction centrale.
Date prévisionnelle de mise en service :	Juin 2024

Tableau 38 : Fiche résumé des travaux de forage

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.3 Travaux d'aménagement pour la réalisation des puits

3.3.1 Aménagement nécessaire pour le forage des puits

Conformément à l'arrêté du 30 mai 1975, le chantier devra, dès la prise de possession des lieux et pendant toute la durée du chantier jusqu'à la réception des travaux, être signalé, à un endroit visible de l'extérieur, avec les mentions :

- Nature et description des travaux ;
- Maître d'ouvrage, assistant au maître d'ouvrage et maître d'œuvre ;
- Organismes apportant des subventions ;
- Entreprises intervenantes.

Un balisage devra être mis en place pour en interdire l'accès aux personnes non autorisées et y imposer le. « port des équipements de protection individuelle » à chaque accès.

Un balisage de guidage sera également mis en place à proximité du chantier sur les principales voies d'accès, pour en faciliter l'accès aux fournisseurs et prestataires des différentes sociétés de services.

Figure 78 : Exemples d'un panneau d'information d'un chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les travaux d'aménagement de la plate-forme de forage consisteront à :

- **Clôturer l'aire de travail** en y aménageant deux accès (véhicules et évacuation en cas de nécessité), délimitant ainsi le périmètre de sécurité du chantier.
- **Permettre le passage** des camions, des engins de manutention et de transport des équipements, lors de la mise en place et du démontage du chantier, ainsi que le passage des engins de manutention des consommables et des matériels tubulaires lors des travaux ;
- **Dépolluer le site** avec le retrait des terres polluées et remblayer ou couvrir la plate-forme avec des terres saines ;
- **Terrasser/couler** en fonction des résultats et des préconisations des études de sol 3 dalles béton à double ferraillage (double treillis soudé), d'épaisseur 30 à 35 cm et de surfaces 160 m² (appareil), 120 m² (générateurs) et 80 m² (stockage produits) à ciment de portance minimum 20 MPa ;
- **Forer deux avant-puits**, à une profondeur de 25 ± 5 m et équipés d'un tube guide en acier de diamètre > 711 mm, espacés à minima de 8 mètres ;
- **Aménager deux caves de têtes de puits**, en béton armé enterrées.

L'aire de chantier en configuration de forage comportera :

- Une aire empiétée et compactée (en rouge sur la figure suivante). Cette aire est généralement traitée en « voirie lourde » avec par exemple une aire concassée compactée sur 40 cm de profondeur ; l'empierrement et le compactage seraient réalisés via la pose d'un géotextile complété par une épaisseur de 10 cm de sablon et d'un empierrage sur les 20 cm suivants, terminé par 10 cm d'enrobé bitumineux ;
- Un réseau de caniveaux disposé autour des bassins de fabrication et de circulation de la boue de forage. Ce réseau de caniveaux est destiné à drainer les effluents boueux vers le bourbier par l'intermédiaire d'un bac déshuileur, la gestion des déblais et fluides de forage étant assurée séparément par des bacs, pelletage/bennes et citernage. La gestion des essais s'effectuera au moyen de bacs et d'une unité de traitement par décantation de solides, refroidissement des eaux produites. ;
- Un corral maçonné, destiné à la récupération des déblais solides et liquides produits par le forage ainsi que de l'eau géothermale lors de la phase d'essai des puits, pourra être construit en dur à défaut d'utiliser des bassins étanches de type container.

Ces ouvrages sont destinés à être détruits à l'issue des travaux de forage. A l'issue des travaux de forage, resteront à demeure sur le site :

- Une dalle en béton armé d'épaisseur 0,30 m destinée à accueillir la sous-structure de la machine de forage. Les dimensions finales de la dalle dépendent à la fois de l'appareil de forage utilisé, l'espace nécessaire à la mise en place des équipements. Cette dalle pourra être démantelée à l'issue des travaux.
- Pour chaque puits, une cave étanche en béton armé enterrée au centre de laquelle est positionné le puits avec son empilage de vannes de sécurité et adaptateurs (Cf. Figure 80) ; la profondeur des caves est adaptée à l'utilisation ultérieure du puits, la largeur et la longueur étant liées aux dimensions de la sous-structure de l'appareil de forage généralement de dimensions 3 (longueur) x 2.5 à 3 (largeur) x 4 (hauteur) m, comprenant un logement de 100 x 100 x 50 cm pour une pompe vide-cave;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Une zone dite de servicing d'environ 1 100 m² (en bleu sur la figure suivante), libre de toute plantation ou construction pérenne pour l'exploitation afin d'y implanter en cas de travaux lourds une machine de work-over ainsi que ses annexes de chantier (Cf. Figure 84).

Figure 79 : Plan d'implantation des surfaces dédiées au projet et zone de servicing (CFG)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

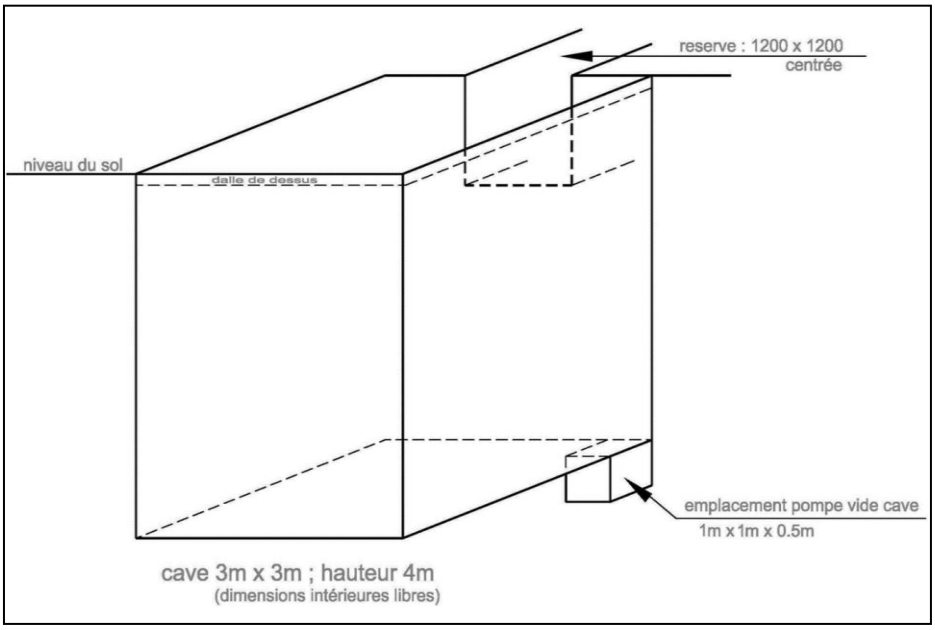


Figure 80 : Schéma de principe d'une cave et ses dimensions

Figure 81 : Exemple d'une plate-forme de forage et dispositifs de chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

A noter que pour le projet de Saint-Denis, les machines identifiées auront les caractéristiques principales suivantes :

Nom appareil	Capacité au crochet	Année construction	Hauteur du mât
SMP 101 (SMP)	200 Tonnes	2006	36,5 m
SMP 104 (SMP)	250 Tonnes	2010	35 m
MR 8000 (Arverne)	200 Tonnes	2008	38,5 m
HH 220 (Arverne)	200 Tonnes	2006	30,7 m

Tableau 39 : Spécifications de quelques appareils de forage français

Une implantation sur le site de Saint-Denis en fonction des machines de forage françaises existantes sont présentées sur les figures suivantes.

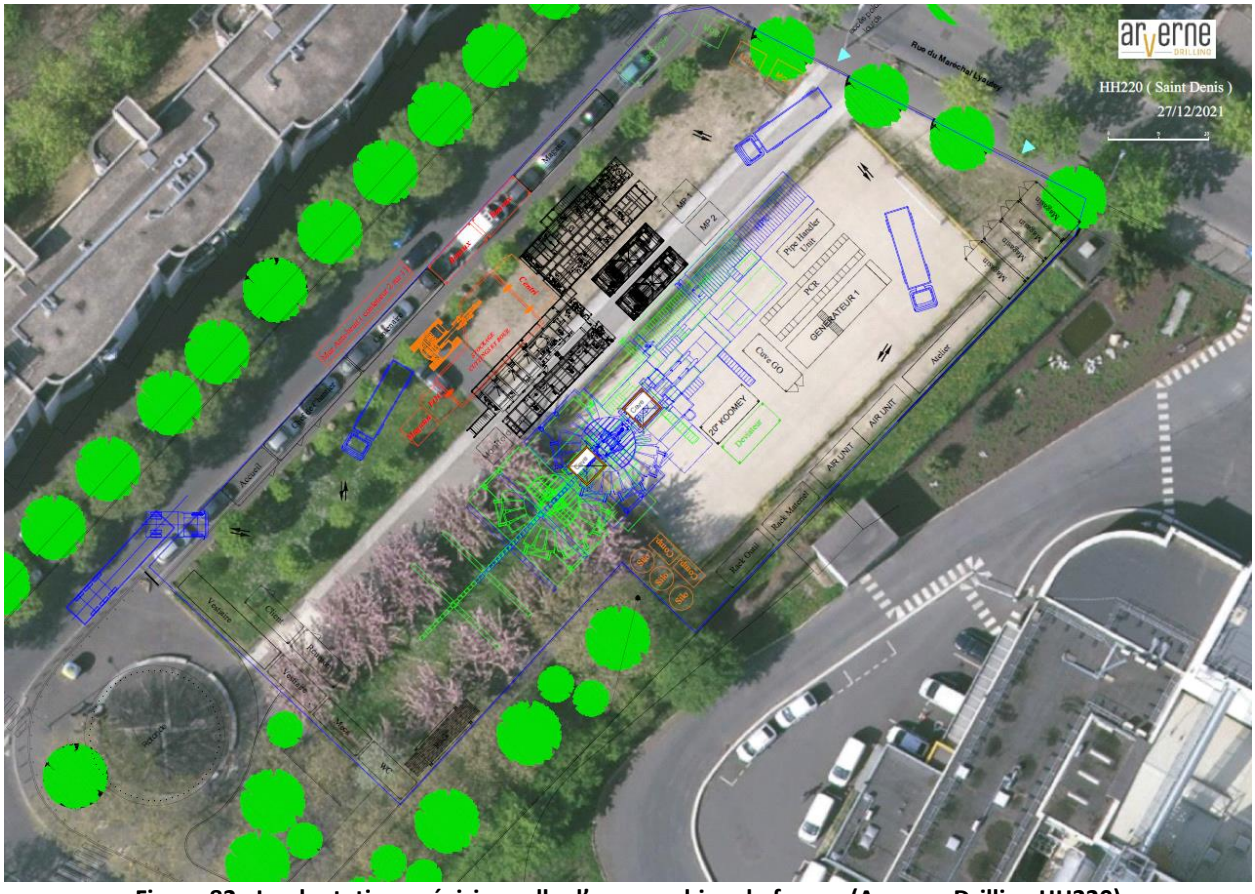


Figure 82 : Implantation prévisionnelle d'une machine de forage (Arverne Drilling HH220)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

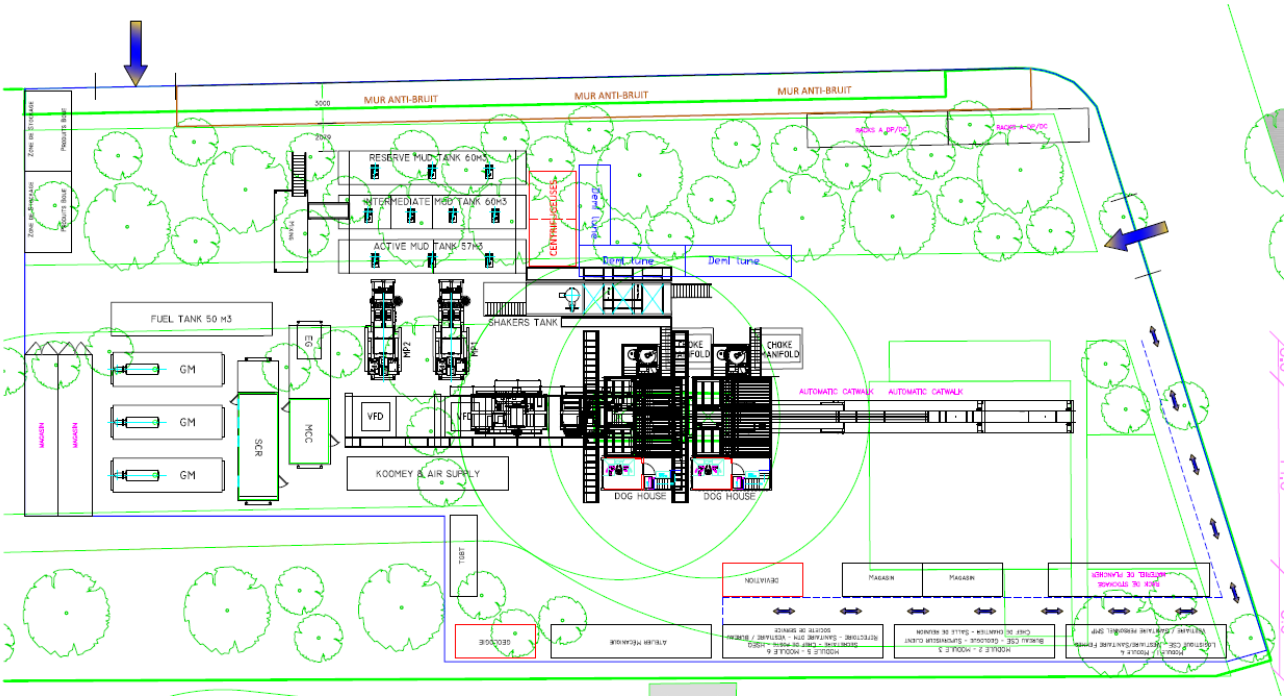


Figure 83 : Implantation prévisionnelle d'une machine de forage (SMP101)

L'appareil de work-over HH 102 (Arverne Drilling), dédié aux opérations de maintenance ou réparations lourdes ainsi que son emprise sur la zone est présenté sur les figures suivantes.

Figure 84 : Implantation prévisionnelle d'une machine de work-over (CFG)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

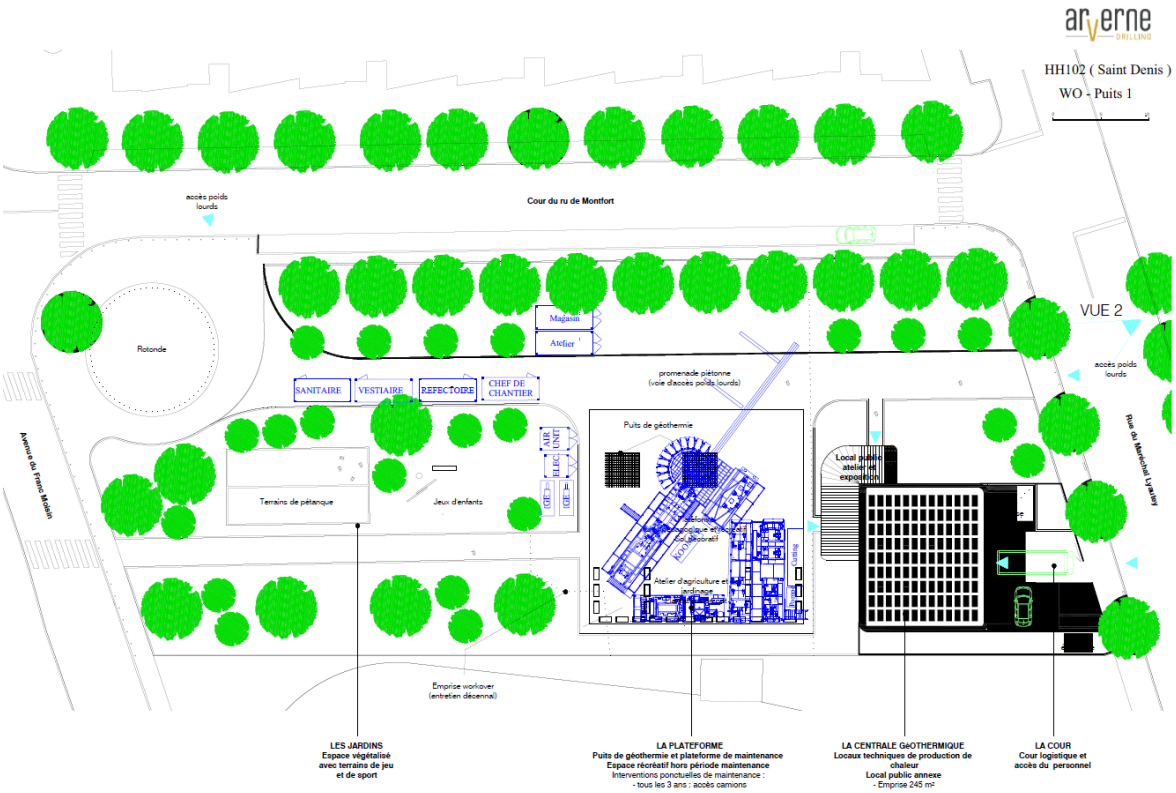


Figure 85 : Implantation prévisionnelle d'une machine de work-over (AD HH102)

3.3.2 Dispositions à prendre avant le forage des puits

Les besoins à prévoir en amont des travaux de forage sont les suivants :

- Alimentation en eau à un débit d'environ 40 à 80 m^3/h ;
- Raccordement au réseau d'eaux unitaire pour la base vie du chantier ;
- Raccordement au réseau d'eaux unitaire pour les rejets d'eau géothermale ou de boue pendant les essais et pendant le forage pour les rejets de la phase liquide de la boue ;
- Voirie lourde au niveau des accès et de la plate-forme et accès pour convoi exceptionnel et véhicules surbaissés ;
- La consommation énergétique de la machine de forage (RIG en anglais) serait :
    - Cas de l'alimentation du RIG par des génératrices au fioul : consommation en GNR de 400 m^3 par doublet. L'alimentation en électricité n'est pas nécessaire sauf si décision d'alimenter le Rig sur le réseau EDF, prévoir des groupes électrogènes en secours dans tous les cas ;
    - Cas de l'alimentation du RIG par de l'électricité du réseau : puissance électrique d'un Rig de 4000 à 5000 kVA pour un Rig de 200 tonnes.
- Volume sortant : Déblais de forage (Cuttings) d'environ 1 800 m^3 + 100 m^3 divers (palettes, emballages produits boue…) par puits.

Des aménagements peuvent être apportés, notamment pour la position du ou des bassins étanches et bourbiers autour de la machine de forage.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le degré de liberté est moindre pour l'implantation des têtes de puits et de la position de la dalle bétonnée sur la plate-forme. Cette position est imposée par l'espace nécessaire pour la mise en place des équipements. Par exemple, le mât de forage est assemblé à terre, ce qui nécessite un espace suffisant dans l'axe de la dalle.

Des Groupes Electrogènes en secours doivent nécessairement être prévus sur le chantier de forage. Néanmoins le choix du type d'alimentation (GNR ou électrique) de la machine de forage dépendra de la puissance électrique du réseau électrique existant et de sa fiabilité pendant toute la durée du chantier.

Le choix de la consommation énergétique de la machine d'un point de vue technique et économique sera étudié lors du choix des entreprises de forage.

3.3.3 Gestion des eaux sur le chantier

Le site d'implantation se situe en zone UG dont le règlement spécifie que : « Toute construction, aménagement ou installation recueille séparément les eaux pluviales et les eaux usées jusqu'en limite de propriété, conformément à la règlementation en vigueur ». Le sud de la commune de Saint-Denis dispose d'un réseau d'eaux pluviale (EP) et unitaire (EU) (Cf. Figure 86).

Pour la gestion des eaux pluviales, l'emprise du chantier sera ceinturée par un dispositif (drains, caniveaux, merlon ou fossé périphérique ceinturant la semelle en béton de la plateforme de forage) qui collectera les eaux de ruissellement. La totalité de ces eaux sera dirigée vers le bassin de décantation via un déshuileur / débourbeur qui assurera la séparation des produits solides et huileux. Le compartiment recueillant le surnageant huileux sera pompé à chaque fois que nécessaire et le contenu sera dirigé vers un centre de destruction.

L'eau de ruissellement séparée sera dirigée vers le réseau EU ou EP soit par déversement naturel (gravité) si le système de collecte des eaux de pluie le permet, soit par pompage à partir du déshuileur / débourbeur. En cas de contamination des eaux pluviales, celles-ci seront dirigées vers le bourbier recueillant la phase liquide provenant de la déshydratation des boues puis évacuées en centre de retraitement spécialisé.

Pour la gestion des eaux géothermales pendant la phase chantier, celles-ci proviendront des essais de puits réalisés en fin de forage. Ces eaux seront dirigées vers des bassins étanches et refroidies via une tour réfrigérante avant d'être dirigées vers le réseau d'eau unitaire (EU).

En fin de forage ou de phase, lorsque les boues de forage ne seront plus utilisées, la phase liquide sera recueillie après centrifugation et coagulation des boues. Cette phase liquide sera dirigée vers un bourbier et sera, soit mise en citerne puis envoyée dans un centre de traitement, soit évacuée dans le réseau d'assainissement (conformément à la réglementation en vigueur et aux termes de la convention de rejet).

Dans le cadre du chantier, et pour satisfaire aux définitions du règlement du système d'assainissement de la ville et de son concessionnaire, les eaux géothermales et la phase liquide des boues de forage sont considérées comme des eaux usées (non domestiques), les eaux de ruissellement comme des eaux pluviales.

Les caractéristiques des rejets devront être en accord avec les conditions de rejet définies dans la convention avec le concessionnaire du réseau d'assainissement. Une convention de rejet temporaire est en cours de rédaction avec les services du département de Seine-Saint-Denis et sera mise à disposition pour l'enquête public du dossier.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

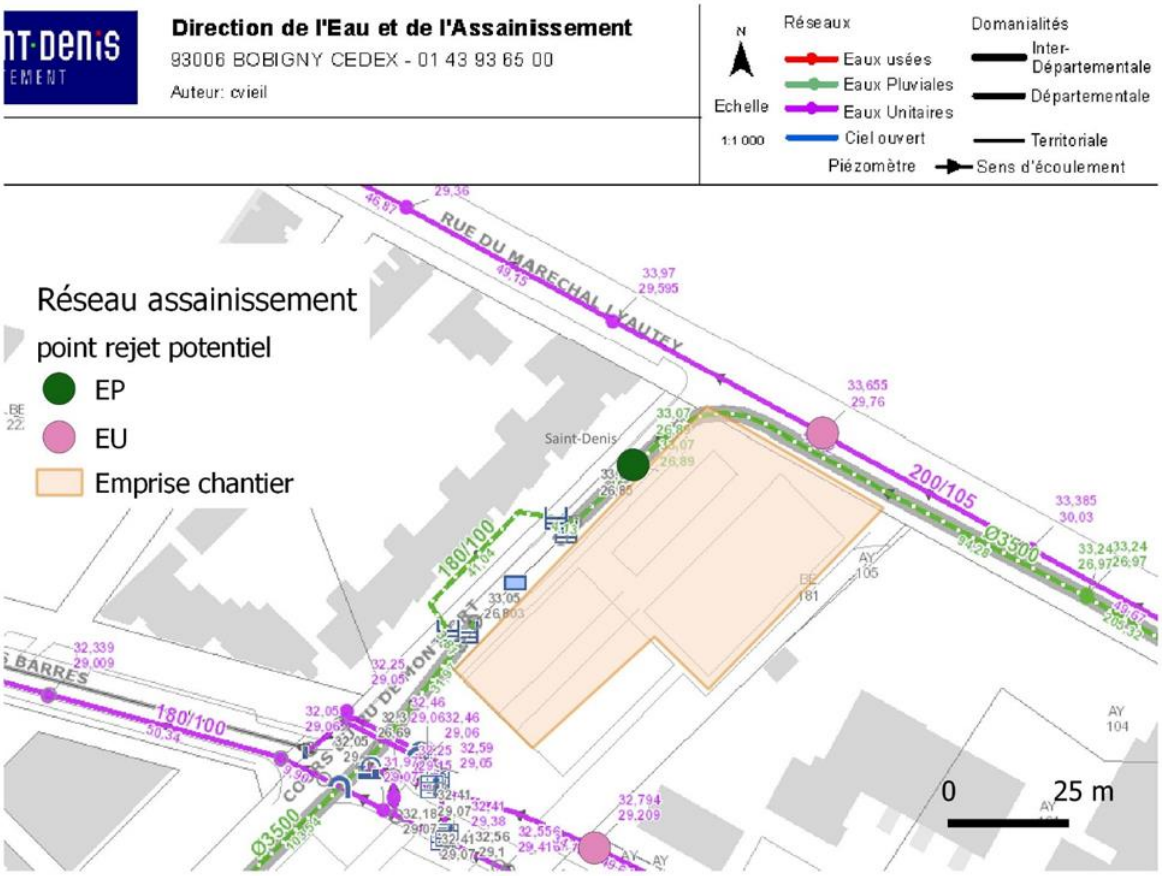


Figure 86 : Réseau d'assainissement présent aux abords du site

3.4 Principe et méthodologie des travaux de forage

3.4.1 Réalisation des avant-puits

En fonction de la nature des terrains de surface, un tube guide sera mis en place à une profondeur d'environ 25 +/-5 m, au moment de la réalisation du génie civil de la plateforme et avant la mise en place de l'atelier de forage. Ce tubage a pour objet la couverture des formations non consolidées de surface.

L'avant-puits peut être réalisé par une sondeuse utilisant le forage par havage ou à la tarière, en utilisant par exemple la technique de forage « sans boue et sans eau ». Le matériel correspondant est couramment utilisé en Génie Civil pour l'exécution de pieux forés en gros diamètre (Cf. Figures de la page suivante). Cette technique évite de déstabiliser les formations de surface.

Le tube guide en acier mis en place par cette technique aura un diamètre de 711 mm permettant le passage d'un tricône 24" permettant par la suite d'installer le premier tubage en 18"5/8.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

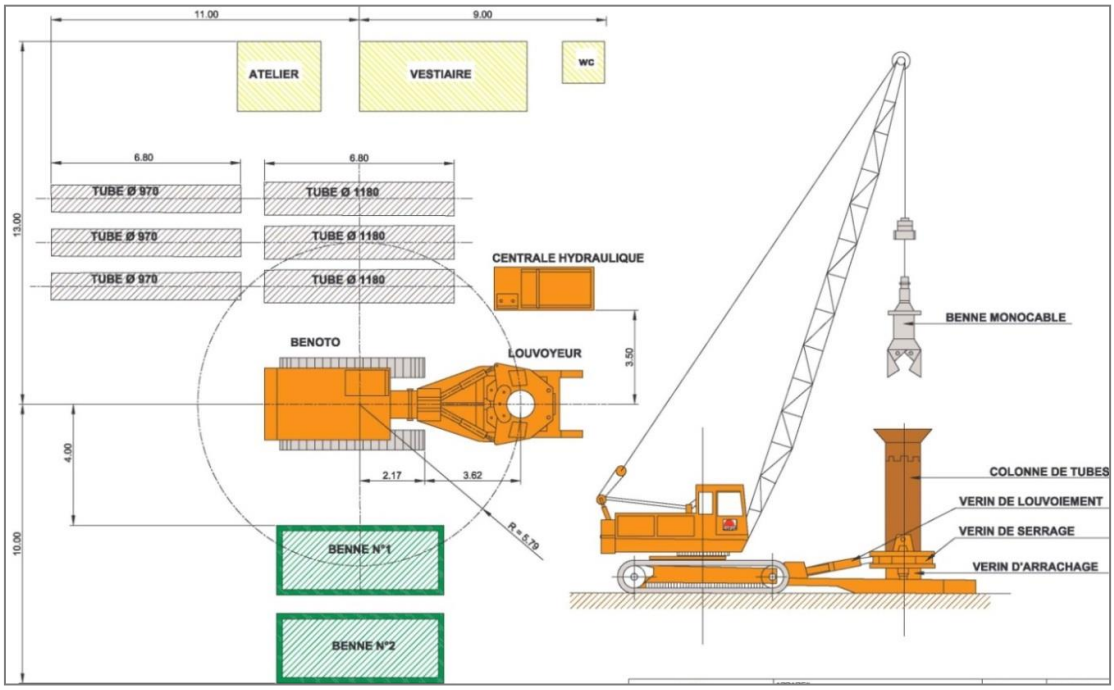


Figure 87 : Réalisation de l'avant-puits avec des moyens de forage légers

L'attaque du terrain se fait au moyen de coquilles ouvertes qui percutent le sol et remonte les déblais, coquilles fermées. L'ouverture et la fermeture des coquilles sont commandées par câble. L'outil est manœuvré au moyen d'un treuil principal et d'une potence. Parallèlement à l'extraction des déblais, le forage est tubé avec des tubes à verrouillage rapide qui sont enfoncés (ou retirés) au fur et à mesure de la perforation. Les mouvements verticaux de ce tubage sont assurés par des vérins de fonçage et d'arrachage. La puissance motrice de ce matériel est de l'ordre de 180 CV.

Les vibrations générées par ce type de matériel sont pratiquement inexistantes, le louvoiement s'effectuant à vitesse réduite et les seules vibrations induites sont celles de la coquille percutant le sol (un parallèle pouvant être fait avec le godet d'une pelleteuse).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 88 : Mise en place d'un tube guide par louvoiement et vue d'une coquille utilisée pour l'extraction des déblais

3.4.2 Réalisation des forages au Dogger

La technique du forage consiste à utiliser un outil qui détruit la roche sous l'effet du poids et de la rotation, on parle de forage destructif. Le forage utilise un trépan (ou outil), à dents ou monobloc, fixé à l'extrémité de tige de forage. On applique sur le trépan (Cf. Figure 89), entraîné en rotation, le poids de masses-tiges. Un fluide de forage (boue) est injecté en continu au niveau du trépan.

Les outils (drill bits) utiliseront des tricônes (Cf. Figure suivante), seront du type tricônes à dents ou, à picots et PDC (polycristalline diamond cutters) pour la phase 12''1/4, ces derniers, démontrant à l'usage des avancements rapides et des durées de vie prolongées, dans les formations sédimentaires du bassin parisien.

Les masses-tiges vissées au-dessus de l'outil sont prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage. Les tiges de forage, constituées de tubes vissés entre eux, assurent la transmission du mouvement de rotation et la circulation descendante du fluide de forage.

Le mouvement de rotation est obtenu soit par une table de rotation, qui entraîne une tige d'entraînement solidaire des tiges de forage, soit par une tête d'injection montée sur une glissière dans le mât. Le mât est la superstructure métallique montée à l'aplomb du puits qui permet la manutention des tiges et soutient leur poids.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le puits est foré par phases de diamètres décroissants et concentriques. A la fin de chaque phase, un tubage en acier est mis en place dans le puits puis cimenté à l'extrados jusqu'à la surface. En général, deux ou trois phases de forage sont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé. En fin de phase, des tubes acier sont descendus et un laitier ciment est injecté entre les parois du trou et le tube acier. Les cimentations des annulaires et entrefers, à l'exception de la cimentation innerstring (à travers tiges) de la phase tubée 24'', seront de type classique avec tête de cimentation, anneau ou float collar et sabot shoe), les ciments utilisés faisant appel à des laitiers de type classe G (d#1,8-2) pour les sabots et des ciments plus légers (d#1,2-1,4) pour les laitiers de tête.

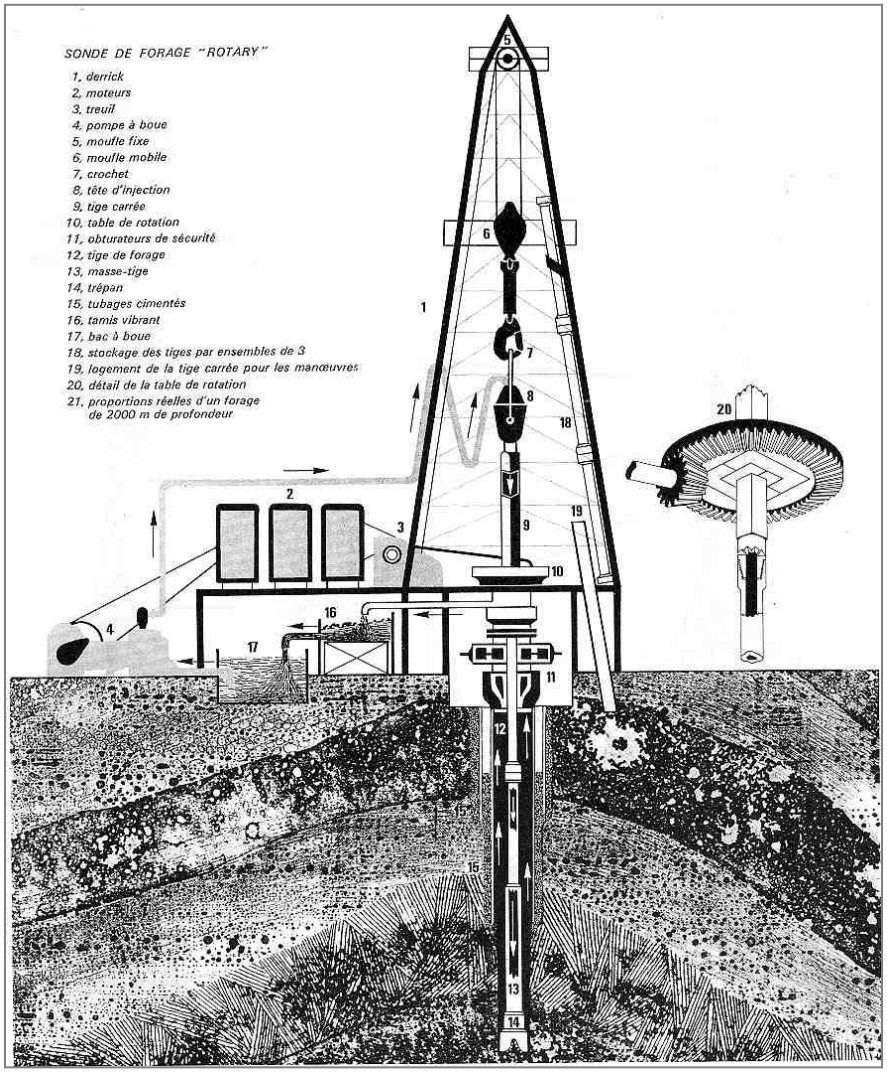


Figure 89 : Sonde de forage rotary (document ENSPM)

Le fluide de forage, constitué d'un mélange principal d'eau et de bentonite (argile naturelle) est utilisé en circuit fermé. Son rôle est de refroidir et lubrifier le trépan, maintenir les parois du trou, d'assurer la remontée des déblais de forage produit par l'action du trépan et de maintenir en place, par pression hydrostatique, les fluides présents dans les terrains aquifères. Il est injecté dans les tiges de forage par une pompe à haute pression.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.4.3 Machine mise en œuvre pour les travaux de forage

La réalisation du programme de forage, tel qu'il est défini au paragraphe 3.5 nécessite l'utilisation d'une machine de forage d'une capacité au crochet de l'ordre de 200 tonnes.

Les matériels disponibles des entreprises de forage françaises, nécessitent une emprise au sol idéale d'environ 75 mètres de longueur, pour une largeur d'environ 70 mètres, en incluant les bacs de stockage des effluents, la hauteur hors-tout du mât de ce type de machine est d'environ 40 mètres au-dessus du niveau du sol. L'emprise au sol des machines seule est d'environ 35 x 20 m.

Dans cette catégorie de matériel disponible auprès d'entreprises de forage françaises, on peut citer :

- Le SMP 101 (Cf. Figure 90) avec une hauteur de cette machine de 36,5 mètres au-dessus du niveau du sol.
- Le HH220 (Cf. Figure 91) avec une hauteur de cette machine d'environ 30,7 mètres au-dessus du niveau du sol.

Figure 90 : Emprise au sol de l'appareil SMP 101 (SMP)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

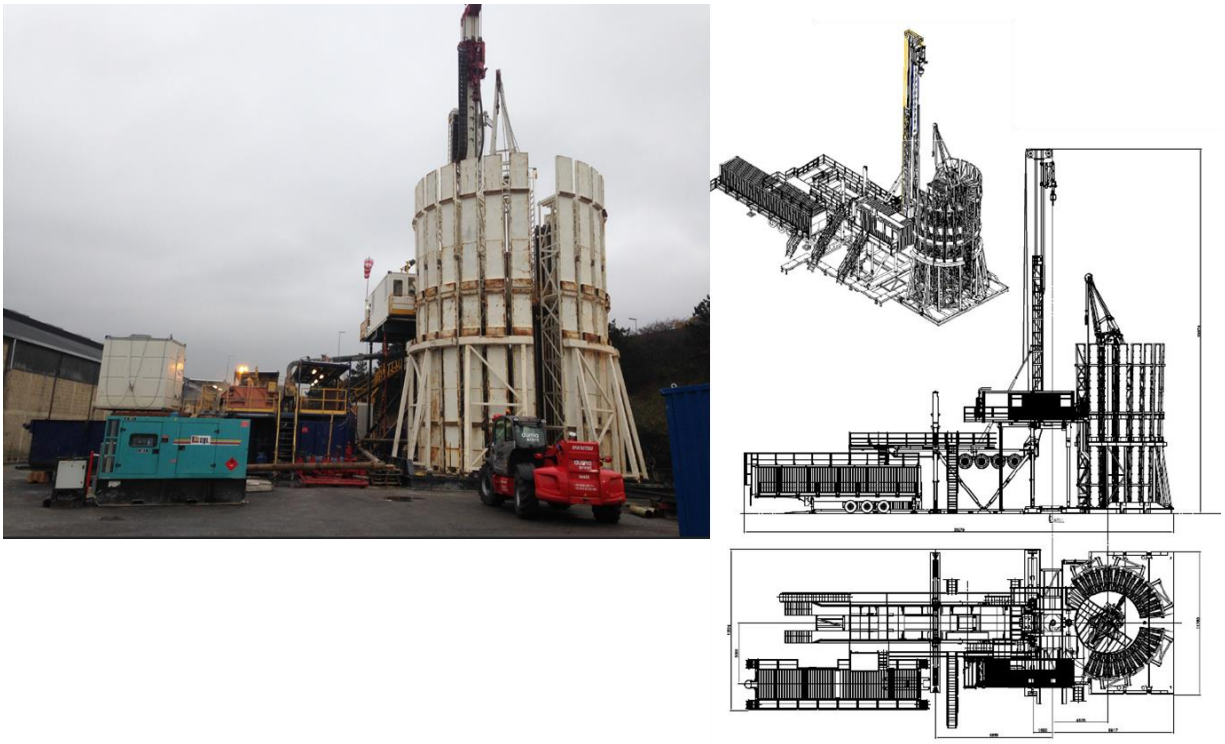


Figure 91 : Emprise au sol de l'appareil HH220 (Arverne Drilling)

3.5 Travaux de forage

3.5.1 Profils des puits et coupes techniques prévisionnelles

Pour rappel, la coupe géologique au niveau du secteur d'étude est présentée précédemment au chapitre 2.2.2 et les coupes techniques des futur puits présentées au chapitre 2.5.2.

Pour mémoire, l'ouvrage comporte une phase verticale suivie de deux phases durant laquelle l'inclinaison croît progressivement (jusqu'à environ 38,2° pour le puits producteur et environ 39,5° pour le puits injecteur). La troisième phase est réalisée en inclinaison stabilisée afin d'obtenir l'écartement souhaité en fonds de puits par rapport à la verticale.

3.5.2 Programme de forage des puits inclinés

Les programmes s'appliquent aux deux puits constituant le doublet ; ils ne sont pas conçus de la même façon. La chambre de pompage et la cote d'amorce de la déviation (KOP : Kick-Off Point) ne sont pas à la même profondeur.

Afin de limiter l'inclinaison finale et la prise en inclinaison dans les sables de l'Albien/Néocomien, le déplacement du puits producteur a été réduit afin de privilégier un déplacement plus important au puits injecteur et la prise en inclinaison limitée à 0,8°/10m. L'amorce de la déviation se fait à une profondeur moindre pour le puits injecteur pour lequel une section verticale plus courte peut être imposée en raison de l'absence de chambre de pompage.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

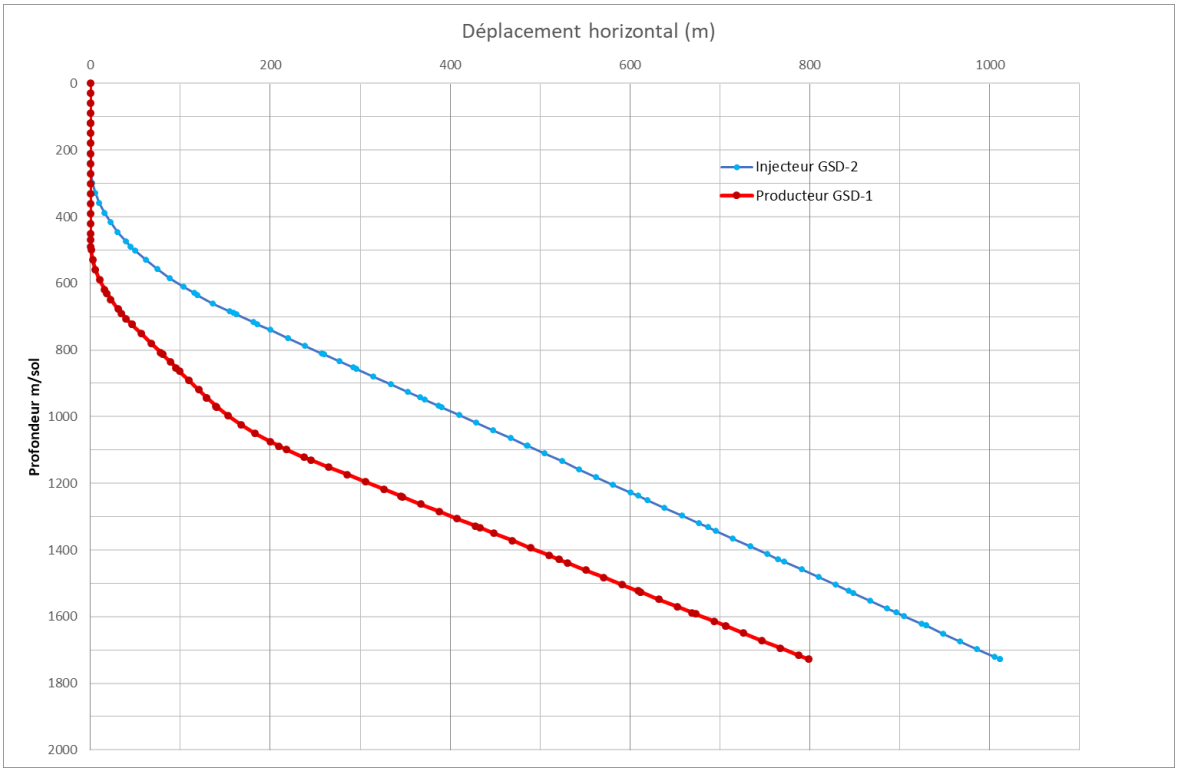


Figure 92 : Profil des puits du nouveau doublet de Saint-Denis

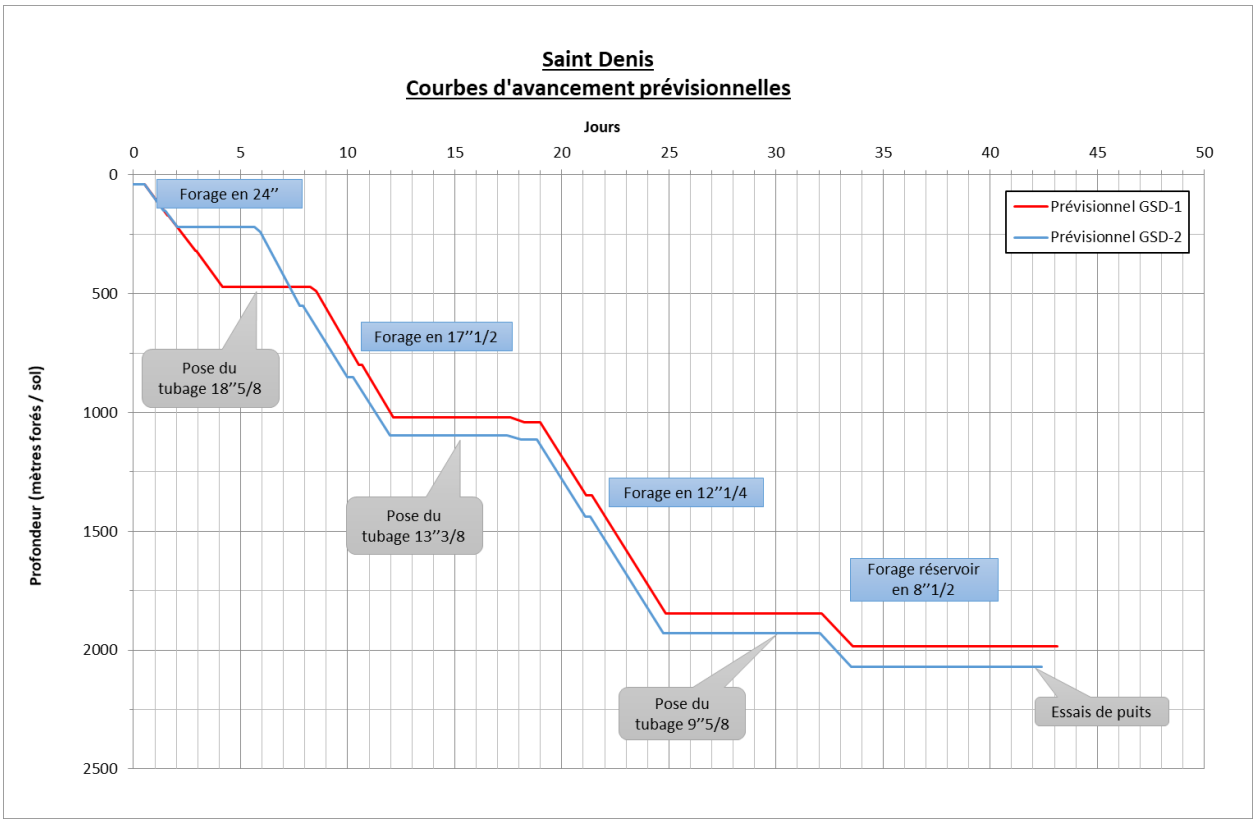


Figure 93 : Courbe d'avancement prévisionnelle des forages

Un programme de forage synthétique est présenté dans le tableau suivant.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Phase		Doublet au Dogger en acier
Avant-puits	Cote de forage	0 – 25 +/- 5 m
	Objectif	Ce tubage a pour objet la couverture des formations non consolidées de surface
	Détails des opérations	A réaliser lors des opérations de génie civil de la plateforme et en tout état de cause avant la mise en place de l'atelier de forage ; Mise en place d'un tube guide d'un diamètre intérieur de 711 mm.
24"	Cote de forage	25 m – 470 m forés environ pour le puits producteur et 25 m – 220 m forés environ pour le puits injecteur.
	Objectif	Cette phase a pour objet de couvrir les formations tertiaires, de manière à en isoler les aquifères exploités dans les environs du site pour l'alimentation en eau potable.
	Détails des opérations	- Forage en diamètre 24" (610 mm) jusqu'à pénétration dans la craie du Sénonien sur une profondeur de 100 mètres pour le puits injecteur et de 350 mètres dans la craie du Sénonien-Turonien pour le puits producteur ; - Mise en place dans le trou d'un tubage en acier au carbone (nuance API K55 ou équivalent), de diamètre extérieur 18"5/8 (K55 #87,5 , 473 mm) et d'épaisseur minimale de 11,1 mm ; - Cimentation à l'extrados de ce tubage sur toute sa hauteur par injection sous pression d'un laitier de ciment (cimentation par innerstring).
17"1/2	Cote de forage	470 m – 1020 m forés environ pour le puits producteur et 220 m – 1095 m forés environ pour le puits injecteur.
	Objectif	Cette phase permet de tuber complètement la phase de montée en inclinaison et d'assurer la protection de l'aquifère stratégique de l'Albo-Aptien.
	Détails des opérations	- Forage en diamètre 17"1/2 (444,5 mm) jusqu'à environ 975 mètres (profondeur verticale), i.e. 1020 et 1095 mètres de profondeur forée pour les puits producteur/injecteur ; - Amorce de déviation au moteur de fond avec un gradient d'augmentation de 0.8° à la cote de 490 m pour le puits producteur et à la cote de 240 m pour le puits injecteur ; - A partir de 935 m vertical pour le puits producteur et à partir de 695 m vertical pour le puits injecteur, le forage est en déviation stabilisée (38,2° et 39,5°) jusqu'à la pénétration d'une dizaine de mètres dans le Portlandien ; - Réalisation de diagraphies différées ; - Mise en place dans le trou d'un tubage en acier au carbone (nuance API K55 ou équivalent), de diamètre extérieur 13"3/8 (K55 #61 et 68 , 339,7 mm) et d'épaisseur minimale 10,9 à 12,2 mm entre la surface et 1020/1095 m forés pour les puits producteur/injecteur ;
12"1/4	Cote de forage	1020 m – 1845 m forés environ pour le producteur et 1095 m – 1930 m forés environ pour l'injecteur
	Objectif	Cette phase comprend le forage des formations du Jurassique Supérieur jusqu'au toit du réservoir du Bathonien pour s'achever par la mise en place du tubage de production.
	Détails des opérations	- Forage en diamètre 12"1/4 (311 mm) en déviation stabilisée jusqu'à la fin du Callovien, soit environ 1620 m verticaux (1845 m forés pour le puits producteur, et 1930 m forés pour le puits injecteur). - Réalisation de diagraphies différées - Mise en place dans le trou d'un tubage en acier au carbone de diamètre extérieur 9"$^{5/8}$ (K55 #47, 244,5 mm) et d'épaisseur minimale 12 mm.
Réservoir 8''1/2	Cote de forage	1845 m – 1983 m forés environ pour le puits producteur et 1930 m – 2070 m forés pour le puits injecteur
	Objectif	Cette phase comprend le forage de l'aquifère cible et sa mise en production
	Détails des opérations	- Forage en diamètre 8"$^{1/2}$ (215,9 mm) en déviation stabilisée, jusqu'à environ 1983 mètres forés pour le puits producteur et jusqu'à environ 2070 mètres forés pour le puits injecteur ; - Coupe du tubage 9"$^{5/8}$ vers 420 m de profondeur pour constituer la chambre de pompage pour le puits producteur uniquement ; - Enregistrement des diagraphies différées, stimulation et tests de production de fin de forage

Tableau 40 : Programme synthétique des opérations de forage à Saint-Denis

En outre, le maître d'œuvre transmettra à la DRIEAT, pendant les travaux de forage, un compte rendu détaillé du déroulement de l'opération à l'issue de chaque opération de cimentation des cuvelages (18''5/8'', 13''3/8', et 9''5/8) et avant le démarrage de la phase de forage suivante. Ce compte rendu comprendra *à minima* les éléments suivants :

- Nom du projet,

- Date / heure,

- Références de l'ouvrage,

- Maître d'ouvrage / maître d'œuvre,

- Appareil de forage / entrepreneur,

- Opérateur de cimentation,

- Opération de cimentation concernée (cote de fin de phase, cote sabot tubage),

- Volume théorique mis en œuvre (calcul),

- Composition de la colonne de cimentation (densités, cotes), schéma à l'appui le cas échéant,

- Descriptif sommaire des données techniques de l'opération (volumes, densités, débits, matériel et accessoires (DV, type de centreurs …) mis en œuvre,

- Contrôle visuel du retour de ciment au jour,

- Remarques.

Ce compte rendu a pour vocation d'attester du « bon déroulement des travaux ». Il ne se substitue pas aux contrôles de cimentation réalisés en différé à l'aide des outils dédiés (CBL/VDL, IBC ou équivalent), conformément au programme prévisionnel des travaux présenté dans le dossier.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.5.3 Programme de boue, de cimentation et de diagraphies

Les laitiers sont utilisés de la façon suivante :

- Le ciment allégé (préférence pour le ciment à la pouzzolane) pour le tubage 18''$^{5/8}$;
- Le ciment standard pour couvrir les aquifères stratégiques (Albien –Néocomien) jusqu'au toit des argiles du Gault et le ciment allégé au-dessus pour le tubage 13''$^{3/8}$;
- Le ciment standard pour couvrir les aquifères stratégiques (Lusitanien) jusqu'au toit du Kimméridgien et le ciment allégé au-dessus pour le tubage 9''$^{5/8}$.

Pour des raisons évidentes de prévention des communications entre aquifères et d'intégrité de l'ouvrage, la conception des puits et les cimentations annulaires feront l'objet d'une attention particulière.

Les fluides de forage évolueront des boues bentonitiques simples (BBS) à des formulations mixtes bentonitiques/polymères (BBA) cellulosiques/glycols, puis à des boues à eau salée ou à biopolymères dégradables dans le réservoir.

Le programme de diagraphie se décompose de la manière suivante :

- Après forage 24'' : Mesure OH de l'inclinaison Totco ;
- Après forage phase 17''1/2 : Gamma Ray CH 18''5/8 / Gamma Ray – Caliper OH 17''1/2 ;
- Après forage phase 12''1/4 : Gamma Ray – Caliper OH 12''1/4 / CBL/VDL/CCL et USIT CH 13''3/8 ;
- Après forage phase 8''1/2 : Trajectoire réservoir / Gamma ray / Caliper / porosité / neutron OH 8''1/2 / CBL/VDL/CCL et USIT CH 9''5/8 ;
- Pendant les essais : Flowmètre et PLT ;
- Après les essais : Mesure diamètre interne CH des tubages acier (Diamétreur multipalpeurs).

Les éléments relatifs au programme de boue de forage, de cimentation des tubages et des diagraphies de contrôle sont reportés dans le tableau suivant.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Phase	Toit - Mur (longueurs forées)	Tubages	Programme de boue	Programme de cimentation des tubages	Programme de diagraphies
Phase de forage 24"	P : 25 - 470 m I : 25- 220 m	18"5/8 0 à 470 m (P) 0 à 220 m (I)	Boue bentonitique simple La chaîne d'élimination des solides sera utilisée au maximum	- Cimentation au terrain sur toute sa hauteur par injection sous pression à travers les tiges de forage connectées au sabot (innerstring). - Laitier de ciment à la pouzzolane ou de densité 1,6. - Cimentation complémentaire si nécessaire entre le tube 18"5/8 et le tube guide (même laitier que précédemment).	-Mesure de l'inclinaison par Totco (ou autre équipement équivalent), complétée si besoin d'une mesure gyroscopique du fond à la surface ; - Gamma Ray en fin de phase depuis la surface, cette mesure étant réalisable à travers le tubage 18"5/8 pour la partie supérieure. - Diamétreur orienté de référence des tubages 13"3/8 (pour le contrôle des mesures d'orientation - inclinaison et l'évaluation du volume de laitier nécessaire pour la cimentation du tubage 13"3/8.
Phase de forage 17"1/2	P : 470 – 1020 m I : 220 m – 1095 m	13"3/8 de : 0 à 1020 m (P) 0 à 1095 m (I)	Boue bentonitique améliorée aux polymères La chaîne d'élimination des solides sera utilisée au maximum	- Laitier de ciment classe G (>1,88) en pied de tubage, laitier allégé (densité 1,2 à 1,4) en tête. - Cimentation complémentaire si nécessaire entre le tube 13"3/8 et le tube 18"5/8 (même laitier que précédemment).	
Phase de forage 12"1/4	P : 1020-1845 m I : 1095-1930 m	9"5/8 de 0 à 1930 m (I) et 420 m à 1845 m (P)	Boue aux polymères cellulosiques biodégradables Utilisation de carbonate de potassium pour l'inhibition des argiles La chaîne d'élimination des solides sera utilisée au maximum.	Cimentation étagée : - 1er étage : du sabot au milieu du Kimméridgien : laitier de ciment API classe G (>1,88), - 2ème étage : du milieu du Kimméridgien à 420 m pour le producteur et jusqu'à la surface pour l'injecteur: laitier de ciment allégé (1,2 à 1,4).	- Gamma Ray en fin de phase avec recouvrement sur la phase précédente. - Diamétreur à 4 bras indépendants (géométrie du trou) pour contrôle des mesures d'orientation – inclinaison et évaluation du volume de laitier nécessaire pour la cimentation du tubage 9"5/8. - Diagraphie de contrôle de cimentation (CBL et/ou USIT) du tubage 13"3/8.
Phase de forage 8"1/2	P : 1845-1983 m I : 1930–2070 m	Pas de tubage	Boue aux polymères biodégradables	Pas de cimentation	- Diagraphies combinées de porosité (densité des formations) et radioactivité naturelle pour identifier les niveaux producteurs. - Flowmétrie, Thermométrie. - Diamétreur à 4 bras indépendants pour évaluer la géométrie du trou et interprétation de la flowmétrie et mesure de la déviation -inclinaison, azimuth). - Diagraphie de contrôle de la cimentation du tubage 9"5/8 (CBL et/ou USIT). - Diamétreur de référence multibras (MIT) des tubages 13 ⅜" x 9 ⅝" sur GSD-1 et 9 ⅝"sur GSD-2

Tableau 41 : Résumé des programmes de tubage, boue, cimentation et diagraphie des travaux de forage au Dogger

Rapport 21 CFG 85 /VA
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.
MD 01 VE_Rapport_Note Technique

3.5.4 Programme des essais de production

Les mesures et essais comprendront :

- des diagraphies différées de découvert (Open Hole, OH), de caractérisation des lithologies des terrains traversés, de géométrie du trou, et de porosité des formations réservoir,
- des mesures de production (débitmétrie et thermométrie du découvert, essais de puits et enregistrement des pressions de fond),

A la fin des opérations de forage, il est prévu de stimuler le réservoir par acidification.

Le nombre d'acidifications sera fonction de l'augmentation de la productivité du puits après chaque opération. Chaque opération d'acidification consistera à injecter, sous BOP, au niveau des couches productrices, un volume d'acide.

Après stimulation du puits, il sera procédé à la réalisation des essais de production qui permettront de caractériser la productivité des puits et les caractéristiques hydrodynamiques réelles du réservoir au droit de GSD-1 et GSD-2.

Il sera demandé un nombre minimum de deux opérations par puits et un nombre maximal de quatre opérations par puits.

Des tests de production seront mis en œuvre après stimulation du réservoir. Cette dernière intervention constituera les données de réception de l'ouvrage et permettra de caractériser l'état initial de l'ouvrage avant exploitation. Ces données initiales permettront de suivre l'évolution des caractéristiques du puits au cours du temps.

Les puits seront ouverts à la totalité du débit mesuré à la fin des opérations de stimulation par acidification. La production du puits pourra être assistée par un dispositif de soufflage (ou air lift) afin d'obtenir un débit suffisant le cas échéant.

La durée de production est estimée à 12 heures. Après réalisation de la thermométrie et débitmétrie des niveaux producteurs et des acidifications, la sonde sera mise en sécurité à l'intérieur du tubage et positionnée au niveau du sabot 9''5/8 pour mesurer la pression et la température de fond.

Les puits seront ensuite fermés pour acquisition de la remontée de pression. Cette phase aura une durée prévisionnelle de 12 heures.

Des tests de réinjection par paliers seront réalisés à la fin de la phase de remontée pour le puits injecteur GSD-2.

Ensuite la sonde de diagraphie sera remontée et le puits sera conditionné et mis en sécurité par injection de saumure, d'antioxydants, d'inhibiteur de corrosion et de bactéricide sur tout le volume du puits.

3.5.5 Programme d'échantillonnage des déblais

Pendant le forage, des échantillons de terrain seront prélevés tous les 2,5 à 5 mètres, observés à la loupe binoculaire et décrits par le géologue qui établira la coupe lithologique des terrains traversés, selon une fréquence adaptée à l'avancement.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Au toit des formations « repère » pour les cotes d'arrêt, la fréquence sera accentuée à un échantillon par mètre foré.

La partie réservoir (Bathonien) sera échantillonnée selon une fréquence qui ne pourra être inférieure à un échantillon tous les 2,5 mètres.

La coupe géologique sera établie de la surface à la base du forage, dans les calcaires du Dogger-Bathonien.

3.5.6 Durée prévisionnelle des travaux de forage

La durée d'un forage (hors travaux préparatoires de génie civil) est estimée à environ **43 jours par puits,** sur la base d'un travail effectué en 3 postes par jour :

- Phase 24" : 6 jours ;
- Phase 17"1/2 : 13 jours ;
- Phase 12"1/4 : 16 jours ;
- Phase 8"1/2 et essais : 8 jours.

L'occupation prévisionnelle de la parcelle dédiée aux futurs travaux de forage (hors travaux de dépollution et confortement des sols) est estimée à environ 257 jours pour le doublet hors travaux de surface particuliers (Cf. Tableau ci-dessous).

Tâches	**Durée (Jours calendaires)**
Préparation de la plateforme de forage (viabilisation, génie-civil et réalisation caves, dalles et avant puits)	120 jours
Installation de la machine de forage	8 jours
Forage du puits producteur et essais	43 jours
Ripage de la machine de forage	5 jours
Forage du puits injecteur et essais	43 jours
Repli appareil de forage	8 jours
Remise en état du site	30 jours

Tableau 42 : Durée d'occupation prévisionnelle de la parcelle dédiée aux travaux de forage

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.5.7 Organisation générale du chantier

3.5.7.1 *Supervision des travaux*

Le maître d'œuvre sous-sol CFG sera notamment chargé de veiller au respect du programme de forage et s'assurera de la bonne conduite des opérations suivantes :

- Les travaux de préparation de la plateforme et de sécurisation des accès,
- Le respect de la réglementation et notamment des dispositions relatives à la protection de la santé humaine,
- Des côtes d'arrêt des différentes phases de forage,
- De la supervision des diagraphies,
- De la supervision des tests de fin de forage (acidifications et test longue durée),
- La remise en état du site.

3.5.7.2 *Horaires de travail*

Pour les opérations concernant les phases de forage et de test, le fonctionnement du chantier est prévu en continu :

- Les activités seront organisées par équipes postées, 3 postes de 8 heures, 7 jours sur 7 avec des demandes d'autorisation de travail le dimanche ;
- Les périodes de récupération seront organisées pour maintenir les durées de travail dans les limites définies par le Code du travail.

Les autres opérations s'effectueront selon un régime horaire classique de 8 heures par jour, 5 jours sur 7, sauf situations exceptionnelles de courtes durées qui seront gérées, le cas échéant, dans le respect du Code du travail (par exemple lors d'une opération de diagraphie, intervention urgente ou cas d'alarme pendant le week-end…).

3.5.7.3 *Effectifs sur site*

Toutes entreprises confondues, l'effectif présent en permanence sur le site est en général de 20 personnes :

- Entreprise de forage : maximum 10 personnes présentes sur le site simultanément sauf situation exceptionnelle de courte durée (mobilisation et démobilisation de la machine de forage, problème mécanique ou électrique) ;
- Sous-traitants divers (vissage des tubages, transporteurs, opérateurs diagraphie, cimentation, acidification...) : maximum de 10 personnes présentes simultanément sur le site sauf situation de relève d'équipe ;
- Personnel d'encadrement et de supervision (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, superviseurs…) : 2 personnes maximum simultanément sur le site sauf pour les réunions de chantier (5 personnes maximum).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.5.8 Remise en état du site

Après le démontage du matériel de forage, quatre semaines sont prévues pour la remise en état du site par une entreprise spécialisée selon les souhaits du maitre d'ouvrage et les contraintes environnementales.

La remise en état du site comprendra :

- la démolition des dalles en béton de stockage ou du bassin décanteur/corral et l'évacuation des matériaux de démolition ;
- la préparation et le décompactage du sol selon l'aménagement final du site (Cf. Figure 226) ;
- la remise en place des matériaux et mobiliers déplacés ;
- le démontage de la clôture si besoin la remise en forme identique à la topographie d'origine ;
- La dalle en béton armé d'épaisseur 0,3 m, destinée à accueillir la sous-structure de la machine de forage sera conservée à l'issue des travaux.

A l'issue des travaux de forage, la seule partie visible des installations se limitera aux caves en béton sous lesquels seront enterrés les têtes de puits (en orange Cf. Figure suivante). Une plateforme décorative d'environ 500 m² (surface rouge) recouvrira les têtes de puits et la dalle béton.

Une zone de servicing de 1 100 m² (en violet) sera conservé autour des têtes de puits pour les opérations de maintenance, sans aucune construction ni arbre.

Cette zone sera accessible au public et les caves de puits enterrées sera signalée par un marquage au sol.

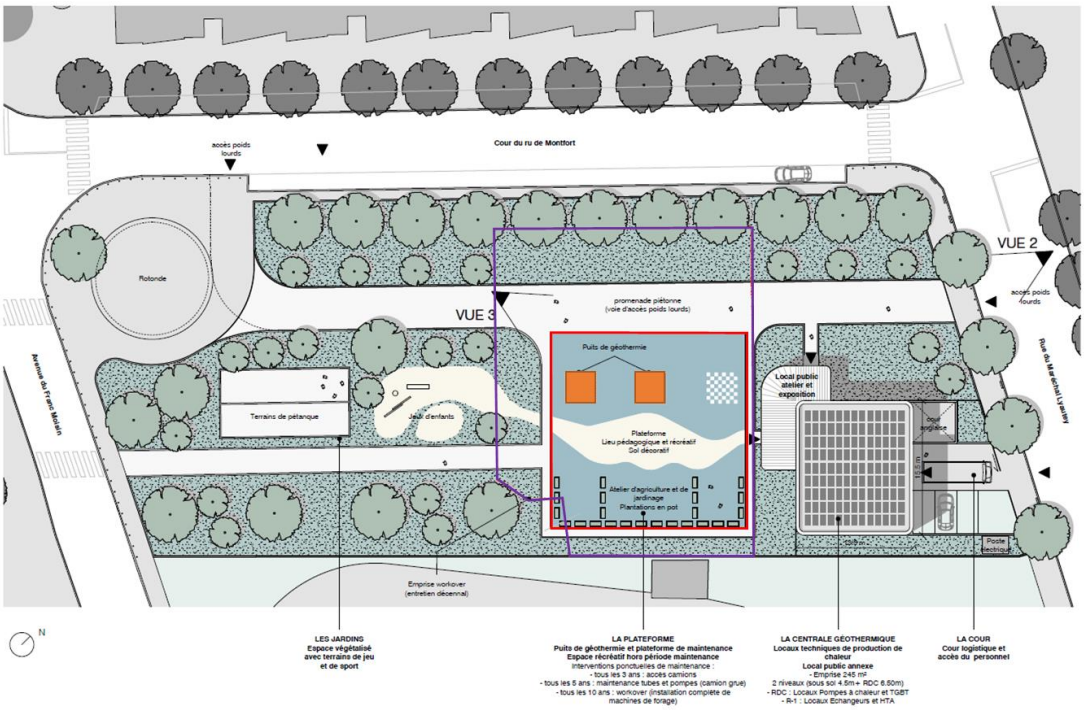


Figure 94 : Emplacement et projection des futures têtes de puits dans le cadre définitif du projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.6 Fonctionnement du doublet et dimensionnement des moyens de pompage

La boucle géothermale, ou circuit primaire, sera conforme au schéma minier du doublet de forage, représenté sur la Figure 76 , qui combine un puits producteur et un ouvrage injecteur repompant l'eau géothermale refroidie après échange de chaleur en surface, dans le réservoir source.

La chaleur récupérée au secondaire de l'échangeur géothermal et la pompe à chaleur sera distribuée au réseau de chaleur via des pompes de circulations et des sous-stations.

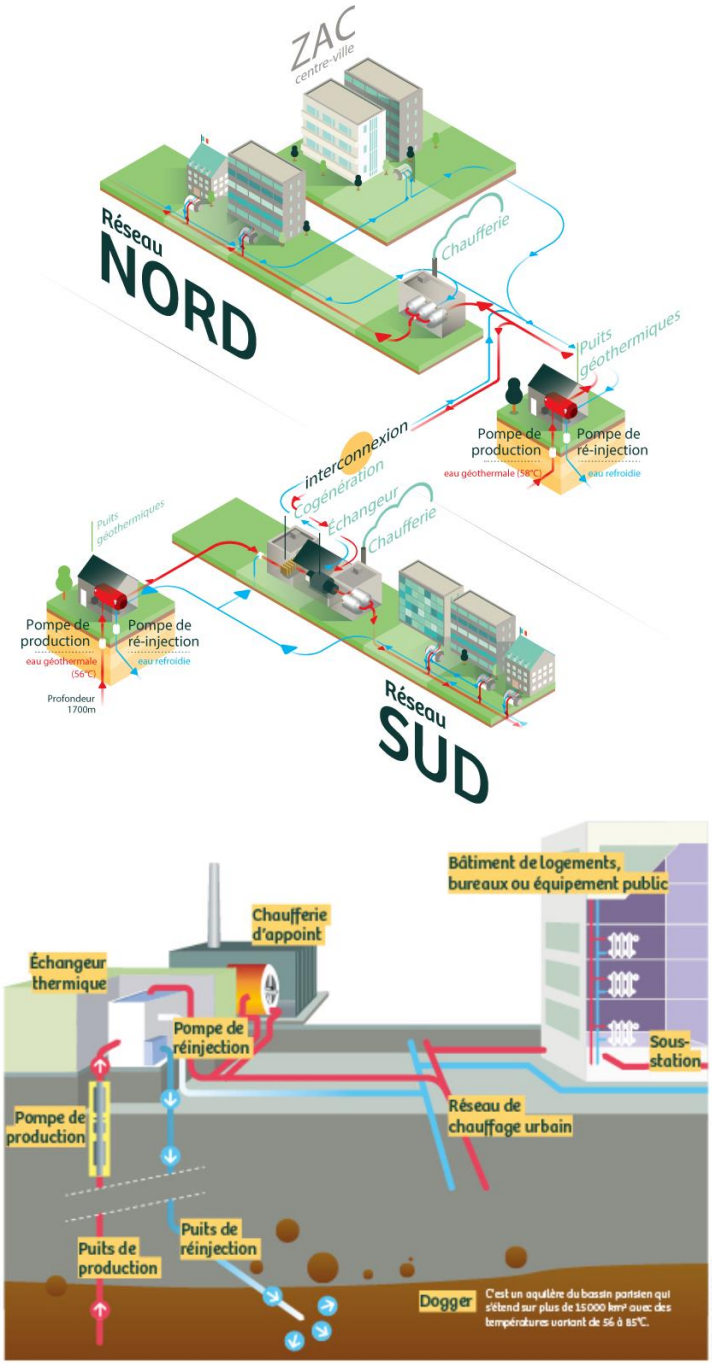


Figure 95 : Principe de fonctionnement du réseau de la Courneuve avec deux doublets au Dogger (SMIREC) et d'une boucle géothermale (ADEME)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.6.1 Descriptif des équipements constitutifs de la boucle géothermale

Les équipements nécessaires à la mise en production de la boucle géothermale sont décrits succinctement par sous-ensembles fonctionnels, depuis le puits d'exhaure jusqu'au puits d'injection dans le Tableau 43. Dans ce tableau sont présentées, également, les durées de vie moyenne des équipements, données d'entrée indispensables à l'évaluation des coûts de gros entretien. Les échangeurs de chaleur constituent la limite entre la boucle géothermale et la boucle géothermique.

Les spécifications techniques des équipements seront déterminées pour un fonctionnement au débit maximum de 320 m^3/h et une température d'exhaure de 56,5 ± 1°C en tête de puits.

Les sous-ensembles fonctionnels sont les suivants :

- ❖ Pour ce qui concerne les équipements du sous-sol (jusqu'en têtes de puits) :
  - Un dispositif de traitement anticorrosion en fond de puits.
  - Une colonne d'exhaure.
  - Un groupe électropompe de production immergée.
- ❖ Pour ce qui concerne les équipements situés en surface (boucle géothermale) :
  - Une station d'injection du traitement anticorrosion.
  - Des conduites de surface, filtres et robinetterie jusqu'aux échangeurs de chaleur.
  - Des équipements électriques d'alimentation du groupe de pompage de réinjection depuis le Tableau Général Basse Tension (TGBT).
  - Des échangeurs de chaleur à plaques.
  - Un groupe de pompage de réinjection.
  - Des conduites de surface et robinetterie entre les échangeurs et la tête de puits d'injection.
  - Une régulation et un contrôle des puits, des installations de surface et du fluide.

Compte tenu des contraintes du fluide géothermal (corrosion et dépôts) et des conditions de fonctionnement (encombrement des forages, profondeur d'immersion liée au rabattement, température et débit), les équipements de pompage immergés utilisés en géothermie pour l'eau du Dogger sont issus de la technologie pétrolière réputée puissante et robuste pour ce type d'application.

Les caractéristiques des équipements fixes de la boucle géothermale (puits, dispositif de traitement anti-corrosion, conduite de surface, échangeurs) sont déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale, traitements anti-dépôts et corrosion) et limiter les pertes de charge.

Les caractéristiques des éléments mobiles de la boucle géothermale (pompes et variateurs associés) sont déterminées pour réguler la production d'eau géothermale en fonction des besoins en chaleur.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Sous-ensembles fonctionnels	Fonction	Fréquence de Renouvellement* (*valeurs indicatives)
Dispositif d'injection de traitement anti-corrosion au puits producteur – Station de traitement associée	Lutte contre les phénomènes de corrosion et dépôts au niveau des équipements de complétion, des puits et des installations de surface	10 ans
Groupe électropompe immergé de production (GEI)	Relevage de l'eau géothermale, Assurer le débit de production au-delà du débit artésien. Maintenir une pression minimale en tête de puits (pression de dégazage).	5 ans
Colonne d'exhaure	Assurer la liaison entre l'électropompe immergée et la surface	10 ans
Régulation et contrôle des puits, des installations de surface et du fluide	Régulation des pressions et des débits en fonction des besoins, Sécurité et Contrôle des paramètres du fluide	10-15 ans
Equipements électriques d'alimentation depuis le tableau TGBT	Alimentation électrique du groupe de pompage, Entrainement du groupe à vitesse variable en fonction du débit et de la pression "point de bulle"	20 ans
Filtration réseau géothermal	Elimination des éléments pouvant réduire la durée de vie des échangeurs.	15-20 ans
Echangeurs de chaleur à plaques titane	Transférer l'énergie thermique du fluide primaire (réseau géothermal) au fluide secondaire (réseau géothermique).	20 ans
Pompage de réinjection, équipements électriques d'alimentation depuis le TGBT	Réinjecter la totalité du volume extrait et Vaincre les pertes de charge cumulées des tubages et du réservoir	20 ans
Conduites de surface et robinetterie	Transport du fluide sous pression et Maintien de la température.	30 ans
Réseaux d'eau géothermale de surface	Relier les deux forages du doublet en traversant l'échangeur de chaleur	30 ans

Tableau 43 : Description sommaire des équipements de complétion de la boucle géothermale

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La durée de vie des équipements d'une boucle géothermale va dépendre de plusieurs facteurs : la qualité des matériels à l'achat, le choix de matériaux appropriés à la corrosivité du fluide géothermal (alliages nobles), la maintenance et conduite des équipements et l'efficacité des traitements anti-corrosion. Leur dimensionnement est tel qu'il permet d'anticiper sur une possible dégradation des caractéristiques des puits par augmentation des pertes de charge.

Le Tableau 44 rassemble les données techniques relatives à chaque équipement. Le futur doublet sera équipé de moyens de production et de traitement des fluides spécifiques au Dogger.

3.6.2 Caractéristiques hydrauliques des puits

Dans le cadre de l'étude de faisabilité, ont été déterminées les courbes caractéristiques, la consommation électrique et le bilan énergétique de la boucle géothermale pour le doublet avec une architecture classique et tubages en acier au carbone.

Compte tenu de la forte variabilité des paramètres hydrodynamiques du réservoir dans le secteur d'étude, les hypothèses prises en compte pour le dimensionnement des moyens de pompage du nouveau doublet sont les suivantes :

Les hypothèses prises en compte pour le dimensionnement des moyens de pompage du nouveau doublet sont les suivantes :

- Mode d'exploitation par pompage immergé ;
- L'indice de productivité et d'injectivité du réservoir est compris entre 10 m^3/h/bar (hypothèse basse) et 20 m^3/h/bar (hypothèse haute) ;
- La température de production en tête de puits est estimée à 56,5°C ;
- La pression artésienne est estimée à 9 bars à 56,5°C ;
- La pression de réinjection a été considérée à 25°C ;
- La pression artésienne au puits de réinjection est estimée à 7 bars à 25°C ;
- La caractéristique de production prend en compte également la perte de charge liée à la présence dans le puits d'un tubing d'injection de produit inhibiteur de corrosion de diamètre extérieur 16 mm (Tube Continu de Traitement en Fond de Puits – TCTFP) ;
- Une colonne d'exhaure d'une longueur de 300 mètres et d'un diamètre de 200 mm ;
- Des rendements et pression de régulation estimés.

Le dimensionnement définitif des équipements de surface dépendra des résultats des essais de production et de réinjection réalisés en fin de travaux de forage et des premières tendances qui seront observées à la mise en service du doublet.

La profondeur d'immersion finale de la pompe sera ajustée en fonction des résultats des essais à la mise en service du doublet.

A noter que le débit minimal de fonctionnement des pompes sera ajusté en fonction des caractéristiques du réservoir finales pour couvrir la plus grande gamme de débit au meilleur rendement possible.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Tableau 44 : Descriptif des équipements de la boucle géothermale du doublet

Sous-ensembles fonctionnels			Caractéristiques techniques principales	Spécifications préliminaires
A	Dispositif d'injection de traitement anti-dépôt au niveau de la chambre de pompage, station de traitement associée.		- Tubing en acier allié base Nickel revêtu (protection contre la corrosion) diamètre extérieur ≈ 16 mm. Lest injecteur avec diffuseur. - Station d'injection en surface (pompe doseuse, cuve de stockage, armoire électrique de contrôle et asservissement).	- Manœuvrabilité - Résistance mécanique à la pression et à la traction - Résistance chimique à l'eau géothermale - Faible diamètre extérieur pour limiter les pertes de charge dans le puit.
B	B1	Groupe électropompe immergé (GEI) et colonne d'exhaure	- Débit minimum et maximum : 150 à 320 m^3/h, - H.M.T min et max : 240 à 406 m, - Puissance électrique côté EDF: max 600 kW. - Colonne d'exhaure en DN 200 mm intérieur minimum d'une longueur de 220 à 380 m,	- Encombrement réduit - Résistance mécanique à la pression et chimique à l'eau géothermale - Etanchéité à l'immersion à une profondeur de 400 m - Tenue à une température de 58 ±1°C.
	B2	Equipements électriques d'alimentation depuis le TGBT	- Transformateur électrique élévateur - Variateur de fréquence avec filtre	- Haute qualité du courant et de la tension délivrés aux équipements électriques immergés (emploi de filtres sinus).
C	Conduites de surface et robinetterie jusqu'à l'échangeur de chaleur		- Conduites de surface Schedule : DN250 minimum, et robinetterie PN 25-30 bars, et robinetterie inox et (ou) portées stellitées - Filtres à panier ou filtres cycloniques en Centrale avec tamis 200 µm< < 1 mm. Dispositif de nettoyage par by-pass.	- Débit géothermal de 320 m^3/h et une pression nominale en tête de puits d'exhaure à préciser après détermination du point de bulle - Assemblage par brides des différents équipements (compteur débitmètre, filtres, clapets) pour faciliter le montage et le démontage.
D	Echangeur de chaleur à plaques		- Echangeur à plaques en titane ou inox d'une épaisseur minimale des plaques de 0,8 mm - Géométrie des plaques et joints en accord avec les contraintes de variations de pressions et de température en cours d'exploitation.	- Résistance à la corrosion et au percement - Résistance à l'encrassement par le choix d'un écartement suffisant entre plaques et Surface d'échange majorée pour tenir compte de l'encrassement surfacique des plaques - Faibles pertes de charge au débit nominal d'exploitation de 320 m^3/h (~ 1b).
E	Groupe de pompage de réinjection et équipements électriques d'alimentation depuis le TGBT		- Débit minimum et maximum : 150 à 320 m^3/h, - H.M.T minimum et maximum : 230 à 391 m. - Puissance électrique côté EDF : max 500 kW, - Variateur de fréquence. avec éventuellement un filtre	- Démontage facile de l'hydraulique et du moteur lors des opérations de maintenance - Groupe de pompage horizontal à garniture mécanique d'étanchéité lubrifiée à l'huile - Résistance mécanique à la pression et chimique à l'eau géothermale
F	Conduites de surface et robinetterie entre pompe d'injection et tête de puits d'injection		- Conduites de surface Schedule : en DN 250 et la robinetterie, PN 25-30 bars, pour les conduites et robinetterie tout inox et ou portées stélitées	- Débit géothermal de 320 m^3/h et une pression nominale en tête de puits de 30 à 45 bars - Assemblage par brides des différents équipements pour faciliter le montage et le démontage.
G	Régulation et contrôle des puits, des installations de surface et du fluide		- Capteurs, pressostats et doigts de gant adaptés à la température et à la pression - Option : Dispositif de suivi de l'intégrité de l'acier par coupons témoins.	-

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

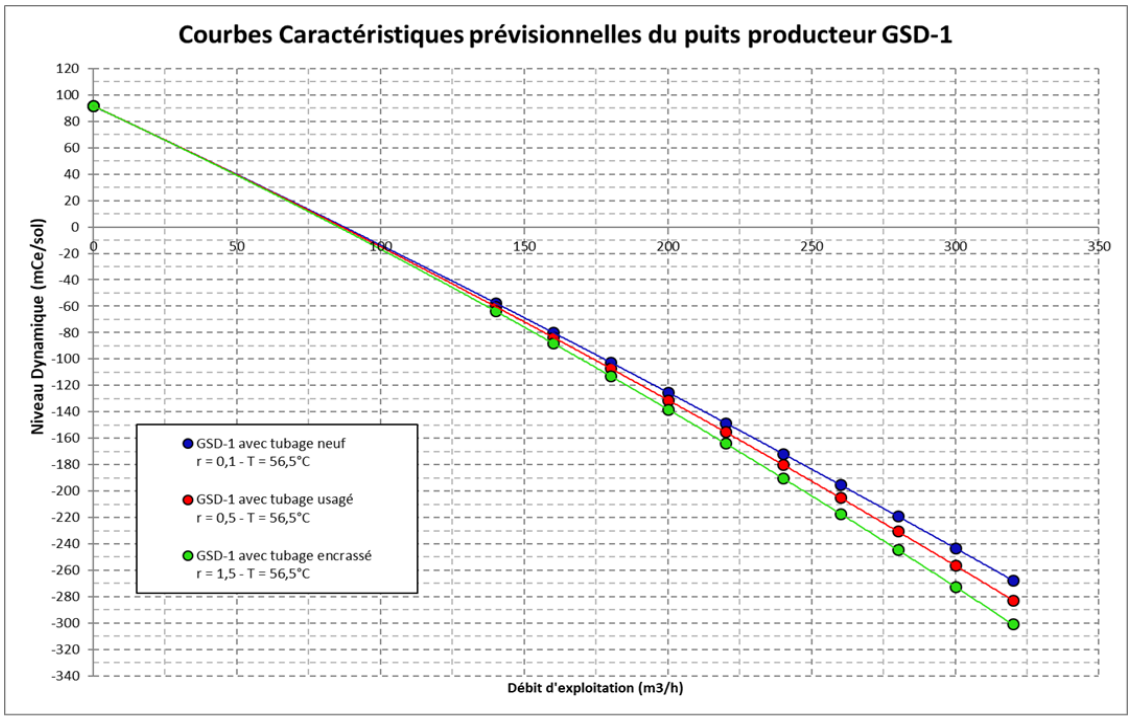
3.6.2.1 *Caractéristiques de production*

Les courbes caractéristiques prévisionnelles du puits producteur sont présentées ci-dessous en fonction de la rugosité de l'intrados des casings (tubage neuf, usagé et encrassé) et en hypothèses basse (Cf. Figure 96) et haute (Cf. Figure 97). Elles présentent l'estimation du niveau dynamique (rabattement) au puits producteur en fonction du débit d'exploitation et de l'indice de productivité.

Le niveau dynamique prévisionnel du puits de production à 320 m^3/h est compris entre :

- -268 mCe/sol et -301 mCe/sol selon la valeur de rugosité choisie, dans le cas de l'hypothèse basse de productivité.
- -105 mCe/sol et -138 mCe/sol selon la valeur de rugosité choisie, dans le cas de l'hypothèse haute de productivité.

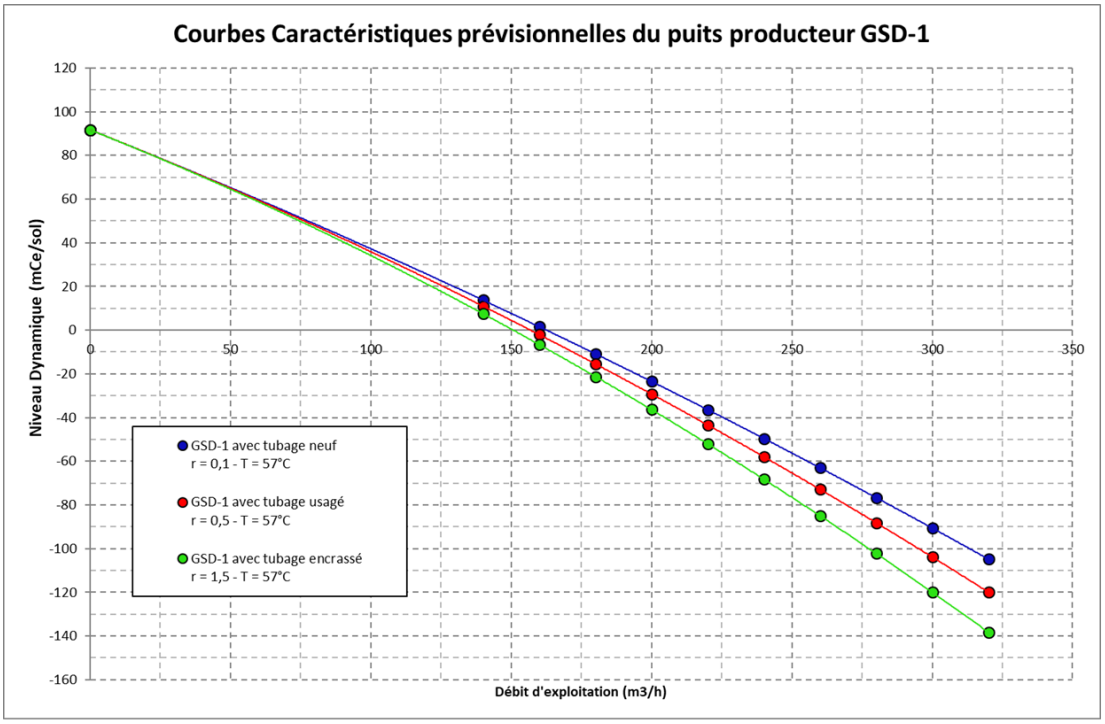
Dans le cas où la productivité du réservoir serait proche de l'hypothèse basse, l'aspiration de l'hydraulique du groupe de pompage serait localisé autour de 400 mètres de profondeur. Compte tenu de la profondeur prévisionnelle de la chambre de pompage (420 m/sol), le débit maximal pourra atteindre les 320 m^3/h. Toutefois cela laissera une faible marge de sécurité pour anticiper l'impact hydraulique des opérations voisines et anticiper une éventuelle dégradation de la caractéristique hydrodynamique de l'ouvrage producteur. Cette configuration ne sera pas suffisante pour anticiper un futur rechemisage (intégral ou partiel) du puits.



Débit d'exploitation (m^3/h)		0	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
Niveau Dynamique (mCe/sol)	GSD-1 avec tubage neuf r = 0,1 - T = 56,5°C	92	-58	-80	-102	-125	-148	-172	-195	-219	-243	-268
	GSD-1 avec tubage usagé r = 0,5 - T = 56,5°C	92	-60	-83	-107	-131	-155	-180	-205	-231	-256	-283
	GSD-1 avec tubage encrassé r = 1,5 - T = 56,5°C	92	-64	-88	-113	-138	-164	-190	-217	-245	-272	-301

Figure 96 : Niveau hydrodynamique au puits producteur GSD-1 – Hypothèse basse

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



Débit d'exploitation (m^3/h)		0	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
Niveau Dynamique (mCe/sol)	GSD-1 avec tubage neuf r=0,1-T=57°C	92	14	2	-11	-23	-36	-50	-63	-77	-91	-105
	GSD-1 avec tubage usagé r=0,5-T=57°C	92	11	-2	-15	-29	-43	-58	-73	-88	-104	-120
	GSD-1 avec tubage encrassé r=1,5-T=57°C	92	8	-7	-21	-36	-52	-68	-85	-102	-120	-138

Figure 97 : Niveau hydrodynamique au puits producteur GSD-1 – Hypothèse haute

Pour une hypothèse haute de l'indice de productivité, le niveau dynamique prévisionnel du puits de production à 320 m^3/h est compris entre -105 mCe/sol et -138 mCe/sol selon la valeur de rugosité retenue.

Pour l'hypothèse haute de productivité, au débit de 320 m^3/h, le niveau dynamique se situe à -120 m/sol environ pour des tubages usagés ce qui conduit à implanter l'aspiration de l'hydraulique du GEI à environ 240 mètres de profondeur. La marge de sécurité de 180 mètres environ reste suffisante pour anticiper une éventuelle dégradation de la caractéristique hydrodynamique de l'ouvrage producteur et même un rechemisage intégral.

La profondeur d'immersion finale de la pompe sera ajustée en fonction des résultats des essais de puits.

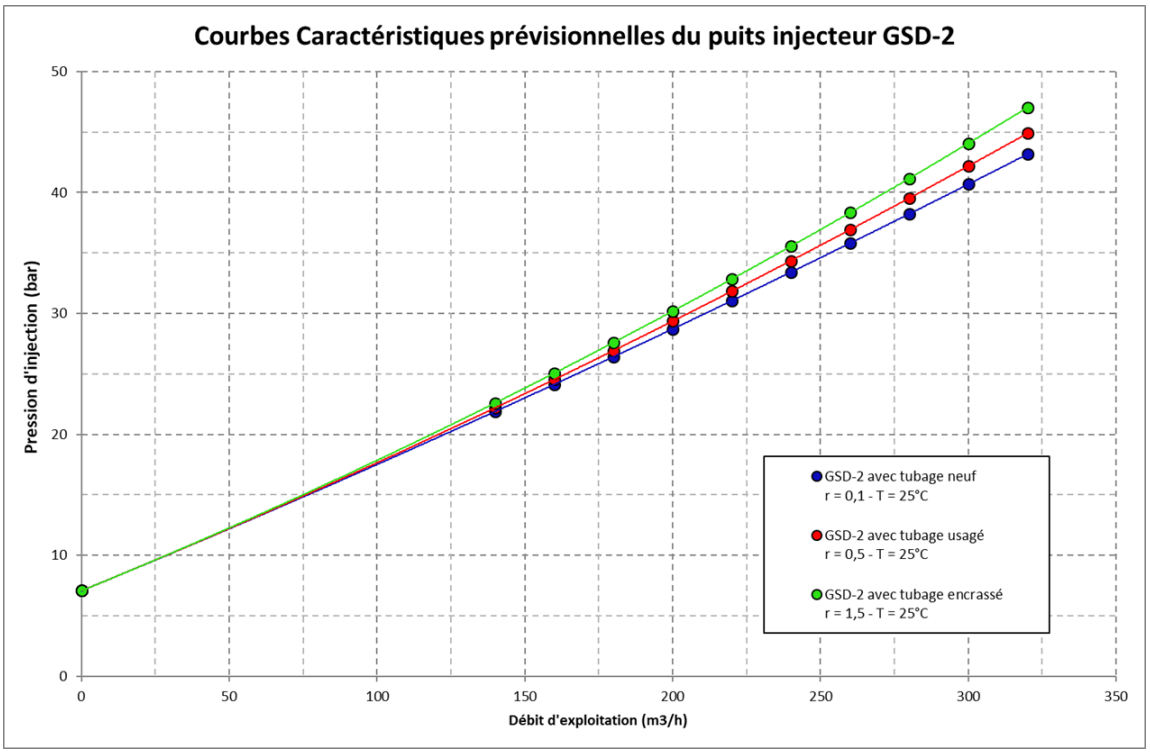
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.6.2.2 *Caractéristiques de réinjection*

L'injectivité dépend de la capacité du réservoir à absorber le débit (pertes de charge linéaires) injecté et des pertes de charge induites par les cuvelages (pertes de charge quadratiques). La température de la colonne d'eau joue un rôle significatif dans le calcul des pressions d'injection en tête de puits (l'effet de masse volumique dans le réservoir étant supérieur à l'effet de viscosité).

Les figures ci-dessous représentent l'évolution de la pression d'injection en fonction du débit d'exploitation :

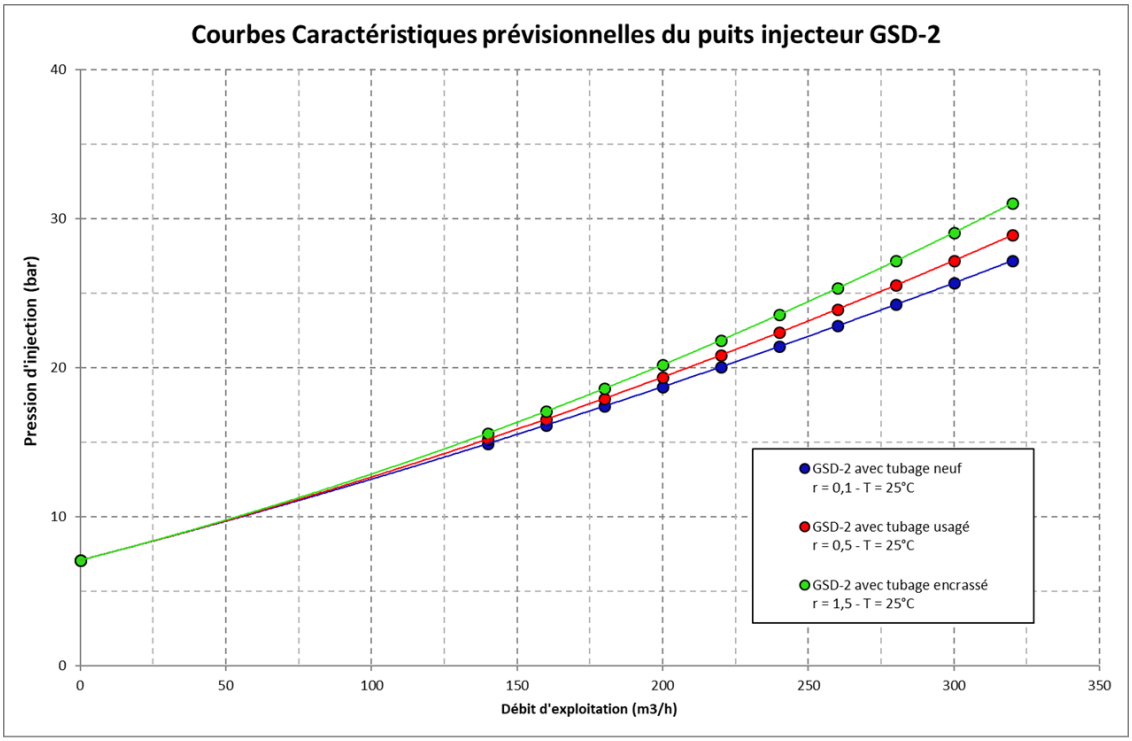
- Pour une hypothèse basse d'injectivité, la pression d'injection est comprise entre 43 et 47 bars environ pour un débit de 320 m^3/h selon la rugosité des tubages retenue.
- Pour une hypothèse haute d'injectivité, la pression d'injection est comprise entre 27 et 31 bars environ pour un débit de 320 m^3/h selon la rugosité des tubages retenue.



Débit d'exploitation (m^3/h)		0	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
Pression d'injection (bar)	GSD-2 avec tubage neuf r =0,1 -T= 25 °C	7	22	24	26	29	31	33	36	38	41	43
	GSD-2 avec tubage usagé r =0,5 - T= 25 °C	7	22	25	27	29	32	34	37	40	42	45
	GSD-2 avec tubage encrassé r =1,5 -T= 25 °C	7	23	25	28	30	33	36	38	41	44	47

Figure 98 :: Pression de réinjection au puits injecteur GSD-2 - Hypothèse basse

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



Débit d'exploitation (m^3/h)		0	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
Pression d'injection (bar)	GSD-2 avec tubage neuf r = 0,1 - T = 25°C	7	15	16	17	19	20	21	23	24	26	27
	GSD-2 avec tubage usagé r = 0,5 - T = 25°C	7	15	17	18	19	21	22	24	26	27	29
	GSD-2 avec tubage encrassé r = 1,5 - T = 25°C	7	16	17	19	20	22	24	25	27	29	31

Figure 99 : Pression de réinjection au puits injecteur GSD-2 - Hypothèse haute

3.6.3 Estimation des puissances électriques totales et des consommations électriques annuelles

La consommation d'énergie électrique de pompage est essentiellement fonction du débit géothermal et de la hauteur manométrique que devra développer l'hydraulique de pompage pour extraire l'eau.

Les rendements et les pertes de charge des équipements du système de pompage ont également une influence sur la consommation d'énergie électrique.

Les équipements de pompage assurant la réinjection présenteront des caractéristiques de puissance hydraulique moindres que celles du groupe de pompage d'exhaure. En effet, la puissance électrique d'injection sera moindre compte-tenu des deux facteurs suivants :

- Les rendements des équipements de pompage de surface sont meilleurs que ceux des équipements de pompage immergés ;
- Les pertes de charges du circuit de réinjection sont faibles en comparaison des pertes de charges du circuit d'exhaure.

Remarques : Les calculs de puissances et consommations ont été produits pour une rugosité des tubages correspondant à un état usagé (r=0,5 mm).

Pour un débit géothermal maximal de 320 m^3/h, les puissances totales des systèmes de pompage de production et d'injection du futur doublet sont comprises entre **609 kW (hypothèse haute) et 1032 kW (hypothèse basse)**.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les bilans de fonctionnement annuel du doublet simulés dans les tableaux ci-dessus, sont basés sur un fonctionnement théorique de 365 jours dans l'année et des débits volumiques et des productions de quantité de chaleur prévisionnels.

Le tableau suivant donne à partir de l'estimation des débits de production et des températures de réinjection suivant un pas mensuel :

- La quantité de chaleur prélevée à l'échangeur,
- La quantité d'énergie électrique nécessaire au pompage,
- Le coefficient de performance, COP (sans prise en compte de la consommation électrique de la pompe à chaleur).

Le COP moyen annuel est estimé :

- **A 10 pour le doublet géothermique selon l'hypothèse basse ;**
- **A 17 pour le doublet géothermique selon l'hypothèse haute.**

Pour une énergie prélevée annuellement sur la ressource d'environ 69 622 MWh, la consommation électrique annuelle des pompes d'exhaure et d'injection est évaluée :

- **A 7 086 MWh environ pour une hypothèse basse de productivité / injectivité du réservoir ;**
- **A 4 137 MWh environ pour une hypothèse haute de productivité / injectivité du réservoir.**

Les valeurs de consommations électriques et d'énergie prélevée sur la ressource sont données à titre informatif. Leurs calculs découlent d'hypothèses simplificatrices notamment la prise en compte d'un pas de temps mensuel et de facteurs de rendement de pompes « classiques » pouvant être différents de ceux de l'étude de surface.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Bilan annuel prévisionnel de la boucle géothermale au Dogger à Saint-Denis - hypothèse basse															
Paramètres	**Unités**	**Année civile**												**Moyenne**	**Total**
Mois	-	**Janv**	**Févr**	**Mars**	**Avr**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Août**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Déc**		
Données Générales															
Nombre d'heure de fonctionnement	h	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	-	8 760
Débit moyen de la géothermie	m3/h	320	320	320	320	320	200	200	200	200	320	320	320	280	-
Volume extrait de l'aquifère	m3	238 080	215 040	238 080	230 400	238 080	144 000	148 800	148 800	144 000	238 080	230 400	238 080	-	2 451 840
Pompages d'exhaure et d'injection															
Puissance électrique d'exhaure moyenne	kW	526	526	526	526	526	175	175	175	175	526	526	526	409	-
Puissance électrique d'injection moyenne	kW	506	506	506	506	506	190	190	190	190	506	506	506	401	-
Consommation électrique exhaure	MWh	391	353	391	378	391	126	130	130	126	391	378	391	-	3 577
Consommation électrique injection	MWh	377	340	377	364	377	137	141	141	137	377	364	377	-	3 509
Température exhaure	°C	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	55,5	55,5	55,5	55,5	56,5	56,5	56,5	56,2	-
Température injection	°C	29	29	29	29	29	41	41	41	41	29	29	29	33	-
Valorisation de la ressource															
Puissance thermique	kW	10 243	10 243	10 243	10 243	10 243	3 376	3 376	3 376	3 376	10 243	10 243	10 243	7 954	-
Energie thermique prélevée sur la ressource	MWh	7 621	6 883	7 621	7 375	7 621	2 430	2 511	2 511	2 430	7 621	7 375	7 621	-	69 622
COP géothermie	-	10	10	10	10	10	9	9	9	9	10	10	10	10	-
Energie spécifique thermique	kWh/m3	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	16,9	16,9	16,9	16,9	32,0	32,0	32,0	-	-
Energie spécifique électrique	kWh élec/m3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	1,8	1,8	1,8	1,8	3,2	3,2	3,2	-	-

Bilan annuel prévisionnel de la boucle géothermale au Dogger à Saint-Denis - hypothèse haute															
Paramètres	**Unités**	**Année civile**												**Moyenne**	**Total**
Mois	-	**Janv**	**Févr**	**Mars**	**Avr**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Août**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Déc**		
Données Générales															
Nombre d'heure de fonctionnement	h	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	-	8 760
Débit moyen de la géothermie	m3/h	320	320	320	320	320	200	200	200	200	320	320	320	280	-
Volume extrait de l'aquifère	m3	238 080	215 040	238 080	230 400	238 080	144 000	148 800	148 800	144 000	238 080	230 400	238 080	-	2 451 840
Pompages d'exhaure et d'injection															
Puissance électrique d'exhaure moyenne	kW	311	311	311	311	311	91	91	91	91	311	311	311	238	-
Puissance électrique d'injection moyenne	kW	298	298	298	298	298	109	109	109	109	298	298	298	235	-
Consommation électrique exhaure	MWh	231	209	231	224	231	66	68	68	66	231	224	231	-	2 080
Consommation électrique injection	MWh	222	200	222	215	222	78	81	81	78	222	215	222	-	2 057
Température exhaure	°C	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	55,5	55,5	55,5	55,5	56,5	56,5	56,5	56,2	-
Température injection	°C	29	29	29	29	29	41	41	41	41	29	29	29	33	-
Valorisation de la ressource															
Puissance thermique	kW	10 243	10 243	10 243	10 243	10 243	3 376	3 376	3 376	3 376	10 243	10 243	10 243	7 954	-
Energie thermique prélevée sur la ressource	MWh	7 621	6 883	7 621	7 375	7 621	2 430	2 511	2 511	2 430	7 621	7 375	7 621	-	69 622
COP géothermie	-	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	-
Energie spécifique thermique	kWh/m3	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	16,9	16,9	16,9	16,9	32,0	32,0	32,0	-	-
Energie spécifique électrique	kWh élec/m3	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,9	1,9	1,9	-	-

Tableau 45 : Consommation énergétique et COP du doublet selon l'hypothèse de productivité/injectivité du réservoir

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.6.4 Descriptif du système de pompage d'exhaure

L'exhaure du fluide géothermal, depuis le réservoir jusqu'à la surface, requiert l'utilisation d'équipements de pompage immergés. Ces équipements sont positionnés dans la chambre de pompage.

Compte tenu des contraintes du fluide géothermal (corrosion et dépôts) et des conditions de fonctionnement (encombrement des forages, profondeur d'immersion liée au rabattement, température et débit), les équipements de pompage immergés utilisés en géothermie pour l'eau du Dogger sont issus de la technologie pétrolière réputée puissante et robuste pour ce type d'application.

Les pompes immergées utilisées dans l'industrie pétrolière et en géothermie sont des pompes centrifuges à étages multiples entrainées par un moteur électrique. Elles sont utilisées pour atteindre les objectifs de production dans des puits dont les performances sont limitées par les conditions réservoir et/ou les pertes de charges dans la colonne de production. Le système de pompage est suspendu à la colonne de production, le moteur étant positionné en dessous de la pompe et la pompe refoulant le fluide dans la colonne de production. Le moteur est alimenté par un câble électrique triphasé, déployé depuis la surface dans l'espace annulaire colonne d'exhaure/tubage.

Le système de pompage est composé de :

- La pompe centrifuge.
- Les protecteurs ou pièces d'étanchéité.
- Le moteur électrique.
- Le câble de puissance.

La consommation d'énergie électrique de pompage d'exhaure est essentiellement fonction du débit géothermal et de la hauteur manométrique que devra développer l'hydraulique de pompage pour extraire l'eau. Les rendements et les pertes de charge des équipements du système de pompage ont également une influence sur la consommation d'énergie électrique.

La pompe est composée de plusieurs étages montés sur un arbre commun. Il existe une multitude de configurations possibles. Le choix de la configuration sera conditionné par les caractéristiques finales des puits.

Le type et le nombre d'étages sont respectivement déterminés par le débit et la hauteur manométrique requise. La hauteur manométrique totale développée par la pompe est le produit du nombre d'étages par la hauteur unitaire. Compte tenu des caractéristiques prévisionnelles de la ressource, l'exemple d'un groupe de pompage d'exhaure à 60-65 Hz, comme la pompe N1400N-A de Schlumberger à 5 ou 7 étages, semble adaptée pour le dimensionnement du doublet (Cf. Figure ci-dessous) :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

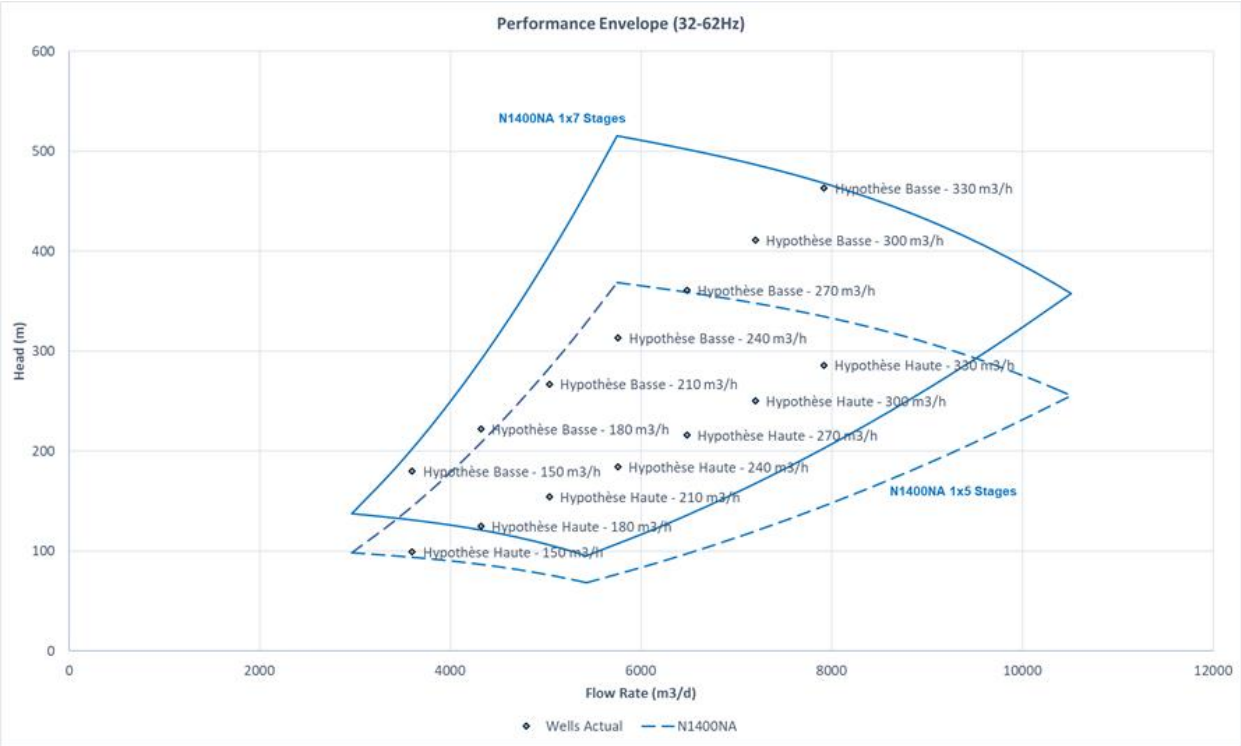


Figure 100 : Gamme de fonctionnement d'un GEI de type N1400N-A (Schlumberger)

Le pouvoir incrustant du fluide géothermal compte tenu de la présence naturelle de fer, sulfure d'hydrogène et gaz carbonique dans le fluide géothermal peut conduire à des désordres sur les équipements immergés et de surface. Le choix de la métallurgie des différentes pièces du groupe de pompage (hydraulique, moteur, seal section et câble) en contact avec le fluide géothermal corrosif et incrustant est essentiel pour assurer une durée de vie de l'ordre de 5 ans des équipements. **Les métallurgies et matériaux en Inox 316 L ou 316 Ti, Duplex et Super Duplex, Alloy, Titane, PVDF, Elastomère sont à privilégier.** Leurs caractéristiques techniques seront précisées au stade des études de projet. Il est préconisé de maintenir une cote d'immersion suffisante au-dessus de la pompe afin d'éviter le bullage et les risques de cavitation.

Le dimensionnement définitif des équipements de production dépendra des résultats des essais de production et de réinjection réalisés en fin de travaux de forage.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.6.5 Descriptif du système de pompage de réinjection

Les groupes de pompage d'injection habituellement utilisés en géothermie du Bassin Parisien sont de type centrifuge horizontale multi-étagée.

Un variateur électrique en surface alimente le moteur et régule sa vitesse afin de moduler l'injection d'eau géothermale en fonction des besoins thermiques du réseau de chaleur.

Les équipements de pompage nécessaires à l'injection du fluide géothermal sont les suivants :

- clapet anti-retour après le refoulement ;
- pompe (ou hydraulique) ;
- garniture mécanique (dispositif d'étanchéité pompe - moteur) ;
- moteur électrique ;
- câble électrique de surface ;
- variateur électrique de vitesse.

Concernant le choix des métallurgies et des matériaux des pompes de réinjection, les mêmes préconisations que celles formulées pour les pompes d'exhaure peuvent être retenues.

Le choix des garnitures et le bon fonctionnement du dispositif de rinçage seront essentiels pour assurer une durée de vie suffisante des pièces d'étanchéité.

.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

INSTALLATIONS DU SOUS-SOL
(PUITS GEOTHERMIQUES)

INSTALLATIONS DE SURFACE
(CENTRALE / CHAUFFERIE ET RESEAU)

smirec
SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE
Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4 ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

4.1 Objectif de l'étude d'impact

La prise de conscience collective de la nécessité de limiter les dommages à la nature s'est concrétisée par des lois obligeant à réduire les nuisances et pollutions, et à atténuer les impacts des grands projets (ou de projets dépassant un certain coût). Des études d'impact environnemental sont donc devenues obligatoires préalablement à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, pourraient porter atteinte à ce dernier.

Les demandes de AR-AOTM sont réalisées conformément au décret 2016-1304 du 4 octobre 2016 et comportent une étude d'impact conformément au décret n°2019-190 du 14 mars 2019 portant sur l'article R122-5 du Code de l'Environnement. L'instruction des demandes comprendra une consultation des services de l'Etat et des collectivités concernées ainsi qu'une enquête publique dans les formes prévues par l'article R123-1 et suivants du Code de l'Environnement, ainsi que le recueil des avis des services et des élus.

Le présent dossier sera déposé en préfecture de Seine-Saint-Denis et sera soumis à enquête publique.

Les trois thèmes liés au projet de géothermie ; Boucle géothermale, Centrale géothermique et Réseau de chaleur présentent chacun de nombreuses spécificités qui leurs sont propres. *Ils sont régis par des codes différents et peuvent prétendre à des procédures distinctes.* **Le projet global est soumis à évaluation environnementale.** Il a donc été retenu de présenter une étude d'impact globale.

Les périmètres d'étude sont présentés sur les figures suivantes.

Périmètre	Installations	Code applicable	Procédure	Documents correspondant
Equipements de sous-sol	Puits pour la géothermie	Code minier	AR-AOTM	Etude d'impact de la géothermie
Equipements de surface	Centrale géothermique	Code de l'environnement	Permis de construire - Evaluation Environnementale (Installations non soumises à autorisation)	Porté à connaissance pour la demande de permis de construire (A venir)
Distribution de chaleur	Réseau de chaleur	Code de l'environnement	Evaluation Environnementale (Installations soumises à étude d'impact mais non soumises à autorisation)	Etude d'impact du réseau de chaleur – Existant ou en cours

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 101 : Périmètre du volet Géothermie (en vert)

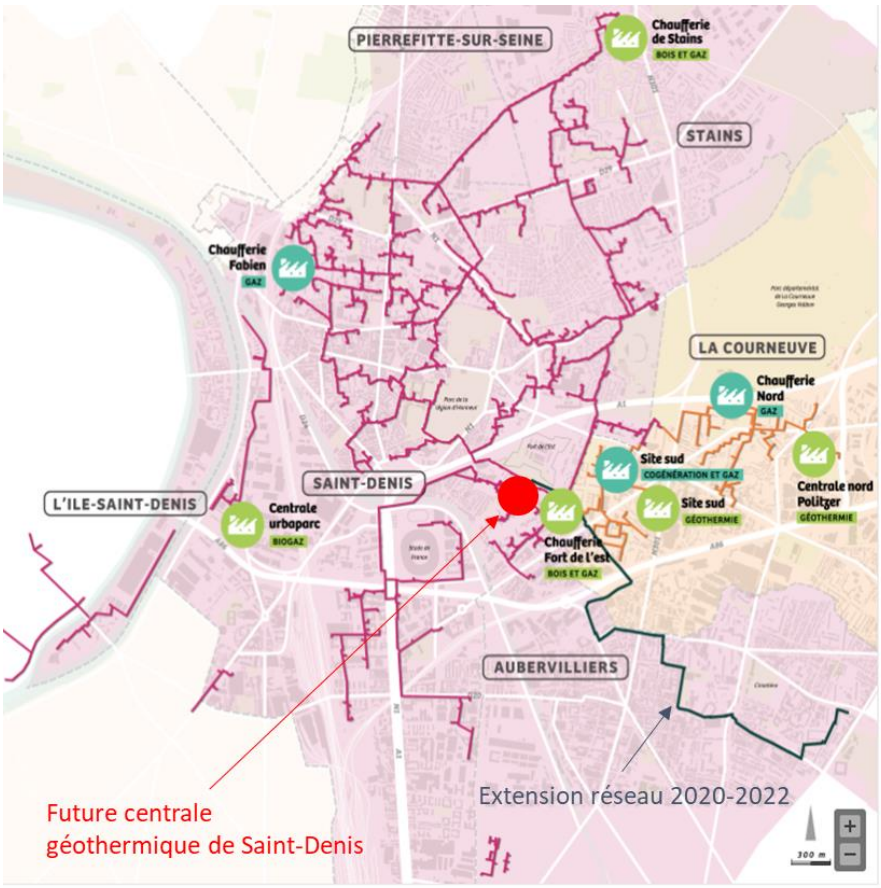


Figure 102 : Périmètre du volet Centrale géothermique et du réseau de chaleur (SMIREC)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Cette étude d'impact du projet de Saint-Denis a plusieurs objectifs :

- **Décrire l'état initial du site d'implantation du projet et de son environnement ;**
- **Recenser les impacts des travaux projetés sur l'environnement afin d'évaluer les effets engendrés par le projet sur le milieu physique, naturel et humain, qu'ils soient positifs ou négatifs ;**
- **Présenter les mesures envisagées pour éviter, supprimer ou réduire et si possible compenser les effets négatifs engendrés par le projet.**

Elle se présente à la fois comme une procédure administrative et une démarche scientifique préalable destinée à analyser l'insertion du projet dans l'ensemble des composantes de l'environnement (eau, air, sol, plantes et animaux…). Elle permet d'analyser les effets directs et indirects, immédiats et lointains du projet sur l'environnement. L'étude d'impact est également un outil d'information au service de l'autorité compétente pour instruire la demande d'autorisation et décider en toute connaissance de cause. Elle contribue également à l'information du public ; invité à réagir, présenter ses observations, ses remarques ou ses contre-propositions.

Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et à la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine.

4.2 Auteurs de l'étude d'impact et références bibliographiques

Nom, qualité des auteurs : Anne-Lise GILLE, Hydrogéologue.

L'état initial est analysé après connaissance des lieux, consultation des collectivités et administrations concernées et recherches bibliographiques (Liste non exhaustive dans le tableau suivant).

Sources	**Information obtenue**
Mairie de Saint-Denis, Wikipédia	Etat initial du territoire, Données administratives. PLUi du territoire Plaine Commune
Visite du site, IGN,	Caractéristiques de l'environnement physique, accès, paysage, réseaux, urbanisation, faune/flore
Géoportail ; IAU IDF; https://geoportail93.fr/ ; INPN	Données topographiques, cadastrales, sur les zones de protection naturelle et autres périmètres d'intérêt
Météo France, Infoclimat	Données météorologiques et climatiques
BRGM, Infoterre, Georisques,	Données sous-sol et risques naturels
ARS, Base de données LISA, et Banque nationale des prélèvements en eau, SIGES, Services-eau-France ; sage-cevm GESTEAU eau france	Données sur les ressources en eau, captage et réseau AEP Données SDAGE, SAGE
Visite du site, IGN, AIRPARIF ; Bruitparif ;	Caractéristiques de l'environnement physique, accès, paysage, réseaux, urbanisation, faune/flore

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.3 Conception et dimension du projet

4.3.1 Justification du projet

L'Etablissement Public Territorial (EPT) de Plaine Commune s'inscrit dans une démarche sociétale et environnementale visant à produire sur son territoire une énergie décarbonée, locale et compétitive pour alimenter son réseau de chaleur en chauffage et en eau chaude sanitaire.

Le réseau de chaleur de la Délégation de Service Public (DSP) qui alimente les villes de Saint-Denis, L'Ile-Saint-Denis, Pierrefitte-sur-Seine, Stains et Aubervilliers est alimenté à plus de 50% par des énergies renouvelables. Ces énergies proviennent essentiellement des chaufferies biomasses situées à Stains et à Saint-Denis. Le réseau de chaleur DSP n'est aujourd'hui pas alimenté par la géothermie profonde.

Pour poursuivre sa contribution active à la transition énergétique du territoire, le SMIREC a désigné le groupe CFG comme entreprise générale pour la réalisation d'un nouveau doublet au Dogger tout en anticipant des scénarios de développement du réseau de chaleur actuel sur la commune d'Aubervilliers.

Ce projet de création d'un doublet de géothermie profonde au Dogger couplé à des Pompes A Chaleur (PAC), associé à l'extension d'environ 9 km du réseau de chaleur de Plaine Commune Energie (PCE) sur la ville d'Aubervilliers. Le projet permettra d'alimenter à terme environ 7500 équivalents logements.

Il s'inscrit également dans le cadre de la politique de subvention de l'ADEME qui privilégie la géothermie comme source d'énergie locale, durable et avec peu d'émission de gaz à effet de serre et qui permettra de maintenir le pourcentage d'énergie alimenté par les énergies renouvelables. Cette démarche de création d'une nouvelle géothermie était motivée par une convergence de facteurs favorables à l'échelle de l'installation et du territoire :

- De nouveaux moyens de productions pour alimenter l'extension du réseau de chaleur vers Aubervilliers et maintenir le taux d'énergies renouvelables à 50 % ;
- Le projet s'inscrit dans le verdissement du schéma énergétique de la Ville d'Aubervilliers, la géothermie permettra de couvrir 70% des besoins sur le périmètre d'Aubervilliers ;
- Le site de production existant au Fort de l'Est peut accueillir une nouvelle centrale de géothermie et les travaux de forage des puits profonds qui alimenteront la future centrale de géothermie et couvrira les besoins en appoint avec la chaufferie gaz existante.

Pour couvrir les besoins du réseau, le choix du SMIREC porte sur la création d'un nouveau doublet géothermique sur le site de Fort de l'Est à Saint-Denis ; captant l'aquifère du Dogger avec une architecture en acier et des diamètres de tubages classiques avec une température de production d'environ 57,5°C. Le SMIREC a souhaité optimiser la valorisation de la ressource géothermale à Saint-Denis en :

- Mettant en place des pompes à chaleur qui diminueraient la température de réinjection **à 25°C** en période hivernale avec une température de réinjection moyenne annuelle de 33°C ;
- Anticipant et augmentant le débit d'exploitation au maximum jusqu' à **320 m^3/h**.

L'eau du Dogger sera pompée par le puits producteur GSD-1, passera dans les échangeurs de la centrale géothermique pour être par la suite réinjectée via le puits injecteur GSD-2, à une température plus froide, dans le réservoir d'origine du Dogger. Les calories extraits alimenteront le réseau secondaire via les échangeurs de chaleur et une pompe à chaleur.

Le projet sera assuré par le SMIREC qui assurera la Maîtrise d'Ouvrage pour la partie technique et sera le porteur financier du projet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.3.2 Description des installations de production existantes

Le réseau de chaleur de la DSP Plaine Commune Energie fournit environ 350 GWh/an de chaleur à ses abonnés, avec un taux de couverture ENR de plus de 50 % par le chauffage au bois, moins de 45% par le gaz et à environ 5 % par un apport de vapeur CPCU.

Le réseau de chaleur de PCE, d'une longueur de 71,3 km, alimente 557 sous-stations et fournit du chauffage et de l'eau chaude sanitaire à environ 50 000 équivalents logements. Il s'agit du deuxième plus grand réseau de chaleur de France.

En 2019, 2020 et 2021, ce réseau a été labellisé Ecoréseau, un label qui est destiné à mettre en avant les réseaux de chaleur les plus exemplaires du point de vue environnemental, économique et social.

Le réseau de chaleur PCE dispose d'une puissance de production de 185 MW composée ainsi :

- Deux chaufferies biomasse à Stains et Fort de l'Est, d'une puissance thermique respective de 16 MW et 28,5 MW ;
- De trois chaufferies gaz d'appoint à Fort de l'Est (71 MW), Stains et Saint-Denis ;
- Une centrale biogaz d'Urbaparc, comprenant une chaudière d'une puissance d'environ 2,6 KMW permettant d'alimenter en chauffage les zone d'activités Urbaparc à Saint-Denis.
- Deux chaufferies SESAS d'une puissance respective de 9 et 9,6 MW produisent de la chaleur pour les quartiers du Cornillon et du Landy.

Figure 103 : Site du Fort de l'Est et ses chaufferies gaz et biomasse

4.3.3 Description des travaux à réaliser sur les installations

Le plan ci-dessous montre l'implantation actuelle du site avec la projection de la future centrale géothermique et des aménagements prévus sur la parcelle. Les futurs puits GSD-1 / GSD-2 seront implantés sur le terrain de football actuel et sur la plate-forme récréative projetée.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Une liaison sera effectuée entre les têtes de puits et la nouvelle centrale thermique via un caniveau technique associé à un passage en réseau enterré. La distance entre les 2 caves têtes et le local géothermie est d'environ 20 m.

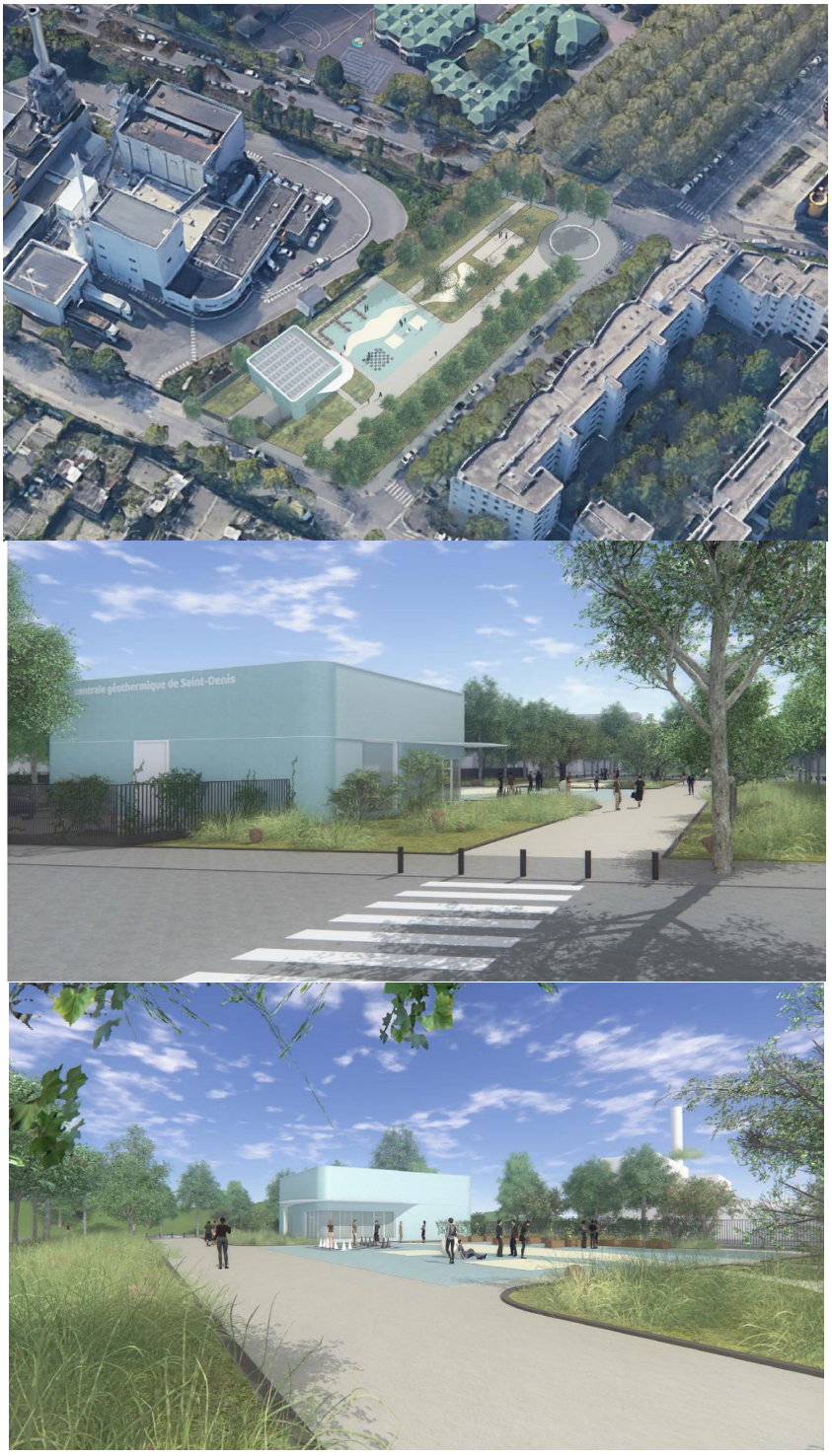


Figure 104 : Implantation future de la centrale géothermique

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.3.4 Description des travaux à réaliser sur le réseau de chaleur

Le détail du réseau actuel de la DSP de Plaine Commune Energie est présenté au paragraphe 1.3.4.

Les travaux sur le réseau de chaleur ont commencé en 2020 et se termineront en 2023. Le réseau sera étendu sur une longueur de 9 km vers Aubervilliers et permettra d'alimenter en énergies renouvelables le centre-ville d'Aubervilliers, la ZAC Fort d'Aubervilliers et la ZAC Port Chemin Vert.

Le projet de géothermie profonde au Dogger vise à alimenter 7 500 équivalents logements à l'horizon 2025 avec des besoins estimés à 52,7 GWh/an.

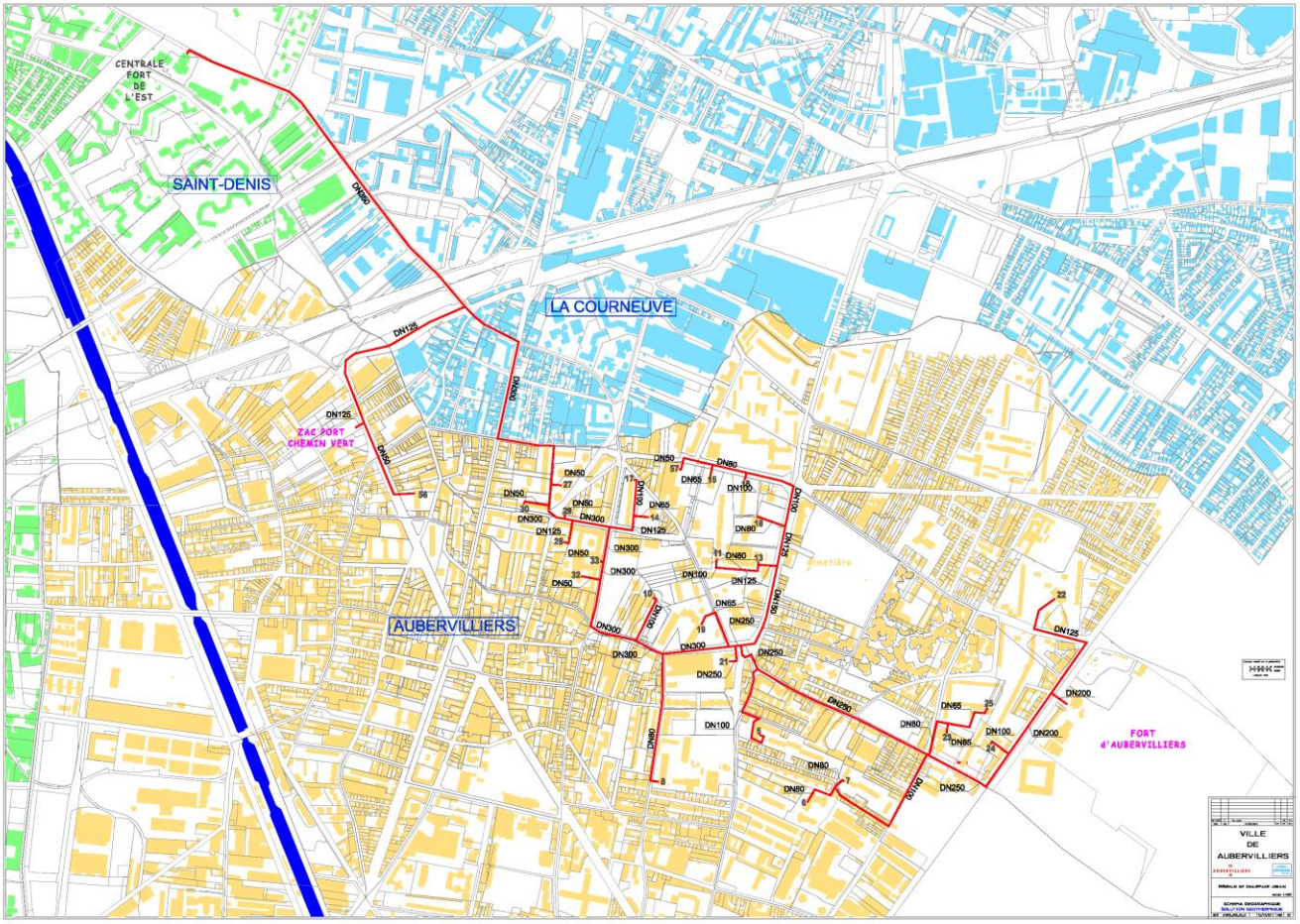


Figure 105 : Tracé du nouveau réseau d'Aubervilliers et diamètre des canalisations projetés

Au cours des années 2020-2021, 4 km ont été réalisés permettant de relier la chaufferie du Fort de l'Est au centre-ville d'Aubervilliers où 1200 logements sont alimentés depuis novembre 2021.

La dernière partie des travaux sera engagée à la mi 2022 permettant le raccordement de la ZAC du Fort d'Aubervilliers ainsi que d'autres bâtiments existants appartenant à des bailleurs sociaux (OPH Aubervilliers, I3F) et des copropriétés.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 106 : Travaux de raccordement rue Charles Tillon, du Pressin et Crèvecœur à l'été 2021

Figure 107 : Travaux de raccordement rue Réchossière de l'OPH Aubervilliers à l'automne 2021

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.4 Planning du projet

Le déroulement des phases du projet est présenté en intégrant les démarches administratives (AR-AOTM, PEX), les études d'avant-projet et de projet, les travaux de forage, jusqu'à la mise en service de l'exploitation.

Compte tenu de la profondeur du Dogger dans le secteur d'étude et en prenant en compte une inclinaison des puits géothermiques, la durée des travaux de forage **par puits est estimée à 43 jours.**

Les phases d'instruction et de délivrance des autorisations administratives devront être appréciées en fonction de la spécificité du projet, de la complexité du montage juridique et du contexte local (étude d'impact environnemental, enquête publique, permis de recherche, permis de construire de la centrale, permis d'exploitation).

Les étapes principales et la durée des travaux seront les suivantes :

- Travaux de génie-civil / plate-forme de forage : 5 mois d'août à décembre 2022
- Travaux de forage des puits producteur et injecteur : 4 mois de février à mai 2023
- Travaux de remise en état : 1 mois en juin 2023
- Travaux de construction et process en centrale : 9 mois de juillet 2023 à mars 2024
- Travaux d'équipement des puits et raccordement à la centrale : d'avril à juin 2024

Une première proposition de planning de réalisation du doublet pour le projet de Saint-Denis en présentée sur la figure suivante. **La mise en service du doublet est prévue pour juin 2024.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

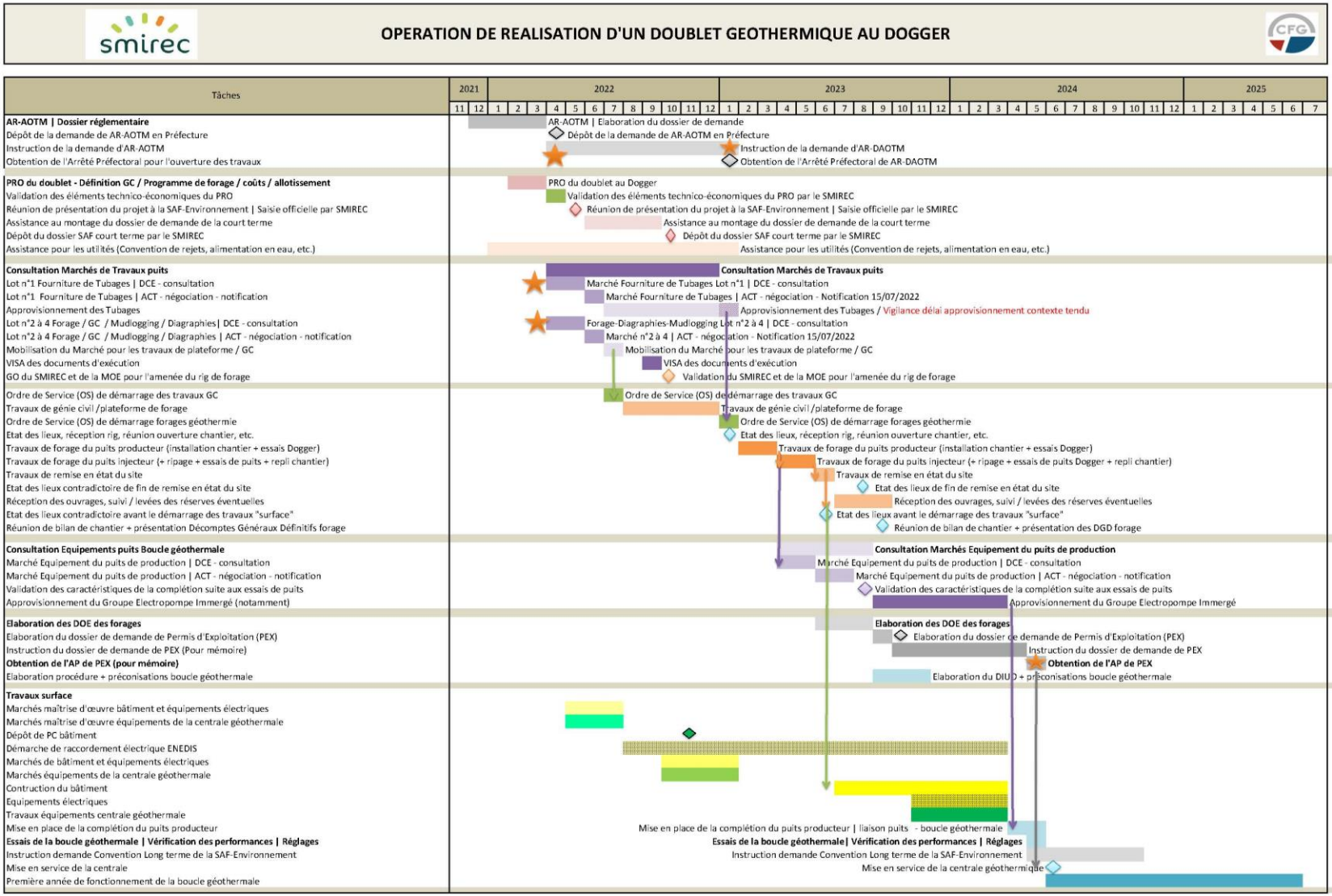


Figure 108 : Planning prévisionnel du projet de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5 Analyse de l'état initial et des milieux susceptibles d'être affectés par le projet

4.5.1 Contexte géographique et topographique

La commune de Saint-Denis se situe dans la partie ouest du département de la Seine-Saint-Denis (93), au cœur du territoire de la Plaine Commune, au nord de Paris. Elle est limitrophe des communes d'Epinay-sur-Seine, de Villetaneuse et de Pierrefitte-sur-Seine au nord, de La Courneuve à l'est, d'Aubervilliers et de Saint-Ouen-sur-Seine et Paris au sud, et de L'Ile-Saint-Denis à l'ouest.

Son territoire de 1 236 hectares s'étend sur une longueur de 5,3 km du nord au sud et sur 2,3 km d'est en ouest.

A l'ouest de la commune, le lit de la Seine constitue une frontière naturelle sur 2,3 km entre les communes de Saint-Denis et de L'Ile-Saint-Denis. Les grandes infrastructures de transport composent également des coupures fortes, à l'intérieur du territoire communal, notamment au sud de la commune avec les autoroutes A1 et A86.

Le pont de L'Ile-Saint-Denis (RN186) traverse la Seine et fait la jonction entre les communes de Saint-Denis et de L'Ile-Saint-Denis.

Le site d'implantation du projet se situe à l'est de la commune, entre le stade de France, le canal Saint-Denis, et l'autoroute A1 à proximité des jardins familiaux du Fort de l'Est.

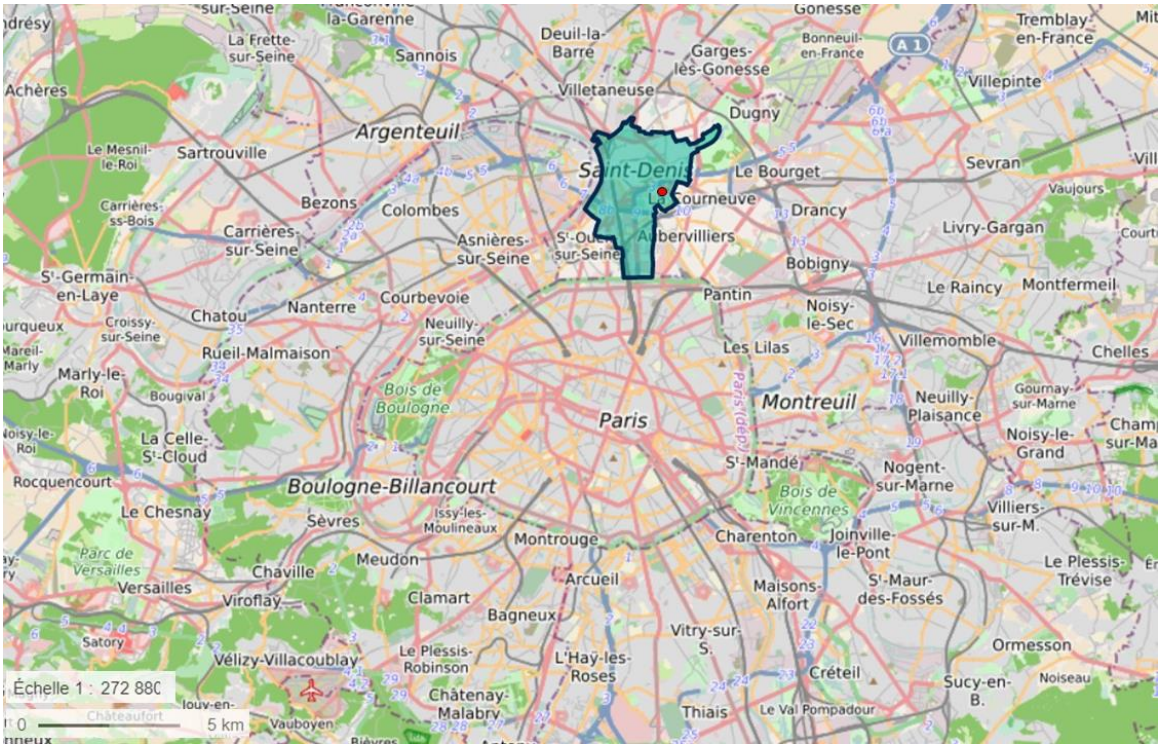


Figure 109 : Localisation de la commune de Saint-Denis (Géoportail)

Le territoire de Plaine Commune présente une topographie marquée par la présence de la Seine à l'ouest. La commune se caractérise par un relief de plaine alluviale avec des altitudes comprises entre 170 m au nord et 20 à 30 m dans la zone centrale. Les altitudes les plus importantes se situent au nord et sont dues à une zone de coteaux et de buttes caractéristiques de la vallée de la Seine.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation se situe à l'est de la ville, dans le quartier Franc Moisin – Bel Air et de la Zone d'Activité Bel Air Nord, à une altitude de +33 m NGF.

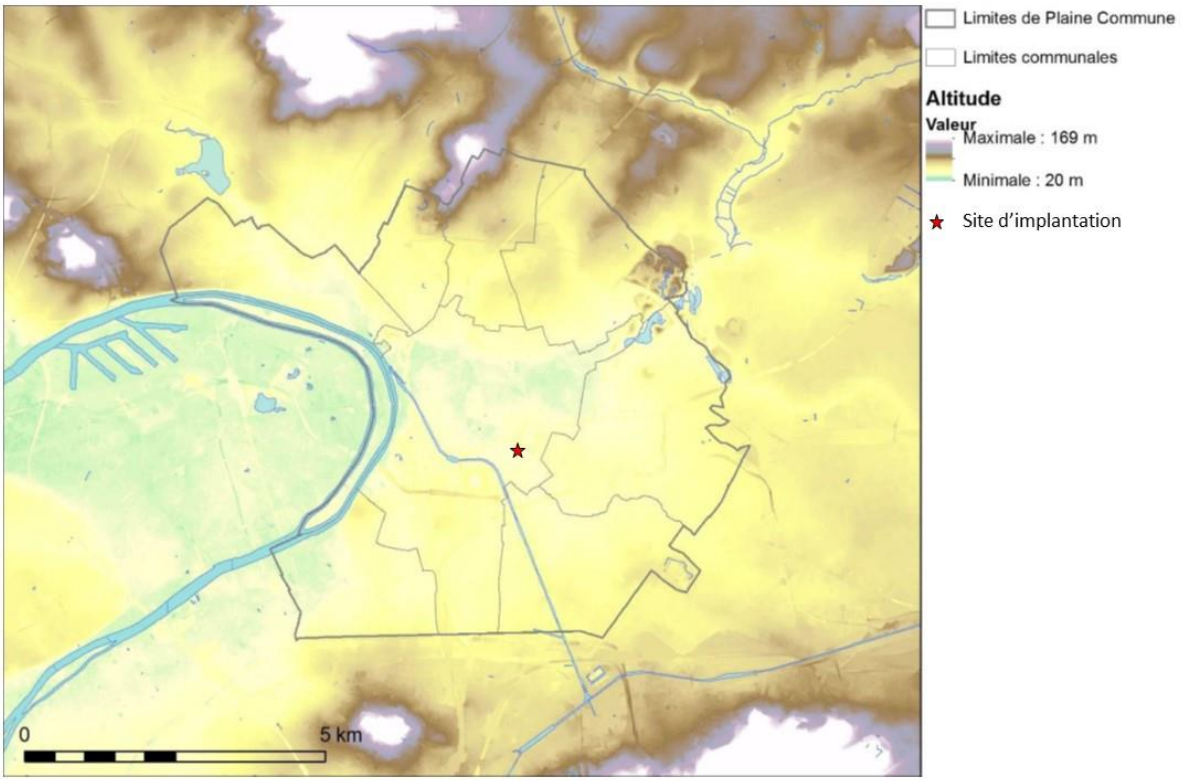


Figure 110 : Topographie de la commune et de ses environs

4.5.2 Réseau hydrographique

- Réseau hydrographique actuel et anciens rus

Le territoire de Plaine Commune recoupe trois bassins versants :

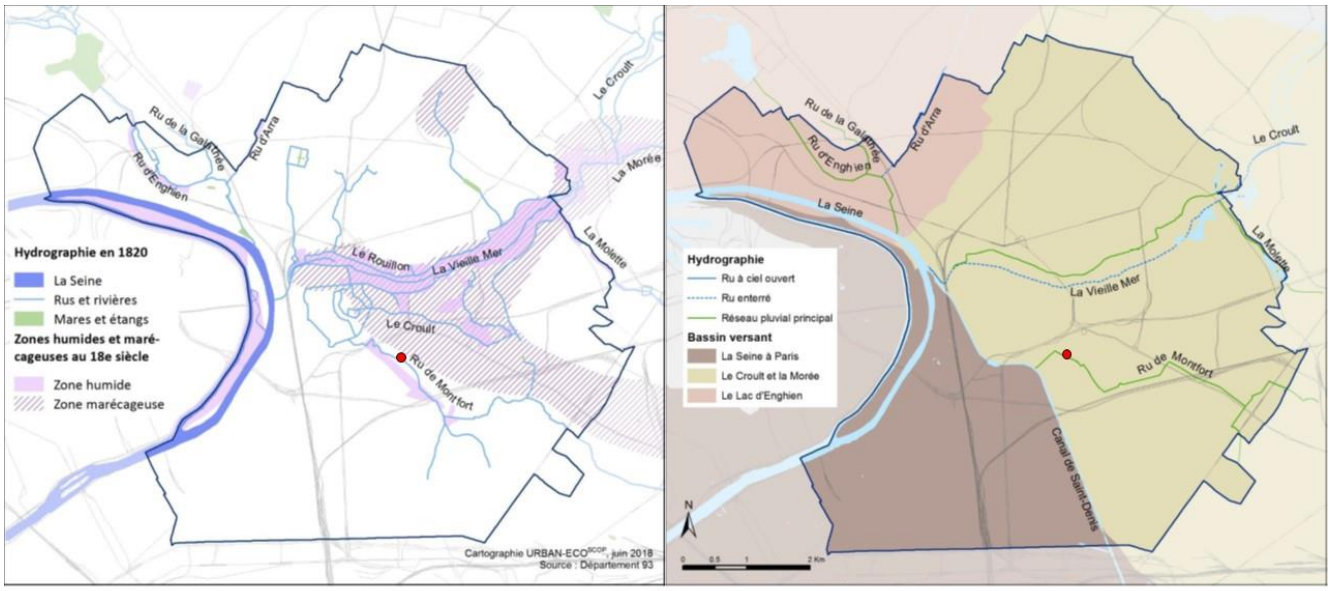
- Le bassin versant de la Seine ;
- Le bassin versant du Croult et la Morée ;
- Le bassin versant du Lac d'Enghien.

Un important réseau hydrographique parcourt ce territoire. En effet, on retrouve la Seine qui borde la frontière ouest sur près de 8 km, mais aussi de nombreux rus tels que la Vieille Mer, le ru d'Arras, le ru d'Enghien, le ru de Montfort… Enfin, le canal Saint-Denis, ouvrage artificialisé construit au début du XIXème siècle, vient compléter ce réseau hydrographique dense. Ce canal assure la régulation permanente des niveaux des plans d'eau pour la sécurité des usagers, par le rejet en Seine des excédents.

Au XIXème siècle, la Seine-Saint-Denis était parcourue par de nombreux ru et était majoritairement recouverte de zones marécageuses. Rendus responsables des inondations dans les zones urbanisées sur d'anciens marécages, ces rus ont été canalisés, enterrés, voire intégrés au réseau d'égouts. Aujourd'hui, le tracé naturel

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

des cours d'eau n'est plus perceptible (Cf. Figure suivante). Cependant, en 2014, une étude a été menée sur les potentialités de découverture des rivières en Seine-Saint-Denis. Cette étude a conclu a des potentialités de découverture limitées en raison de la forte urbanisation, du remaniement des cours d'eau avec des collecteurs pluviaux, ou encore une qualité de l'eau médiocre. Le ru de Montfort, qui est le plus proche du site d'implantation, ne possède aucune possibilité de découverture car aucun collecteur actuel ne reprend son tracé.



Réseau hydrographique de Plaine Commune au XIX^{ème} siècle — Réseau hydrographique de Plaine Commune actuellement

Figure 111 : Cartographie du réseau hydrographique de Plaine Commune en 1820 et actuellement (PLUi)

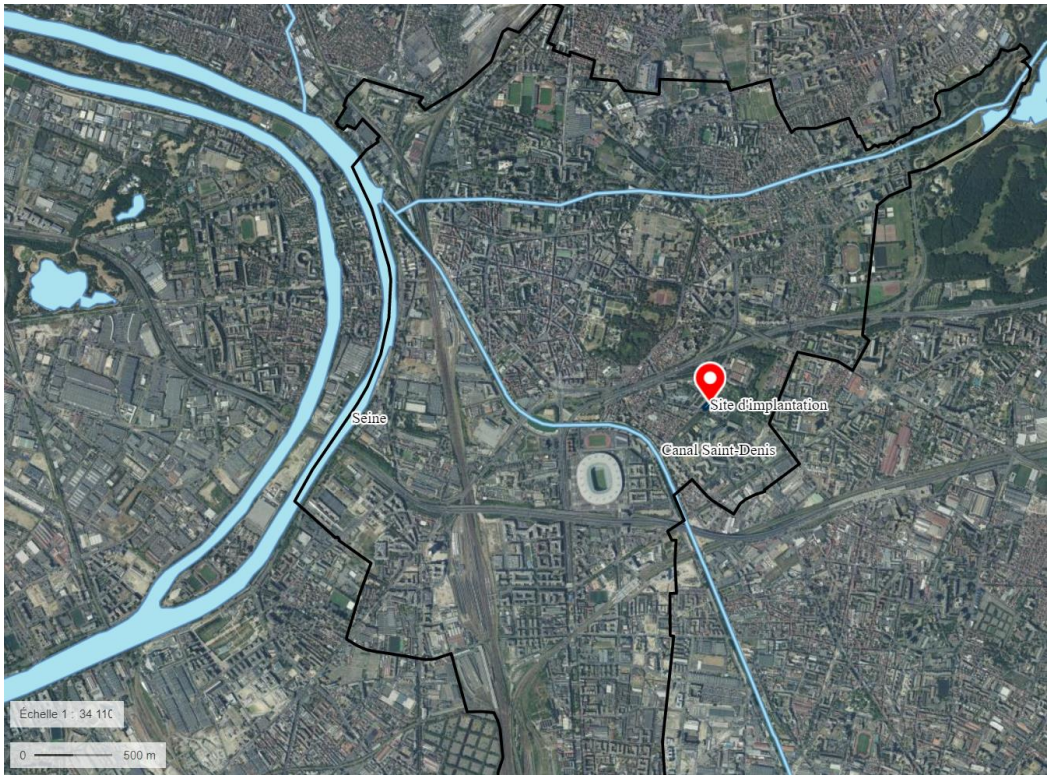


Figure 112 : Réseau hydrographique de la commune (source Géoportail)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation se situe à :

- **Moins de 100 m de l'ancien ru de Montfort ;**
- **440 m du canal Saint-Denis ;**
- **1300 m de la rivière Croult Vieille Mer ;**
- **2100 m de la Seine.**

- Zones humides

Pour faciliter la préservation des zones humides et leur intégration dans les politiques de l'eau, de la biodiversité et de l'aménagement du territoire à l'échelle de l'Ile-de-France, la DIREN a lancé en 2009 une étude visant à consolider la connaissance des secteurs potentiellement humides de la région selon les deux familles de critères mises en avant par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié - critères relatifs au sol et critères relatifs à la végétation.

La DRIEAT Ile-de-France identifie des enveloppes d'alerte potentiellement humides en région Ile-de-France. Sur la commune, deux types de zones sont recensées :

- Les zones de classe 5, qui correspondent à une enveloppe où sont localisées toutes les zones en eau, ici la Seine, le canal Saint-Denis et les points d'eau.
- Les zones de classe 3, qui correspondent à une forte probabilité de présence de zones humides, qui reste à vérifier et dont les limites sont à préciser, où notamment le risque d'inondations par débordement de la Seine et du canal Saint-Denis est présent.

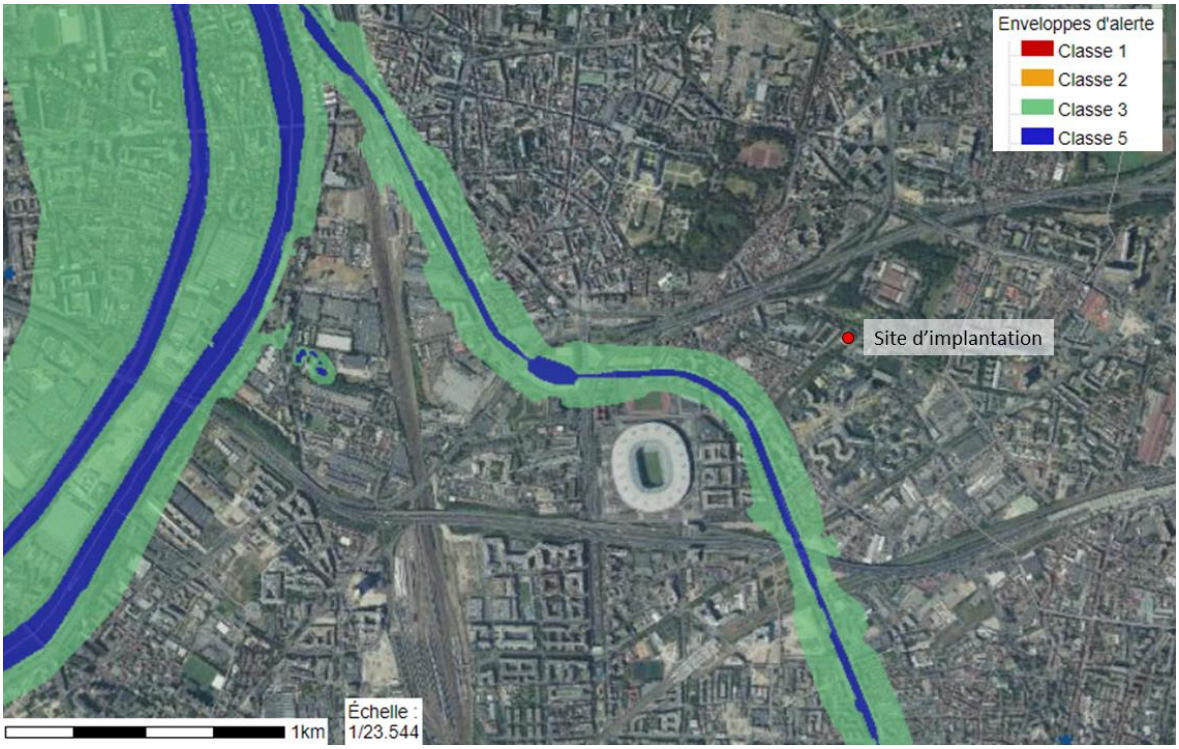


Figure 113: Probabilité de présence de zones humides sur le territoire de Saint-Denis (source : DRIEAT IDF)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation se situe à 300 m de la première enveloppe d'alerte de zone humide de classe 3 et à 400 m de la première zone de classe 5.

4.5.3 Contexte climatique

Le territoire de Saint-Denis se trouve sous l'influence d'un climat océanique avec une faible dégradation continentale en raison de son éloignement au littoral. Ce climat est caractérisé par des précipitations régulières tout au long de l'année, des températures douces et des vents prédominants d'ouest et de sud-ouest. Le climat local est comparable à celui mesuré sur le département de Paris et de la petite couronne.

La station météorologique la plus proche est celle du Bourget située dans la commune de Bonneuil-en-France (95), à environ 7 km du site. Elle est prise comme station de référence. A noter que le relief est trop peu marqué pour avoir une influence sensible sur le climat local.

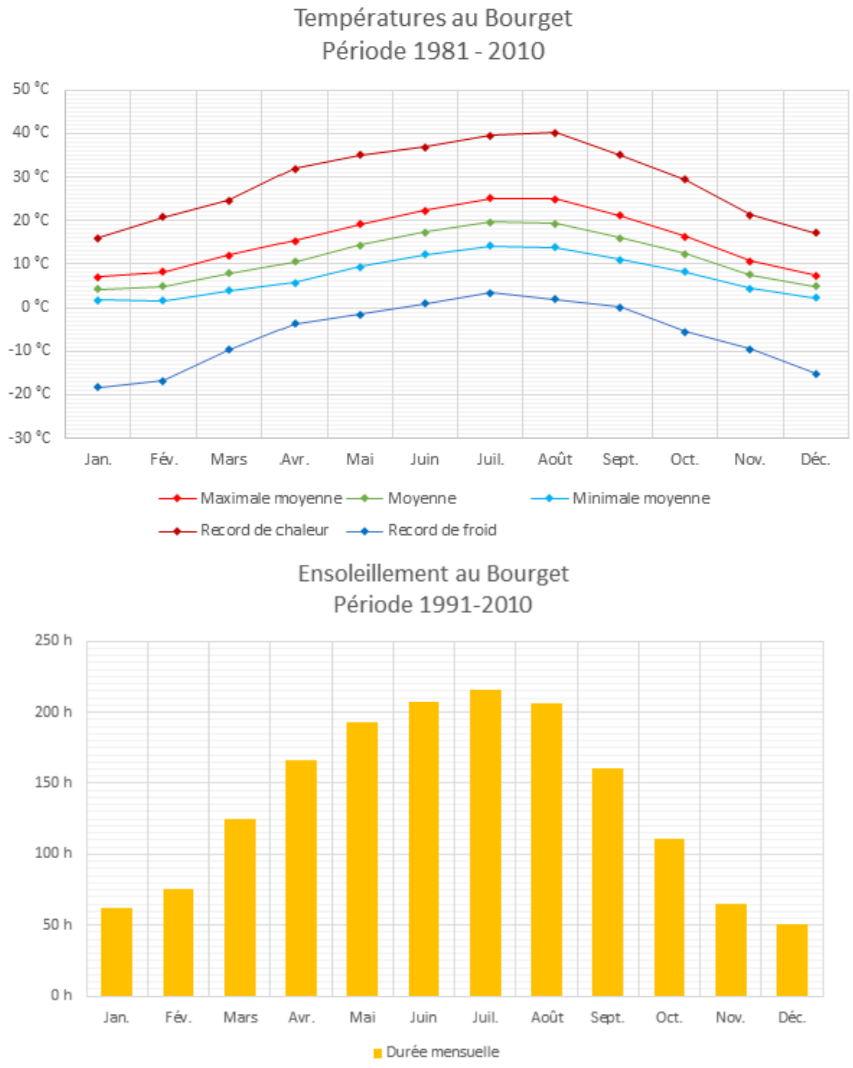


Figure 114 : Températures moyennes minimales et maximales mensuelles (en haut) et ensoleillement (en bas), station Le Bourget (Météo France)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les normales de température sur la période 1981-2010 donnent une température moyenne annuelle de 11,6°C avec une moyenne maximale à 15,8°C et une moyenne minimale à 7,4°C.

La durée annuelle d'ensoleillement atteint en moyenne 1 637 heures. Les périodes à fort ensoleillement sont concentrées sur 3 à 5 mois autour de l'été. Plaine Commune compte en moyenne 77 jours de brouillard par an, situé aux abords de la bulle de chaleur parisienne.

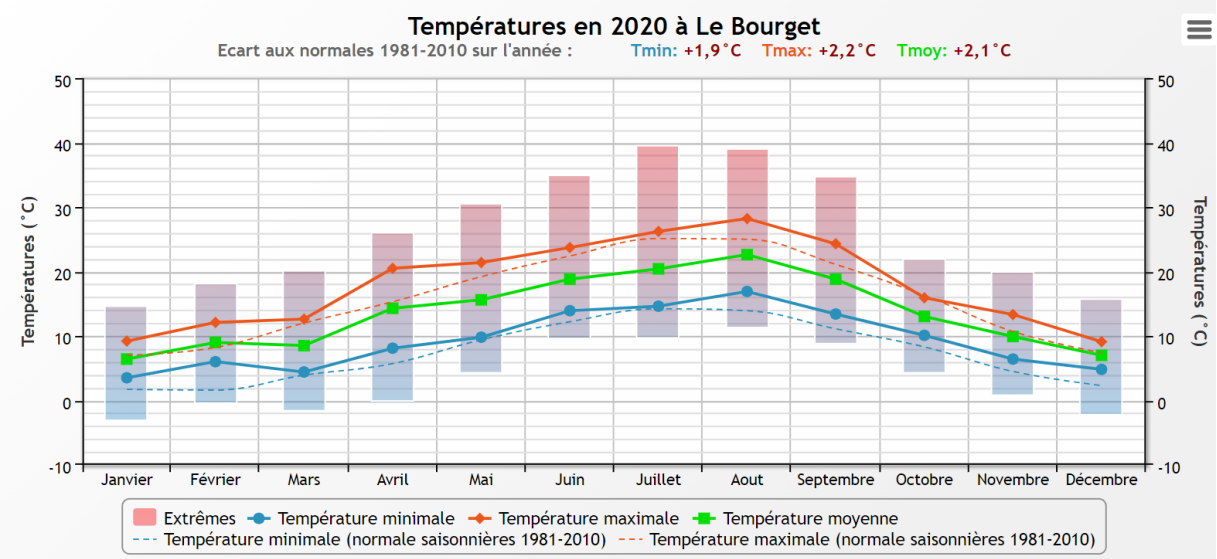
Les normales de précipitations cumulées sur une année sont d'environ 656 mm pour la période 1974-2003.

Les précipitations sont bien réparties avec 140 jours de pluie par an (Cf. Figure précédente). Elles se présentent sous forme de pluies peu abondantes avec une moyenne de 16,3 jours par an de précipitation supérieures à 10 mm. De mai à octobre, les pluies sont généralement associées à des orages.

Plaine Commune connaît également des épisodes neigeux environ 11,6 jours par an, la neige ne tenant au sol que 4,2 jours par an sur les mois de janvier et février.

La température maximale moyenne annuelle 2020 est de 18°C, la température minimale moyenne annuelle est de 9,3°C. Le mois le plus froid a été Janvier avec un minimum de -3,1°C enregistré en 2020, le mois le plus chaud a été Juillet avec une température maximale de 39,5°C enregistrée en 2020. Sur l'année 2020, les précipitations atteignent le cumul de 545,6 mm (Cf. Figure 115).

La répartition des jours de pluie est assez irrégulière tout au long de l'année. Les mois de février et décembre ont été les plus humides en 2020.



Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

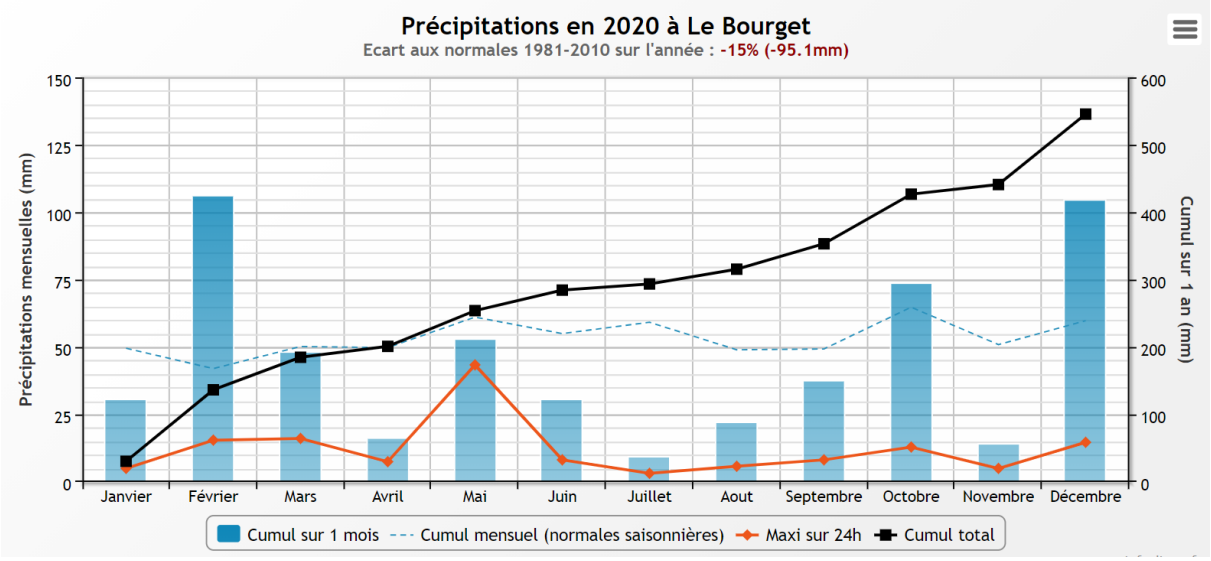


Figure 115: Données climatiques pour l'année 2020 - station Le Bourget (Infoclimat)

La rose des vents indique des vents dominants généralement faibles ou modérés, de secteur sud-ouest – nord-est. C'est la direction la plus fréquente en lien avec les précipitations apportées depuis l'Atlantique. Les vents les plus forts atteignent 79 km/h en été et 119 km/h en hiver. Les vitesses moyennes annuelles sont de l'ordre de 8 à 12 km/h.

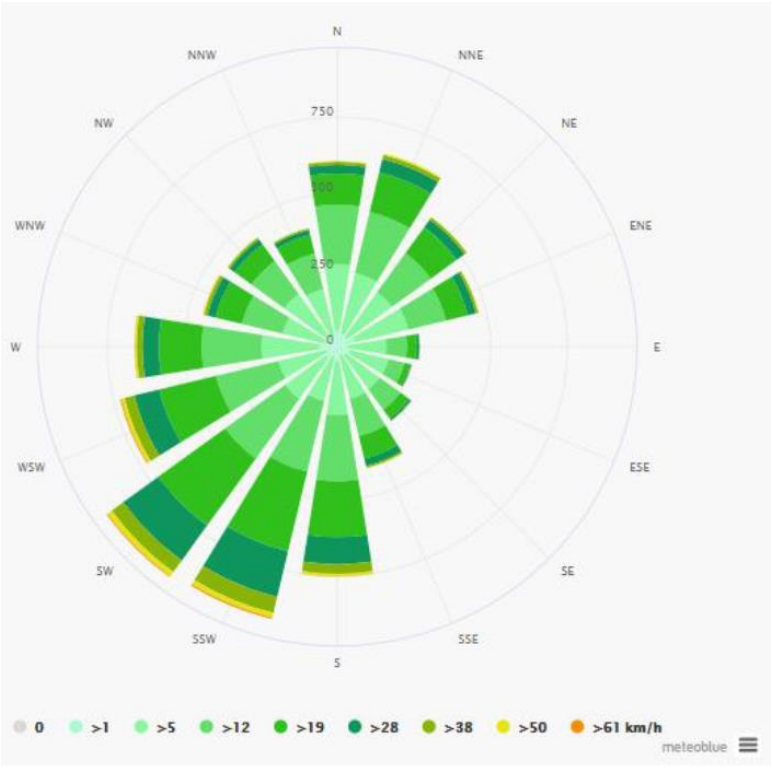


Figure 116 : Rose des vents pour la commune de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les îlots de chaleur urbains sont des phénomènes thermiques créant une sorte de micro-climat urbain où les températures sont significativement plus élevées dans le centre-ville qu'en périphérie. Lors d'épisodes caniculaires, la chaleur s'accumule notamment autour du carrefour des 6 routes à La Courneuve, alors que la fraicheur se maintient à proximité de la Seine, d'Aubervilliers et du secteur des Tartres (Cf. Figure suivante).

Le site d'implantation se situe dans une zone où la fraicheur se maintient lors des épisodes de forte chaleur. Cela est dû à sa proximité avec le Fort de l'Est et ses jardins familiaux qui constitue un secteur végétalisé.

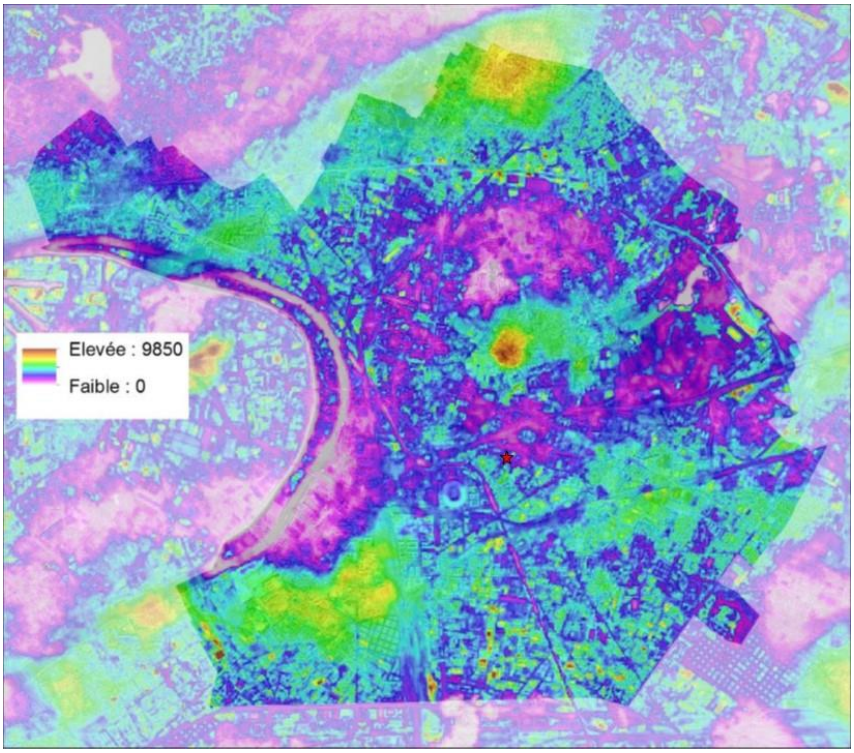


Figure 117: Flux énergétique du 25 juin 2017 lors d'un épisode caniculaire (PLUi)

La densité de foudroiement (Ng) représentant le nombre de coups de foudre par km² et par an. La figure ci-dessous montre que la région Île-de-France se trouve dans la zone où la densité de foudroiement est faible, comprise entre 0,5 et 1.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

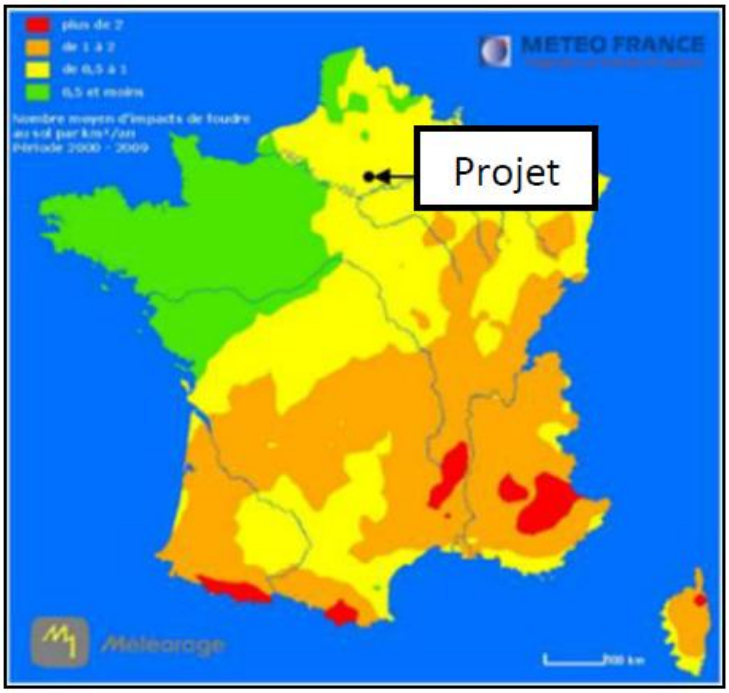


Figure 118: Carte de densité de foudroiement en France (Source : Météorage 2000 – 2009)

4.5.4 Contexte administratif et intercommunalité

La commune de Saint-Denis est membre de la communauté d'agglomération Plaine Commune et appartient à l'académie de Créteil.

En 2000, Plaine Commune est créée en tant que communauté de communes regroupant Aubervilliers, Epinay-sur-Seine, Pierrefitte-sur-Seine, Saint-Denis et Villetaneuse.

Sous le statut d'Etablissement Public Territorial depuis le 1er janvier 2016 dans le cadre de la Métropole du Grand Paris (Loi NOTRe - Loi portant sur la Nouvelle Organisation Territoriale de la République - du 7 août 2015), la commune de Saint-Denis a intégré l'**Etablissement Public Territorial Plaine Commune** (Cf. Figure suivante). Cet EPT est alors constitué de neuf communes : Epinay-sur-Seine, Villetaneuse, Pierrefitte-sur-Seine, Stains, La Courneuve, Aubervilliers, Saint-Ouen, L'Ile-Saint-Denis et Saint-Denis.

Plus de 435 310 habitants vivent aujourd'hui sur Plaine Commune. Le territoire, dont la surface correspond à la moitié de celle de Paris, héberge 196 000 emplois, mais aussi un taux de chômage élevé et une population parmi les plus précaires du pays, un réseau de transports dense, d'importantes voies d'eau (la Seine, le Canal) et deux parcs départementaux.

Saint-Denis compte environ 112 091 habitants en 2018, d'après le recensement de l'INSEE. Entre 2013 et 2018, la croissance démographique est positive avec une moyenne de +2,51% par an, ce qui est inférieur à celle du département de la Seine-Saint-Denis (+5,17%). Plaine Commune, c'est aussi la population la plus jeune de l'Île-de-France, deux universités (43 000 étudiants), ainsi que le Campus Condorcet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

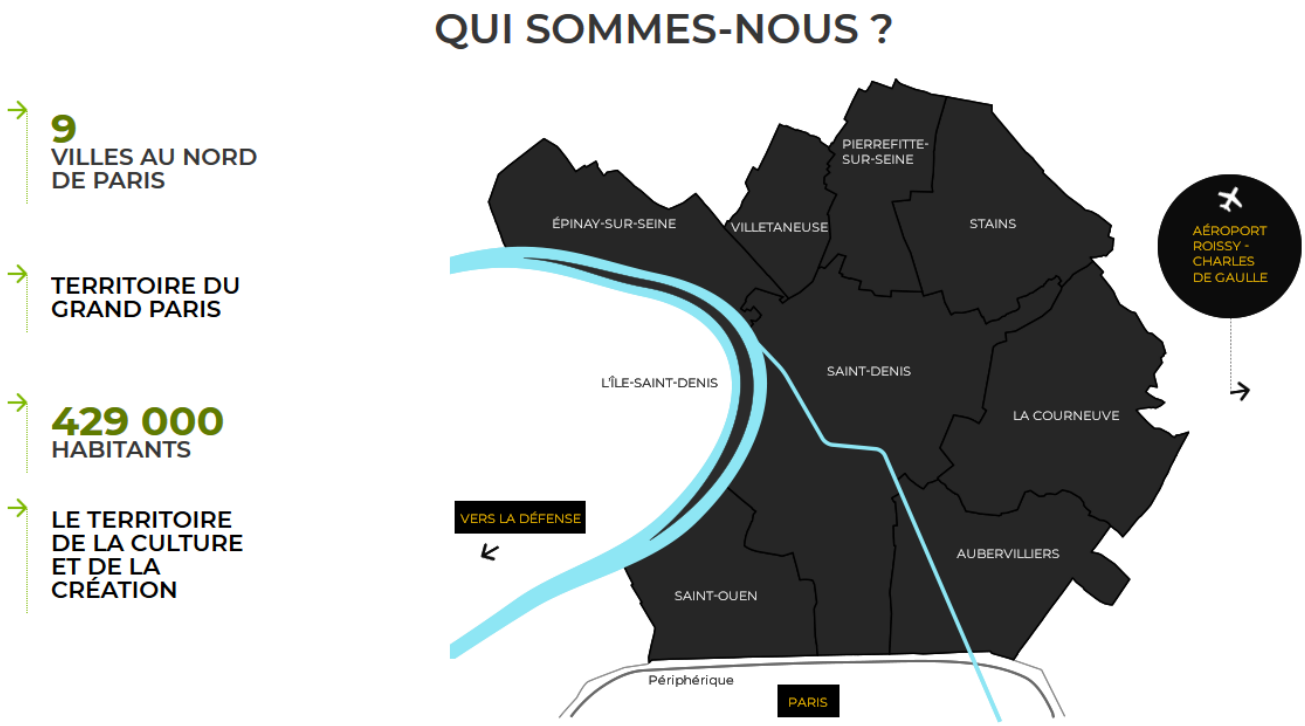


Figure 119 : Territoire de l'EPT Plaine Commune (source : Plaine Commune)

L'établissement public territorial exerce les compétences qui lui sont assignées par la loi, dont cinq sont obligatoires.

- La politique de la ville (dans la limite des compétences ou de la définition de l'intérêt métropolitain, en co-construction avec les villes…),
- Le plan local d'urbanisme (PLU, poursuite des procédures engagées antérieurement par les communes dans le cadre de leur PLU),
- Le plan climat-air-énergie (compatible avec le PCAE métropolitain),
- L'eau et l'assainissement,
- La gestion des déchets ménagers et assimilés.

Trois compétences sont partagées avec la Métropole du Grand Paris :

- L'aménagement de l'espace métropolitain ;
- La politique locale de l'habitat et du logement ;
- Le développement et l'aménagement économique.

Les projets les plus emblématiques de la **Métropole du Grand Paris** sont les suivants :

- Le réseau de transport en commun Grand Paris Express (GPE),
- Le Schéma de Cohérence Territorial Métropolitain (SCOT),
- Le Plan Métropolitain de l'Habitat et de l'Hébergement (PMHH),
- Le plan Climat Air Energie Metropolitain (PCAEM).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les grands projets d'aménagement du territoire **Plaine Commune** sont les suivants :

- Saint-Denis : la rénovation du quartier Pleyel avec une gare du Grand Paris Express et le Village Olympique et Paralympique de Paris 2024 ;
- Saint-Denis : l'implantation d'un pôle tertiaire et la création d'un nouveau quartier de logements dans la ZAC Landy Pleyel ;
- Saint-Denis : le réaménagement de la Porte de Paris ;
- Saint-Denis : la requalification du quartier Gare Confluence ;
- Saint-Denis et Aubervilliers : développement du quartier ZAC Nozal – Front populaire ;
- Aubervilliers : le campus Condorcet ;
- Aubervilliers : aménagement de la ZAC Canal – Porte d'Aubervilliers ;
- La création du quartier des Tartres à cheval sur Pierrefitte-sur-Seine, Stains et Saint-Denis ;
- L'Ile-Saint-Denis : la création d'un quartier dans l'Ecoquartier fluvial ;
- La Courneuve : la rénovation du quartier Babcock ;
- La Courneuve : L'implantation d'une gare au carrefour des Six Routes.

Les grands projets sur le territoire du **département de la Seine-Saint-Denis** sont :

- La création d'un nouveau pont pour franchir la Seine entre Saint-Denis et L'Île-Saint-Denis,
- L'amélioration de 345 km de routes départementales et la création de 30 km de voies cyclables,
- Le T Zen 3, un projet de transport en commun en site propre.

Depuis 2014, Saint-Denis fait partie **du Contrat de Développement Territorial (CDT) « Territoire de la Culture et de la Création »**. Le CDT réunit les communes de Saint-Ouen, Aubervilliers, La Courneuve, Saint-Denis, L'Île-Saint-Denis, Stains, Pierrefitte-sur-Seine, Villetaneuse et Epinay-sur-Seine.

Le CDT envisage des projets avec des objectifs de développement des industries culturelles et créatives. Les projets du CDT du Territoire de la Culture et de la Création sont des suivants :

- Le « Hub Pleyel », la nouvelle gare prévue à Pleyel sera une interconnexion entre les futures lignes su Grand Paris Express, le RER, le métro et éventuellement le Transilien et le TGV. Ce projet comprend le franchissement des voies SNCF avec des bâtiments au-dessus des voies et une « gare-pont habitée » ;
- Le Campus Condorcet dans le centre-ville d'Aubervilliers avec un projet de couverture du boulevard périphérique ;
- Les Docks de Saint-Ouen avec le développement d'un éco-quartier de plusieurs milliers de logements comprenant également des bureaux et des équipements ;
- L'Eco-quartier Fluvial de l'Ile Saint Denis, un programme d'environ 1 000 logements dont les premières livraisons sont prévues en 2015 ;
- L'Eco-quartier Confluence de Saint-Denis avec plus de 1 500 logements programmés (neufs et rénovés) et 4 000 nouveaux emplois ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- La Courneuve gare des 6-routes, la gare n'apparaissant qu'à titre conservatoire des études vont être menées pour démontrer le potentiel de développement du secteur ;
- Le Fort d'Aubervilliers, projet urbain mixte comprenant logements, bureaux, activité et équipements ;
- Paris VIII – Les Tartres en lien avec Paris VIII, les archives nationales et la future gare de la tangentielle nord.

D'autres projets sont également en cours ou envisagés comme la rénovation du Stade de France, la création d'un centre aquatique à Aubervilliers, l'extension du centre commercial du Millénaire ou l'installation des archives du Ministère des Affaires Etrangères à la Courneuve.

La Géothermie est directement inscrite dans les grands projets identifiés par le CDT afin d'y développer une stratégie énergétique transversale.

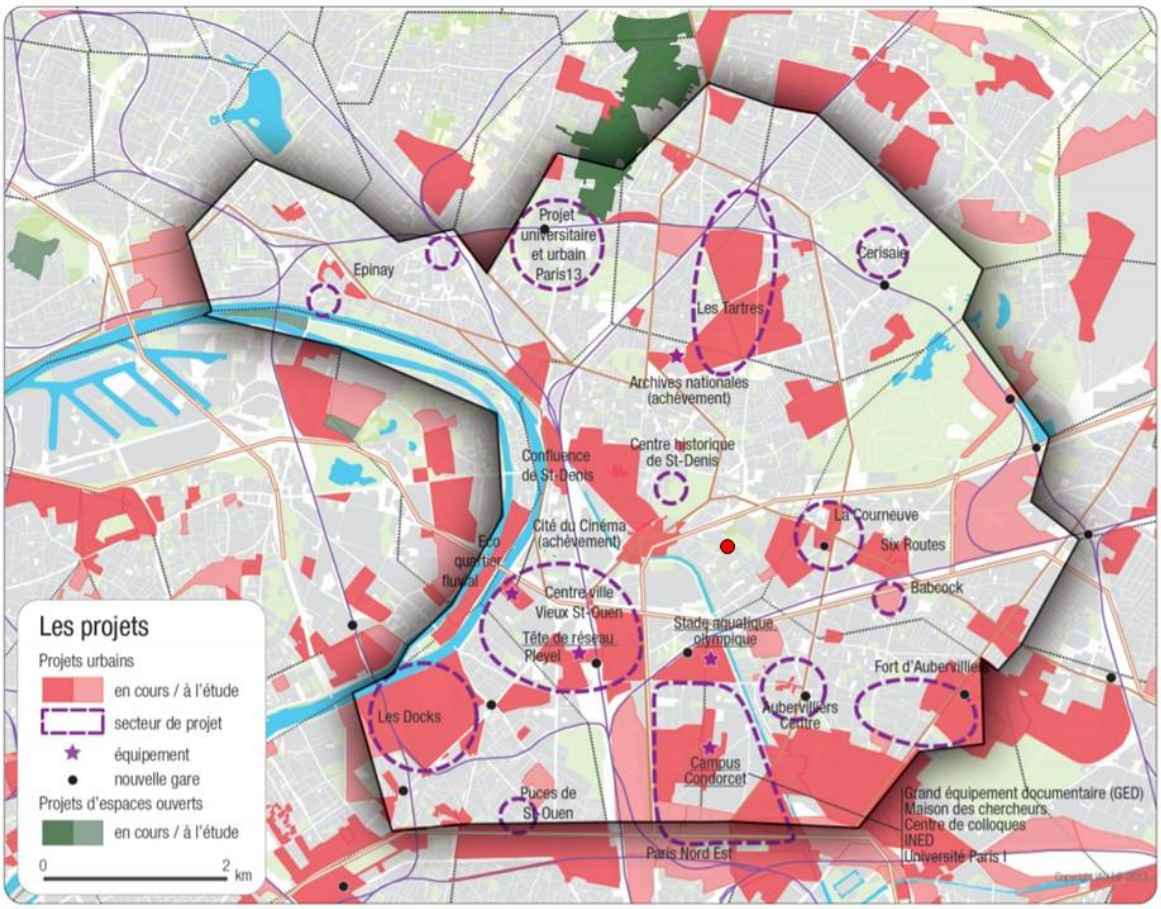


Figure 120 : Localisation des projets emblématiques du CDT Territoire de la Culture et de la Création (source : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme Ile-de-France)

Le Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain a pour objectif d'améliorer le cadre de vie dans 14 quartiers à Plaine Commune. Les quartiers concernés à Saint-Denis sont :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Le quartier Floréal-Saussaie-Courtille, l'objectif étant d'ouvrir le quartier sur son environnement, compléter la desserte en transports en commun, diversifier l'offre de logements, créer des pôles d'équipements et de services …
- **Le quartier Franc Moisin – Bel-Air avec un projet qui vise à désenclaver le quartier, renouveler et augmenter la diversité de l'offre de logements, préserver et développer les lieux de commercialité, améliorer les services et les équipements …**
- Le secteur du centre-ville avec un projet qui vise à améliorer la qualité de l'offre de logement, résorber et anticiper les situations de « mal logement », préserver et valoriser le patrimoine immobilier existant…
- Le quartier Basilique, l'objectif étant de simplifier les circulations et lutter contre l'effet « dalle », doter le quartier d'équipements de proximité et de plein air.

4.5.5 Histoire de l'évolution urbaine de Saint-Denis

Le développement de Plaine Commune a été marqué par de grandes périodes : la période médiévale, l'époque industrielle, l'après-guerre et les années 1980.

Le territoire de la Plaine Commune était initialement composé de zones marécageuses contenant de nombreux rus. La période médiévale voit se développer les axes de communication dont certains, tels que la N1, la D410, la N214 ou la D29, constituent toujours des axes structurants du territoire. Jusqu'au XVIII^{ème} siècle, le territoire est essentiellement consacré aux activités agricoles. Cette exploitation agricole en extension conduit à l'assèchement des cours d'eau.

Le creusement du canal Saint Denis, de 1805 à 1821, marque le début de l'industrialisation du territoire. Dans les années 1840, des voies ferrées sont créées, autour desquelles les zones industrielles s'implantent. La zone industrielle remplace progressivement la zone agricole, jusqu'à être considérée, au début du XX^{ème} siècle, comme la plus grande zone industrielle d'Europe.

Le territoire est alors marqué par une forte croissance de la population qui devient ouvrière. C'est à cette période que sont construits des lotissements, mais aussi les premiers équipements et transports en commun.

L'après-guerre est marquée par une urbanisation rapide de secteurs agricoles pour répondre aux importants besoins de relogement. De grands ensembles d'habitat collectif vont alors voir le jour et marquer le paysage urbain, social et économique du territoire. L'aménagement de grandes infrastructures, telles que l'autoroute du nord qui traverse Saint-Denis ou la ligne 13 du métro, est réalisé. Le début des années 1970 est marqué par la réalisation de grands équipements régionaux tels que le Parc de La Courneuve et l'Université Paris 13.

A partir des années 1970, une désindustrialisation du territoire a lieu. Depuis 1980, le réseau de transports en commun est renforcé avec le prolongement de lignes de métro, le développement des tramways et le renforcement des infrastructures routières. Cela contribue au désenclavement du territoire.

Plaine Commune opère un renouvellement urbain dans les années 1990. De grands projets vont alors voire le jour, comme la construction du Stade de France, ou encore le renforcement de l'autoroute A1 et de nombreuses opérations d'aménagement sous forme de ZAC. A Saint-Denis, les ZAC de Montjoie, Landy Pleyel, Nozal-Front Populaire, Porte de Paris Sud et Confluence sont identifiés comme des secteurs majeurs de grands projets.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En 2000, suite au premier Programme National de Rénovation Urbaine (ANRU 1), de nombreux logements sociaux ont été démolis, puis reconstruits, ou réhabilités et résidentialisés. Près de 7400 logements nouveaux ont été construits.

En 2010, Saint-Denis a signé la première convention du Programme National de Requalification des Quartiers Anciens Dégradés (PNRQAD). Cette convention a fait l'objet d'aménagements sur deux quartiers prioritaires : le quartier de la Gare et le quartier de la Porte de Paris. Fin 2017, 186 logements ont été livrés dans le cadre de programmes mixtes et diversifiés.

Actuellement, Plaine Commune prolonge ses efforts grâce au Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain (NPNRU) qui prévoit de nombreux projets (Cf. Figure suivante).

Le centre de Saint-Denis est le plus urbanisé de Plaine Commune, à proximité de Paris et bien desservi, il est le point central sur lequel viendront s'articuler de grands projets : Porte de Paris à Saint-Denis, renouvellement urbain, ZAC des Tartres, Village Olympique en 2024…

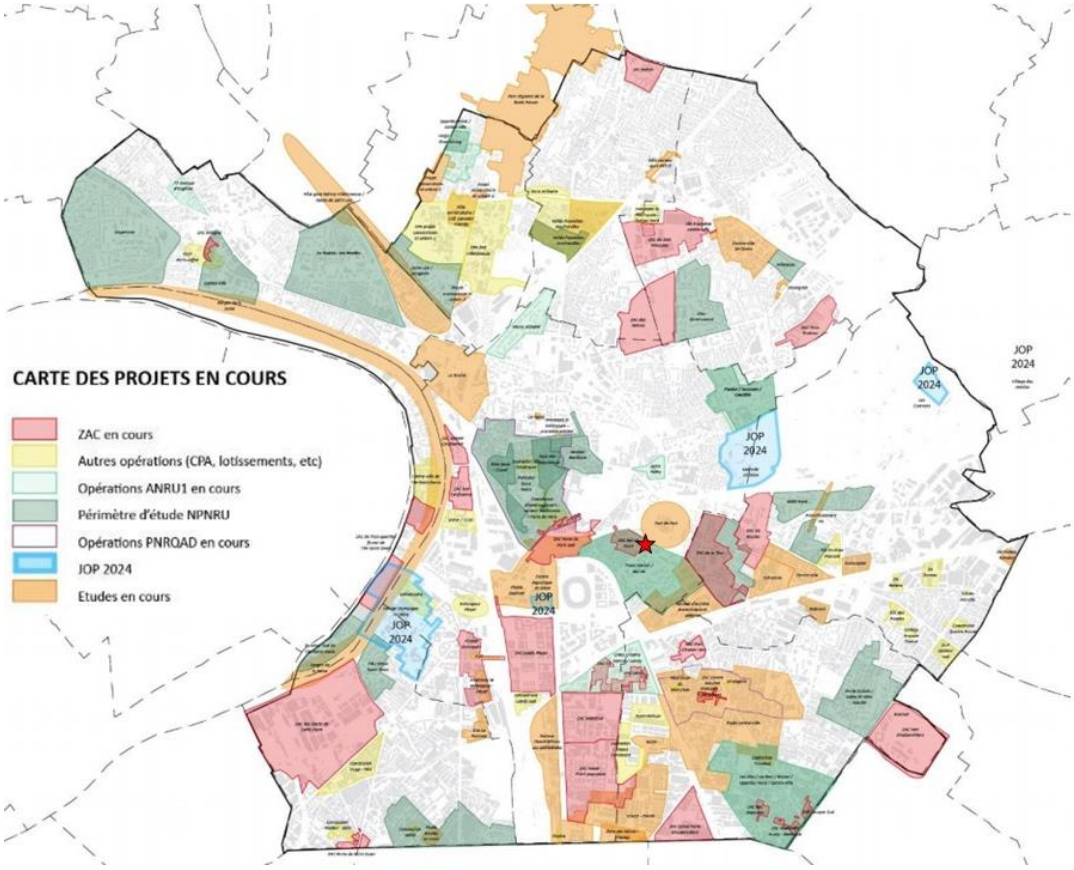


Figure 121 : Périmètres des projets en cours ou à l'étude en 2018 (source PLUi)

4.5.6 Historique du site et projets futurs

Le Fort de l'Est est un fort militaire conçu entre 1841 et 1843, dans le cadre de l'Enceinte de Thiers, construite par le premier ministre de Louis-Philippe Ier, Adolphe Thiers. Le fort est relié au canal Saint-Denis par la digue du ru de Montfort. Au début du XXème siècle le quartier est un majoritairement industriel.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

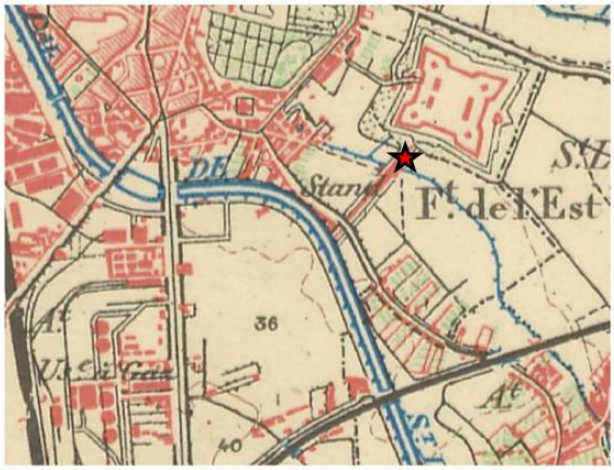
Au milieu du XXème siècle, le bastion nord-ouest du Fort de l'Est est démoli pour le passage de l'autoroute A1 en 1963. Le bidonville du Franc Moisin prend place au sud du fort.

Entre 1970 et 2020, le quartier est en mutation, la citée des Francs-Moisins est construite en 1974 puis le Stade de France en 1995, la passerelle du Franc Moisin en 1998 et le parc du Franc Moisin en 2006. Ceinturé par des éléments urbains forts, le quartier souffre d'un manque d'ouvertures vers l'extérieur.

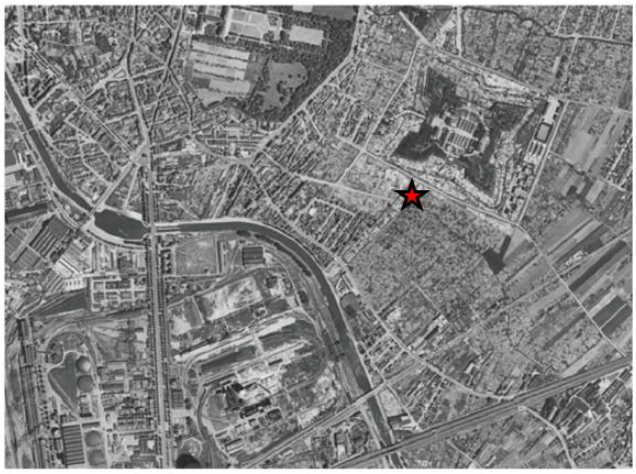
Le fort est encore aujourd'hui utilisé par l'armée et abrite le siège de la Fédération nationale des sous-officiers de réserve. La frange Est du Fort est occupée par une caserne de gendarmerie mobile partiellement désaffectée depuis 1998.

Depuis 2020, le secteur Franc-Moisin / Bel-air fait 'objet d'un secteur de NPNRU. Un nouveau projet vise une transformation ambitieuse tout en maintenant la vocation populaire du quartier et paysagère du fort.

Le projet du Parc du glacis, sera la première phase d'un projet d'aménagement plus large de l'ensemble du flan Est du Fort. Le Fort de l'Est doit être considéré en tant que grand objet urbain, un ouvrage patrimonial qui doit réaffirmer sa visibilité territoriale. Les jardins familiaux et la création de vues et d'accès depuis les quartiers d'habitations jusqu'au Fort offrira un espace paysager ouvert et convivial.



Source : Carte topographique 1900



Source : Photographie aérienne 1960

Source : Photographie satellite 2017

Source : Plan SLG Paysage, Projet Parc du glacis

Figure 122 : Evolution de l'environnement du site d'étude (ORRSO)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

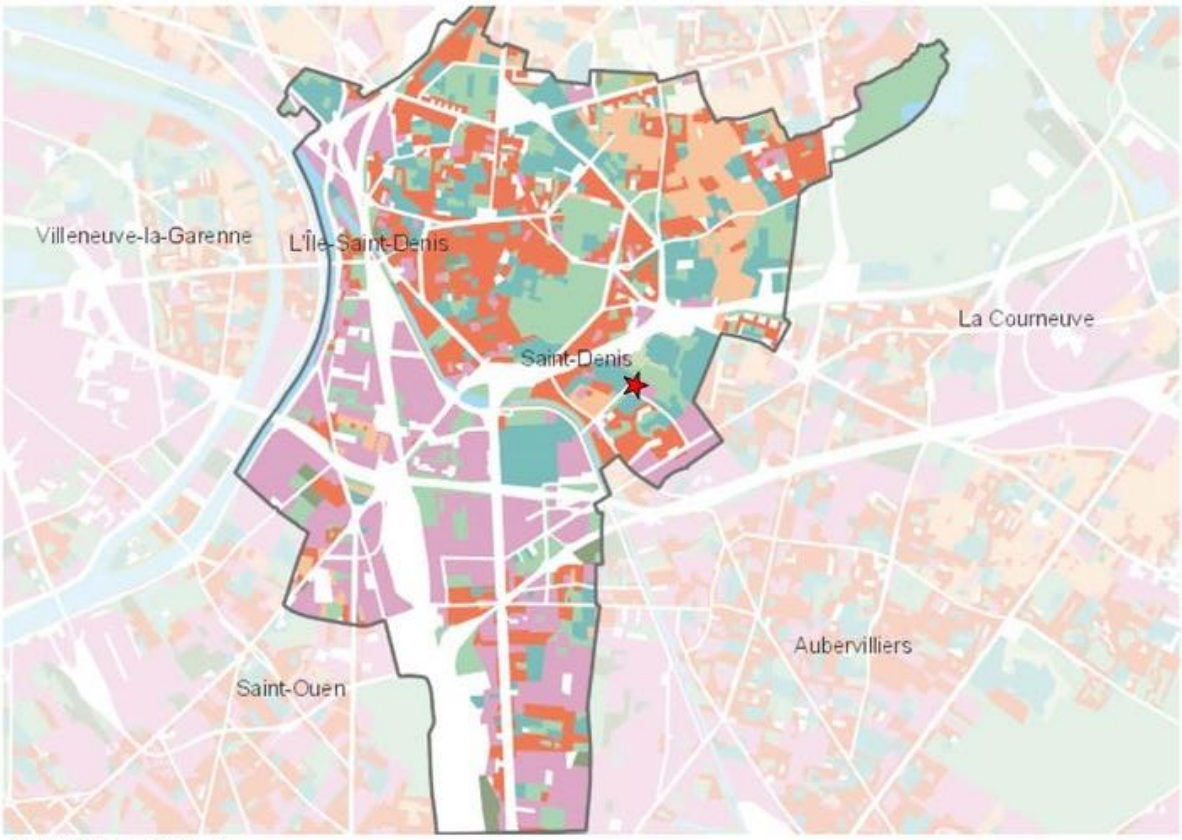
4.5.7 Diversité urbaine et architecturale

Le territoire de Saint-Denis possède une grande variété de tissus urbains : les tissus à dominante résidentielle, d'activités économiques et les équipements publics. Le secteur d'étude présente une dominance résidentielle avec de vastes quartiers pavillonnaires, des grands ensembles et des espaces ouverts (Cf. Figures suivantes).

Figure 123 : Occupation du sol et type de tissus urbains à proximité du secteur d'étude (source ORRSO

Le site d'implantation du projet géothermique se situe au sein de la Zone d'Aménagement Concerté Bel-Air Nord, créée en 2009 à proximité de la chaufferie Biomasse de Saint-Denis. Cette zone, enclavée entre l'autoroute A1 et A86, est dominée par les équipements publics et les habitats collectifs ou individuels.

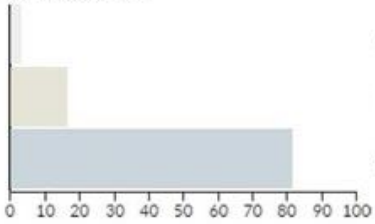
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



BILAN 2012 - 2017 (en ha)

	Type d'occupation du sol	Surface 2012	Disparition	Apparition	Surface 2017	Bilan
1	Bois ou forêt	2.07	0	0	2.07	0
2	Milieux semi-naturels	5.72	0	0.89	6.62	0.89
3	Espaces agricoles	4.96	-0.89	0	4.07	-0.89
4	Eau	23.41	0	0	23.41	0
Espace agricoles, forestiers et naturels		**36.16**	**0**	**0**	**36.16**	**0**
5	Espaces ouverts artificialisés	184.57	-4.98	20.6	200.19	15.62
Espaces ouverts artificialisés		**184.57**	**-4.98**	**20.6**	**200.19**	**15.62**
6	Habitat individuel	70.91	-0.13	0.61	71.38	0.47
7	Habitat collectif	215.13	-4.1	12.06	223.09	7.96
8	Activités	258.9	-14.48	9.47	253.89	-5.01
9	Equipements	143.68	-1.7	6.71	148.69	5.01
10	Transports	289.33	-6.13	5.06	288.26	-1.07
11	Carrières, décharges, chantiers	38.54	-35.82	12.83	15.56	-22.99
Espaces construits artificialisés		**1016.49**	**-20.6**	**4.98**	**1000.86**	**-15.62**
Total		**1237.22**	**-25.58**	**25.58**	**1237.21**	**0**

CHIFFRES CLÉS



2.92 % Espaces agricoles, forestiers et naturels

16.18 % Espaces ouverts artificialisés

80.9 % Espaces construits artificialisés

© IAU idF 2019
Source : IAU idF, Mos 2012, 2017

Figure 124 : Carte du MOS de 2017 – Saint-Denis (www.iau-idf.fr)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.8 Protection du patrimoine bâti

4.5.8.1 *Patrimoine archéologique*

Saint-Denis est une ancienne Ville médiévale, nécropole royale, haut lieu de la révolution industrielle puis grande ville ouvrière. Entre 1974 et 1992, des recherches archéologiques ont été effectuée en centre-ville, près de la basilique, par le suivi des terrassements de la ligne 13 du métro et se poursuivirent par une campagne de sondages destinée à évaluer le potentiel archéologique du quartier situé au nord de l'église abbatiale.

Elles ont permis d'étudier sur 13,5 ha l'un des secteurs clef de Saint-Denis et de mettre au jour des nombreux vestiges médiévaux. Des milliers d'objets ont été recueillis, auxquels s'ajoutent des millions de tessons de poteries, d'os d'animaux et de matériaux de construction (céramique, verre, métaux, mais aussi textile, bois et cuir).

Situé au cœur de l'ancienne cité médiévale, à 150 m de la Basilique, l'îlot Cygne est d'un intérêt majeur pour les archéologues où le site est protégé et en chantier de fouilles permanents (Cf. Figure suivante). Il a été choisi pour engager un travail interdisciplinaire entre le haut Moyen Âge et le 19ème siècle.

L'Unité d'archéologie de la ville de Saint-Denis (UASD) est un service municipal créé en 1982 dans le de l'opération d'archéologie préventive sur l'ilot Cygne. Aujourd'hui, les recherches de ce service portent aussi sur l'ensemble du territoire communal.

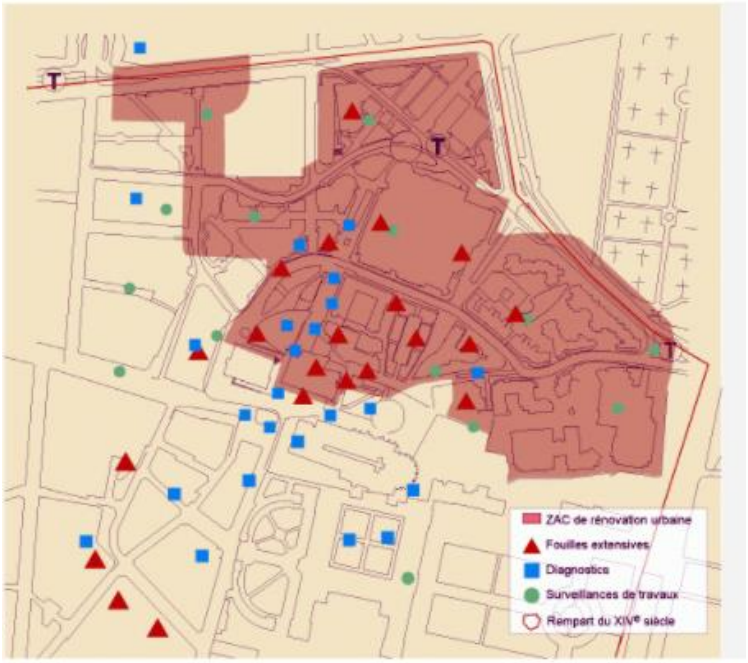


Figure 125 : Plan de localisation es interventions archéologiques dans le centre de Saint-Denis sur l'Ilot Cygne (UASD)

Le site d'implantation des forages ne fait pas partie d'une zone à fort potentiel archéologique ni d'une zone de présomption de prescription archéologique. Le site se situe toutefois dans une zone de saisine systématique du Service Régional de l'Archéologie lors de travaux d'aménagement dans le cadre de la loi du 17 janvier 2001.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.8.2 *Monuments classés*

La commune de Saint-Denis compte 17 sites monuments classés Monument Historique, ou inscrits à l'inventaire des Monuments Historiques :

- La Basilique de Saint-Denis, classée Monument Historique en 1862,
- L'ancienne église abbatiale, classée Monument Historique en 1926,
- Les restes de l'ancienne église des 3 patrons et les vestiges du cimetière mérovingien, inscrit à l'inventaire des Monuments Historiques en 1952,
- La Maison de la Légion d'Honneur et son parc, classés Monument Historique en 1927,
- L'ancien carmel, inscrit à l'inventaire des Monuments Historiques en 1978,
- Les caves 10 rue de Strasbourg, inscrites à l'inventaire des Monuments Historiques en 1947,
- L'ancien couvent des Ursulines, classé Monument Historique en 1986,
- L'immeuble 15 rue des Ursulines, inscrit à l'inventaire des Monuments Historiques en 1984,
- L'église de Saint-Ouen le vieux, inscrite à l'inventaire des Monuments Historiques en 1933,
- L'église de Saint-Denis de l'Estrée inscrite à l'inventaire des Monuments Historiques en 1981 et ses vitraux classés Monument Historique,
- La Maison des Arbalétriers inscrite à l'inventaire des Monuments Historiques en 1985,
- L'ancienne pharmacie centrale, inscrite à l'inventaire des Monuments Historiques en 1994,
- Le pavillon a toit carène, l'immeuble d'habitation, et la maison du Directeur de l'ancienne usine Coignet, inscrits à l'inventaire des Monuments Historiques en 1998,
- Les façades et toitures de l'atelier de levage et l'atelier de réparation du petit matériel du dépôt de la Plaine Saint-Denis, inscrites à l'inventaire des Monuments Historiques en 2004,
- La maison dite « Maison des Masques », inscrite au titre des Monuments historiques en 2006,
- Les façades et toitures du siège du journal l'Humanité, inscrites au titre des Monuments historiques en 2007,
- Certaines parties de l'usine de l'orfèvrerie Christofle, inscrites au titre des Monuments historiques en 2007.

Toute modification apportée au site classé ou inscrit ou aux constructions dans un rayon de 500 m autour du site classé ou inscrit nécessite l'accord de l'architecte des Bâtiment de France.

Le site d'implantation du projet se situe à plus de 500 mètres du site de la Maison de la Légion d'Honneur et son parc, classés Monuments Historiques, il se situe donc proche du périmètre de protection des Monuments Historiques, mais en dehors de ce dernier (Cf. Figure suivante et Figure 170).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

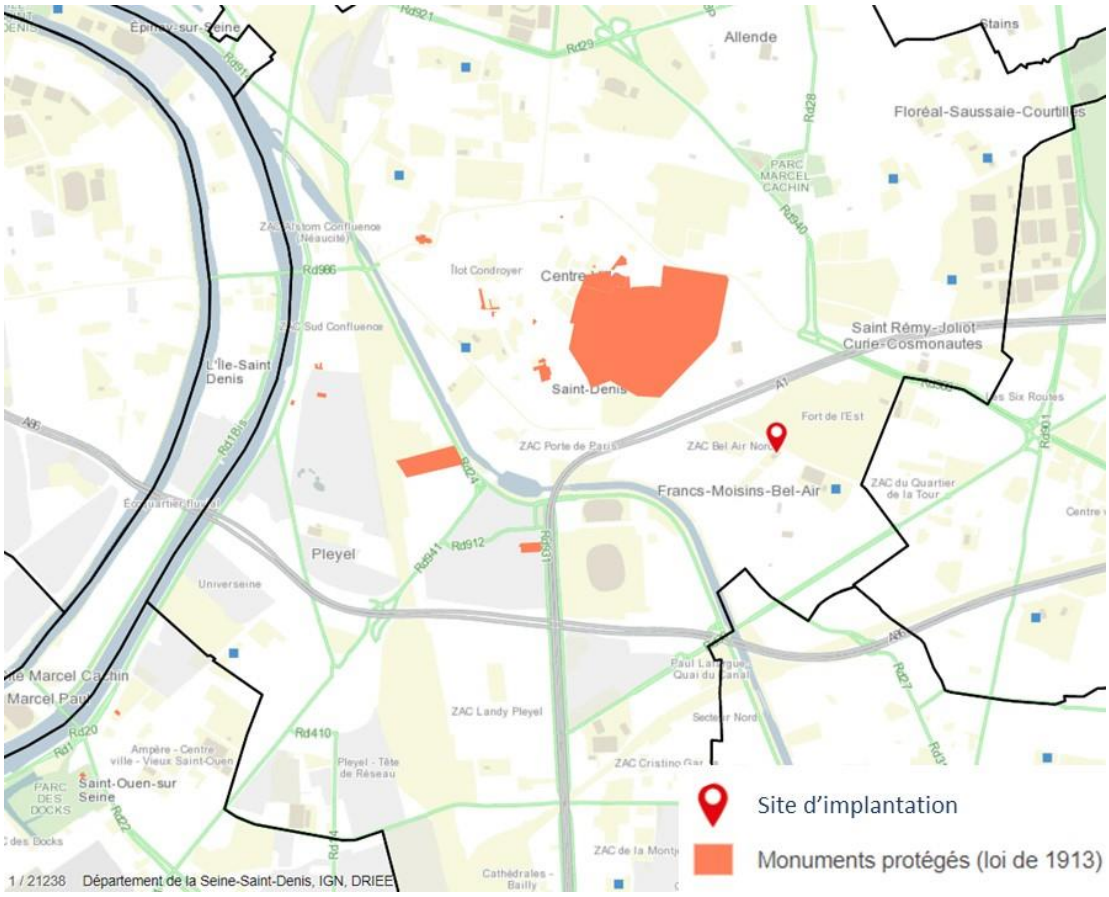


Figure 126 : Carte des monuments classés ou inscrits en totalité ou en partie au titre des lois de 1913 (source : Géoportail93.fr)

4.5.8.3 *Patrimoine architectural et urbain*

Outre ces monuments historiques protégés, un important patrimoine d'intérêt local peut être identifié sur le territoire de Plaine Commune.

Ce patrimoine constitue l'identité du territoire. Bénéficiant d'une reconnaissance nationale, voire internationale (Basilique de Saint-Denis, Stade de France), il fait d'objet d'inventaires et de mesures de protection définies localement.

Ce patrimoine est très divers sur Saint-Denis :

- Religieux et civil avec la basilique de Saint-Denis ou la maison de la Légion d'honneur, mais également avec les châteaux et manoirs devenus hôtels de ville, le couvent des Ursulines
- Culturel avec le musée d'art de d'histoire Paul Eluard, l'unité d'archéologie et la Fabrique de la ville et La Cité du Cinéma,
- Industriel avec des usines (Orfèvrerie Christofle, Coignet), des hangars (Centrale thermique de la société d'Electricité), des cheminées …
- Architectural avec la Maison aux masques, la maison François Coignet, la maison d'éducation de la Légion d'honneur, la maison des Arbalétriers, le Stade de France, la Cité Paul Langevin, Auguste-Delaune, Colonel Fabien,

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Paysager avec des vestiges des fortifications du XIXe siècle ou encore une architecture militaire avec les forts de l'Est et de la Briche, les cités jardins et les écoles.

La base Mérimée recense, quant à elle, une vingtaine de bâtiments ou ensembles à classer au patrimoine local de Saint-Denis. Certains bâtiments inscrits dans la base de données Mérimée ont depuis été détruits ou rénovés.

Le site d'implantation des forages ne se trouve pas dans un quartier où sont identifiés quelques édifices appartenant à l'inventaire du patrimoine architectural et urbain de la commune, décrits dans le PLUi (Cf. Figure suivante). Il se situe toutefois dans le patrimoine paysager du Fort de l'Est où l'implantation du bâti devra respecter les alignements (arbres et voies piétonne) et la continuité du cours du ru de Montfort.

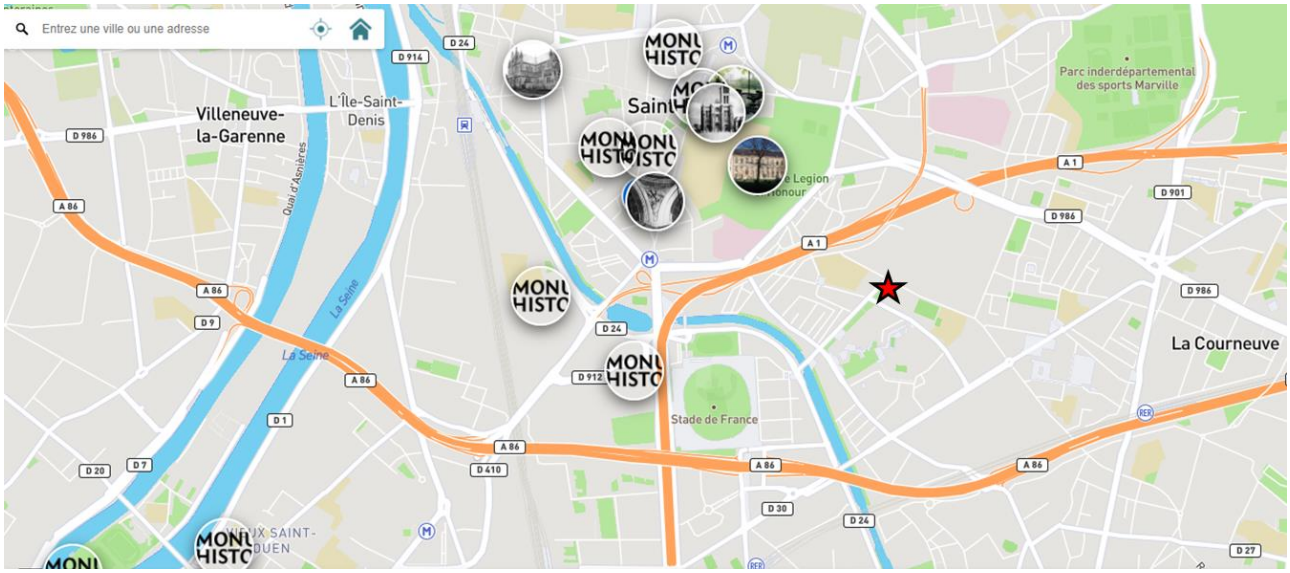


Figure 127 : Base Mérimée et singularités du patrimoine architectural du secteur (www.pop.culture.gouv.fr)

4.5.9 Les axes de communication et de transport

4.5.9.1 *Le réseau routier*

Les emprises ferroviaires traversent Saint-Denis du nord au sud, mais aussi d'est en ouest au sud de la commune. Saint-Denis fait partie de l'unité urbaine de Paris et bénéficie d'une bonne inscription dans le réseau routier francilien :

- Plusieurs axes routiers structurants tels que l'A86 ou l'A1,
- Plusieurs routes départementales à forte circulation : quatre radiales (la RN2, la RN301, la RN1 et la RN410) et trois tangentielles (la RN186, la RD29 et la RD30).

Deux ponts séparés de 2,3 km franchissent la Seine et assurent la communication entre la commune de L'Île-Saint-Denis et celles de Saint-Denis et de Saint Ouen, respectivement le pont de L'Île-Saint-Denis et le pont de Saint Ouen. Un nouveau franchissement entre ces deux ponts existants est envisagé. Celui-ci reliera le nouvel éco quartier fluvial de L'Île-Saint-Denis et le futur quartier Universeine de Saint-Denis. Il sera réservé aux transports collectifs et aux modes actifs et ainsi, inaccessibles aux voitures.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation se situe entre trois axes routiers importants que sont l'A86, l'A1 et la RN301 (Cf. Figure suivante).

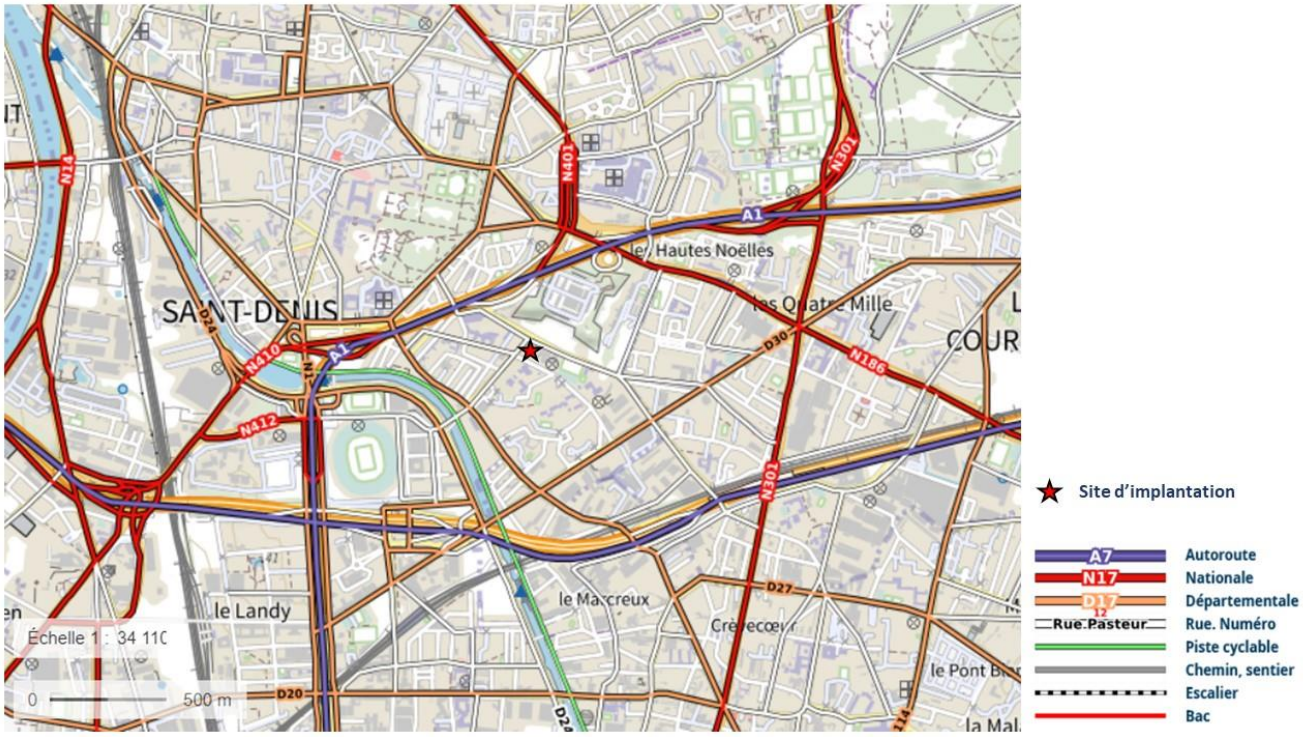


Figure 128: Maillage viaire de Saint-Denis (source : Géoportail)

4.5.9.2 *Les transports en commun*

Les infrastructures de transports en commun sont majoritairement orientées vers Paris. La ville de Saint-Denis est desservie par 17 lignes de bus, un arrêt du RER B (La Plaine – Stade de France) et deux arrêts du RER D (Stade de France Saint-Denis et Gare de Saint-Denis).

Elle est également traversée par les lignes 12 et 13 du métro avec une station pour la ligne 12 et quatre stations pour la ligne 13. La ligne 13 du métro est particulièrement importante car elle dessert une grande partie du territoire dionysien. 600 000 voyageurs l'empruntent chaque jour.

Enfin, la ville est traversée par trois lignes de tramway :

- Le **T1** (Asnière-Gennevilliers / Noisy-le-Sec RER) traverse Saint-Denis d'est en ouest,
- Le **T5** (Marché de Saint-Denis / Garges – Sarcelles) qui permet la communication entre Saint-Denis, Pierrefitte-sur-Seine, Sarcelles et Garges-lès-Gonesse,
- Le **T8** relie Saint-Denis à Epinay-sur-Seine et Villetaneuse. Plaine Communes et Saint-Denis se mobilisent pour que la ligne soit prolongée jusqu'à Paris (Cf. Figure suivante).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 129 : Projet d'extension de la ligne T8 du tramway (Plaine Commune)

Les couvertures du territoire de Plaine Commune par les transports collectifs demeure incomplète, particulièrement au nord du territoire. En effet, le sud est bien desservi par le RER, le métro et le tramway, alors que le nord ne dispose que de trois gares et les densités du réseau d'autobus sont très différentes.

Le Contrat de Développement Territorial (CDT) de Plaine Commune a défini une stratégie de développement urbain en corrélation avec les infrastructures de transport, en particulier avec l'arrivée du métro Grand Paris Express.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

C'est pourquoi le réseau de transports collectifs lourds va continuer à prendre de l'ampleur avec de nombreux projets tels **que le prolongement de la ligne 14 du métro à Saint-Denis Pleyel, la création des lignes 15, 16 et 17 du métro dans le cadre du projet du Grand Paris Express. Ainsi, à Saint-Denis :**

- La gare de Saint-Denis Pleyel devrait être desservie par la ligne 14 du métro qui sera prolongée d'ici 2024
- Les lignes 16 et 17 du métro seront créée en 2024 et desserviront la gare de Saint-Denis Pleyel,
- La ligne 15 du métro sera créée en 2030 et desservira les gares de Saint-Denis Pleyel et Stade de France,
- Le prolongement de la ligne de tramway T8 depuis Saint-Denis Porte de Paris jusqu'à Rosa Parks desservira le sud Saint-Denis avec 10 nouvelles stations.

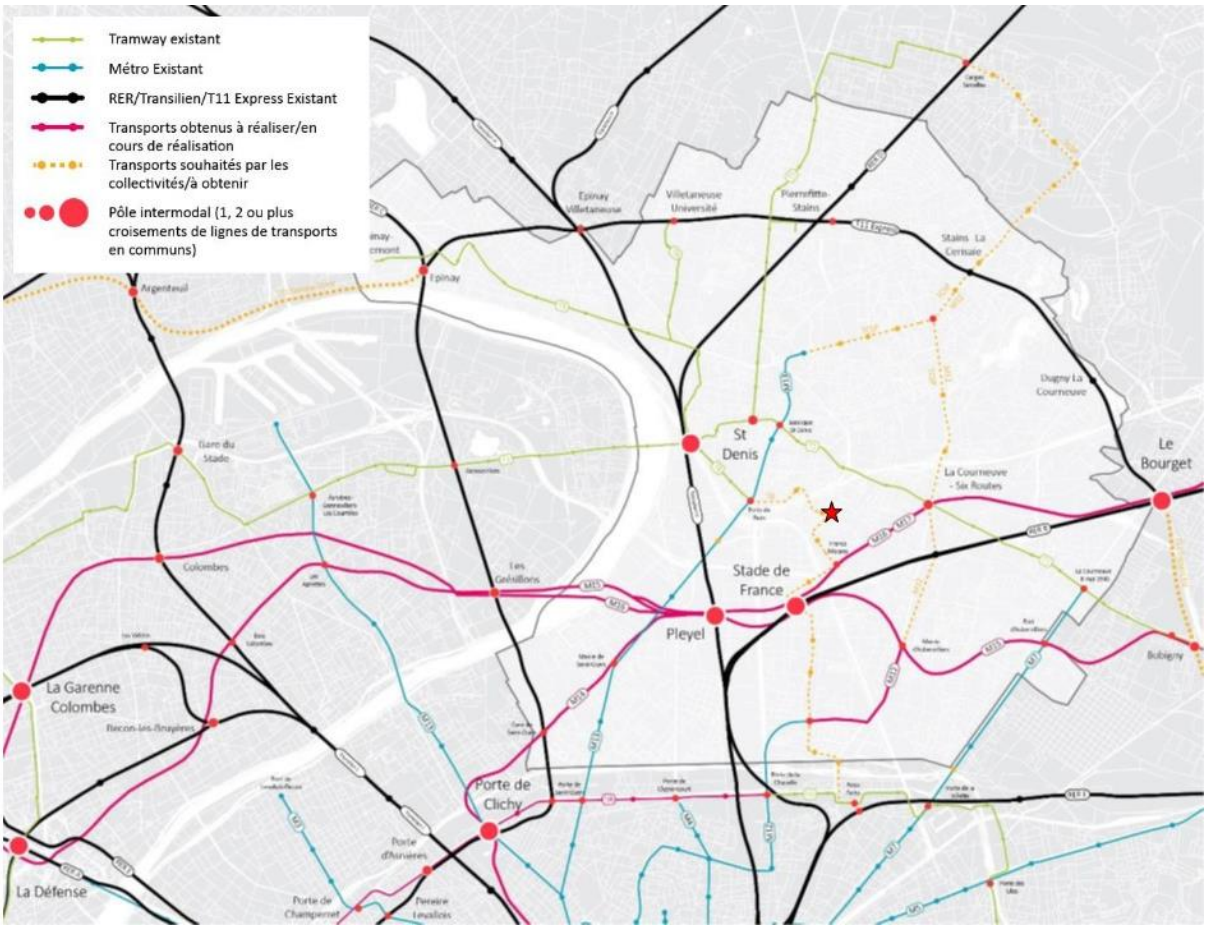


Figure 130 : Schéma de référence pour l'évolution du réseau de transport collectif à court terme (PLUi)

Le prolongement de la ligne de tramway T8 est aujourd'hui en cours de déclaration de projet (Déclaration d'Utilité Publique) suite à l'enquête publique finalisée fin 2021. Il permettra de desservir le quartier de la ZAC Bel-Air Nord à l'horizon 2030, en passant par l'avenue du Franc-Moisin à proximité du projet de géothermie du SMIREC.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.10 Les liaisons douces et Trame verte et Bleue

La commune s'inscrit dans un réseau de grands espaces verts tels que le parc de La Courneuve, le parc de la Légion d'Honneur, ou encore le parc de L'Ile-Saint-Denis. La commune s'insère également dans un réseau hydrique constitué de cours d'eau majeurs tels que la Seine et le Canal Saint-Denis.

Le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) de la région Ile-de-France, adopté en 2013, a pour objectif de freiner la perte de la biodiversité par la préservation, gestion et la remise en état de milieux nécessaire aux continuités écologiques. Le territoire s'inscrit également dans le Schéma Directeur Régional d'Île-de-France (SDRIF) « Défis, projet spatial régional et objectifs » qui spécifie que les espaces existants doivent être préservés et de nouveaux espaces créés dans les secteurs carencés. Sur le territoire de Plaine Commune, les objectifs du SRCE sont :

- La restauration du corridor alluvial multi-trame supporté par le canal Saint-Denis
- L'identification de la Vieille Mer comme un cours d'eau souterrain susceptible de faire l'objet d'opérations de réouverture.

Les départements de Paris et Petite Couronne identifient des secteurs reconnus pour leur intérêt écologique (butte Pinson, parc de la Légion d'Honneur, secteur des Tartres, cimetière parisien de Saint-Ouen) et des liaisons reconnues pour leur intérêt écologique (entre le parc de La Courneuve et la Seine, entre le parc de La Courneuve et la butte Pinson et entre la butte Pinson et la Seine) (Cf. Figure suivante).

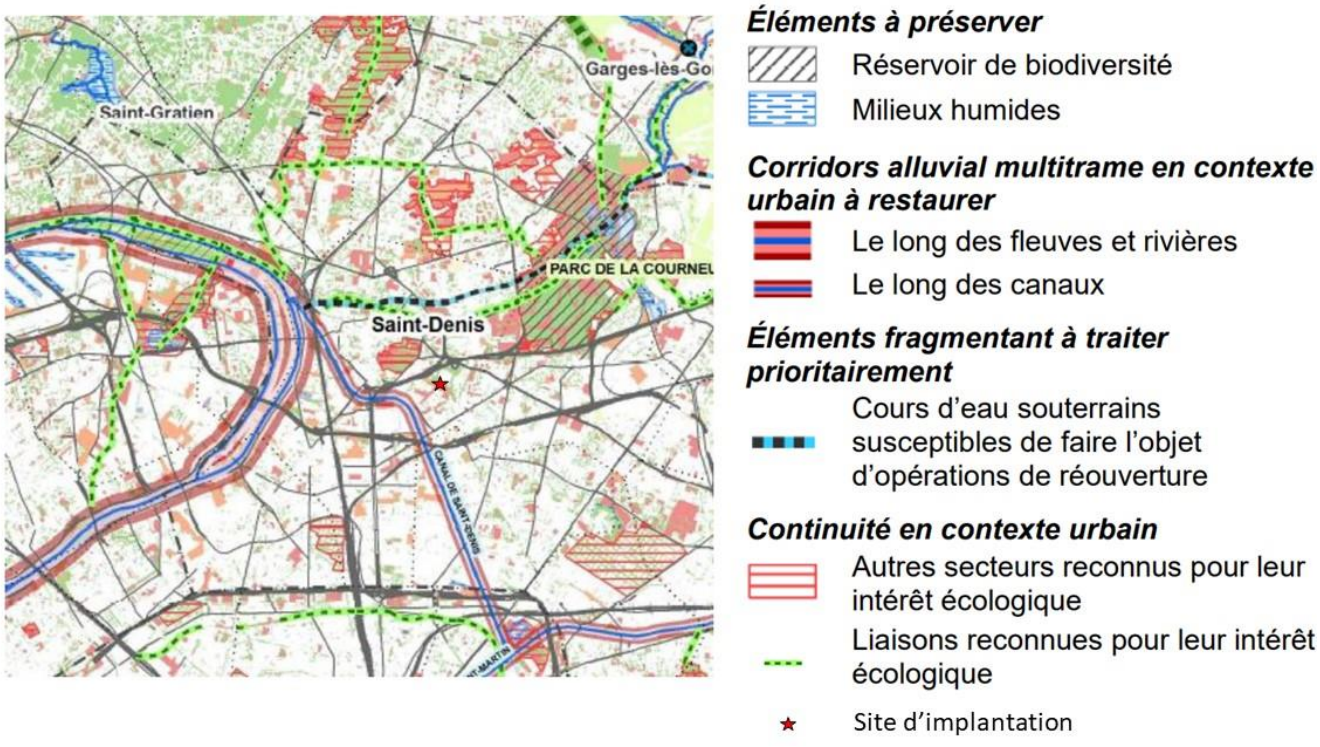


Figure 131 : Extrait de la carte « Paris – Petite Couronne » du SRCE d'Île-de-France

La Plaine Commune s'inscrit également dans le corridor écologique de la Seine au titre du SRCE et de la Trame Verte et Bleue, et est marquée par un paléo-réseau hydrographique.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le deuxième axe du PADD de Plaine Commune, « un territoire écologiquement responsable, pour le bien-être de ses habitants », comporte une orientation dédiée spécifiquement à la garantie de la qualité urbaine, environnementale et paysagère pour consolider la structure, la trame verte et bleue du territoire, à travers les actions suivantes :

- Développer de nouveaux espaces verts ouverts au public et protéger la richesse du paysage,
- Préserver la pleine terre et végétaliser les cœurs d'îlot afin de limiter l'imperméabilisation des sols,
- Produire localement et développer **l'usage des énergies renouvelables,**
- Préserver la biodiversité et créer des continuités vertes (squares, friches urbaines…),
- Faire vivre la trame bleue, protéger les berges de la Seine et préserver la renaturation de la Vielle Mer et du Ru d'Arras,
- Protéger l'agriculture urbaine et soutenir son développement (maintien des jardins cultivés et des espaces agricoles, promotion des toitures-terrasses à des fins d'agriculture urbaine, …),
- Limiter la consommation des espaces naturels et agricoles (objectif de consommation des espaces agricoles et naturels fixé à 7 hectares maximum sur la durée du PLUi),
- Réduire l'exposition aux risques naturels, notamment aux risques d'inondation en concevant des aménagements urbains et des constructions qui prennent en compte les phénomènes de ruissellement des eaux de pluie et de remontée de nappe.

Le territoire de Saint-Denis reste très artificialisé et possède peu de zones reconnues pour leur intérêt écologique. Le Parc de la Légion d'Honneur est l'entité à intérêt la plus proche du site, située à environ 500 m au nord-ouest (Cf. Figure 131 et Figure suivante).

Toutefois, à proximité du site, les espaces verts du Fort de l'Est, les alignements d'arbres du cours du ru de Montfort sont identifiés.

Sur l'ensemble du territoire, le maillage des réseaux cyclables et des transports en commun doit être renforcé et complété par de nouveaux aménagements. C'est pourquoi la desserte en transports en commun sera renforcée par le prolongement des lignes de métro existantes et la création des lignes du Grand Paris Express.

Les berges de la Seine et du canal Saint-Denis seront développées en un réseau de liaisons actives accessibles aux piétons, aux personnes à mobilité réduite et aux vélos, afin de constituer un réseau vert.

La pratique du vélo est quant à elle peu répandue à Plaine Commune bien que la topographie du territoire soit favorable à son usage. Plaine Commune a donc adopté un Plan vélo en 2011 afin de prendre en compte les besoins des cyclistes en termes de confort et de sécurité des parcours, de stationnement, de services et d'information. Actuellement, une grande partie des itinéraires sont discontinus et des points de vigilance, correspondant à des portions de voies pour lesquelles les largeurs disponibles sont problématiques pour l'intégration d'un aménagement cyclable, ont été identifiés (Cf. Figure 133).

Le site d'implantation de forages géothermiques se situe à proximité d'une piste cyclable qui rejoint les berges du canal Saint-Denis.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 132 : Alignements d'arbres et parcs à Saint-Denis (PLUi)

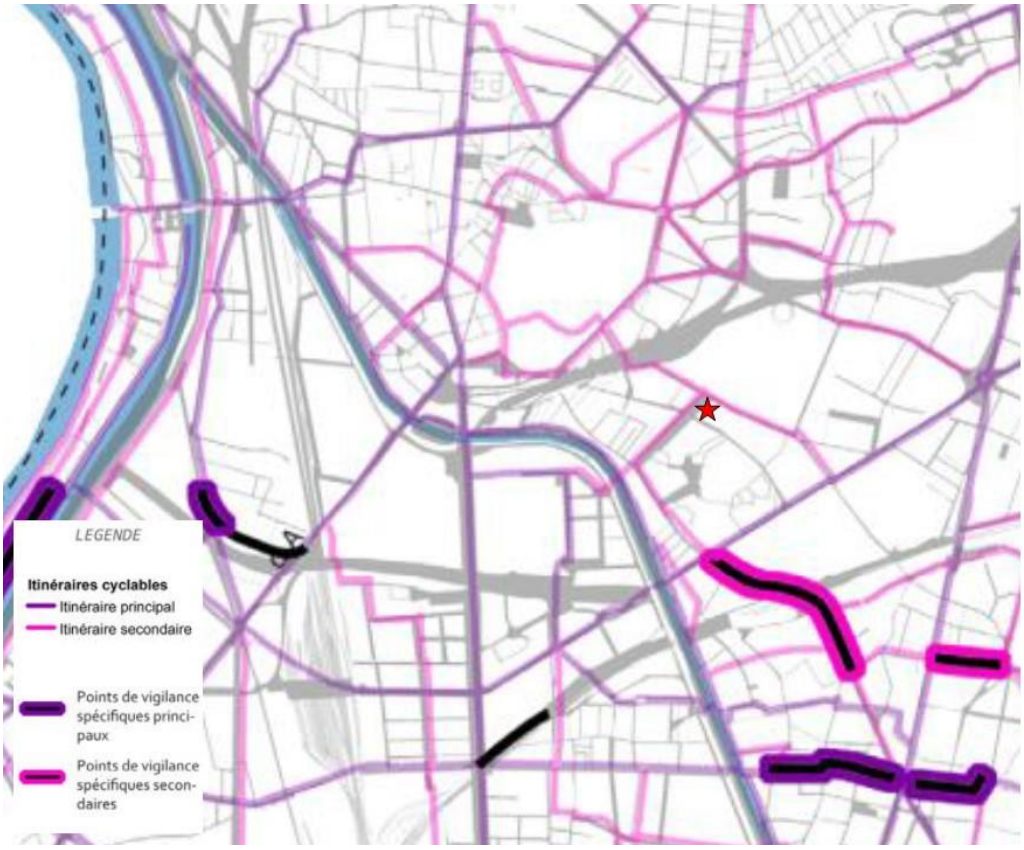


Figure 133 : Carte des itinéraires cyclables (PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.11 Les espaces verts

Saint-Denis, située aux portes de Paris, subit une contrainte urbaine forte où la place des espaces verts est limitée et inégalement répartie. En effet, le SDRIF identifie des secteurs déficitaires en espaces verts à Saint-Denis, tout comme dans la quasi-totalité des communes de Plaine Commune. Dans ces villes, l'offre d'espaces verts publics de proximité doit être développée afin de tendre vers 10 m² par habitant. Une disparité dans la répartition des espaces verts publics se fait ressentir avec une forte dominance du parc départemental de La Courneuve, localisé à l'est de Plaine Commune. Le sud du territoire est particulièrement déficitaire en espaces verts. Ces espaces sont très majoritairement représentés par les espaces ouverts artificialisés (parcs, jardins, terrains de sport, …) qui occupent 82 % de la superficie des espaces naturels à Plaine Commune.

La commune de Saint-Denis bénéficie de la plus grande superficie communale d'espaces verts après La Courneuve. Actuellement, la surface d'espaces verts publics par habitant y est de moins de 8 m².

Il existe de nombreux espaces verts de proximité (squares, promenades, terrains de jeux) dans toute la ville, entretenus par l'Unité territoriale des Parcs et jardins, représentant 23 % de la superficie des espaces verts de Plaine Commune avec :

- 75 hectares d'espaces verts dont 33 ha pour les parcs et jardins,
- 40 espaces verts dans les cités / 23 aires de jeux hors des cités,
- 103 jardins pédagogiques dans les écoles et les centres de loisirs,
- 17 terrains de sport de proximité dans les quartiers,
- 7 500 arbres d'alignement,
- 200 000 plantes produites chaque année par les serres municipales.

La composition de la ville a favorisé la création d'espaces de petite superficie plutôt que de grands parcs. Ils sont localisés près des voies ou sentes piétonnes.

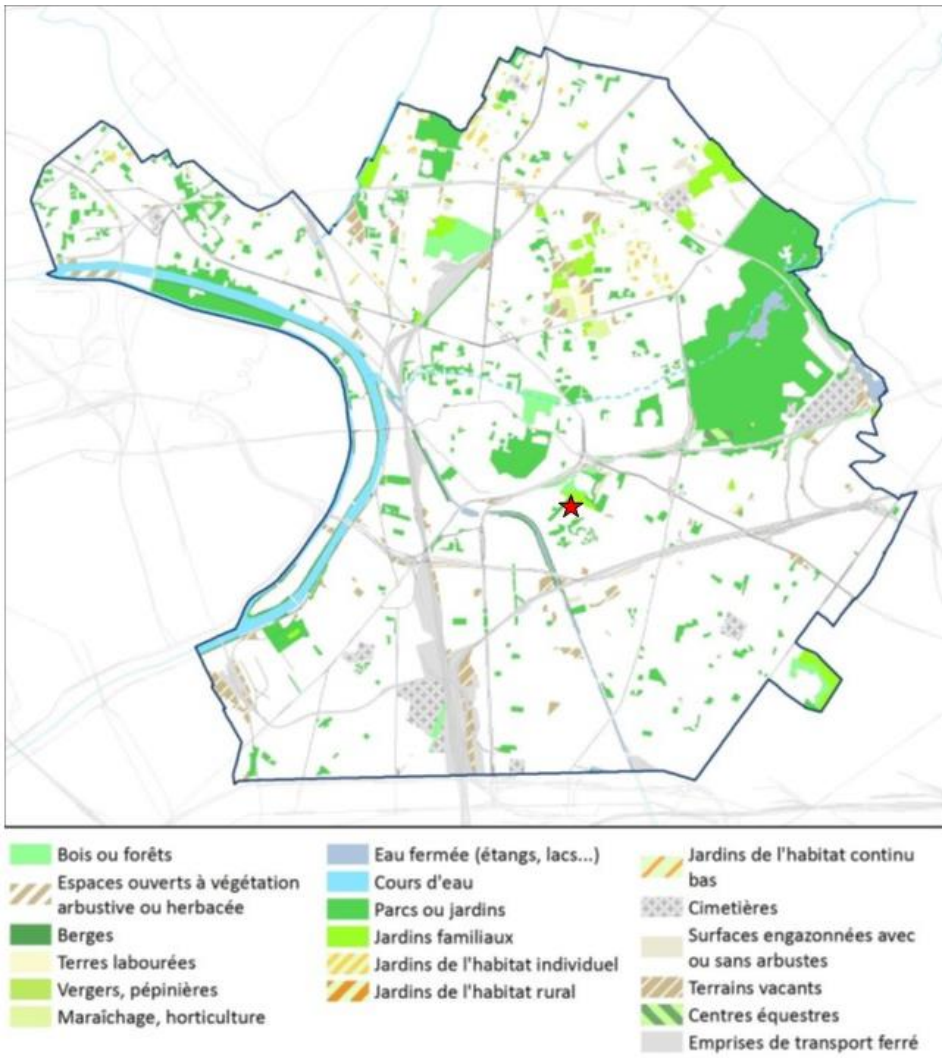
Les jardins collectifs du Fort de l'Est sont des parcelles mises à disposition des habitants, moyennant une cotisation annuelle. À Saint-Denis, ces jardins collectifs sont gérés par la Ligue Française du coin de terre.

Le site d'implantation est situé près du Fort de l'Est et de ses jardins familiaux, le stade et les espaces verts du Collège Federico Garcia, des alignements d'arbres du cours ru de Montfort et des rues adjacentes, identifiés comme éléments constitutifs de la trame verte urbaine (Cf. Figures suivantes). Plus loin se trouve le Mail Maurice de Fontenay et les arbres de l'Ecole René Descartes et du Lycée Suger et de la cité du Franc Moisin et les talus de l'autoroute A1.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 134 : Trame verte aux abords du site (open street view)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



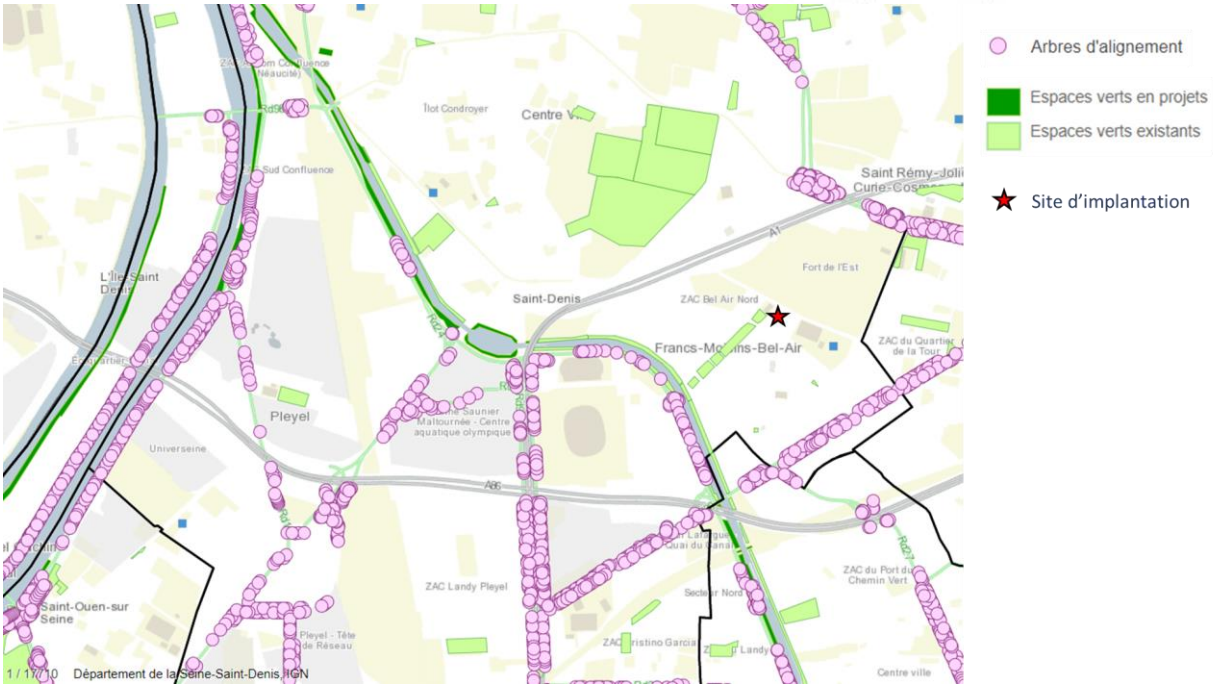


Figure 135: Habitats à caractère naturel participant à la Trame Verte Urbaine de Plaine Commune (PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.12 Inventaire du Patrimoine Naturel

4.5.12.1 *Usage de l'eau et milieux aquatiques*

La commune de Saint-Denis est concernée par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie (Cf. Figure ci-dessous). La compatibilité du projet avec les documents de planification des grands principes de la loi sur l'eau (3 janvier 1992) est traitée en détail dans le paragraphe 5.17.

La commune est également concernée par le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de Croult – Enghien – Vielle Mer (SAGE CEVM), situé au nord-est de Paris et qui couvre un territoire d'une superficie de 446 km².

Le SAGE est un document qui fixe les règles générales pour les différents usages de l'eau et la gestion des milieux aquatiques à l'échelle du bassin versant ou d'une rivière.

Le plan d'aménagement et de gestion des eaux (PAGD) du SAGE CEVM comprend 6 objectifs généraux :

- Redonner de la place à l'eau dans les dynamiques d'aménagement du territoire pour rendre visible l'eau et ses paysages en maitrisant les risques ;
- Rééquilibrer les fonctions hydraulique, écologique et paysagère des cours d'eau, des infrastructures hydro-écologiques et des milieux aquatiques diffus pour soutenir la création d'un lien social ;
- Fixer une ambition pour la qualité des eaux superficielles ;
- Développer des usages créateurs de lien social autour de l'eau ;
- Engager la reconquête patrimoniale des eaux souterraines et la pérennisation de leurs usages ;
- Organiser et faire vivre la gouvernance du SAGE.

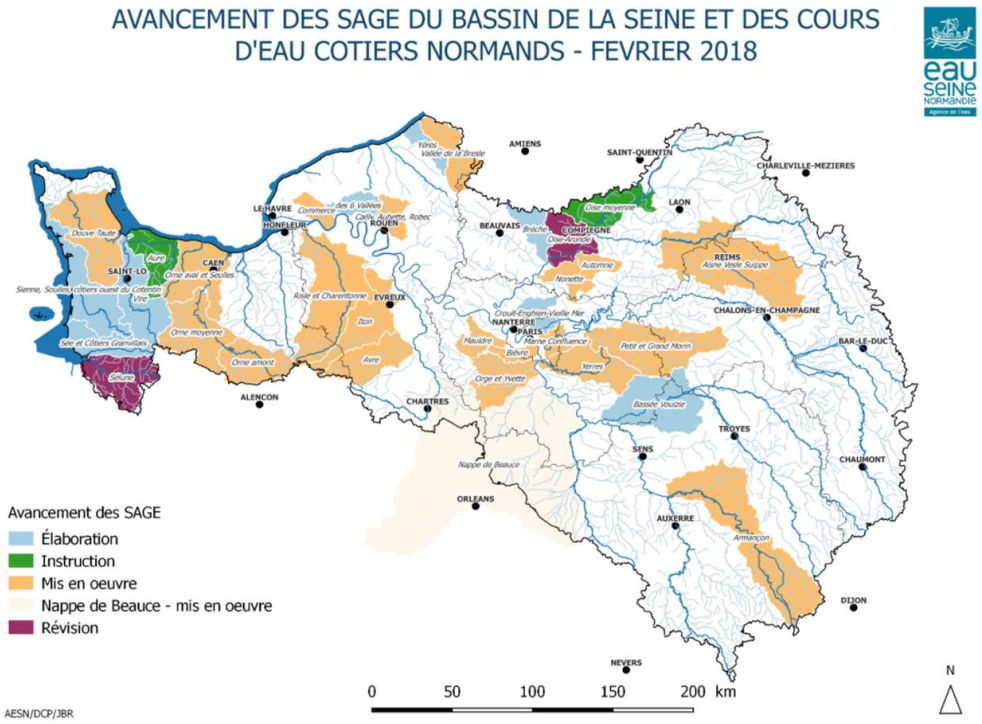


Figure 136 : Périmètre du SDAGE du bassin Seine-Normandie (http://gesteau.eaufrance.fr)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 137 : Périmètre du SAGE CEVM (https://www.sage-cevm.fr/)

4.5.12.2 *Espaces naturels protégés*

Les inventaires naturalistes validés scientifiquement dans chaque région par le conseil scientifique régional du patrimoine naturel puis nationalement par le Muséum national d'histoire naturelle constituent le cœur de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

Cet inventaire montre que sur Saint-Denis et le site d'étude, il n'existe pas d'espace naturel protégé tels que :

- Un parc national ou régional,
- Une réserve naturelle nationale ou régionale,
- Une réserve nationale de chasse et de faune sauvage,
- Une réserve biologique ou de biosphère,
- Une zone d'intérêt communautaire pour la protection des oiseaux (ZICO),
- Une zone humide répertoriée dans les sites RAMSAR,
- Un terrain des Conservatoires d'Espaces Naturels,
- Un arrêté préfectoral de protection de Biotope (APPB),
- Une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF),

En revanche, la zone Natura 2000 du parc de La Courneuve se situe en partie sur la commune de Saint-Denis.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Saint-Denis fait partie de la petite couronne de Paris, dans ce secteur, le milieu urbain couvre 85% de la surface. Ainsi la place aux milieux naturels et donc aux habitats pour la faune et la flore est restreinte. Ces habitats sont trop fragmentés et peu nombreux pour constituer une trame verte et bleue fonctionnelle.

Cependant les espaces présents, ces petites surfaces, peuvent jouer un rôle dans la mise en place d'une trame verte et bleue (TVB) en termes d'espace relais, de circulation des espèces… La commune bénéficie de nombreux petits espaces verts herbacés et arborés (espaces d'accompagnement des voies, des bâtiments…) qui présentent des potentialités pour la trame verte.

La Seine coule le long de Saint-Denis, ce cours d'eau est fortement modifié : les berges sont endiguées. La qualité physico-chimique est relativement bonne et permet donc de favoriser la faune et la flore aquatique. Le canal Saint-Denis coule également dans la commune de Saint-Denis et présente une qualité globalement satisfaisante. Cependant, l'artificialisation importante de ces cours d'eau ne permet pas le développement optimal de la biodiversité.

Le milieu urbain présente un habitat avec de fortes contraintes (imperméabilisation des sols, pollution des sols, peu de disponibilité en eau, peu d'espaces disponibles au sol…), cependant certaines espèces ont su s'adapter à ce milieu.

En ce qui concerne les protections en faveur des habitats et de la biodiversité, aucun secteur dans la commune de Saint-Denis n'est répertorié comme ZNIEFF, cependant certains espaces des communes voisines ont été répertoriés en ZNIEFF I et II.

4.5.12.3 *Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)*

Dans le cadre de l'étude d'impact, une attention particulière est portée à la préservation du milieu naturel et aux zones d'intérêt écologique.

Le ministère en charge de l'environnement définit, par la circulaire n° 91-71 du 14 mai 1991, une ZNIEFF comme « un secteur du territoire particulièrement intéressant sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional. On distingue deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type I, d'une superficie généralement limitée, sont définies par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional ;
- Les ZNIEFF de type II sont des grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Les zones de type II peuvent inclure une ou plusieurs zones de type I. »

L'inventaire ZNIEFF est un outil d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire vis-à-vis du principe de la préservation du patrimoine naturel, cependant il ne constitue pas une mesure de protection juridique. L'existence d'une ZNIEFF repose en grande partie sur la présence d'espèces ou d'associations d'espèces à fort intérêt patrimonial.

Concernant ces ZNIEFF, il est à noter la présence de plusieurs ZNIEFF dans le secteur de Saint-Denis, dans un rayon de de 5 km autour du site d'implantation (Cf. Tableau et carte suivante) :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Dénomination	Type	Référence	Superficie (ha)	Distance par rapport au site
Plans d'eau et friches du Parc départemental de La Courneuve	1	110020468	23	3300 m
Parc départemental de La Courneuve	2	110020475	354	1400 m
Pointe aval de L'Île-Saint-Denis	2	110030009	60	3600 m

Tableau 46 : Liste des ZNIEFF à proximité du territoire communal

- Les ZNIEFF de Type 1 les plus proches :
  - **Les plans d'eau et friches du Parc départemental de La Courneuve** (identifiant 110020468), situé sur la commune de La Courneuve.
- Les ZNIEFF de Type 2 les plus proches :
  - Le **Parc départemental de La Courneuve** (identifiant 110020475), situé sur la commune de La Courneuve ;
  - La **Pointe aval de L'Île-Saint-Denis** (identifiant 110030009), situé sur la commune de L'Île-Saint-Denis.

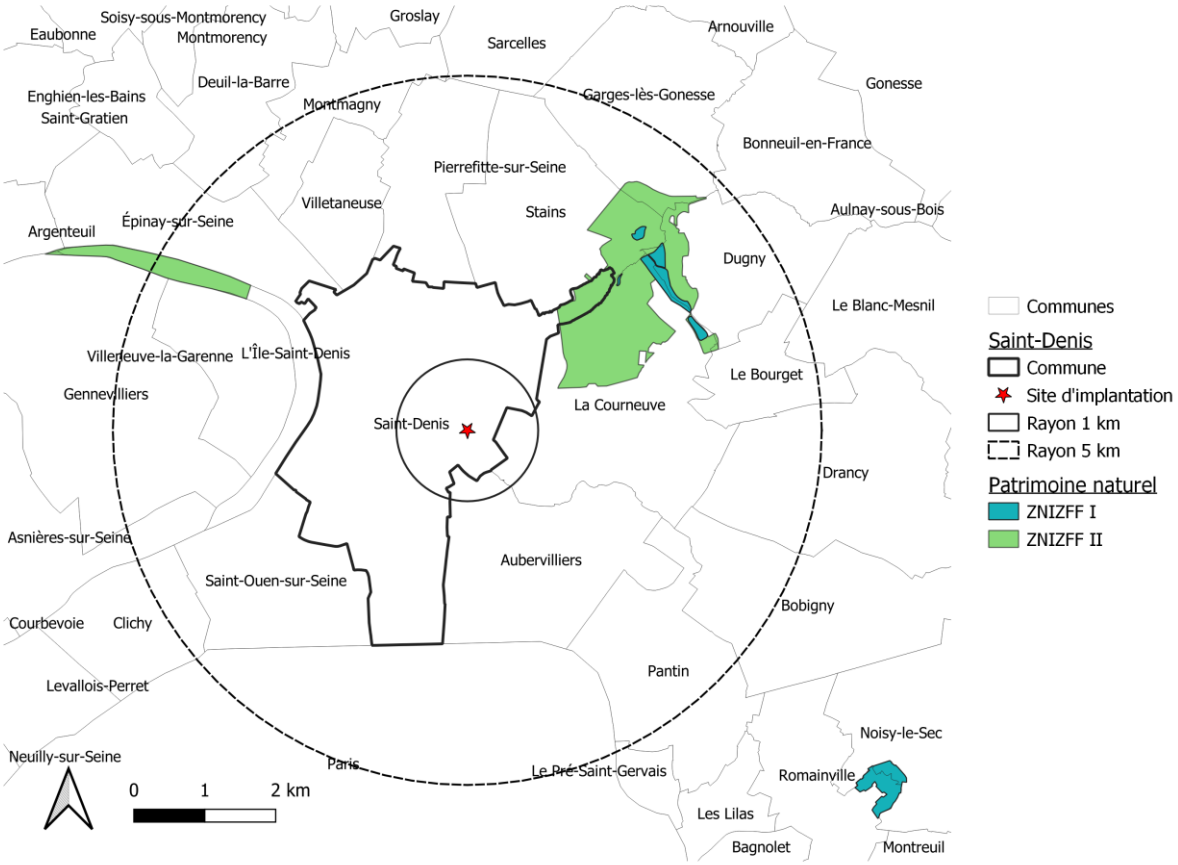


Figure 138: Zones de protection du Patrimoine Naturel dans un rayon de a) 1km : aucun b) 5km : ZNIEFF de type 1 et 2, (INPN)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La liste des espèces présentes dans les ZNIEFF les plus proches sont rapportées dans les fiches descriptives de chaque site ZNIEFF.

- ZNIEFF I « Plans d'eau et friches du Parc départemental de La Courneuve » - n° 110020468

Il s'agit d'une zone naturelle de 23.4 hectares regroupant 5 entités afin d'intégrer l'ensemble des milieux favorables au développement de la faune et de la flore. Le principal intérêt de cette ZNIEFF concerne la présence d'une importante population de Crapaud calamite et d'une petite colonie de Blongios nain qui s'y reproduisent régulièrement.

Plusieurs espèces remarquables d'oiseaux ont été inventoriés, dont le Butor étoilé, la Bondrée apivore, et la Bécassine des marais.

Plusieurs espèces d'odonates ont également été répertoriés, dont une espèce remarquable : l'Aeshne isocèle qui se reproduit dans ce secteur.

Enfin, les plans d'eau favorisent la présence de l'Utriculaire citrine, une espèce végétale qui bénéficie d'une protection régionale.

Le périmètre de cette ZNIEFF exclut les secteurs à forte activité anthropique et intègre deux plans d'eau. Elle est délimitée par les chemins les plus proches des pourtours des bassins ou par le ru qui est lui-même inclus dans la ZNIEFF. Au sud-est, les limites sont calées sur le haut des berges. Au sud-ouest, les limites sont établies par la voie ferrée, et au sud, le périmètre est calé sur la ligne de niveau qui délimite la transition entre la végétation du « Vallon écologique » et la pelouse urbaine.

Cette ZNIEFF est inclue dans la ZNIEFF II « Parc de La Courneuve ».

- ZNIEFF II « Parc départemental de La Courneuve » n° 110020475

Il s'agit d'une zone naturelle de 354 hectares qui inclut une des 14 entités du site Natura 2000 « Sites de la Seine-Saint-Denis » (identifiant FR 1112013).

L'emplacement urbain du parc lui confère un intérêt important pour de nombreuses espèces d'oiseaux qui viennent nicher dans ce parc. Parmi elles, des espèces en déclin et des espèces remarquables comme la Bondrée apivore ou le Pic noir. De plus, trois espèces d'oiseaux présentent des enjeux sur la Zone de Protection Spéciale (ZPS) : le Faucon crécerelle, l'Epervier d'Europe et le Hibou moyen-duc.

Le périmètre de la ZNIEFF est délimité par la RD84 au nord, la RD29 au nord-ouest, la RN301 et l'autoroute A1 au sud-ouest et suit la ligne d'urbanisation sur le reste du pourtour. Les quatre routes qui délimitent le périmètre ne sont pas incluses dans la ZNIEFF.

- ZNIEFF II « Pointe aval de L'Île-Saint-Denis » - n° 110030009

Il s'agit d'une zone naturelle de 60.6 hectares qui inclut une des 14 entités du site Natura 2000 « Sites de la Seine-Saint-Denis » (identifiant FR 1112013).

Cette zone est couverte d'une végétation spontanée herbacée assez haute, entourée par une ceinture arborée sur les berges, qui contient des érables et des peupliers.

Entourée par deux bras de la Seine, cette ZNIEFF possède un caractère insulaire, ce qui en fait un bon refuge pour les oiseaux, notamment pour la Grand Cormoran, une espèce déterminante pour la création de la ZNIEFF. Ce site est considéré comme l'un des plus grands dortoirs de la région, avec une population actuelle de

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Cormorans qui dépasse les 6000 individus. Ce secteur accueille également le Martin-pêcheur d'Europe, le Faucon crécerelle et le Pigeon colombin, peu commun en Ile-de-France.

Parmi les plantes recensées, sept espèces nécessite une attention particulière en raison de leur rareté.

La ZNIEFF présente des dégradations floristiques en raison de la colonisation de plantes invasives telles que l'Ailante et le Robinier faux-acacia.

Il n'y a pas de ZNIEFF identifiées dans un rayon d'un kilomètre autour du site d'implantation. Trois ZNIEFF sont identifiées dans un rayon de 5 km autour du site d'implantation, la plus proche se situant à 1 400 m du site. Au sein du Parc de La Courneuve des espèces protégées au niveau régional y ont été identifiées (Cf. Annexe 8.8).

4.5.12.4 *Réseau Natura 2000*

Le réseau Natura 2000 est un réseau européen de sites naturels ou semi-naturels ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelle qu'ils contiennent. La constitution du réseau Natura 2000 a pour objectif de maintenir les espèces et les habitats d'intérêt communautaire dans un bon état de conservation. Sur la base réglementaire du grand réseau écologique européen, les sites désignés par deux directives européennes forment le réseau Natura 2000 :

- La directive « Habitat » du 21 mai 1992 qui impose la délimitation de zones de conservation des habitats naturels représentatifs d'écosystèmes spécifiques à chaque région biogéographique (SIC, ou futures ZSC),
- La directive « Oiseaux » du 2 avril 1979 qui impose la délimitation de zones destinées à la nidification d'oiseaux sauvages menacés d'extinction (ZPS).

Natura 2000 est donc un réseau composé de deux types de sites : les SIC (site d'importance communautaire) ou ZSC (Zones Spéciales de Conservation) et les ZPS (Zones de Protection Spéciales).

Un Réseau Natura 2000 est identifié sur la commune de Saint-Denis. Il correspond aux Sites de Seine-Saint-Denis (n°FR1112013) et se situe à environ 1400 m du site d'implantation.

Le site « Sites de Seine-Saint-Denis » est classé un Zone de Protection Spéciale (ZPS) au titre de la Directive européenne « Oiseaux » depuis l'arrêté du 26 avril 2006. Il est composé de 15 entités, dont deux se retrouve dans un rayon de 5 km autour du site d'implantation :

- Le Parc départemental de L'Ile-Saint-Denis est situé à 3600 m du site d'implantation. Celui-ci couvre une superficie de 33 hectares. Il présente des milieux diversifiés tels que les milieux humides, les milieux forestiers ou encore les milieux ouverts. Deux espèces d'oiseaux présentent dans ce parc sont inscrites à la directive « Oiseaux ».
- Le Parc départemental Georges Valbon, aussi appelé Parc de La Courneuve est situé à 1400 m du site d'implantation. Celui-ci couvre une superficie de 312 hectares et offre une grande diversité d'habitats avec une faune et une flore pour partie remarquable. En effet, parmi la faune de ce parc, neuf espèces d'oiseaux sont inscrites dans la directive « Oiseaux ».

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

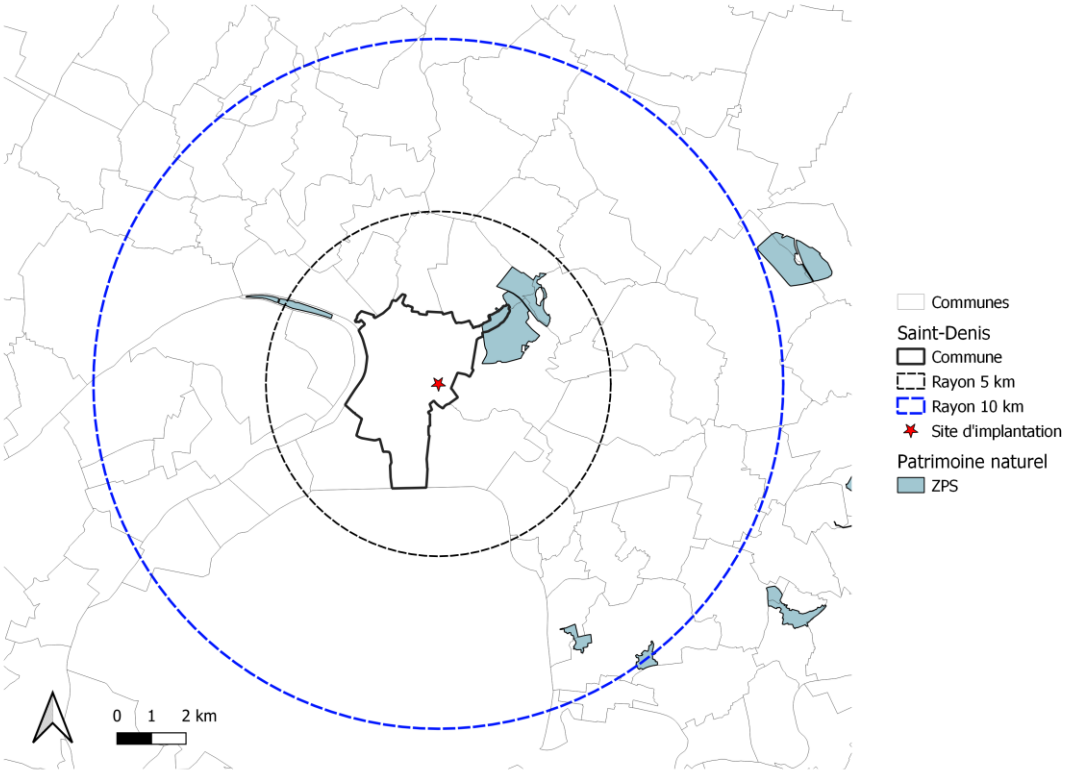


Figure 139 : Réseau des sites Natura 2000 dans un rayon de 5 km et 10 km : ZPS Sites de Seine-Saint-Denis, (INPN)

4.5.12.5 *Autres espaces protégés*

- Les zones potentiellement humides

La DRIEAT Ile-de-France identifie des enveloppes d'alerte potentiellement humides en région Ile-de-France. Sur la commune, deux types de zones sont recensées (voir paragraphe 4.5.2).

Le tracé naturel des cours d'eau ou ancien ru est peu perceptible dans le territoire de Plaine Commune. Au cours des années, ils ont été canalisés, enterrés, busés, voire intégrés au réseau d'égouts.

La Seine-Saint-Denis est historiquement parcourue par de nombreux cours d'eau. La pression urbaine a conduit à une très forte artificialisation du réseau hydrographique et à une perte importante du patrimoine naturel. Les rares plans d'eau présents sont essentiellement ceux du parc départemental de la Courneuve.

Le site d'implantation se situe à 300 m de la première enveloppe d'alerte de zone humide de classe 3 et à 400 m de la première zone humide de classe 5 correspondant au Canal de Saint-Denis. Les rus ont aujourd'hui quasiment disparu ou ont été intégrés au réseau d'assainissement. C'est notamment le cas de l'ancien ru de Montfort, d'une longueur de 8 km, pour lequel aucun collecteur actuel ne reprendrait son ancien tracé.

La Commission Locale de l'Eau (CLE) du SAGE CEVM mène une démarche sur la connaissance des zones humides sur son territoire par la détermination de la probabilité de présence de zones humides pour la confirmation par des inventaires de terrain, toujours en cours. Au sein de Plaine Commune, le SAGE a identifié 0,02% d'espace avec une forte probabilité de zone humide, soit 1,02 ha et une superficie de 159,7 ha avec une probabilité moyenne (Cf. Figure suivante).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

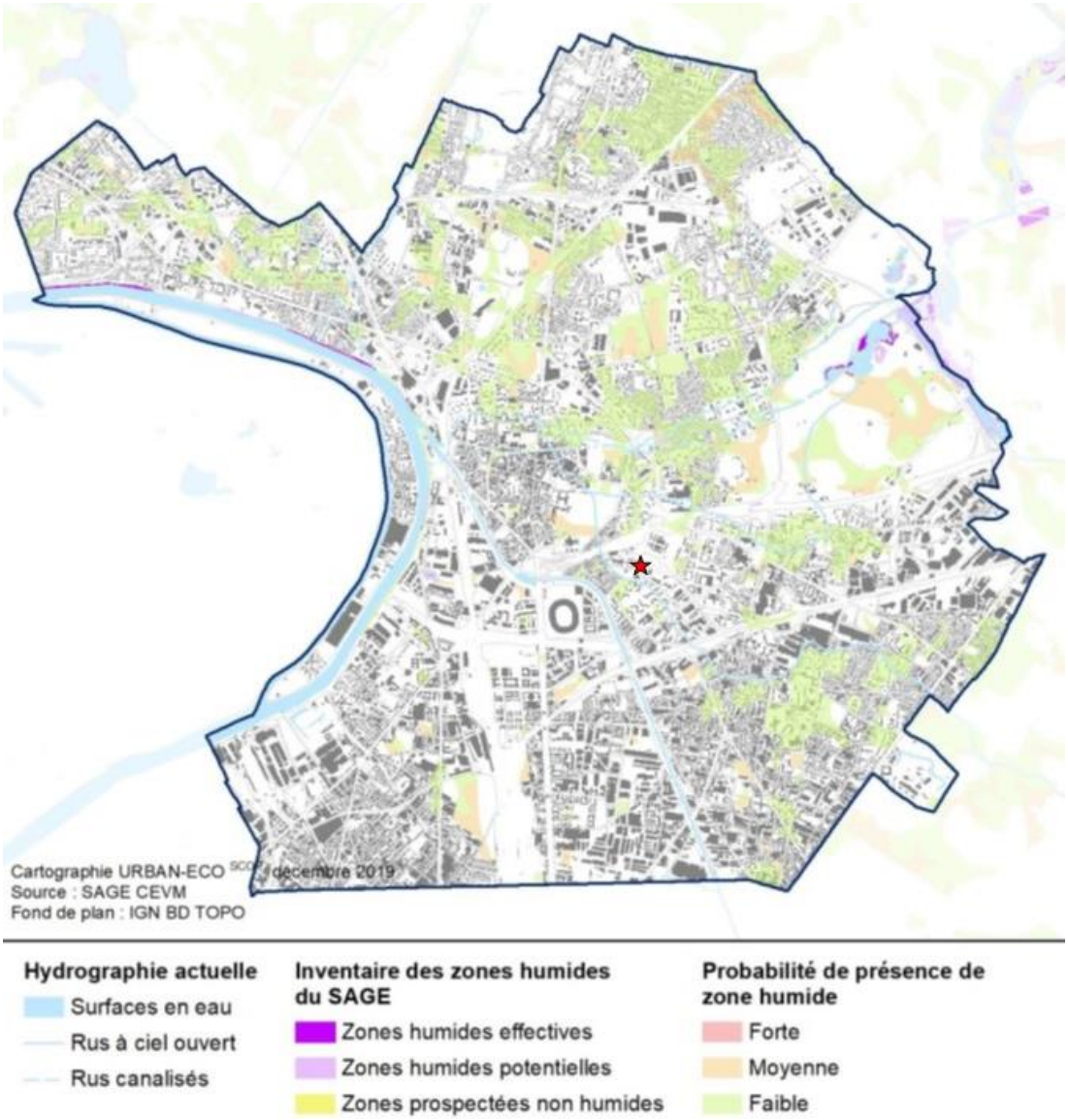


Figure 140 : Probabilité de présence et inventaires des zones humides du SAGE CEVM (CLE)

La probabilité de présence d'une zone humide sur le site d'étude apparait comme inexistante avec seulement la présence du ru canalisé de Montfort sur l'avenue du Franc Moisin.

- Les espaces verts inscrits au Schéma Directeur de la Région IDF (SDRIF)

Le territoire de la Plaine Commune présente une répartition hétérogène des espaces verts. Mis à part les communes de La Courneuve et de L'Ile-Saint-Denis, qui possèdent des grands parcs départementaux, les communes de Plaine Commune présentent des carences en espaces verts.

En 2017, les espaces naturels, agricoles et forestiers occupaient 742,7 hectares, soit 15,7 % du territoire intercommunal. La consommation d'espace nette de ces espaces sur 10 ans est estimée à 3,7 hectares, soit une diminution de 0,5 %.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La commune de Saint-Denis joue donc un rôle important dans la mise en relation de ces grands espaces grâce au réseau de petits espaces verts susceptibles de former un maillage à travers la ville et en dehors.

La trame verte et bleue de Plaine Commune identifie des noyaux primaires de biodiversité tels que le parc de la butte Pinson ou le parc de la Légion d'Honneur. Le secteur des tartes et le Fort de l'Est sont identifiés comme des noyaux secondaires (Cf. Figure suivante).

Par ailleurs, la Seine qui longe la ville à l'ouest et le canal Saint-Denis qui traverse la commune, constituent une trame bleue majeure. Une prise en compte et une réflexion sur les bords de ces cours d'eau à Saint-Denis permettraient de renforcer la trame bleue à une échelle plus large.

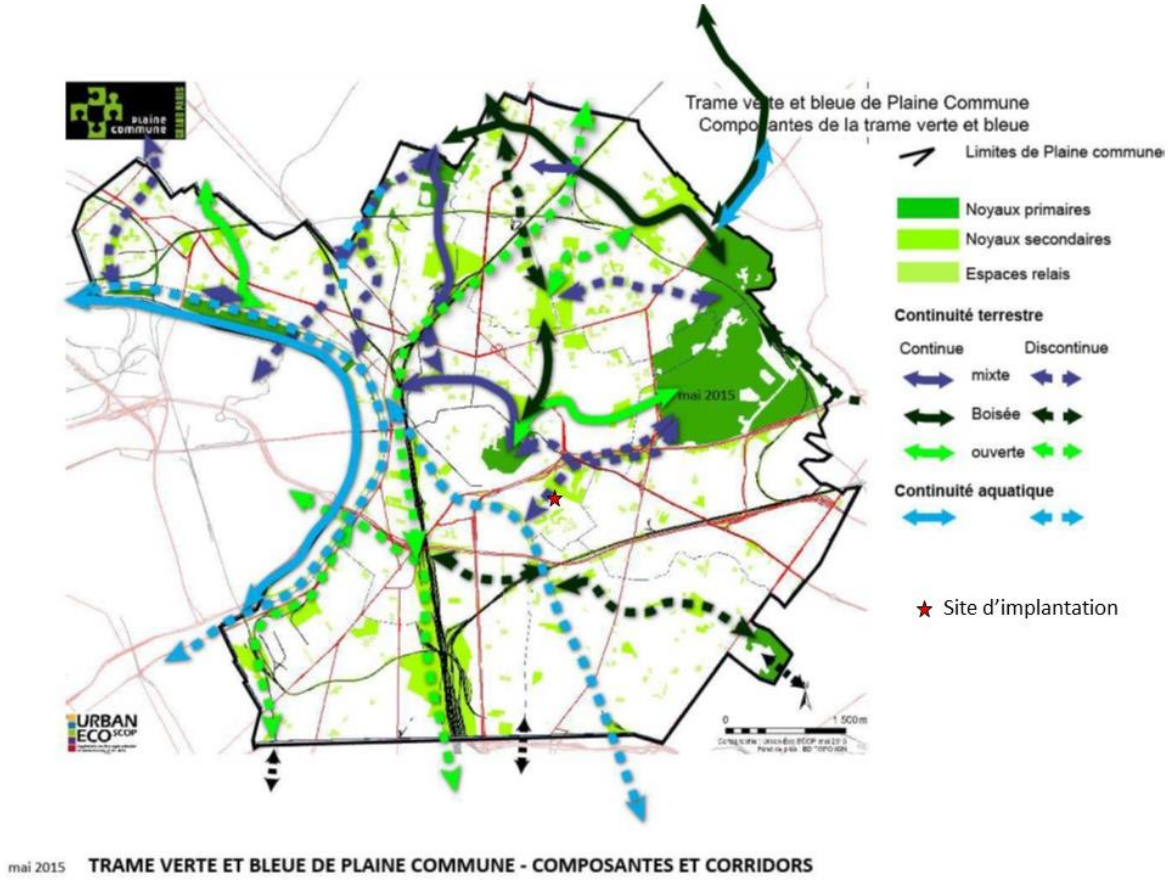


Figure 141 : Trames vertes et bleues de Plaine Commune (source PLUi)

Le territoire de Saint-Denis, très artificialisé avec des terrains remaniés, possède des zones à potentiel écologique modéré (nature ordinaire) où des enjeux de préservation ont été identifiés (PADD, OAP) :

- La trame verte urbaine :

- Renforcer les continuités écologiques grâce à des noyaux secondaires : squares, parcs, accompagnement de voies, friches urbaines, espaces extérieurs des grands ensembles, cimetières végétalisés ;
- Préservation des noyaux primaires de biodiversité en les protégeant des constructions ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Préserver ou créer des surfaces végétalisées constitue une priorité sur les continuums de la trame verte, privilégier le maintien de l'existant plutôt que la destruction-reconstruction des espaces ;
- Favoriser la reconquête de continuités écologiques le long des berges de la Seine, notamment dans le secteur de la Briche, et le long des paléo-rivières de la Vieille Mer et le Ru d'Arras ;
- Préservation des espaces, création d'espaces relais de biodiversité ou réduction des obstacles aux déplacements des espèces.

- La trame bleue :

– Protéger les berges de la Seine semi-naturelles et favoriser leur gestion écologique afin de renforcer les corridors écologiques ;

– Préserver la renaturation à terme de la Vieille Mer et du Ru d'Arras.

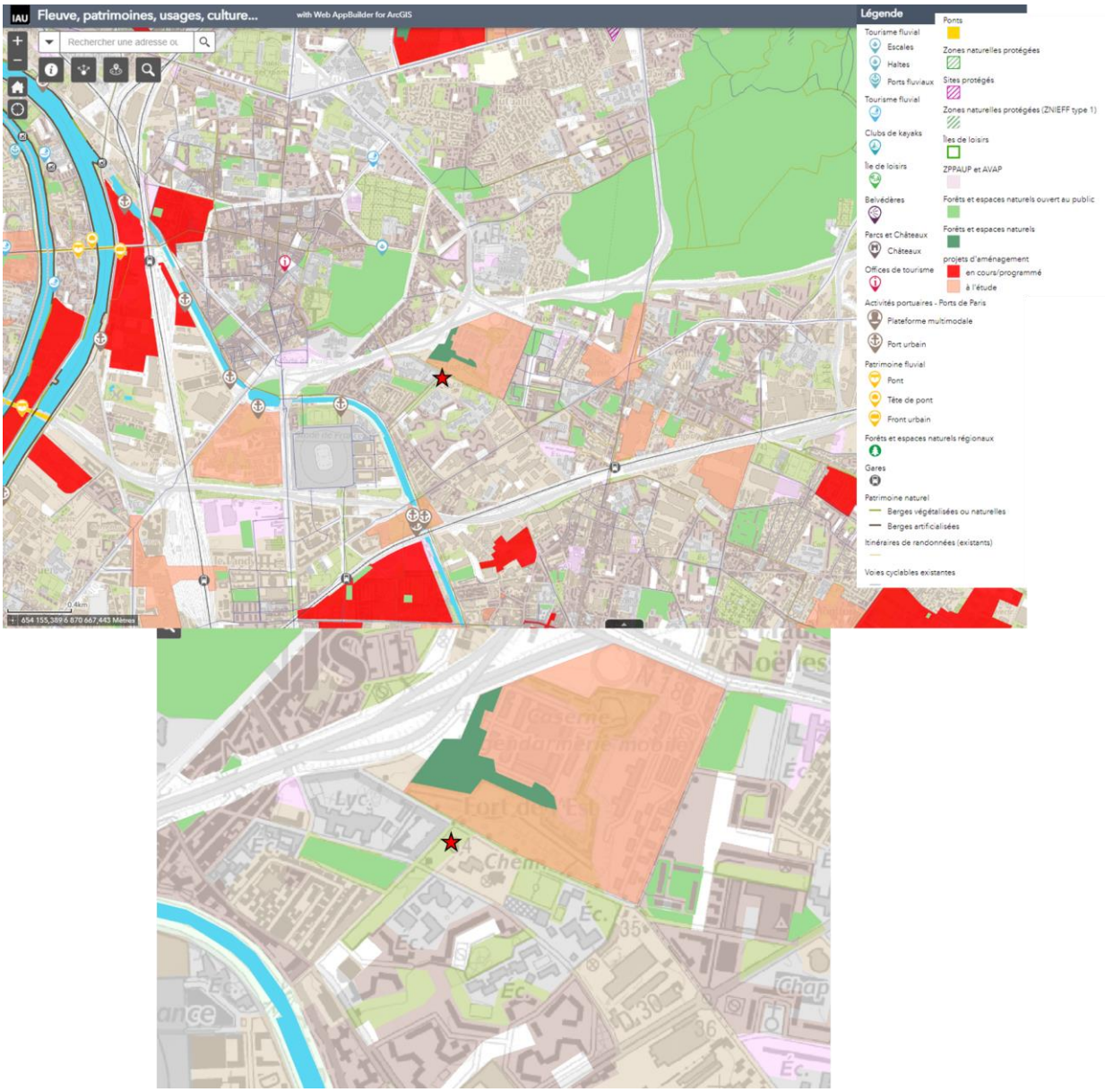


Figure 142 : Patrimoine environnemental et paysager constitutif de la trame verte et bleue régionale (source geoweb.iau-idf.fr)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Flore présente dans le tissu urbain

A Plaine Commune, on trouve 26 grands types de végétations naturelles qui recouvrent 25 % du territoire. Ces types de végétations peuvent être regroupés en 4 groupes : les milieux artificiels, les milieux boisés, les milieux ouverts et les milieux humides. Les milieux artificiels représentent 507 ha sur le territoire et sont largement représentés par les pelouses urbaines (363 ha), uniformément répartie sur l'ensemble des communes, ainsi que par les jardins potagers (65 ha).

A proximité du site, on peut noter les jardins, les chênaies et hêtraies du Fort de l'Est et des alignements d'arbres le long des routes. Les pelouses sont des espaces verts possédant un intérêt écologique très faible car régulièrement tondus. (Cf. Figure suivante). Sur la commune, les stades, squares et cimetières sont des zones de nature ordinaire.

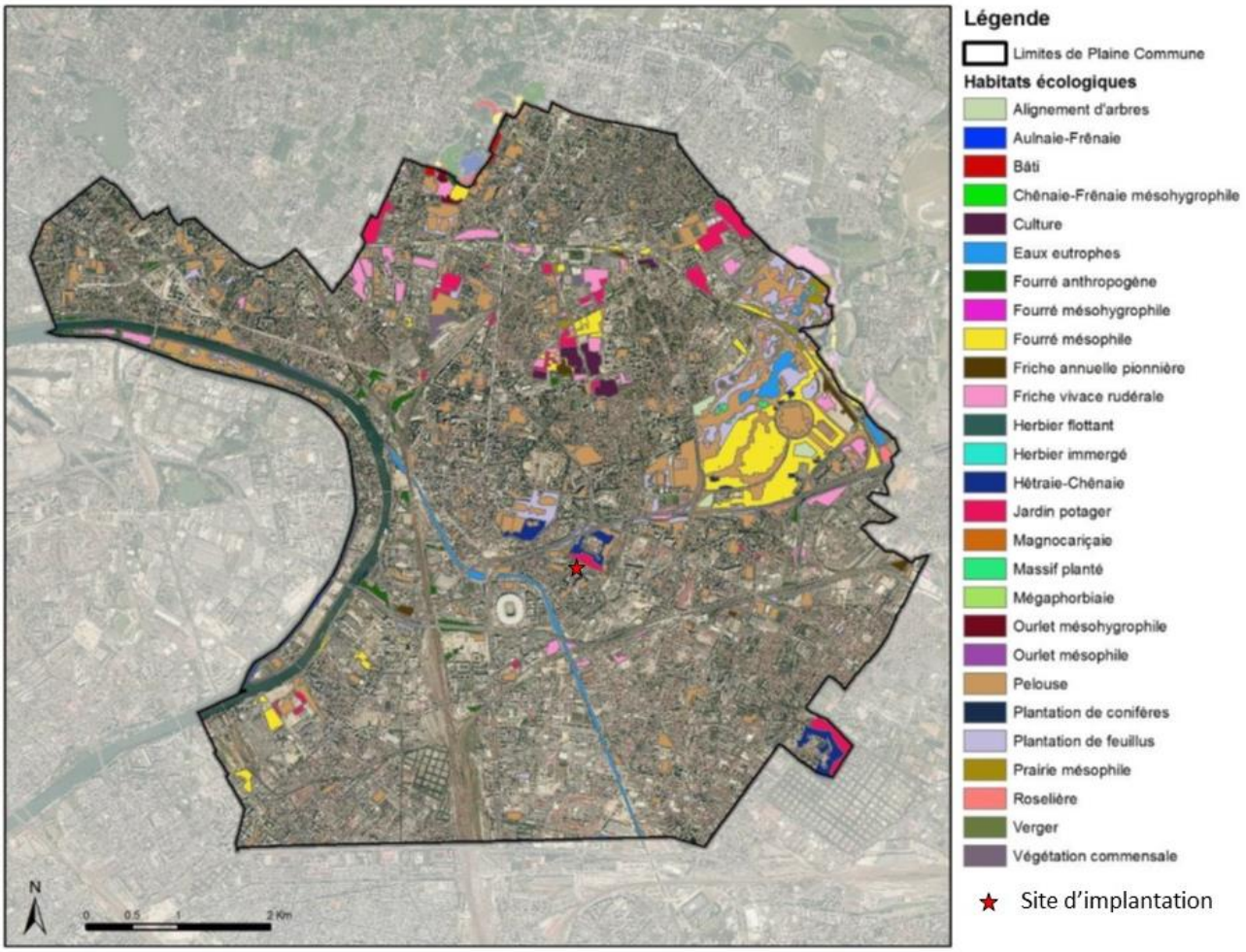


Figure 143 : Végétations naturelles et semi-naturelles de Plaine Commune (PLUi)

La végétation à Plaine Commune reste très artificielle avec de grandes surfaces de pelouses urbaines souvent gérées intensivement, des milieux ouverts temporaires comme les friches et des boisements encore jeunes et anthropisés. Les secteurs d'intérêt dans Plaine Commune se situent principalement dans le parc de La Courneuve et le long des cours d'eau (Seine et canal Saint-Denis), qui sont par ailleurs en partie inscrites en sites Natura 2000 au titre de la directive « Oiseaux ».

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien a recensé 19 espèces patrimoniales parmi les 597 espèces floristiques observées sur le territoire de Plaine Commune.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection Réglementation	Dernière observation
Centaurée chausse-trape,	*Centaurea calcitrapa*	LR*, ZNIEFF	2002
Chondrille à tige de jonc	*Chondrilla juncea*	ZNIEFF	2013
Cuscute à petites fleurs	*Cuscuta epithymum*	LR	2008
Scirpe à une écaille	*Eleocharis uniglumis*	ZNIEFF	2001
Falcaire de Rivin	*Falcaria vulgaris*	PR, LR, ZNIEFF	2007
Fraisier vert	*Fragaria viridis*	ZNIEFF	2001
Fumeterre grimpante	*Fumaria capreolata*	ZNIEFF	2013
Fumeterre des murs	*Fumaria muralis*	LR, ZNIEFF	2016
Fumeterre à petites fleurs	*Fumaria parviflora*	LR	2015
Jusquiame noire	*Hyoscyamus niger*	LR, ZNIEFF	2000
Agripaume cardiaque	*Leonurus cardiaca*	LR	2015
Passerage des décombres	*Lepidium ruderale*	ZNIEFF	2003
Polystic à frondes soyeuses	*Polystichum setiferum*	ZNIEFF, Autre(s)	2003
Potamot à feuilles perfoliées	*Potamogeton perfoliatus*	ZNIEFF	2015
Renoncule à petites fleurs	*Ranunculus parviflorus*	PR, ZNIEFF	2008
Orpin rougeâtre	*Sedum rubens*	LR, ZNIEFF	2016
Sison amome,	*Sison amomum*	PR, ZNIEFF	2000
Torilis noueuse	*Torilis nodosa*	ZNIEFF	2015

LR = Espèces menacées de disparition en Métropole selon la liste rouge (CR, EN, VU)
PR = Protection régionale
ZNIEFF = Espèce déterminante pour la constitution d'une ZNIEFF

Tableau 47 : Liste des espèces patrimoniales sur le territoire de Plaine Commune (PLUi)

La localisation des végétations d'intérêt régional figure sur les cartes d'alerte de végétation du CBNBP (Cf. Figure suivante) qui permettent d'obtenir à titre informatif les enjeux liés aux végétations sur le territoire :

- La catégorie rouge signale la présence d'une ou plusieurs espèces protégées,
- La catégorie orange signale la présence d'une ou plusieurs espèces menacées d'extinction mais non protégées réglementairement,
- La catégorie violette signale qu'aucune espèce protégée ou menacée n'est présente.

Le site d'implantation situé dans un secteur représenté en violet, pour lequel aucun enjeu floristique n'a été détecté.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

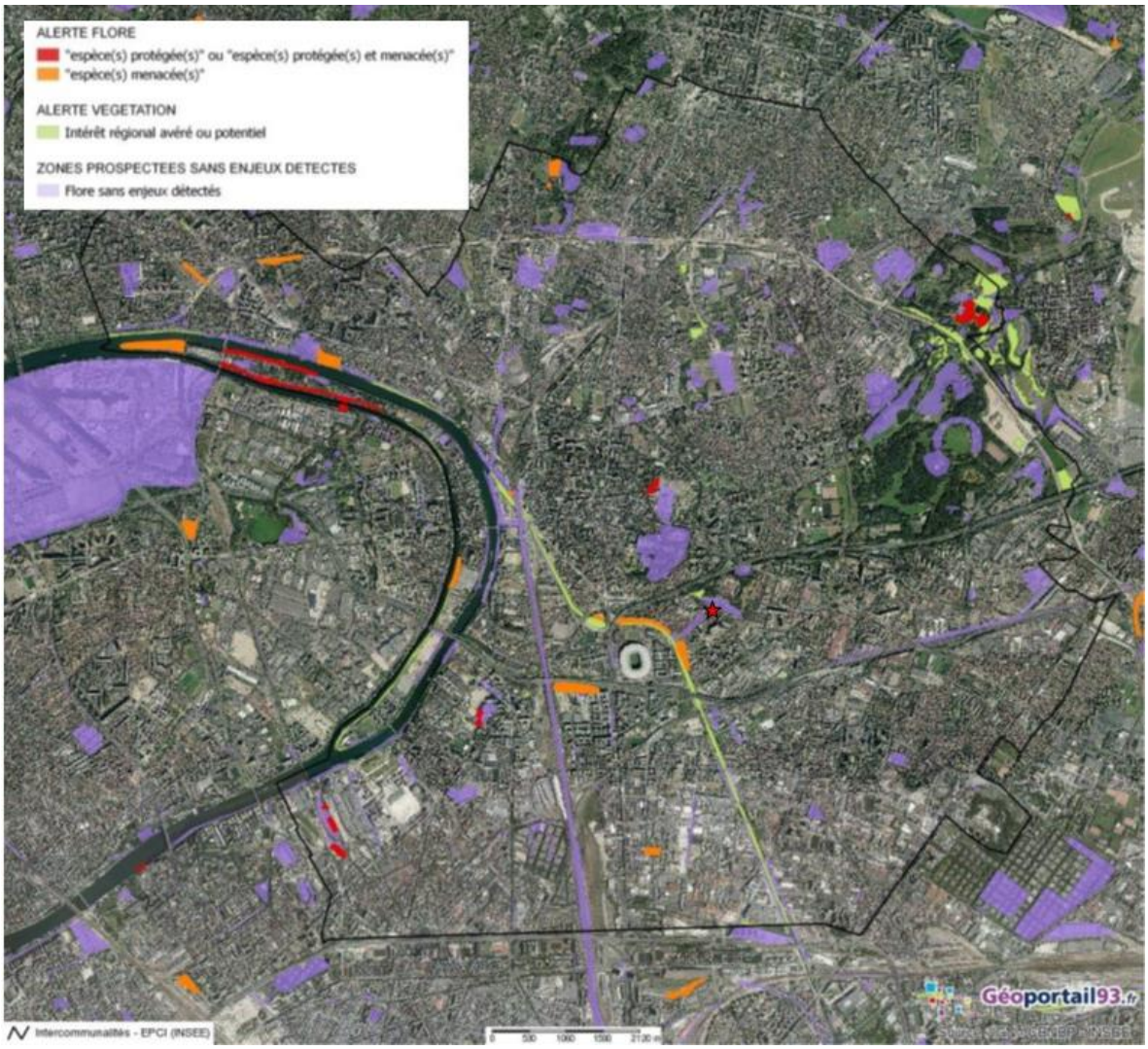


Figure 144 : Carte d'alerte des végétations (PLUi)

- Faune présente dans le tissu urbain

La densité de l'urbanisation et l'absence de vastes espaces boisés et cultivés empêchent la circulation des grands mammifères sur le territoire communal, sauf peut-être ponctuellement le long de la Seine ou du Canal Saint-Denis, aux berges plus isolées de l'urbanisation.

Les deux espaces naturels du Parc de La Courneuve et du Parc de L'Ile-Saint-Denis recueillent des espèces menacées et protégées, malgré la forte densité de l'urbanisation ; des espèces remarquables des milieux humides, notamment des oiseaux, des amphibiens et des odonates.

Les bases de données naturalistes (FAUNE Ile de France CETTIA et de l'OBDU) recensent 488 espèces animales connues sur le territoire de Plaine Commune dont :

Les Oiseaux :

188 espèces sont recensées, dont 32 sont inscrites à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux, et 152 sont protégées au niveau national. Certaines d'entre elles sont menacées de disparition en Île-de-France (inscrites sur la liste rouge régionale) comme :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- En « danger critique », sur la liste rouge régionale : le Busard des roseaux , le Goéland cendré, le Guêpier d'Europe, la Huppe fasciée, la Locustelle luscinoïde, la Sarcelle d'hiver, la Sterne naine et le Torcol fourmilier;
- « En danger » : le Blongios nain, l'Autour des Palombes, la Fuligule milouin, le Phragmite des joncs, le Pouillot siffleur ;
- « Vulnérables » : la Sterne pierregarin, l'Alouette lulu, Bihoreau gris, la Bondrée apivore, Bouscarle de Cetti, le Busard Saint-Martin, le Faucon pèlerin, le Gobemouche noir, la Gorgebleue à miroir, le Milan noir, le Petit Gravelot, le Pic épeichette, le Pipit farlouse, le Râle d'eau, le Tadorne de Belon, la Harle piette et le Vanneau huppé.

Les Mammifères : 3 espèces, dont la Pipistrelle commune, le Hérisson d'Europe, et l'Écureuil roux, protégés, ainsi que l'Orvet fragile et la Tortue de Floride, espèce exotique envahissante.

Les reptiles : 3 espèces dont le lézard des murailles qui est protégé.

Les amphibiens :7 espèces toutes protégées, dont 4 Anoures, l'Alytes accoucheur, le Crapaud calamite, la Grenouille verte et la Grenouille rieuse et 3 urodèles, le Triton alpestre, le Triton palmé et le Triton ponctué.

Les insectes :

- 69 espèces de lépidoptères, dont le Demi-deuil et la Zygène de la Filipendule, déterminantes ZNIEFF, 11 espèces de coléoptères,
- 28 espèces d'odonates, dont l'Æschne isocèle, l'Aeschne printanière, la Naïade aux yeux bleus, la Libellule fauve, l'Orthétrum bleuissant et le Leste brun, déterminantes de ZNIEFF,
- 16 espèces d'orthoptères, dont l'OEdipode turquoise et le Concéphale gracieux, protégés en Île-de-France, ainsi que l'OEdipode émeraudine, le Grillon champêtre et l'OEdipode aigue-marine, déterminantes ZNIEFF, la Mante religieuse, protégée en Île-de-France et déterminante ZNIEFF, 1 espèce de Blatte, 4 espèces de diptères, 1 espèce d'éphémère, 4 espèces d'hémiptères, 6 espèces d'hyménoptères et 128 espèces de coléoptères.

Les poissons : 3 espèces, le Brochet, « vulnérable » en France, protégé au niveau national et déterminant de ZNIEFF, le Poisson-chat et la Perche.

Autres : 4 espèces d'arachnides et 4 espèces d'escargots terrestres.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.12.6 *Synthèse du contexte réglementaire*

Le site d'étude ne fait pas l'objet et n'appartient pas à :

- Un espace naturel sensible ;
- Un parc naturel régional ou parc national ;
- Une réserve biologique ;
- Une zone humide RAMSAR ou potentiellement humide ;
- Une réserve naturelle nationale, régionale ou départementale ;
- Une zone d'intérêt communautaire pour la protection des oiseaux (ZICO) ;
- Une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) ;
- Une zone Natura 2000 ;
- Un arrêté de protection du biotope.

La TVB des départements de Paris et de la Petite Couronne identifie des « secteurs reconnus pour leur intérêt écologique » (butte Pinson, parc de la Légion d'Honneur, Parc de La Courneuve, secteur des Tartres, cimetière parisien de Saint-Ouen) et des « liaisons reconnues pour leur intérêt écologique », notamment : entre le parc de La Courneuve et la Seine via le parc de la Légion d'Honneur, entre le parc de la Courneuve et la butte Pinson via le secteur des Tartres et entre la butte Pinson et la Seine.

Plusieurs sites protégés correspondant au classement de de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel réalisé par le Museum National d'Histoire Naturelle (ZNIEFF) ont été inventoriés à moins de 5 km du site du projet. La ZNIEFF la plus proche correspond au site du Parc départemental de La Courneuve, classé aussi site Natura 2000 pour la directive « Oiseaux », et se situe à environ 1 400 mètres du site d'implantation.

Le site se situe dans une zone préalablement très urbanisée, avec une forte imperméabilisation des sols, où aucun intérêt faunistique ou floristique n'a été remarqué. L

Il se situe à une vingtaine de mètres du noyau secondaire du Fort de l'Est et sur une continuité écologique mixte discontinue correspondant aux allées boisées (platanes) du cours du ru de Montfort. Le noyau primaire le plus proche est celui du Parc de la Légion d'Honneur et se situe à environ 500 m du site. Les alignements d'arbres sont identifiés comme des espaces verts constitutifs de la trame verte et paysagère à préserver.

Le site d'implantation ne se situe pas dans un secteur reconnu pour son intérêt écologique ou sur une liaison reconnue pour son intérêt écologique.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.13 Situation et description du site d'implantation du projet

4.5.13.1 *Situation cadastrale et plan d'occupation des sols*

Le site est situé sur la commune de Saint-Denis, à 700 m de La Courneuve, au sud du Fort de l'Est et à 500 m du Canal de Saint Denis et à 3 km à l'Est de Paris.

Le site d'implantation du futur projet de géothermie est envisagé à l'est de la ville, dans la ZAC Bel Air Nord, à une altitude de +33 m NGF, au 12 rue du Maréchal Lyautey, à proximité des chaufferies du Fort de l'Est de Plaine Commune Energie (Cf. Figures ci-après).

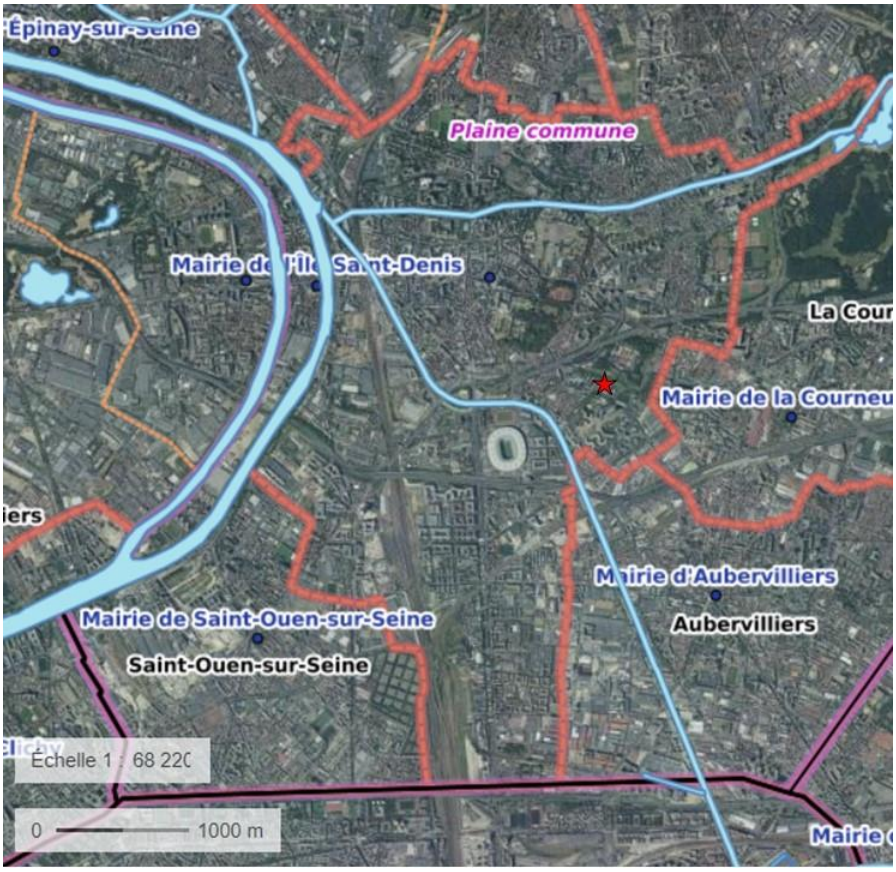


Figure 145: Secteur d'étude de Saint-Denis : limites administratives et vue aérienne (source : Géoportail)

Le futur chantier de forage prendra place sur une surface prévisionnelle de l'ordre de 3 300 m², qui se situe sur la parcelle n°181 de la feuille cadastrale n° 000 BE 01 de la commune.

Une surface d'environ 1 100 m² sera conservée libre d'installation à l'issue des travaux pour la maintenance des puits. La parcelle n°181 abritera les têtes de puits à la fin des travaux et la future centrale géothermique.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 146 : Site d'implantation du chantier et parcelles cadastrales (Géoportail)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le choix du site tient compte des contraintes suivantes :

- La nécessité de mettre en œuvre un appareil puissant compte tenu des diamètres et de la profondeur du puits ;
- La préservation du réservoir d'eau de ville sur la rose des vents au sud de la parcelle ;
- La proximité du site avec la chaufferie du Fort de l'Est voisine et de la commune d'Aubervilliers ;
- La position des têtes de puits sera en outre compatible avec l'implantation ultérieure d'une machine de work-over pour l'entretien des installations et de la future centrale géothermique ;
- La cote NGF du niveau supérieur de la couverture des caves accueillant les têtes de puits sera celle du terrain naturel actuel ;
- La présence d'un environnement urbain constitué d'équipements publics et d'habitations.

Les travaux de construction de la nouvelle centrale débuteront après les travaux de forage. Les travaux de surface (raccordements, équipements, électricité...) commenceront en parallèle de la construction de la centrale.

Dans le PLUi en vigueur, le site d'implantation de chantier appartient à la zone UG, zone dédiée aux grands équipements et aux grands services urbains.

Le projet de forages de puits géothermiques profonds et l'exploitation sont compatibles avec les conditions d'occupation et d'utilisations de la zone. Les travaux projetés, les constructions, affouillements sont autorisés sur la zone dédiée au projet à conditions qu'elles soient liées et nécessaires à l'équipement. Le maître d'ouvrage devra respecter la réglementation en vigueur de ces zones (Cf. paragraphe 4.5.17.1).

4.5.13.2 *Description du site et travaux prévus avant démarrage des travaux de forage*

La zone de chantier se situe à proximité de la chaufferie biomasse du Fort de l'Est. Au cœur de la ZAC Bel-Air nord et du quartier Franc-Moisin, de nombreux habitats et équipements d'enseignements sont implantés.

Le site est, depuis sa configuration datant de 2010, actuellement composé d'un terrain de sport, et d'un square comprenant un bac à sable, des aménagements piétonniers, et des espaces en terre arborés. Le site est donc consacré actuellement à une activité de loisirs et de sports et/ou un usage environnemental.

Pour les besoins des travaux, certaines installations devront être déconstruites (lampadaires, barrières et grillages). Plusieurs alignements d'arbres présents sur la parcelle devront être abattus ou transplantés afin de garantir l'accès au chantier.

L'aménagement de la parcelle sera remis en partie remis en état (arbres, terrains récréatifs, chemin piétons) à l'issue des travaux et une centrale géothermique sera construite.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 147: Situation actuelle du site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Un tiers du terrain est imperméabilisé par des revêtements en enrobé (voiries piétonnes ou pistes cyclables), tandis qu'un quart est couvert de sable (bac à sable). Le terrain de sport et les autres espaces du square sont recouverts de terre non végétalisée, souvent arborée sur le square.

Le terrain n'est imperméabilisé que sur 1/3 de sa surface (enrobé des voiries piétonnes). L'enrobe est en bon état.

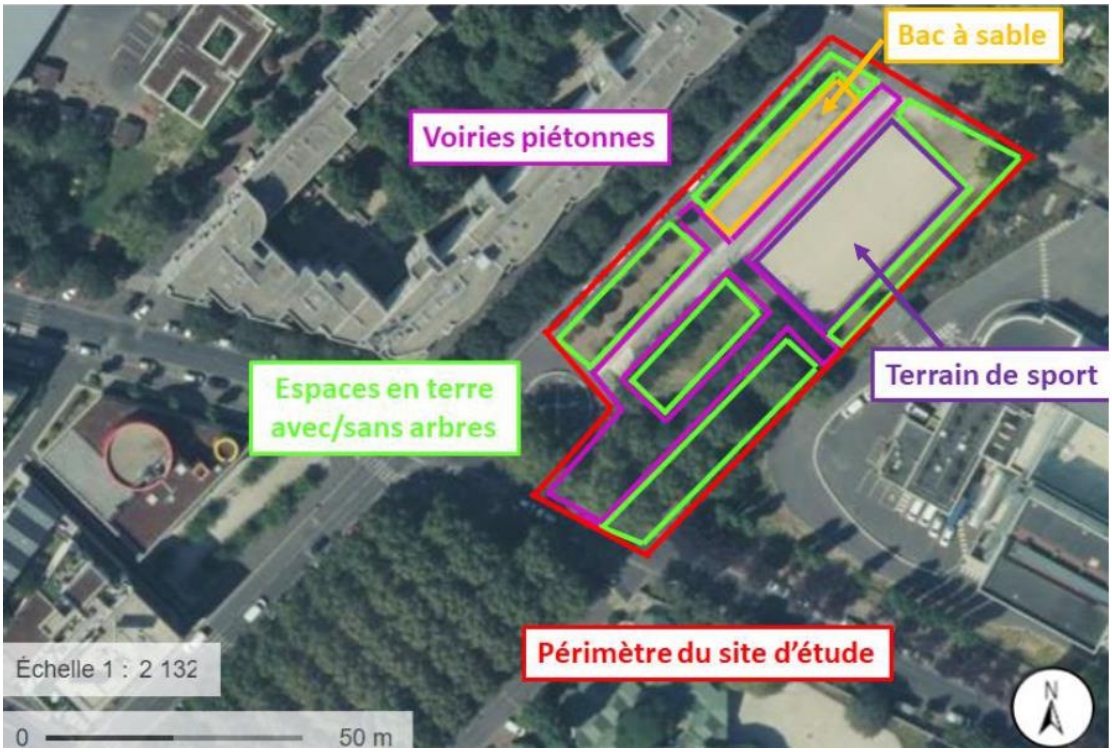


Figure 148 : Type de sols sur la parcelle (Bureau Véritas)

4.5.13.3 *Propriétés foncières*

Le site se situe sur la parcelle 181 de la feuille cadastrale n° 000 BE 01 de la commune.

La mairie de Saint-Denis est propriétaire de ce terrain à ce jour. Il s'agit de la seule activité depuis la configuration finale du square dans les années 2010.

Une convention de mise à disposition des terrains et d'accès est en cours de rédaction, auprès des élus de Saint-Denis, au profit du SMIREC et sera disponible pour l'enquête publique. L'utilisation de la voirie d'accès se fera en concertation avec les services techniques de la Ville et sera également demandée pour la durée du chantier.

4.5.13.4 *Accès et desserte du site*

L'accès au chantier se fera via la rue du Maréchal Lyautey et le cours du ru de Montfort. Une convention d'accès et de voieries seront à prévoir auprès des services techniques de la ville. Une mise à disposition des trottoirs aux abords du site sera également nécessaire.

La desserte du site d'implantation est facilitée par un réseau routier dense avec notamment la proximité des N186, D30 et la RD27 qui connecte le site à l'autoroute A86.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.13.5 *Historique du terrain*

Le bureau d'études Véritas a effectué, en décembre 2021 et février 2022 sur la parcelle, des diagnostics de pollution des sols intégrant, selon la norme NFX 31-620-2 (Cf. Rapport complet Véritas en Annexe 8.9) : A100 : Visite de site, A110 : étude historique, documentaire et mémorielle, A120 : étude de vulnérabilité des milieux, A130 : élaboration d'un programme prévisionnel d'investigations, A200 : prélèvements, échantillonnage et analyses des sols et A270 : Interprétation des résultats.

D'après la revue des photographies aériennes, le site a été occupé par des terrains agricoles jusque dans les années 1960, avant d'être en friche en 1970 puis de devenir un square dont la configuration a évolué au fil des années (enrobé uniquement dans les années 1980, puis mise en place d'arbres et de revêtements en terre dans les années 2000). Les aménagements tel qu'ils existent aujourd'hui (avec bac à sable, terrain de sport, voiries piétonnes) ont été mis en place dans les années 2010 (Cf. Figures suivantes).

La mairie de Saint-Denis est propriétaire de ce terrain à ce jour. Il s'agit de la seule activité depuis la configuration finale du square dans les années 2010.

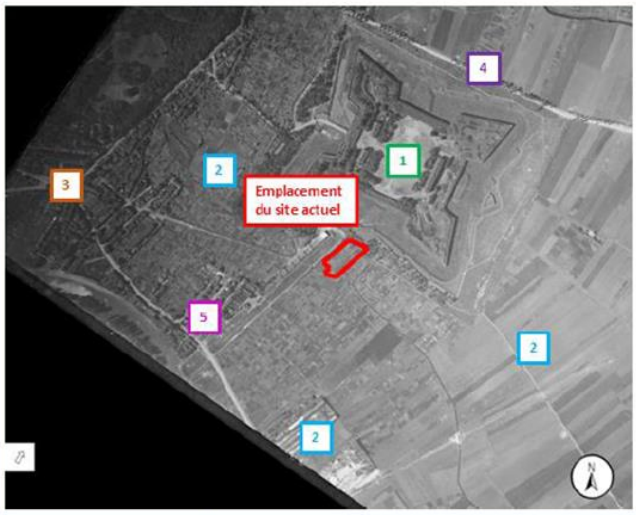
L'étude historique n'a pas relevé d'activités historiques potentiellement polluantes sur le site lui-même. Les activités potentiellement polluantes au voisinage du site sont les suivantes (Cf. paragraphe 4.5.18.1) :

- **16 sites BASIAS sont situés dans un rayon de 500 m du site. Compte tenu de leur position, par rapport au site d'étude, et au sens d'écoulement de la nappe allant vers le sud-ouest, l'impact potentiel de ces sites sur les sols et eaux souterraines au droit du site d'étude est écarté.**
- **Néanmoins, la parcelle directement voisine du site d'étude constitue une source de pollution potentielle au droit du site, de par ses installations et activités historiques, et par sa situation en amont hydraulique par rapport au site d'étude.**

  Elle est occupée par la chaufferie biomasse Engie, classée dans BASIAS et dont certaines activités sont soumises à Autorisation au titre de la réglementation ICPE (dépôt de coke/houille, installations de combustion, de réfrigération). D'après la revue des photographies historiques et le rapport d'Autorisation ICPE, elle a été mise en service en 1963, et a tout d'abord utilisé du fioul lourd comme combustible, puis du charbon, avant d'être remplacée par une turbine à gaz. Le risque de fuite des cuves de fioul et de pollution par les anciens parcs à coke/houille ne peut être écarté.
- **Les anciens site BASOL, localisé à partir de 900 m et l'emprise de la parcelle du Stade de France à 500 m à l'ouest du site d'étude. Compte tenu de leur positionnement en aval hydraulique de l'autre côté du canal, l'impact potentiel sur les sols et eaux souterraines de ces sites pollués ou potentiellement pollués sont écartés au droit du site d'étude.**
- **Les activités non classées éventuelles à proximité du site (garages, industries en activité ou non) peuvent cependant être référencées comme sources potentielles, avec un risque très faible en raison de leur position éloignée en latéral hydraulique.**

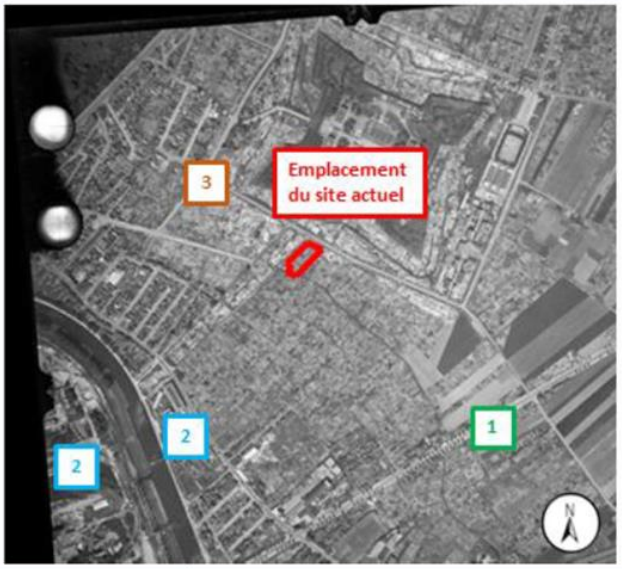
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Année : 1921	Réf mission et cliché : CCF00B-361_1921_CAF_B-36_0026



Observation sur site :	La zone est occupée par un usage agricole.
Observation hors site :	On observe en premier lieu la zone militaire du fort de l'Est, semi-boisée et en friche, dont les bâtiments ne sont pas encore construits (1). La majeure partie du territoire (centre et est) est occupée par des champs et des exploitations agricoles (2), tandis que la partie ouest est boisée (3). Certaines routes actuelles comme la N186 (4) sont existantes. Une zone résidentielle avec espaces verts est présente en (5). L'usage du sol semble essentiellement boisé à l'ouest (environnement, loisirs) et agricole à l'est, avec un usage résidentiel et militaire en installation.

Année : 1950	Réf mission et cliché : C2314-1851_1950_CDP3505_0108



Observation sur site :	Pas de changement par rapport à la photographie précédente.
Observation hors site :	De nouvelles routes sont mises en place, et les zones agricoles sont remaniées (1). Une zone industrielle se construit (2). Déboisement partiel constaté (3). L'usage du sol semble toujours résidentiel, des espaces verts, commercial et boisé à l'ouest, agricole et militaire à l'est, avec un développement industriel au sud-ouest.

Année : 1968	Réf mission et cliché : C2314-0851_1968_CDP7209_4325

Observation sur site :	Le site est en friche.
Observation hors site :	Installation d'une chaufferie à partir de 1963 à l'est du site d'étude. Cette chaufferie est classée dans l'inventaire BASIAS et certaines de ses activités sont soumises à Autorisation au titre de la réglementation ICPE. Elle a tout d'abord utilisé du fioul lourd comme combustible, puis du charbon, avant d'être remplacée par une turbine à gaz. Les installations sont complètement en place en 1977.

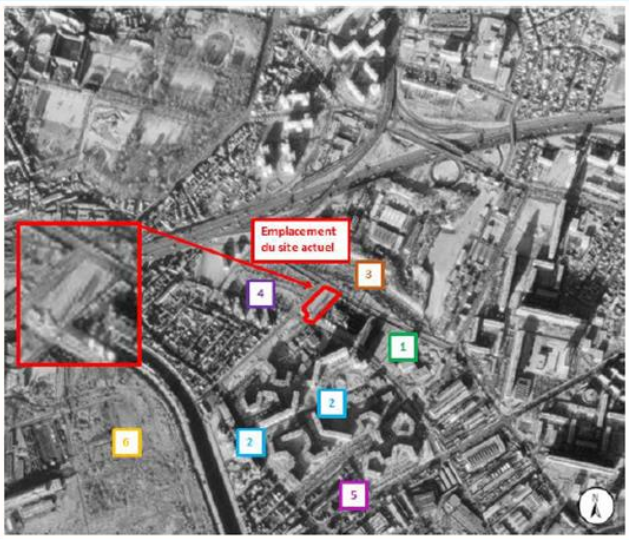
Année : 1977	Réf mission et cliché : C93PHQ6391_1977_CDP8427_3142

Observation sur site :	Pas de changements par rapport à la photographie précédente.
Observation hors site :	Sur cette photographie, la chaufferie est bien construite. On y distingue la zone de stockage de fuel (1) (cuves aériennes) et les deux parcs à coke/houille à l'est et nord-est du site (2). Un stockage de matériel est visible (3). Cette chaufferie est une source de pollution non négligeable (risque de fuite des cuves et de pollution par les parcs).

Figure 149 : Evolution de l'occupation de la parcelle entre 1921 et 1977 (Bureau Véritas)

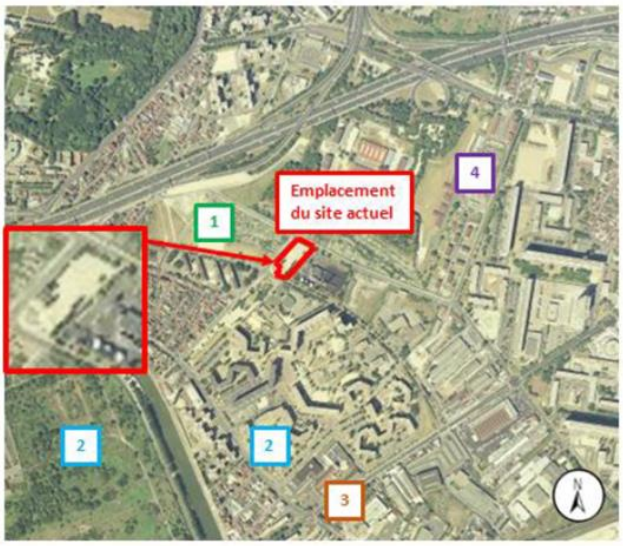
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Année : 1982	Réf mission et cliché : C94PHQ1593_1982_FR3436IR_0521



Observation sur site :	Le site semble être devenu un square en enrobé, et des bâtiments semblent présents sur la partie sud du terrain.
Observation hors site :	Construction finalisée du collège en (1). Les zones résidentielles, commerces, établissements scolaires et de loisirs se réaménagent et s'étendent sur l'ancienne zone industrielle (2), avec présence de garages. Le terrain des jardins communautaires est en (3). Bâtiments rasés en (4). Industrie construite en (5). Démolition de la zone industrielle en (6). L'usage du sol est toujours quasi exclusivement résidentiel, espaces verts et commercial, industriel/bureaux au sud-est, boisé au nord-ouest et militaire au centre.

Année : 1990	Réf mission et cliché : C90SAA2322_1990_FR4605_0534



Observation sur site :	Le site est arboré et les bâtiments au sud du terrain semblent démolis. L'actuelle fontaine est construite au sud-ouest du site.
Observation hors site :	Démolition de bâtiments en (1), zone en friche. L'ancienne zone industrielle est devenue un parc (2). Remaniement des bâtiments industriels en (3) et des bâtiments militaires en (4). L'usage du sol est toujours quasi exclusivement résidentiel, espaces verts et commercial, industriel et de bureaux au sud-est, boisé au nord-ouest, militaire au centre, avec une zone industrielle devenue espace vert au sud-ouest.

Année : 2003	Réf mission et cliché : CP03000052_FD0075.5_1230

Observation sur site :	Le terrain devient plus arboré, mise en place d'un revêtement en terre sur la partie sud-est.
Observation hors site :	Construction d'un lycée et de logements en (1) sur l'ancienne zone en friche et jardin communautaires, réaménagement de la zone résidentielle et commerciale en (2). Construction d'une zone commerciale en (3). Démolition des logements en (4). L'usage du sol est toujours quasi exclusivement résidentiel, espaces verts et de bureaux, plus commercial (sud-ouest) et moins industriel (sud-est uniquement), militaire au centre et boisé au nord-ouest.

Année : 2011	Réf mission et cliché : CP11000122_FD75x27_01511

Observation sur site :	Le site est construit dans sa configuration actuelle : terrain de sport au nord-est du site, square avec espaces en terre +/- arborés, voiries piétonnes et un bac à sable au nord-ouest.
Observation hors site :	Réaménagement en (1) et en (2). Construction de zones résidentielles en (3) et d'un square en (4) sur un ancien terrain en friche. L'usage du sol est toujours quasi exclusivement résidentiel, espaces verts et commercial, industriel/bureaux au sud-est, militaire au centre et boisé au nord-ouest.

Figure 150: Evolution de l'occupation de la parcelle entre 1982 et 2011 (Bureau Véritas)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.13.6 *Etat des sols et géologie*

Plusieurs forages sont recensés dans la base de données de la Banque du Sous-Sol (BSS) à proximité du site d'étude. Le forage BSS000NFQR, localisé à 150 m au nord du site sur le Fort de l'Est atteint 95 m de profondeur.

Les couches susceptibles d'être rencontrées au droit du site sont :

- De 0 à 7 m : des marnes et sables (Alluvions modernes et anciennes – Fz et Fy).
- De 7 à 16 m de profondeur : des marnes et calcaires coquilliers parfois argileux (Calcaire de Saint-Ouen – e6d).
- De 16 à 28 m : des sables à base argileuse (Sables de Beauchamp – e6a).
- De 28 à 95 m : un ensemble indifférencié du Lutétien (e5d, e5c et e5b) regroupant marnes, calcaires, sables et argiles, sablo-argileux uniquement avec lignite à partir de 62 m de profondeur.

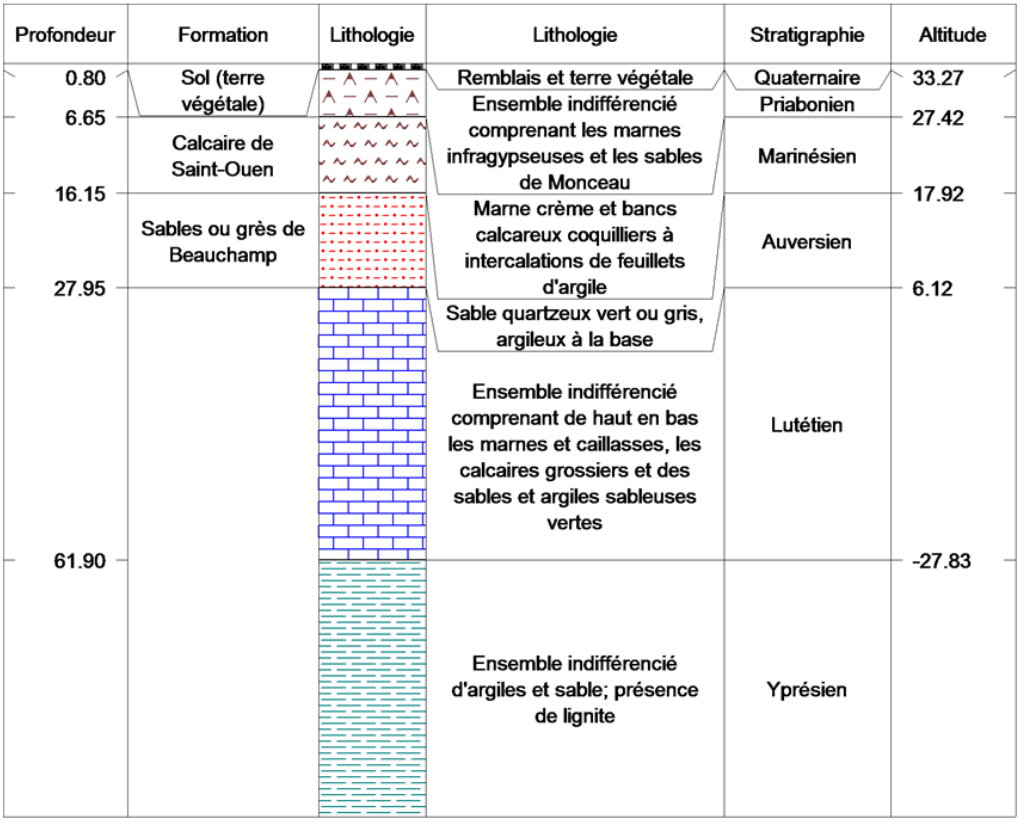


Figure 151 : Log géologique du forage BSS le plus proche (BSS000NFQR)

L'aquifère principal au niveau de Saint-Denis semble être celui de l'Eocène moyen et inférieur, constitué principalement au niveau du site des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp.

Le site actuel est composé d'un terrain de sport, et d'un square comprenant un bac à sable, un aménagement piétonnier, et des espaces en terre souvent arborés. Suite aux visites de site, il n'y a pas de stockage de produits ou d'installations particulières qui pourraient apporter une pollution sur le site.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Au total, 8 sondages ont été réalisés par la société ENVIROSONDE et ATECH sous la conduite du BUREAU VERITAS au moyen d'un carottier sur chenille et portatif ; jusqu'à 3 m de profondeur.

Les investigations de sol, réalisées sur le site le 07/12/2021 (3 sondages à 3 m et 1 sondage à 1 m de profondeur) puis le 09/02/2022 (4 sondages à 3 m de profondeur), mettent en évidence :

- **La présence d'anomalies en métaux (cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, et mercure) et HAP entre 0 et 1 m de profondeur probablement en lien avec la mauvaise qualité des remblais présents en surface et apportés lors de l'aménagement du site ;**
- **La présence ponctuelle d'une légère anomalie en hydrocarbures C10-C40 au droit de S4 et S6, entre 0,5 et 1,5 m de profondeur, délimitée verticalement, mais non horizontalement, notamment en bordure sud-ouest du site ;**
- **La présence ponctuelle d'une anomalie en hydrocarbures C10-C40 au droit de S7 et S8, entre 2 et 3 m de profondeur, non délimitée verticalement, ni horizontalement, notamment en bordure nord-est du site.**
- **Les sols ont par ailleurs été investigués afin de caractériser les filières d'évacuation des terres à excaver. Il ressort des analyses effectuées sur les 8 échantillons prélevés, des dépassements systématiques des valeurs seuils d'acceptation en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes).**

Lors des travaux d'aménagement du site, il est préconisé :

- **un retrait des terres surfaciques, présentes entre 0 et 1 m au droit du site, pour éliminer les sources de contamination en place au sein des remblais d'apport et limiter les risques d'inhalation de composés semi-volatils (mercure et naphtalène), de contact cutané et d'ingestion de sol (espaces de jeux pour enfants). Il faut noter que l'ensemble des terres caractérisées entre 0 et 1 m de profondeur, au droit du site, ne seront pas acceptées en ISDI et pourraient être dirigées vers une ISDND sous condition d'acceptation préalable de l'installation choisie ;**
- **ou la mise en place d'un recouvrement de surface (apport de terres saines sur une épaisseur minimale de 30 cm) ou d'imperméabilisation des sols (enrobé ou dallage) peut permettre d'écarter les risques de contact cutané et d'ingestion de sol.**

Les anomalies de pollution identifiées sur le site sont présentées sur la figure ci-après.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

S1 (1,7-2m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	5,82
Cadmium	<0,40
Chrome	11,4
Cuivre	17,4
Nickel	9,64
Plomb	38,8
Zinc	28,1
Mercure	0,35
HC C10-C40	<15,0
HAP(16)	<0,05

S1 (0,1-1m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	11,4
Cadmium	1,24
Chrome	28,1
Cuivre	59,2
Nickel	13,7
Plomb	123
Zinc	225
Mercure	1,65
HC C10-C40	81,3
HAP(16)	3,1

S2 (2,5-3m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	8,07
Cadmium	0,43
Chrome	15,3
Cuivre	24,8
Nickel	12,8
Plomb	31,9
Zinc	215
Mercure	0,27
HC C10-C40	24,4
HAP(16)	<0,05

S2 (0,1-1m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	10,1
Cadmium	<0,40
Chrome	20,6
Cuivre	91,9
Nickel	19,1
Plomb	186
Zinc	153
Mercure	0,82
HC C10-C40	79,4
HAP(16)	2,8

S3 (0,15-1m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	4,9
Cadmium	<0,40
Chrome	5,98
Cuivre	<5,00
Nickel	4,25
Plomb	6,36
Zinc	13,7
Mercure	<0,10
HC C10-C40	<15,0
HAP(16)	0,12

S4 (2,5-3m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	6,83
Cadmium	<0,40
Chrome	13,3
Cuivre	38,9
Nickel	11,3
Plomb	71,5
Zinc	42,5
Mercure	0,83
HC C10-C40	<15,0
HAP(16)	<0,05

S4 (0,8-1,5m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	16,5
Cadmium	0,56
Chrome	18,3
Cuivre	122
Nickel	20,9
Plomb	369
Zinc	211
Mercure	2,51
HC C10-C40	372
HAP(16)	24

S8 (0,3-0,6m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	27,9
Cadmium	5
Chrome	44,4
Cuivre	890
Nickel	68,9
Plomb	1530
Zinc	1860
Mercure	0,56
HC C5-C10	
HC C10-C40	81,3
HAP(16)	1,4

S8 (2,5-3m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	11,3
Cadmium	0,88
Chrome	17,3
Cuivre	70,7
Nickel	17,4
Plomb	146
Zinc	198
Mercure	0,93
HC C5-C10	<1,00
HC C10-C40	250
HAP(16)	9,8

S7 (0,4-1m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	22,1
Cadmium	5,17
Chrome	45
Cuivre	468
Nickel	39,3
Plomb	1140
Zinc	1460
Mercure	1,16
HC C5-C10	
HC C10-C40	101
HAP(16)	3,5

S7 (2-3m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	10,7
Cadmium	<0,40
Chrome	20,4
Cuivre	88,5
Nickel	15,3
Plomb	120
Zinc	129
Mercure	0,83
HC C5-C10	<1,00
HC C10-C40	294
HAP(16)	13

S6 (0,5-0,8m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	31,1
Cadmium	4,49
Chrome	50,6
Cuivre	1120
Nickel	88,3
Plomb	1450
Zinc	2240
Mercure	0,73
HC C10-C40	361
HAP(16)	1,9

S6 (2,2-3m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	5,74
Cadmium	<0,40
Chrome	13,5
Cuivre	19,9
Nickel	8,01
Plomb	35,1
Zinc	45,5
Mercure	0,21
HC C5-C10	<1,00
HC C10-C40	27,6
HAP(16)	5,3

S5 (0,2-1m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	19
Cadmium	0,86
Chrome	20,1
Cuivre	139
Nickel	21,5
Plomb	332
Zinc	260
Mercure	3,51
HC C10-C40	143
HAP(16)	23

S5 (2-3m)	Teneurs (mg/kg MS)
Arsenic	13,3
Cadmium	0,48
Chrome	17,5
Cuivre	47,5
Nickel	15,8
Plomb	101
Zinc	96,4
Mercure	0,81
HC C10-C40	78,2
HAP(16)	2,4

Légende :

Sources potentielles du site :

[1] Potentiels remblais d'apport lors de la construction

Sondages réalisés:

Sondage à 1m de profondeur

Sondage à 3m de profondeur

Figure 152 : Plan des sondages et contaminations identifiées par Véritas

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Dans le cadre des travaux d'excavation de terres, une attention particulière devra être portée au tri et à l'orientation des terres afin de les évacuer vers des centres agréés adaptés aux teneurs présentes dans les sols. Notons que les centres de stockages des terres pourront demander des analyses complémentaires préalablement à l'acceptation de ces terres.

Par ailleurs, afin d'éviter un risque pour les travailleurs devant manipuler des terres potentiellement polluées, il est recommandé d'éliminer le contact direct entre les terres et les travailleurs, par le respect d'une hygiène stricte de chantier (protection contre les risques de contacts directs mais également contre les risques d'inhalation (de composés volatils présents dans le sol, etc.).

Pour les travaux d'aménagement du site et de la plate-forme de forage, il est prévu de :

- **retirer les terres polluées jusqu'à 3 m de profondeur sur la zone du terrain de sport pour réaliser les avant-puits et les caves de puits et les fondations de la centrale géothermique.**
- **retirer les terres polluées entre 0 et 1 m et/ou recouvrir de terres saines la partie restante du site pour le nivellement de la plateforme.**
- **envoyer et évacuer les terres polluées dans un centre agréé.**

4.5.14 Equipements et habitations situés à proximité du site

Le futur maître d'ouvrage n'est plus tenu d'obtenir le consentement des propriétaires des habitations situées dans un rayon de 50 mètres autour des futures têtes de puits pour pouvoir débuter les travaux de forage. Il est néanmoins d'usage d'informer les propriétaires des parcelles concernées.

Dans un rayon de 50 m autours des futures têtes de puit, le futur projet concerne plusieurs parcelles :

- La parcelle 181 sur laquelle se situe le site d'exploitation ;
- La parcelle 216 sur laquelle se situent des habitations collectives du 41-51 Cours du ru de Montfort ;
- La parcelle 104 concerne la chaufferie Biomasse de Saint-Denis.

Dans un rayon de 500 m (Cf. Figures suivantes), 6 types d'environnements peuvent être remarqués :

- Des espaces verts urbains, des jardins communautaires et espaces ouverts à vocation de sport ;
- Des équipements d'enseignement (Ecole, Collège et Lycée) et de sport construits ;
- Des bâtiments d'activités économiques et industrielles, notamment la chaufferie implantée sur la parcelle voisine du site d'implantation ;
- Des bâtiments militaires, administratifs et culturels (maison de quartier, médiathèque…)
- Des zones d'habitats individuels ou collectifs de la ZAC Bel-Air et de la Cité du Franc-Moisin ;
- Des zones de voieries et les échangeurs routiers de l'A1, N1 et N186.

Le site d'implantation se situe dans un environnement urbain, majoritairement composé d'équipements d'enseignement et sportif, d'habitats et d'espaces verts. Les premières habitations, établissements scolaires sensibles et lieux d'accueil de l'enfance et de la jeunesse sont situés directement au voisinage du site, à partir de 10 mètres sur le cours du ru de Montfort

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 153: Environnement du site dans un rayon de 300 m (plan d'occupation des sols MOS 2017, IAU)

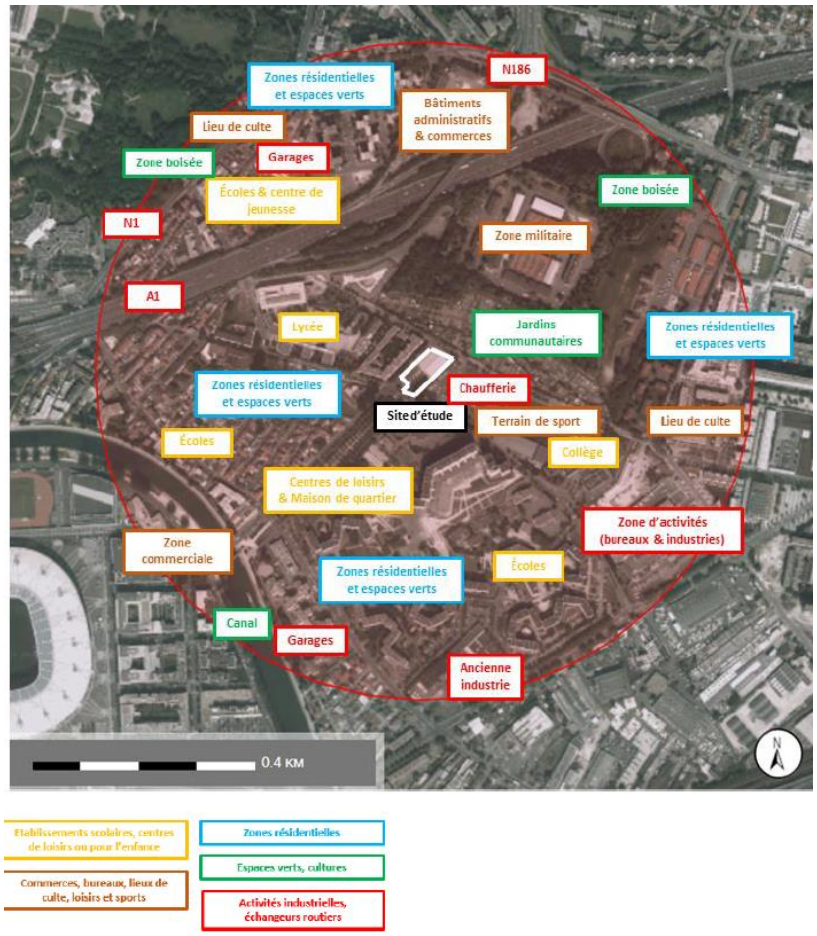


Figure 154: Environnement et type d'activités dans un rayon de 500 m autour du site (Véritas)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 155 : Type d'équipements et habitats à proximité du site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.15 Qualité de l'air

L'air est composé essentiellement d'azote et d'oxygène. La pollution consiste en une élévation des concentrations de certains composants naturels ou en l'introduction de nouveaux composants dans l'atmosphère, qui peuvent occasionner une gêne. Les trois grandes sources de polluants d'origine humaine sont:

- Les transports routiers ;
- Les installations de combustion (chauffages individuels et collectifs, chaudières industrielles, centrales thermiques...) ;
- Les procédés industriels (raffinage de pétrole, productions chimiques, métallurgie, incinération de déchets...).

Dans le but de délivrer l'information la plus pertinente au public, Airparif, organisme agréé par le ministère chargé de l'Environnement, a élaboré des cartes d'indices pour la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France.

La qualité de l'air est caractérisée aujourd'hui par l'indice européen Citéair, qui sera remplacé prochainement par l'indice ATMO. L'indice Citéair fournit des informations sur la qualité de l'air générale et près du trafic avec une prise en compte des polluants les plus problématiques (particules PM_{10}, dioxyde d'azote NO_2 et Ozone) mais aussi les particules fines ($PM_{2,5}$). Ces indices à travers une échelle de 5 couleurs (5 classes, 5 qualitatifs de qualité de l'air de « très bonne » à « très mauvaise » informent sur les polluants les plus problématiques en Europe.

4.5.15.1 *Les polluants*

On qualifie de polluants "primaires" les polluants qui sont directement émis dans l'atmosphère par les activités humaines. Les principaux polluants atmosphériques sont :

- **Le dioxyde de souffre (SO_2)** : c'est le gaz polluant le plus caractéristique des agglomérations industrialisées (moteurs diesels, processus industriels et de la combustion du charbon ainsi du fuel) ;
- **Les oxydes d'azote (NOx**) : ils proviennent surtout de la combustion émanant des centrales énergétiques et du trafic routier (notamment les poids lourds) ;
- **Les particules (PM_{10})** : ce sont les particules en suspension dans l'air émises par la circulation automobile (moteurs diesel en particulier), l'industrie et le chauffage urbain ;
- **Le monoxyde de carbone (CO)** : Il provient de la combustion incomplète des combustibles utilisés dans les véhicules ;
- **Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)** : ils sont libérés par l'évaporation d'hydrocarbures ou par les gaz d'échappement ;

Les Nox et les PM_{10} sont les plus problématiques dans la région, compte tenu de leur dépassement chronique des valeurs limites réglementaires.

4.5.15.2 *Qualité de l'air sur le territoire*

Pour l'indice général, les polluants dont il faut tenir copte sont le NO2 (dioxyde d'azote, qui provient de l'oxydation de l'azote atmosphérique lors de la combustion), les PM10 (particules en suspension) et l'ozone (O3, issu de la transformation du NO2 sous l'action de la lumière). Cet indice permet de caractériser l'air ambiant à partir des mesures des stations de fond, ou la qualité près du trafic à partir de stations de trafic. L'indice CITEAIR de Saint-Denis est présenté en situation de fond sur la commune.

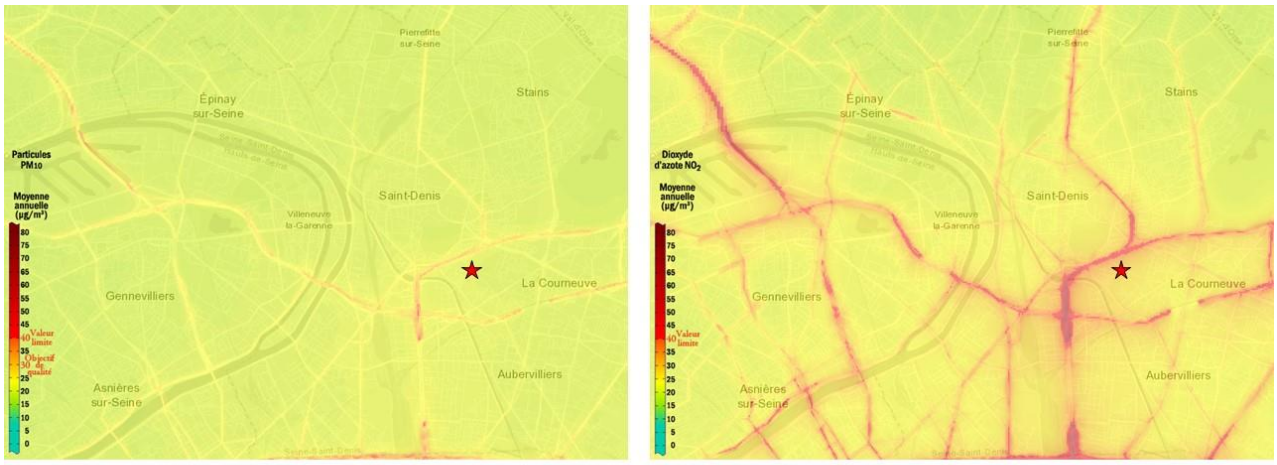
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Les particules PM_{10} et $PM_{2.5}$

Les cartes présentées ci-dessous, réalisées par AIRPARIF, à l'échelle des communes, présentent les concentrations annuelles en dioxyde d'azote (NO_2) et en particules (PM_{10}), les deux polluants les plus problématiques dans la région, compte tenu de leur dépassement chronique des valeurs limites réglementaires.

Selon la réglementation, la valeur limite de dépassement est de 35 jours à 50 µm/m³ en PM_{10}. Pour l'année 2020, 4 jours ont connu un dépassement de la valeur limite fixée à 50 µm/m³. Au -delà de la quantité de polluants émis dans l'atmosphère, les dépassements de la valeur limite journalière en particules PM_{10} d'une année sur l'autre sont très impactés par le contexte météorologique.

Les concentrations de PM_{10} sont bien en dessous de la valeur limite de 40 µm/m³ et sont en dessous de l'objectif de qualité de 30 µm/m³ avec une moyenne sur la commune de 21 µm/m³. Seuls les alentours des autoroutes A1 et A86 dépassent l'objectif de qualité de l'air pour ce polluant. Le trafic routier important sur cet axe explique ces dépassements de seuil.

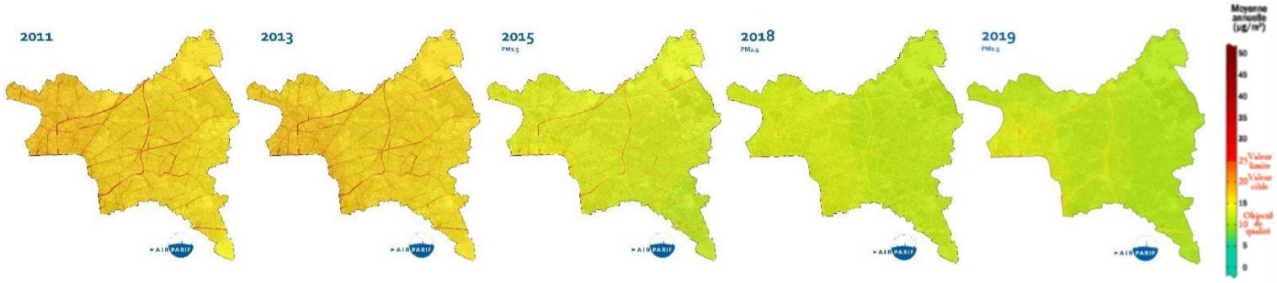


Concentration des particules en suspension inférieure à 10 µm pour l'année 2020

Concentration en dioxyde d'azote pour l'année 2020

Figure 156 : Concentration en NO_2 et PM_{10} à Saint-Denis (source AIRPARIF)

Comme pour les PM_{10}, les teneurs annuelles de particules $PM_{2.5}$ fluctuent du fait des conditions météorologiques. En s'affranchissant des variations météorologiques, les niveaux moyens annuels de $PM_{2.5}$ ont baissé de plus 50% entre 2009 et 2019 en Seine-Saint-Denis (Cf. Figure ci-dessous).



Evolution de la moyenne annuelle en $PM_{2.5}$ de 2011 à 2019 en Seine-Saint-Denis

Figure 157 : Evolution de la moyenne annuelle en $PM_{2.5}$ de 2011 à 2019 en Seine-Saint-Denis (source : AIRPARIF)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En classant les différents secteurs d'activité de la commune en fonction de leurs émissions de polluants dans l'air, on remarque que c'est le trafic routier qui contribue le plus à la pollution de l'air, notamment pour les oxydes d'azote (NOx), suivi par le tertiaire et le résidentiel. Cela s'explique par le fait que **Saint-Denis est traversée par de grands axes routiers (A1, A86, boulevard périphérique parisien, anciennes routes nationales…) et est constitué de nombreuses zones d'habitation.**

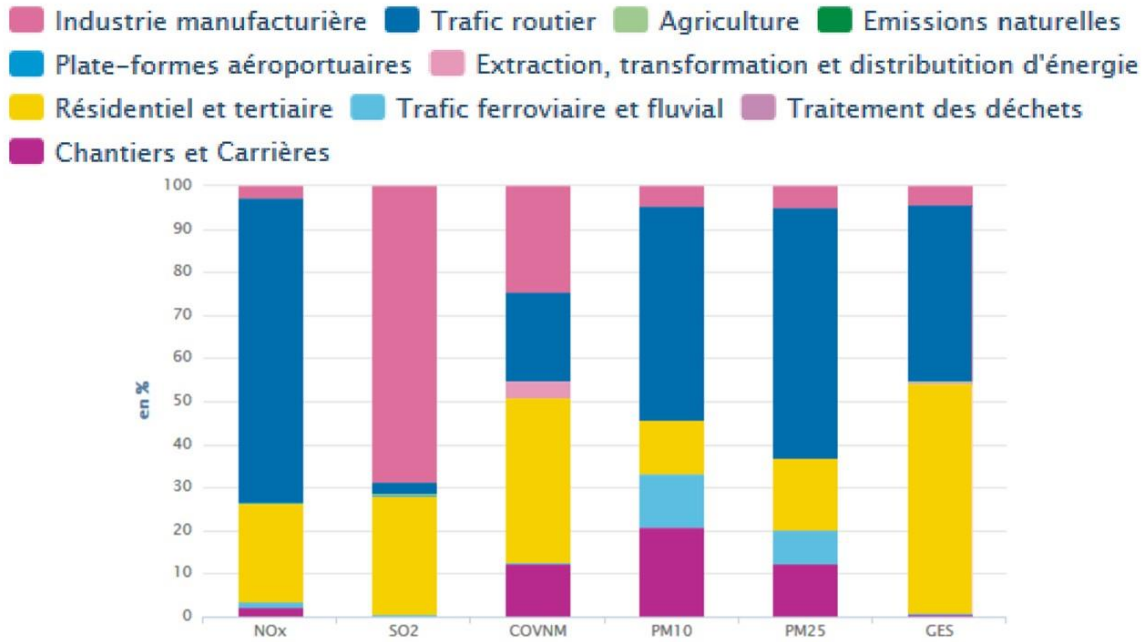


Figure 158 : Contribution des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants sur la commune de Saint-Denis (source : PLUi)

Sur l'ensemble du territoire de Plaine Commune, la qualité de l'air a été globalement bonne. Cependant, l'air semble moins bon à Saint-Ouen-sur-Seine et Saint-Denis, ce qui peut s'expliquer par la proximité avec Paris, la concentration de grandes infrastructures routières (boulevard périphérique parisien, A1 et A86) et les activités industrielles.

La qualité de l'air sur la commune est dégradée notamment à proximité des grands axes routiers. Elle est caractéristique du contexte très urbanisé de la commune.

Le chauffage urbain résidentiel et tertiaire participe fortement aux émissions de polluants sur la commune. La chaufferie centralisée de Plaine Commune Energie, dont les émissions sont contrôlées dans le cadre des réglementations ICPE en vigueur, respecte les seuils de rejet. Par ailleurs, compte-tenu du taux de couverture de la géothermie projeté, cela contribuera à l'amélioration de qualité de l'air à proximité avec un fonctionnement à temps et puissance partiels de la chaufferie gaz notamment.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.16 Environnement sonore

4.5.16.1 *Législation*

La Directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement vise à établir une approche commune destinée à éviter, prévenir ou réduire les effets nuisibles et l'exposition au bruit dans l'environnent.

L'objectif des cartes de bruit est principalement d'établir un référentiel, à l'échelle de grands territoires, qui puisse servir de support aux décisions d'amélioration ou de préservation de l'environnement sonore.

Conformément aux articles L.572-1 à L. 572-11 du Code de l'Environnement, des cartes de bruit (CB) et des PPBE doivent être élaborés pour les grandes infrastructures de transport terrestre (ITT), les principaux aéroports ainsi que les agglomérations de plus de 100 000 habitants, en application de la directive européenne n°2002/49/CE du 25 juin 2002. Les objectifs de ces documents sont :

- L'évaluation et l'exposition au bruit des populations ;
- Une information des populations sur ce niveau d'exposition et les effets du bruit ;
- La mise en œuvre de politiques visant à réduire le niveau d'exposition et à préserver des zones de calme.

On distingue :

- Les cartes de type A : elles représentent les zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones indiquant la localisation des émissions de bruit. Elles sont disponibles pour chaque source de bruit, selon les indices Lden et Ln.
- Les cartes de type B : elles représentent les secteurs affectés par le bruit au sens du « classement sonore des infrastructures de transports terrestres » (routier et ferroviaire).
- Les cartes de type C : elles représentent les zones où les valeurs limites, transcrites dans le tableau ci-dessous, sont dépassés.

Les cartes de bruit sont calculées sur la base des données recueillies selon deux indices acoustiques :

- Les indices de journée (Lden) indiquent le niveau sonore moyen sur une journée de 24h (entre 6h et 18h, 18h et 22h puis de 22h à 6h). Lden est un indicateur de bruit global pendant une journée complète.
- Les indices nocturnes (Ln) indiquent le niveau sonore moyen durant la nuit entre 22h et 6h.

Les indicateurs Lden et Ln sont utilisés pour l'élaboration des cartes stratégiques du bruit. Exprimés en dB(A), ils correspondent à des moyennes sur les périodes de temps concernées et traduisent une notion de gêne globale ou de risque pour la santé

4.5.16.2 *Les cartes de bruit*

La PPBE de Plaine Commune a été établit en 2007. La majeure partie du territoire est affectée par le bruit routier ou ferroviaire localisées autour des principales infrastructures de transport. Les cartes de bruit sont cohérentes avec les bandes affectées par le bruit délimitées de part et d'autre des voies référencées dans le classement sonore des infrastructures de transport terrestre (Cf. Paragraphe suivant).

Sur le territoire de Plaine Commune, les dépassements se font le long des infrastructures routières et ferroviaires identifiées comme étant des nuisances sonores (A1 et A86 entre autres), et certains axes communaux.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Des dépassements de seuils limites sont signalés pour la plupart des voies routières en journée et de nuit pour les autoroutes A1 et A86. Les dépassements pour les voies ferrées se fond de jour comme de nuit sur le territoire au niveau des voies du RER (Cf. Figures suivantes).

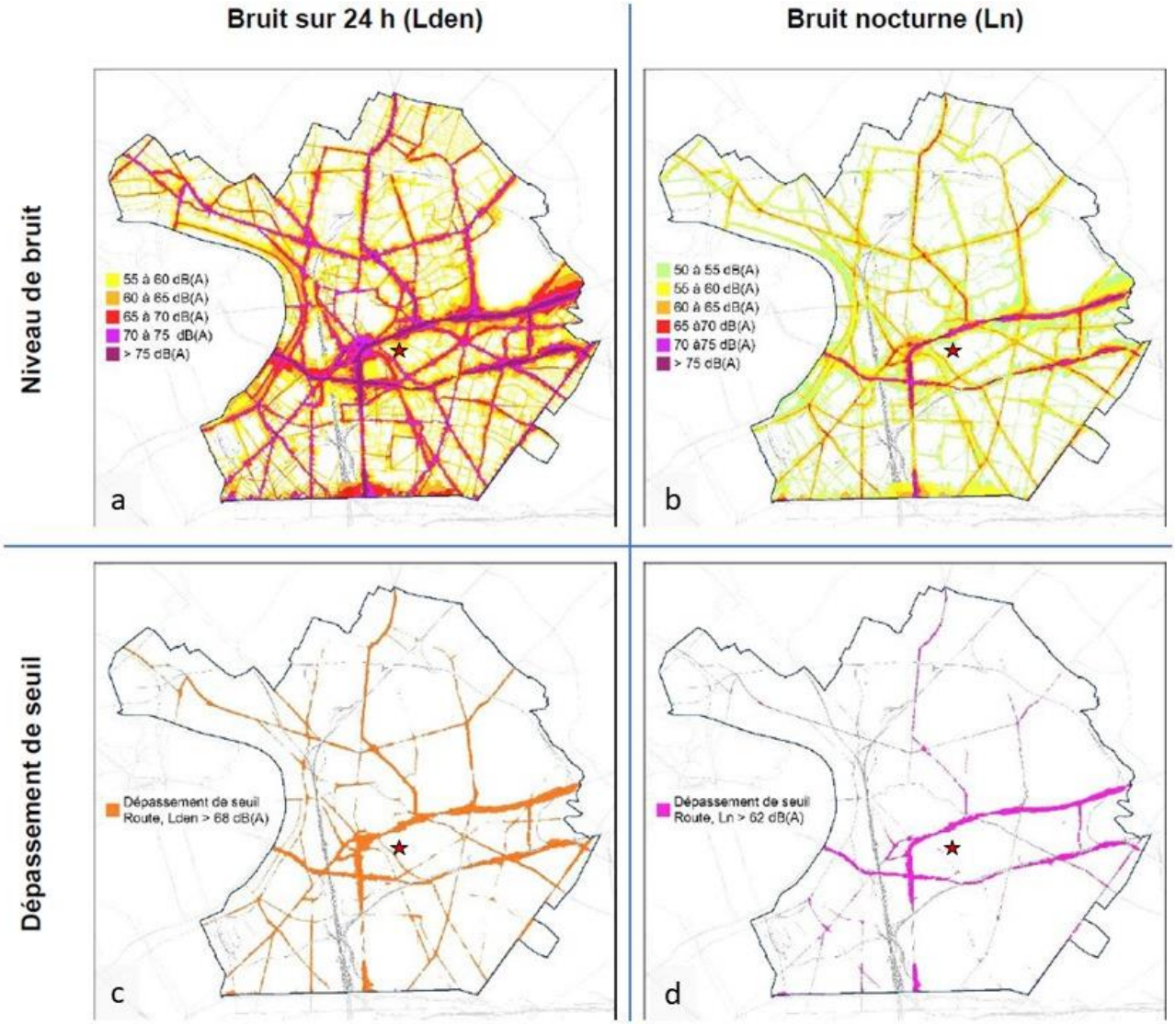


Figure 159 : Carte des secteurs exposés aux bruits routiers a) globaux indice Lden, et b) nocturne indice Ln. Zone de dépassement de la valeur limite de bruit routier selon les indicateurs c) globaux Lden, et d) nocturne Ln (BRUITPARIF, 2017)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

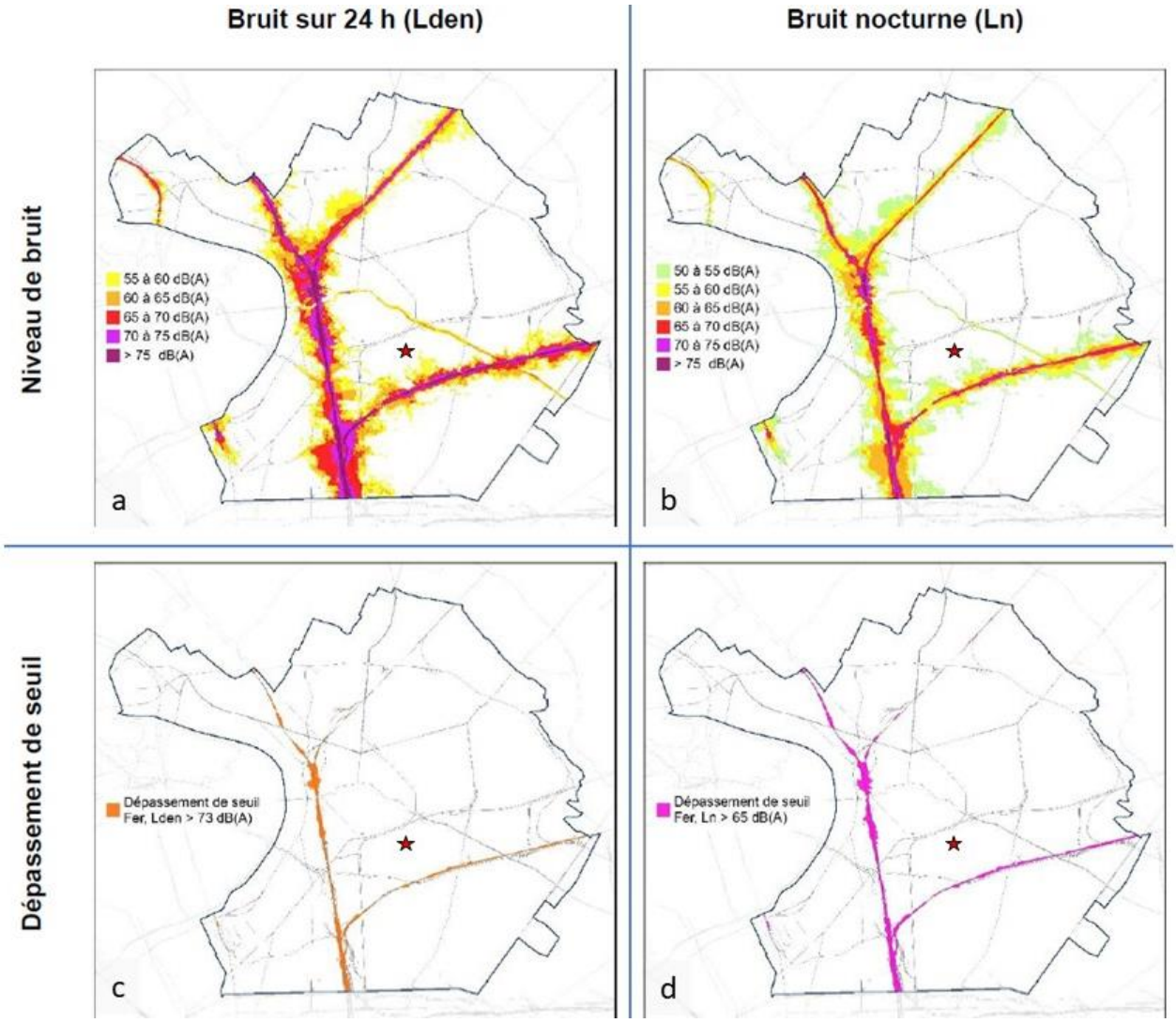


Figure 160 : Carte des secteurs exposés aux bruits ferroviaires a) global indice Lden, b) nocturne indice Ln. Zone de dépassement de la valeur limite de bruit routier selon les indicateurs c) globaux Lden, et d) nocturne Ln (source : BRUITPARIF, 2017)

4.5.16.3 *Les voies bruyantes*

Les infrastructures de transports terrestres sont classées en fonction de leur niveau sonore, et des secteurs affectés par le bruit sont délimités de part et d'autre de ces infrastructures.

Des bandes sonores affectées par le bruit sont délimitées de part et d'autre de ces infrastructures classées et dont la largeur dépend de la catégorie de la voie. A l'intérieur de ces bandes sonores, toute nouvelle construction (habitation, enseignement, hôpitaux, hôtels) **concernée doit présenter un isolement acoustique minimum contre les bruits extérieurs.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les largeurs des secteurs de nuisance à prendre en compte pour chaque voie classée sont énumérées ci-après de la catégorie 1 (la plus bruyante) à la catégorie 5. Saint-Denis est impactée par les voies suivantes (Cf. Figure suivante et Annexe 5.5 du PLU) :

- Catégorie 1 : A1, A86, lignes SNCF
- Catégorie 2 : N401
- Catégorie 3 : D20, N1, N110, N412, D30, N214, D29, N14
- Catégorie 4 : D24

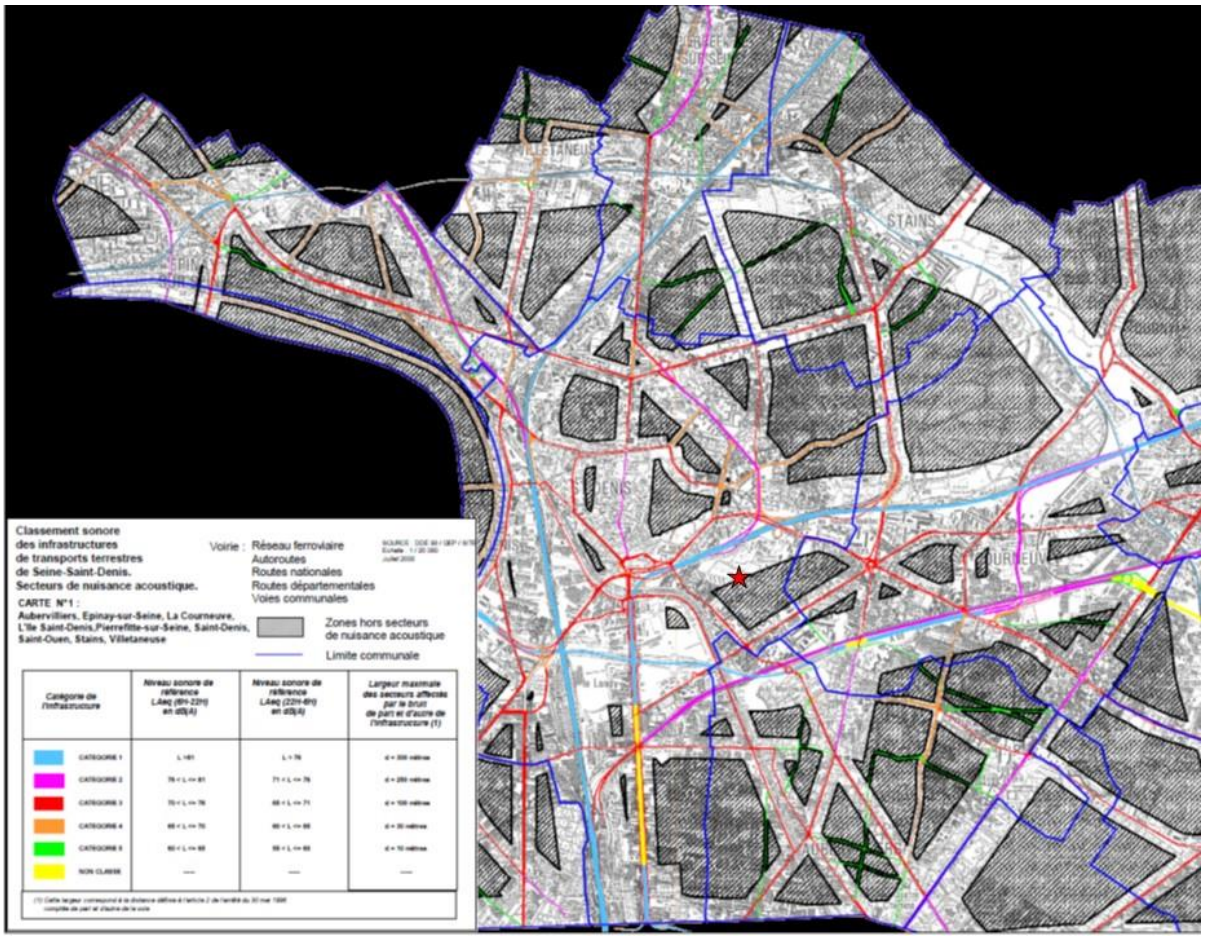


Figure 161 : Classement sonore des transports terrestres sur la commune de Saint-Denis et sur les communes voisines (source PLUi)

Le territoire de Plaine Commune est également affecté par le bruit venant des deux importantes plateformes aéroportuaires de Roissy-Charles de Gaulle et Le Bourget, implantées à proximité. Le nord de la commune de Saint-Denis est affecté par le couloir aérien du Bourget.

Ce classement sonore est opposable et se distingue des cartes de bruit, qui sont destinées à permettre l'évaluation globale de l'exposition au bruit dans l'environnement et à établir des prévisions générales de son évolution. Les infrastructures sont classées en cinq catégories et correspondent à des largeurs maximales affectées par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure. Ces largeurs maximales correspondent à des interdictions de construire (Cf. Tableau ci-dessous).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Catégories	Niveau sonore L_{aeq} le jour en dB (A)	Niveau sonore L_{aeq} la nuit en dB (A)	Largeur max des zones affectées par le bruit
Catégorie 1	L >83	L >78	300 mètres
Catégorie 2	79 < L ≤ 83	74 < L ≤ 78	250 mètres
Catégorie 3	73 < L ≤ 79	68 < L ≤74	100 mètres
Catégorie 4	68 < L ≤ 73	63 < L ≤ 68	30 mètres
Catégorie 5	63 < L ≤ 68	58 < L ≤ 63	10 mètres

Tableau 48 : Niveaux sonores de référence déterminant les secteurs ou les constructions soumis à des obligations d'isolement acoustique (arrêté du 3 janvier 2002)

Les cartes de bruit de dépassement de seuil du PPBE Plaine Commune permettent d'identifier des points noirs de bruits pour certaines habitations, notamment autour des autoroutes A1 et A86. En effet, près d'un quart de la population de Plaine Commune est potentiellement exposé à des niveaux de bruit préoccupant pour leur état de santé.

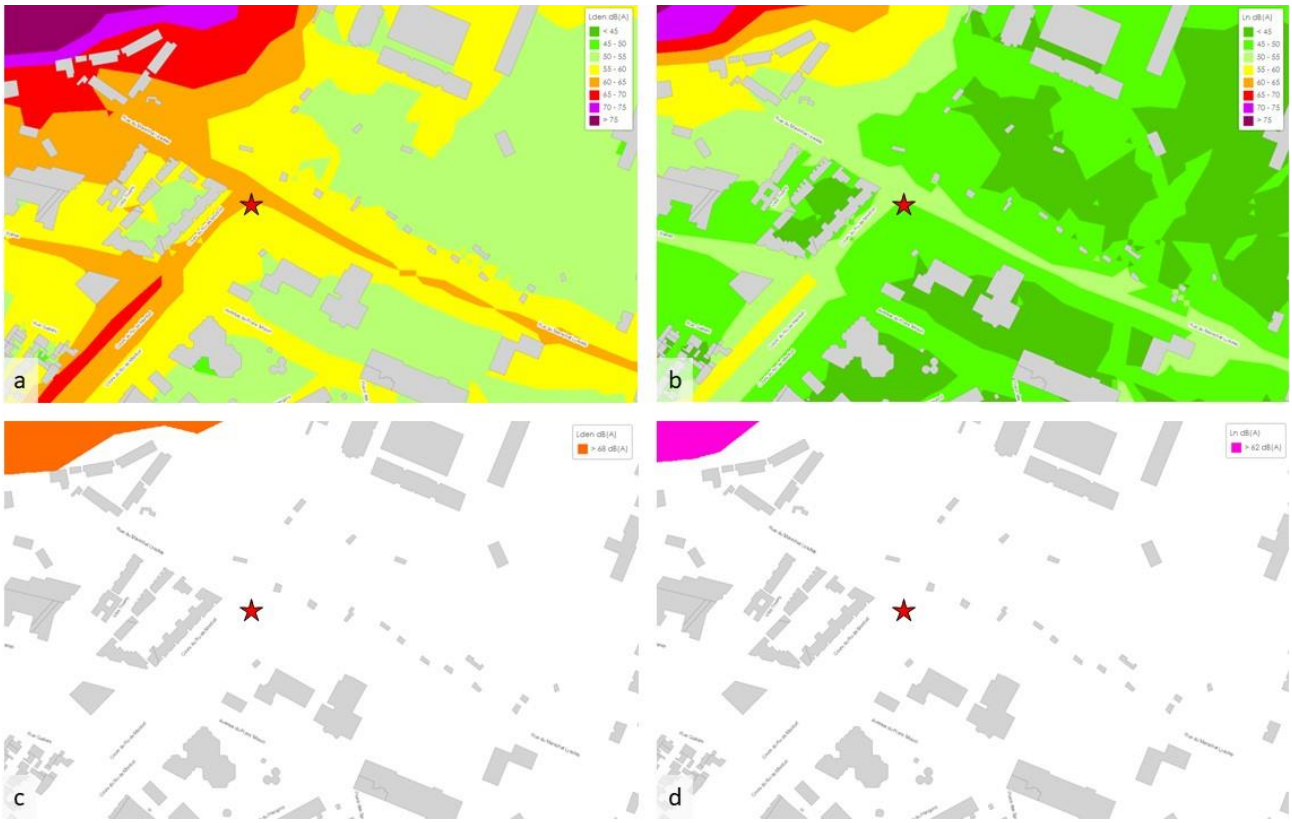


Figure 162 : Carte des secteurs exposés aux bruits globaux a) indice Lden, b) nocturne indice Ln. Zone de dépassement de la valeur limite de bruit routier selon les indicateurs c) globaux Lden, et d) nocturne Ln (2017 : carto.bruitparif.fr)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le PPBE présente néanmoins des « zones calmes », c'est-à-dire des zones où le niveau sonore calculé est inférieur à 55 dB(A) sur la période 2014-2018. Ces zones correspondent majoritairement aux parcs et aux espaces verts, mais recouvrent aussi des tissus pavillonnaires ou des cœurs d'îlots.

Figure 163 : Zones faiblement exposées (valeur Lden) au bruit des transports aux alentours du site d'exploitation (PPBE 2014-2018 de Plaine Commune)

La directive 2002/49CE indique que seules les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation (ICPE/A) sont considérées pour quantifier la gêne provoquée par les activités industrielles. Sur le territoire de Plaine Commune, elles sont au nombre de 174 et sont majoritairement implantées sur les communes de Saint-Denis, La Courneuve et Aubervilliers.

Les annexes du PPBD de la Métropole du Grand Paris et notamment du Territoire de Plaine Commune détaillent la liste des ICPE potentiellement bruyantes (Base des Installations classées). Sur la commune, 5 établissements sont listés dont les équipements de la chaufferie de Plaine Commune Energie (Cf paragraphe 4.5.18.1).

Les projets de transports en commun, notamment le prolongement de la ligne 12 du métro ou du tramway T8, devraient traverser la zone sud de Saint-Denis. Les tracés de ces lignes traversent des zones de calmes, en particulier au sud de l'A86. Du bruit pourrait y être causé, notamment au cours de la phase travaux.

Le site d'implantation du projet n'est pas classé comme présentant des dépassements des seuils limites de bruit en journée complète (Lden) ou en nocturne (Ln). En bruit cumulé, le niveau de bruit en journée (Lden) y seront compris entre 55-65 dBA et 45-55 dBA en nocturne (Ln).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.17 Urbanismes et servitudes

4.5.17.1 *Réglementation – Code de l'urbanisme relatif au site situé sur la commune*

Le Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) est un document d'urbanisme et de planification élaboré par l'Etablissement Public Territorial (EPT) de Plaine Commune, en étroite collaboration avec l'ensemble des communes.

Le PLUi de Plaine Commune s'applique sur l'ensemble du territoire et des villes membres. Tout projet de construction ou d'aménagement, qu'il nécessite ou non une autorisation d'urbanisme doit être conforme au règlement et compatible avec les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP). Il en définit les orientations urbanistiques. Le PLUi a été approuvé le 25 février 2020 afin de donner plus de force et de cohérence au projet du territoire de Plaine Commune dans un contexte de fortes mutations telles que la création de nouvelles lignes de métro, les Jeux Olympiques et Paralympiques, la création de la Métropole du Grand Paris…

Le PLUi est composé de 5 pièces principales :

- Un rapport de présentation ;
- Un Projet d'Aménagement et de Développement Durable, (PADD) qui définit la politique d'ensemble et les éventuels projets d'aménagement de la commune ;
- Des Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) ;
- Un règlement ;
- Des annexes (liste des servitudes, localisation des ZAC, les zones de préemption, …).

- Plan de zonage

Conformément à la loi S.R.U. du 13 Décembre 2000, l'intégralité du territoire communal se voit couvert par un plan de zonage qui, compte tenu de la configuration du territoire, comprend trois familles de zones :

- Les zones urbaines, dites zones U,
- Les zones naturelles, dites zones N,
- Les zones agricoles, dites zones A.

Chaque zone réunit des ensembles pour lesquels un projet commun d'évolution ou de protection a été adopté, en cohérence avec le PADD. Sont cartographiés, les espaces boisés classés ainsi que les secteurs où certaines interdictions ou conditions spéciales se justifient : préservation des ressources naturelles, existence de risques naturels et technologiques…, chacune possédant des spécificités et prescriptions particulières.

Le plan de zonage du sud de la commune de Saint-Denis est présenté sur la figure suivante.

Dans le PLUi en vigueur de Plaine Commune, le site du chantier appartient à la zone urbaine UG, zone dédiée au grands services urbains et grands équipements.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

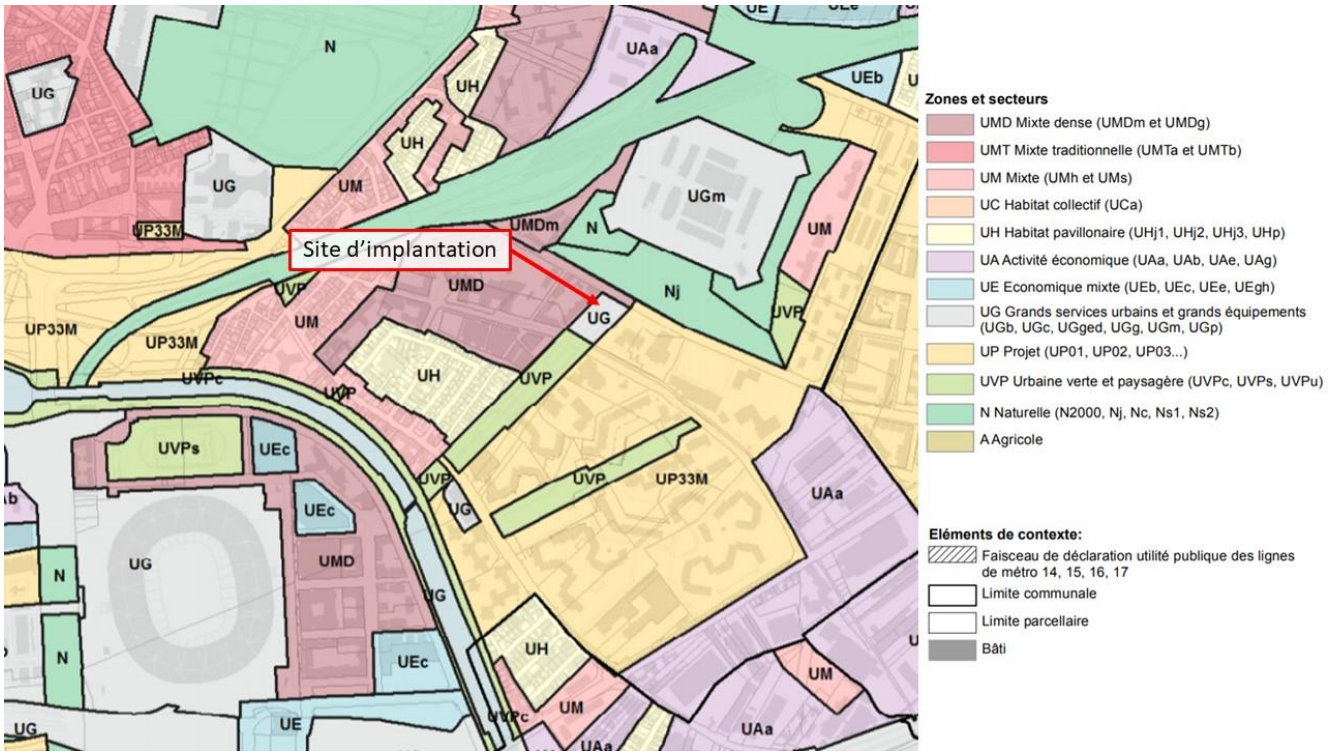


Figure 164 : Plan de zonage du PLUi du territoire dans la commune de Saint-Denis

La zone UG est destinée aux services urbains comme les emprises routières et ferroviaires, ainsi que les emprises du canal Saint-Denis et les équipements collectifs (services hospitaliers, universitaires, sportifs ou portuaires). Ceci exclut tout usage résidentiel, commercial, et de loisirs hors de tout usage collectif. Les activités d'hébergement, industrielles, artisanales, de bureaux et d'entrepôt sont autorisées sous conditions et si elles sont nécessaires au fonctionnement des équipements.

La zone UG présente comme objectif de maintenir ces sites dans leur vocation principale tout en permettant une gestion adaptée aux besoins de leur évolution, mais aussi de conserver les abords végétalisés qui constituent des continuités écologiques.

Dans la zone UG générale sont autorisées sous conditions, les constructions à destination d'industrie, d'entrepôt, de centre de congrès et d'exposition, les constructions à destination d'habitation, d'artisanat et de commerce en détail, de restauration et des activités de service, les constructions à destination d'hébergement hôtelier et touristiques, de bureau, et les affouillement et exhaussement des sols. **Toutes ces constructions sont autorisées à conditions qu'elles soient liées et nécessaires à l'équipement.**

Le projet de forages de puits géothermiques profonds et l'exploitation sont compatibles avec les conditions d'occupation et d'utilisations de la zone UG.

Les travaux projetés, les constructions, affouillements et exhaussements des sols sont autorisés sur la zone dédiée à la géothermie et au chauffage urbain.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les orientations réglementaires pour la zone UG sont les suivantes :

- Les constructions sont implantées soit à l'alignement, soit en recul par rapport aux voies et aux emprises publiques ou privées (art 2.1) ;
- Les constructions sont implantées soit en limites séparatives, soit en retrait (conditions particulières en cas d'implantation en retrait art 2.2) ;
- Sur un même terrain, deux façades présentant des baies doivent être distantes d'au moins un tiers de la hauteur de la construction la plus haute avec un minimum de 6 mètres. Deux façades qui ne présentent pas de baies doivent être distantes d'au moins 2,5 mètres (art 2.3) ;
- Le coefficient d'emprise au sol des constructions n'est pas réglementé ;
- La hauteur maximale des constructions est fixée à 30 mètres (ne s'applique pas pour les locaux techniques et industriels conçus pour le fonctionnement des réseaux et de services urbains ou concourant à la production d'énergie, art 2.5) ;
- L'aménagement des espaces libres est intégré dans la conception de tout projet et doit prendre en compte la topographie, la géologie et la configuration du terrain, la gestion des eaux pluviales, la superficie, la configuration et la localisation sur le terrain des espaces végétalisés et plantés et les plantations existantes sur le terrain ;
- Le traitement végétal des espaces végétalisés privilégie une composition en plusieurs strates ;
- Les coefficients d'espaces libres (> 20%), végétalisés (> 5%) et de pleine terre (> 5%), sont des pourcentages minimums applicables à la totalité de la surface du terrain (art 3.2) ;
- Le coefficient de densité végétale doit être de 8 unités de plantation minium pour 100 m² de surface d'espace végétalisé, dont au moins 1 arbre de moyen développement.
- La conception du projet privilégie son insertion dans la morphologie urbaine de la zone considérée en prenant en compte son environnement urbain et paysager. La volumétrie des constructions est adaptée à l'échelle générale des constructions voisines. L'ensemble des façades de la construction fait l'objet d'un traitement de qualité, y compris dans le cas de la création des façades ou pignons aveugles ;
- Les matériaux de couverture doivent être choisis au regard de leur qualité et de leur capacité à conserver une stabilité et un aspect satisfaisant dans le temps ;
- Lorsque la construction est implantée à proximité d'un arbre, oui alignement d'arbres, situé sur une voie ou emprise publique, ses façades sont conçues afin de permettre la conservation de ces arbres ;
- Les clôtures des terrains ne peuvent excéder 2,1 mètres (3,5 mètres pour les équipements de service public). En limite séparative, la hauteur des clôtures est limitée à 2,5 mètres ;
- Un terrain doit avoir accès à une voie publique ou privée ouverte à la circulation ;
- Toute propriété, pour être constructible, doit comporter un accès d'une largeur minimum de 3,50 mètres sur une voie publique, une voie privée ouverte à la circulation générale ou sur un passage privé ;
- Le stationnement des véhicules correspondant aux besoins des constructions/installations est assuré en dehors des voies publiques (Exemple 1 place de parking pour 200 m² surface de plancher art 5.2) ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Toute construction requérant une alimentation en eau potable doit être raccordée au réseau de distribution d'eau potable.
- Les installations d'assainissement sont réalisées dans le respect des prescriptions établies par les gestionnaires des réseaux d'assainissement territoriaux et départementaux à travers leur règlement de service d'assainissement ;
- Les eaux usées sont évacuées vers le réseau public par l'intermédiaire d'un raccordement reliant la propriété privée au réseau d'assainissement correspondant ;
- Toute construction, aménagement ou installation recueille séparément les eaux pluviales et les eaux usées jusqu'en limite de propriété, conformément à la réglementation en vigueur. Le raccordement au réseau collectif d'assainissement est obligatoire pour toute nouvelle construction ou installation générant des eaux usées ;
- Pour les constructions nouvelles, un local destiné au stockage des ordures ménagères est aménagé au rez-de-chaussée de la construction.

- PADD

Le projet de géothermie doit s'intégrer dans le Projet d'Aménagement et Développement Durables (PADD) du territoire, qui sert de document de référence pour déterminer le choix entre les éventuelles procédures de modifications ou de révisions du document d'urbanisme. Les orientations d'aménagement, bien que facultatives, sont opposables dès lors qu'elles existent aux futures autorisations d'occupation des sols.

Les orientations définies pour garantir une qualité urbaine, environnementale et paysagère à Saint-Denis sont :

- « Développer les espaces verts » afin de protéger la richesse du paysage et la biodiversité, en développant l'agriculture urbaine, en créant des continuités vertes et en limitant la consommation des espaces naturels.
- « Préserver le bien-être des populations » en réduisant les émissions de polluants et de gaz à effet de serre liées aux déplacements, en adaptant les modalités d'aménagement et de construction dans les secteurs les plus touchées par les pollutions sonores et atmosphériques, en créant des poches de tranquillité et en réduisant l'exposition aux risques naturels, technologiques et à la pollution des sols.
- « Améliorer la performance énergétique du territoire » en développant la sobriété des bâtiments et des espaces extérieurs, en incitant à la rénovation énergétique, en produisant localement les énergies renouvelables (telles que la géothermie) ;
- « Adapter le territoire aux premiers effets du changement climatique » par la préservation de la trame verte et des espaces végétalisés, le renforcement de la place de l'eau dans les projets ou encore le redéploiement de la trame bleue autour de la Seine et du Canal Saint-Denis.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

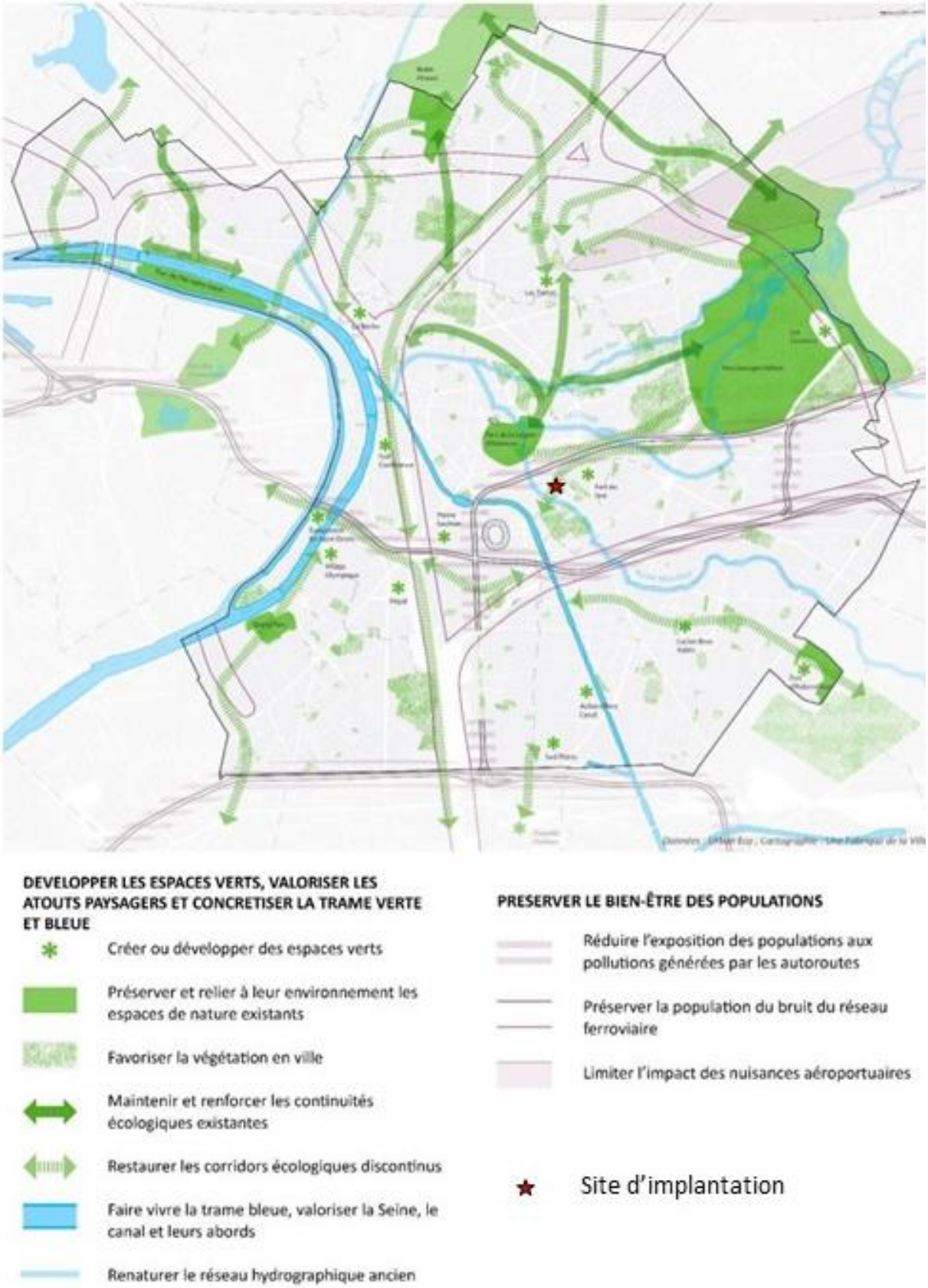


Figure 165 : Carte de synthèse de l'axe du PADD « un territoire écologiquement responsable pour le bien-être de ses habitants » (PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

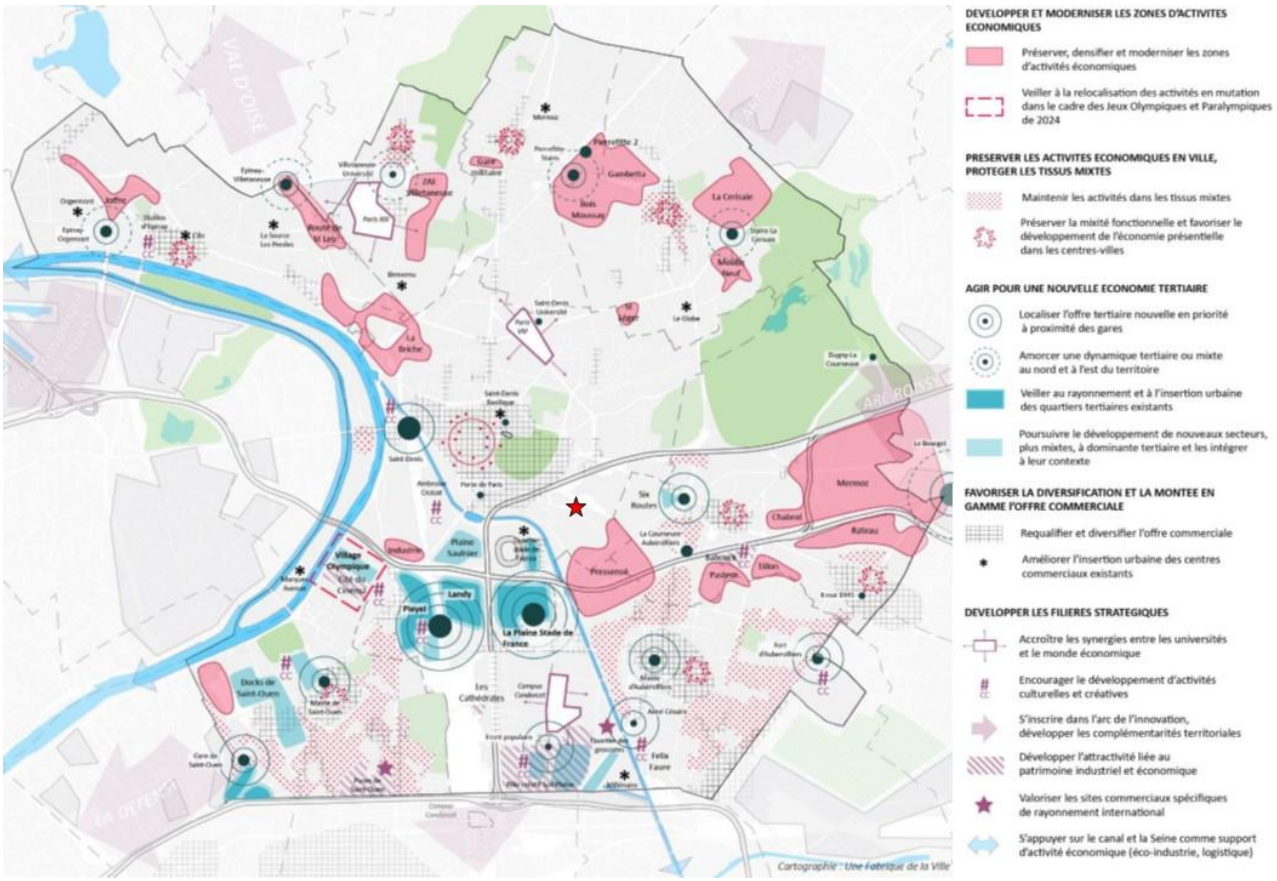


Figure 166 : Carte de synthèse de l'axe du PADD « un territoire de diversité économique, productif et actif » (PLUi)

Le projet de géothermique s'intègre dans l'axe 2 du PADD « Un territoire écologiquement responsable, pour le bien-être de ses habitants ». Celui-ci prévoit, entre autres, de lutter contre le réchauffement climatique, de réduire les consommations énergétiques finales des secteurs tertiaires et résidentiels et de développer l'usage des énergies renouvelables.

Le projet de géothermie s'intègre également dans l'axe 3 du PADD « un territoire de diversité économique, productif et actif », qui prévoit notamment de valoriser et développer les éco-industries, en particulier les filières des énergies renouvelables.

La Géothermie est directement inscrite dans les objectifs du PADD et dans les grands projets identifiés par Plaine Commune, afin d'y développer une stratégie énergétique basée sur les énergies renouvelables et de poursuivre le développement du réseau de chaleur urbain.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- OAP

Le PADD est complété par des Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP). La loi Urbanisme et Habitat du 2 juillet 2003 a rendu les orientations d'aménagement et de programmation opposables aux autorisations de droit des sols. Les opérations de construction ou d'aménagement réalisées dans les secteurs couverts par une OAP devront donc être compatibles avec les orientations définies par cette dernière.

Sur le territoire de Plaine Commune, 35 secteurs sont concernés par des objectifs et orientations à atteindre des OAP. Dans la commune de Saint-Denis, on retrouve les secteurs de Pressensé, La Briche, Grand Centre, la Plaine Saulnier, Pleyel, Porte de la Chapelle et Strasbourg-Saint Rémy.

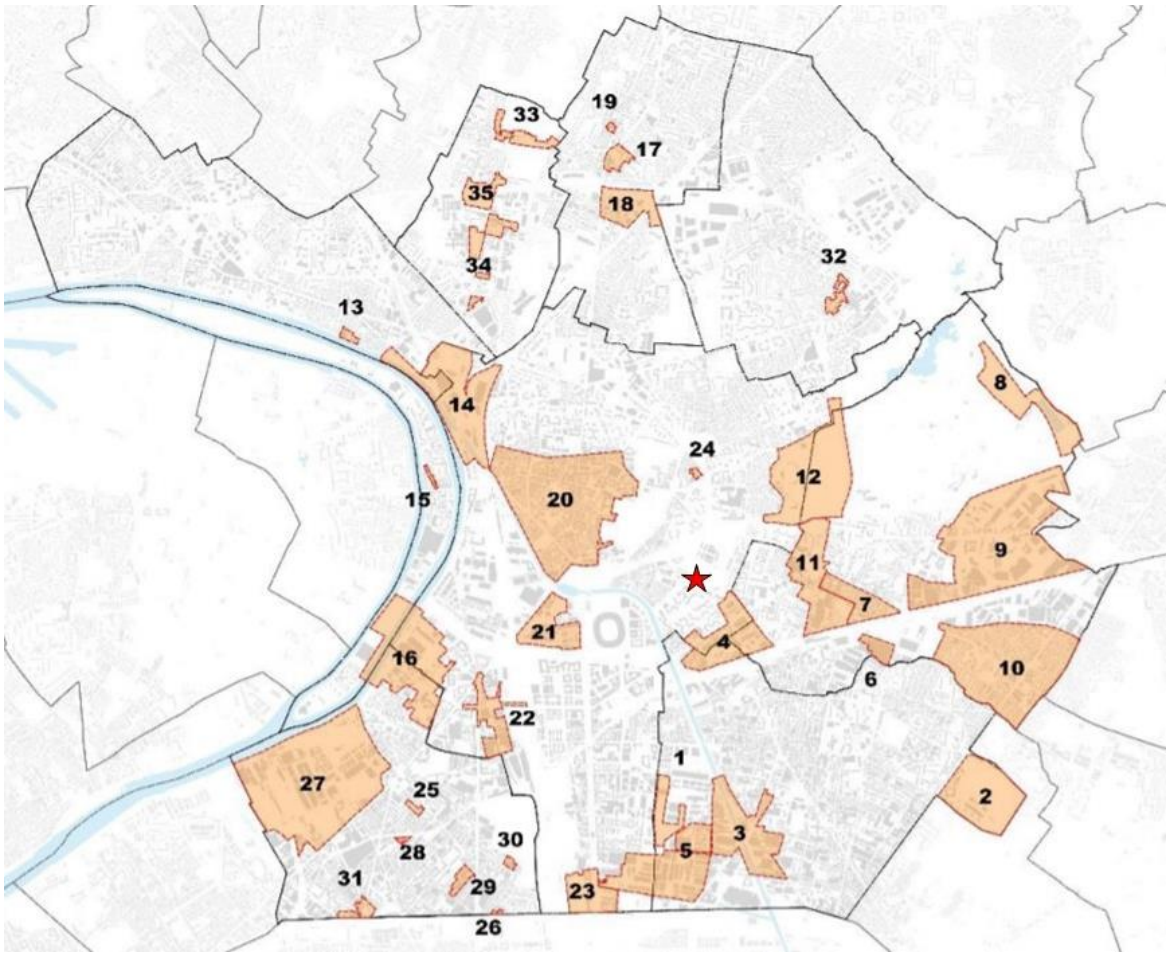


Figure 167 : Secteurs concernés par des OAP (source : OAP du PLUi)

Le site d'étude et ses environs ne sont pas concernés par des OAP avec son plan de dispositions particulières.

Le projet de géothermie s'intègre dans les objectifs du PADD et du CDT Territoire de la Culture et de la Création.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.17.2 *Les périmètres particuliers et droit de préemption*

Le Droit de Préemption Urbain (DPU) et le Droit de Préemption Urbain Renforcé (DPUR) ont été approuvés au Conseil de Territoire du 25 février 2020.

Le droit de préemption urbain renforcé s'applique, conformément aux dispositions de l'article L.211-4 du Code de l'Urbanisme sur plusieurs périmètres. La majorité de la commune est concernée par ce droit de préemption urbain renforcé.

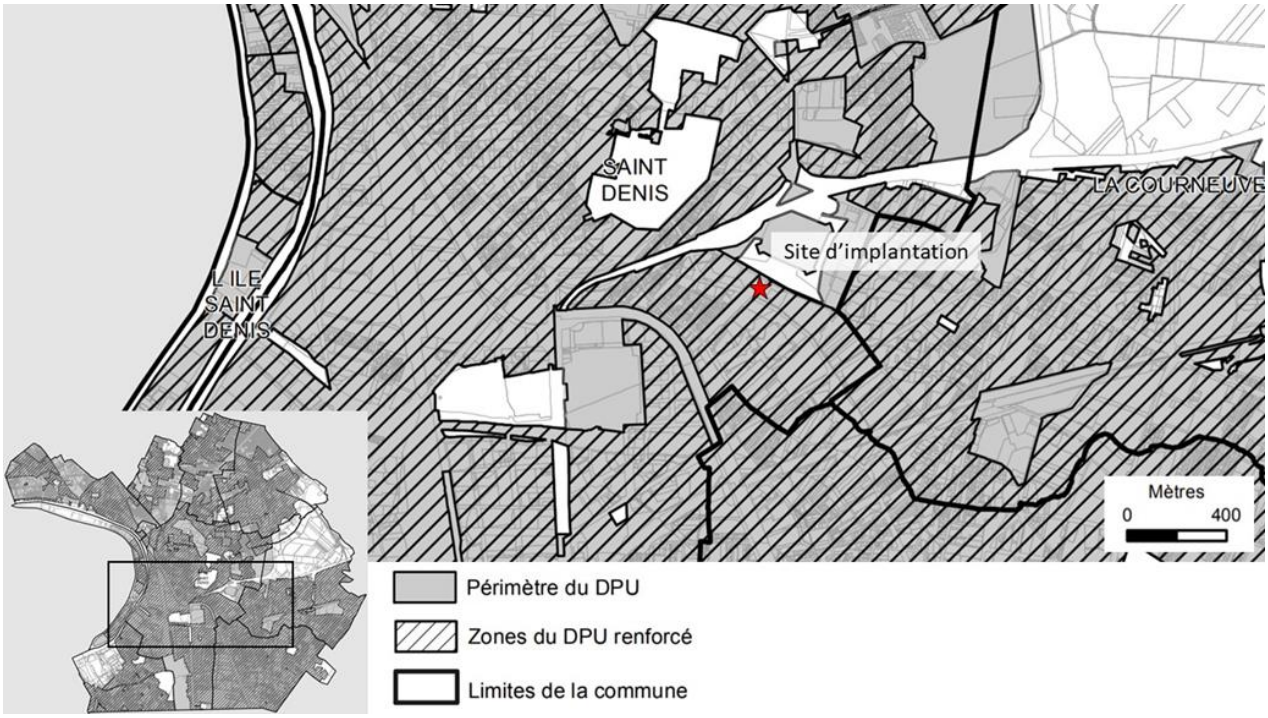


Figure 168 : Droit de Préemption urbain et renforcé sur le territoire (Source : EPT Plaine Commune)

Le secteur d'étude est concerné par le droit de préemption urbain et par le droit de préemption urbain renforcé. Il ne se situe pas non plus sur un périmètre de sauvegarde du commerce et de l'artisanat de proximité (Cf. Figure suivante).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

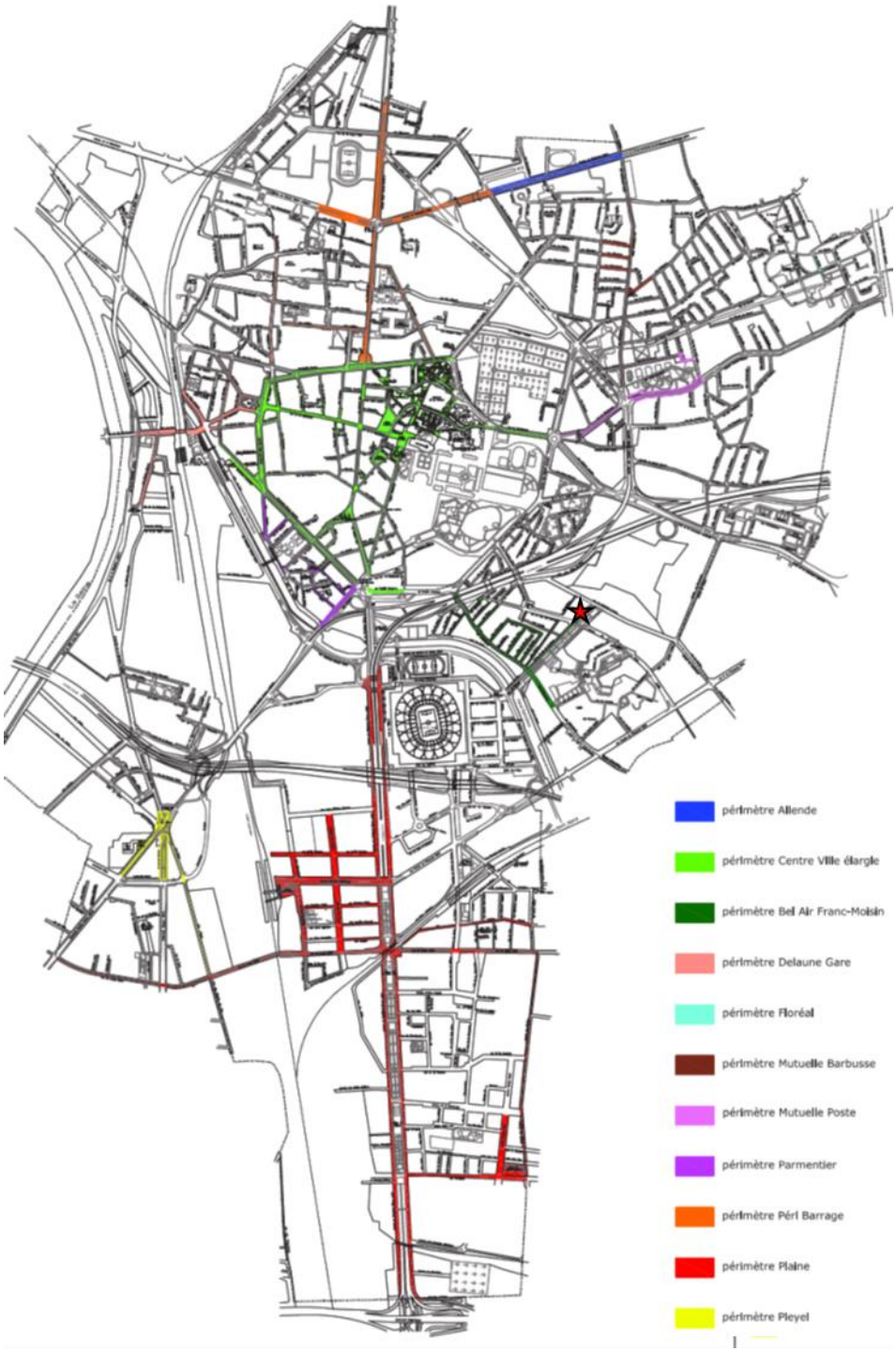


Figure 169 : Périmètres de sauvegarde du commerce et de l'artisanat de proximité sur la commune de Saint-Denis (source : Annexe 5.2 du PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.17.3 *Servitudes*

La liste des Servitudes d'Utilité Publique (SUP) qui affectent l'utilisation des sols est fixée, conformément à l'article L. 126-1 du Code de l'Urbanisme par décret en Conseil d'Etat. Cette liste est donnée par l'article R. 126-1 du Code de l'Urbanisme qui en distingue 4 grandes catégories :

- Les servitudes relatives à la conservation du patrimoine ;
- Les servitudes relatives à l'utilisation de certaines ressources et équipements ;
- Les servitudes relatives à la défense nationale ;
- Les servitudes relatives à la salubrité et à la sécurité publique.

Ces servitudes sont instituées indépendamment du PLU par des actes administratifs spécifiques et deviennent applicables dès lors que leurs procédures d'institution ont été accomplies. Les SUP entrainent des restrictions de l'utilisation des sols, dont les prescriptions et restrictions sont définies dans les textes annexes au plan d'occupation des sols.

Sur la commune de Saint-Denis, les servitudes d'utilité publiques répertoriées sont les suivantes. En gras celles qui sont répertoriées sur le site du projet :

- Protection des monuments historiques ;
- Servitudes de halage et de marchepied ;
- **Servitudes relatives à la maitrise de l'urbanisation autour des canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures, de produits chimiques et de certaines canalisations de distribution de gaz ;**
- Servitudes relatives à l'établissement des canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures et de produits chimiques ;
- **Servitudes relatives à l'établissement des canalisations électriques ;**
- Voisinage de cimetière ;
- Protection des installations sportives ;
- Plan de prévention aux risques naturels ;
- Plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondations fluviales ;
- Servitudes relatives aux transmission radioélectriques, concernant la protection des centres de réception contre les perturbations électromagnétiques ;
- Servitudes relatives aux transmissions radio électriques concernant la protection contre les obstacles des centres d'émission et de la réception exploités par l'État ;
- Servitudes relatives aux Chemins de fer ;
- **Servitudes aéronautiques de dégagement autour des aérodromes civils et militaires.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

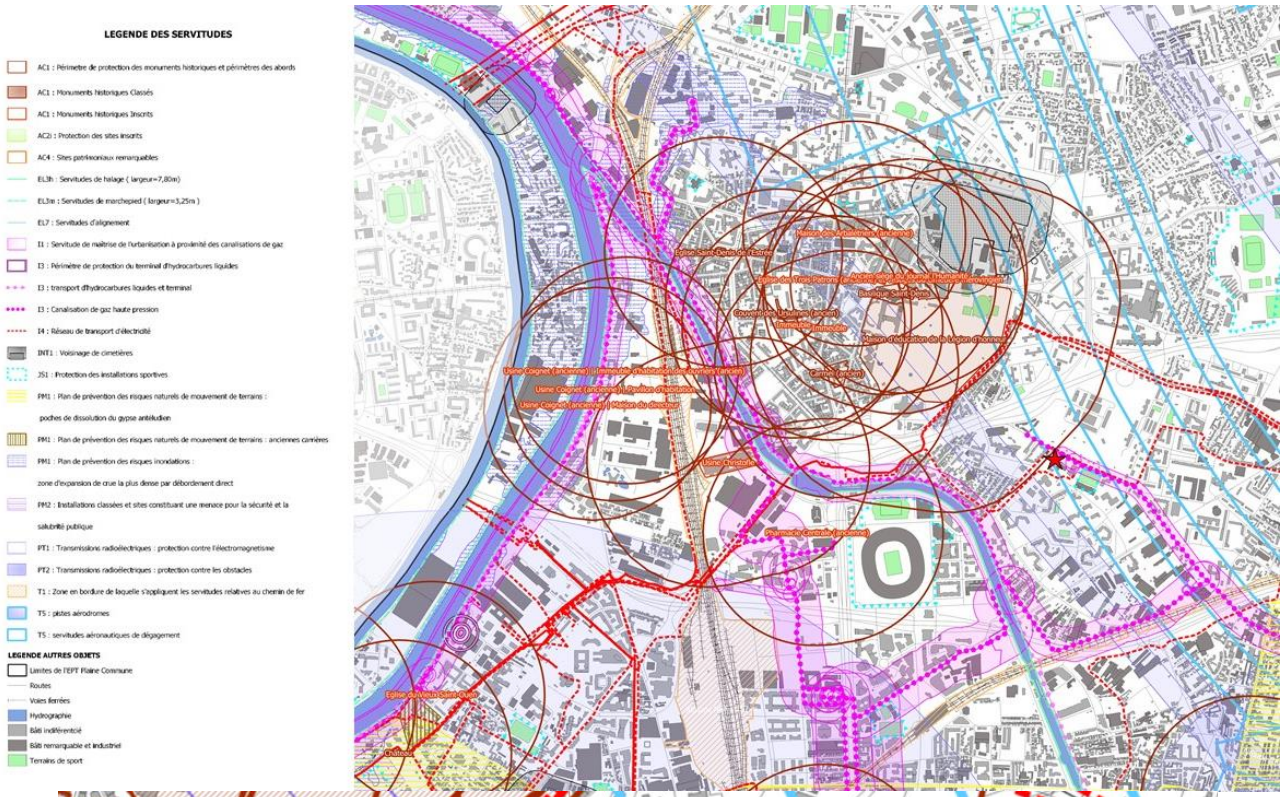


Figure 170 : Plan des servitudes d'utilité publique de la commune de Saint-Denis (PLUi)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.17.4 *Servitudes relatives à la conservation du patrimoine architectural et archéologique*

Le site d'implantation des forages géothermique se situe dans une zone à potentiel archéologique, à proximité de l'ancien Ru de Montfort (Cf. Figure suivante). Les opérations d'aménagement susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique sont soumises aux procédures de l'archéologie préventive.

Sur l'ensemble du territoire communal s'applique la réglementation relative aux découvertes fortuites, susceptibles de présenter un caractère archéologique (Code du patrimoine, livre V, titre III, Section 3, Art. R. 531-8.), à savoir faire la déclaration immédiate au maire de la commune, qui doit la transmettre sans délai au préfet. Celui-ci avise l'autorité administrative compétente en matière d'archéologie.

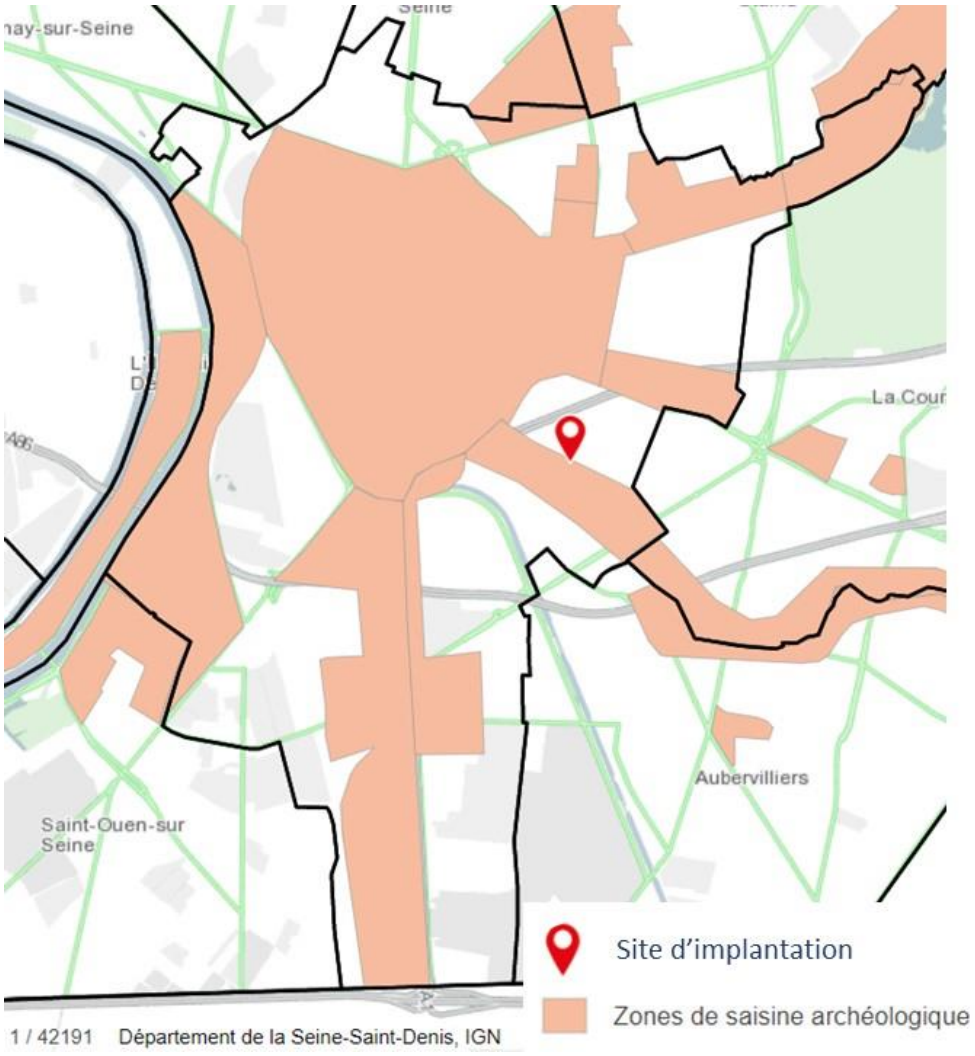


Figure 171 : Zones de saisine archéologique dans la commune de Saint-Denis (Géoportail93)

A proximité du site, un monument historique fait l'objet d'une protection dans un rayon de 500 m (servitude AC1 de la Maison d'éducation de la Légion d'honneur) à l'intérieur duquel toute modification ou construction nécessite un accord de l'Architecte des Bâtiments de France.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation des forages géothermiques se situe à la limite d'une servitude de périmètre de protection des monuments historiques, mais reste en dehors de cette servitude. Le projet n'aura donc aucun impact sur le patrimoine culturel de la commune. Le site d'implantation se situe toutefois dans une zone de saisine systématique du Service Régional de l'Archéologie lors de travaux d'aménagement dans le cadre de la loi du 17 janvier 2001.

4.5.17.5 *Servitudes aéronautiques de dégagement*

Le site d'étude est situé à environ 5 km de l'aérodrome de Paris-Le Bourget et à 15 km de l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle.

La DSAC Nord (Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile) impose des servitudes aéronautiques de dégagement (T5) et de balisage instituées en application des articles L.281-1, R.241-1 et R.243-3 du Code de l'Aviation Civile.

Il existe une servitude de dégagement aéronautique (T5), liée à l'aérodrome de Paris-Le Bourget, à proximité du site. La servitude fait alors état d'une hauteur limite des constructions ou des obstacles de +157 m NGF.

L'altitude du site évaluée à +33 m NGF et la hauteur maximale du mat de forage d'environ 40 m respecteront largement les servitudes de dégagement de l'aérodrome de Paris-Le Bourget.

4.5.17.6 *Réseaux et transport de matières dangereuses*

Le territoire de Saint-Denis est traversé par un flux de Transport de Matières Dangereuses (TMD). Il s'agit en particulier d'un flux de gaz et d'hydrocarbures transitant par des canalisations enterrées. Le risque TMD est consécutif à un accident se produisant lors du transport de ces matières.

Le transport routier est le plus exposé, car les causes d'accidents sont multiples : état du véhicule, faute de conduite du conducteur ou d'un tiers, météo, vitesse excessive, trafic... le risque TMD routier est essentiellement concentré aux abords des axes les plus fréquemment utilisés : A1 et A86. Néanmoins les accidents peuvent se produire pratiquement n'importe où sur la Commune et notamment sur les routes départementales traversant Saint-Denis.

Le réseau de transport de gaz et d'hydrocarbures constitue un risque majeur, notamment des risques d'incendie, d'explosion ou d'émanation de produits toxiques. Ce réseau permet d'acheminer, dans des canalisations enterrées, d'importantes quantités de gaz naturel sur de grandes distances (Cf. Figure suivante).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

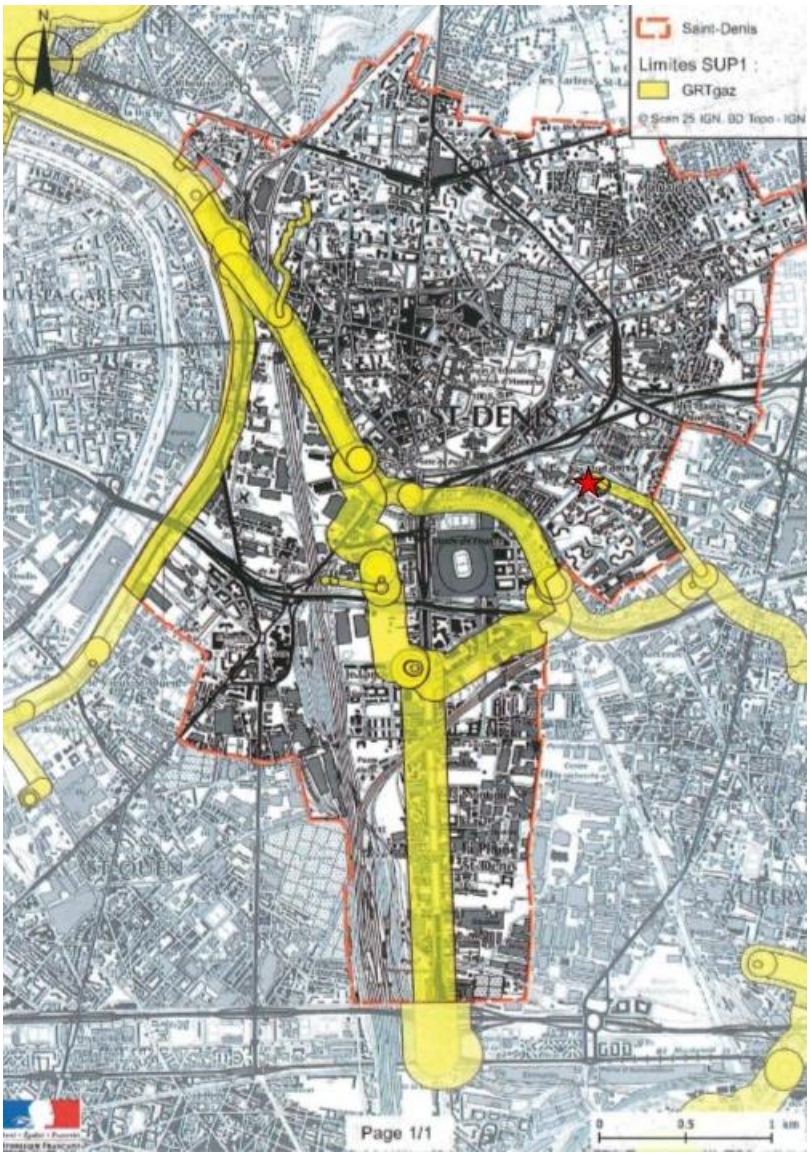


Figure 172 : Canalisations règlementées de transport de matières dangereuses sous pression (source : PLUi)

Le site d'implantation se situe à proximité d'une canalisation de gaz qui longe la rue du Maréchal Lyautey et d'une installation annexe de « Fort de l'Est ». Une partie du site se situe sur l'emprise SUP1 de la canalisation enterrée en Diamètre Nominal (DN) 80 et 150. Cette emprise SUP1 de 10 à 30 m (de part de d'autre de la canalisation) correspond à une zone d'effets létaux du phénomène dangereux de référence majorant (art R555-39 du Code de l'Environnement.

Ainsi, la délivrance d'un permis de construire relatif à un établissement susceptible de recevoir plus de 100 personnes, ou à un immeuble de grande hauteur est subordonnée à la fourniture d'une analyse de comptabilité ayant reçu l'avis favorable du transporteur GRT Gaz, d'après l'article 2 de l'arrêté préfectoral 2016-4266 du 16 décembre 2016. **Le site ne recevra pas plus de 100 personnes ni pendant le chantier de forage ni pendant l'exploitation de la centrale. L'analyse de la compatibilité, prévue à l'article R431-16 du code de l'Urbanisme, sera établie conformément aux dispositions de l'arrêté ministériel du 5 mars 2014 susvisé.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Une demande de DT été réalisée par le SMIREC, auprès de GRT Gaz en avril 2021, indiquant la localisation précise de leurs ouvrages ainsi que leurs préconisations (Cf. Figure 174 et résumé suivant).

Les canalisations de gaz enterrées sont sensibles aux contraintes externes de chargements, de vibrations et de circulations d'engins. Les techniques génératrices de vibrations (ex forage) devront faire l'objet d'une demande au préalable auprès de GRT Gaz afin de déterminer les influences du projet sur leur ouvrages. L'aménagement de la centrale géothermique, dans les SUP de la canalisation (I1 et I3), devra faire l'objet d'une demande spécifique pour analyse. Une étude de compatibilité pourra être demandée au SMIREC et les dispositions compensatoires soumises à accord de GRTgaz.

GRTgaz

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES APPLICABLES A L'EXECUTION DES TRAVAUX DE TIERS A PROXIMITE DES CANALISATIONS DE TRANSPORT DE GAZ NATUREL **(REPONSE GRTgaz à une DT)**

Version du 14 mars 2018

Une canalisation de transport de gaz naturel est un ouvrage sensible pour la sécurité, présentant des enjeux importants en termes de sécurité.
Sauf exception, la présence d'une canalisation de transport de gaz n'est signalée par aucun dispositif avertisseur ou protecteur.
En vertu de l'article R.554-26 du Code de l'Environnement, les informations relatives à sa localisation et aux dispositions de sécurité doivent obligatoirement faire l'objet d'un rendez-vous sur site avec GRTgaz.

En cas d'endommagement de nos installations, contactez immédiatement le numéro d'urgence mentionné sur les bornes ou balises jaunes situées à proximité et indiqué dans notre réponse. Nous vous invitons à consulter à ce sujet le § 8 « Dispositions en cas d'endommagement » du fascicule 2 du Guide d'application de la règlementation technique (règle des 4A).

Notre réponse ne concerne que l'emprise de travaux visible sur le plan que vous nous avez transmis. Veuillez vous assurer que l'intégralité de l'emprise de votre projet (y compris accès, zones de stockage…) **est bien contenue dans ce plan.** En cas de doute ou de découverte sur le terrain d'une signalisation GRTgaz à proximité de vos travaux, veuillez reprendre contact avec nous.

Le plan transmis par GRTgaz en réponse à une DT indique une localisation des ouvrages GRTgaz en précision géographique C.
La précision B (ou A) sera apportée lors du rendez-vous sur site au stade DICT (dont DT-DICT conjointe).
Elle pourra être apportée sur demande complémentaire de votre part, si votre projet le nécessite au stade de la DT.

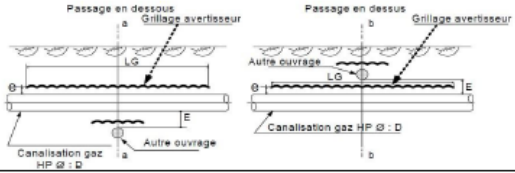
La présente réponse s'inscrit dans le strict cadre de la réglementation anti-endommagement.
Elle ne traite pas de l'éventuelle compatibilité du dossier avec les règles et contraintes d'urbanisme et de présence humaine dans les bandes d'effets des ouvrages de transport de gaz naturel par application du code de l'environnement relatif à la sécurité à proximité des canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures et de produits chimiques.
Pour tout projet d'aménagement dans les bandes d'effets de nos ouvrages, une demande spécifique doit être adressée à GRTgaz pour analyse.

Nous vous informons que nos ouvrages peuvent être protégés par une servitude d'implantation. La convention de servitude au profit de GRTgaz précise notamment l'existence d'une zone non-aedificandi de plusieurs mètres autour de notre ouvrage.
Les modifications de profil du terrain ainsi que la pose de réseaux en parallèle à notre ouvrage y sont interdites et tout fait de nature à nuire à la construction, l'exploitation et la maintenance des ouvrages concernés est proscrit dans cette bande de servitude.

En cas de projet de ligne électrique, nous vous rappelons qu'il appartient au maître d'ouvrage de s'assurer du respect de la réglementation technique, des normes et des règles de l'art en vigueur.
Aussi, vous veillerez au respect de la norme européenne NF EN 50443 concernant les effets des perturbations électromagnétiques causées par les systèmes de traction électrique et/ou les réseaux électriques H.T. en courant alternatif.
Compte-tenu des distances mises en jeu, des perturbations électromagnétiques sont susceptibles d'être d'engendrée sur nos ouvrages : la valeur limite de tension due à l'interférence en régime de défaut ne doit pas dépasser 2000 V (valeur efficace) en tout point du système de canalisation par-rapport à la terre et 650 V au niveau des parties normalement accessibles au toucher.
Le cas échéant, des mesures compensatoires et/ou de réduction des interférences peuvent être examinées conjointement entre le porteur du projet et GRTgaz. Les coûts associés au traitement des interférences seront supportés par la société en charge du nouveau projet. **En outre, tout élément de mise à la terre et paratonnerre doit être positionné à plus de 5 m de nos ouvrages.**

Les principales dispositions à mettre en œuvre lors de travaux à proximité d'un ouvrage de transport de gaz sont décrites dans le Guide d'application de la règlementation - **Fascicule 2 GUIDE TECHNIQUE - disponible sur le guichet unique.**
Nous vous invitons à consulter en particulier le §3.3 OUVRAGES DE TRANSPORT DE GAZ et **la fiche technique N° RX-TMD « INTERVENTION A PROXIMITE D'UNE CANALISATION DE TRANPSORT DE GAZ »**
Pour en savoir plus sur les dispositions anti-endommagement : www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr.

En cas de croisement de votre projet avec notre réseau, il convient de respecter la pose d'un grillage avertisseur et des distances d'éloignement (cf. norme NF P98-332) :



		Valeur minimale (m) à respecter
E	Distance entre génératrices de la canalisation et autre ouvrage ou de sa protection * 0,5 m mini dans le cas de câbles électriques	0,4 *
e	Distance mini entre la génératrice supérieure de la canalisation et le grillage avertisseur	0,3
LG	Longueur du grillage avertisseur	Suivant l'environnement local
Lg	Largeur du grillage avertisseur	D + 0,4

Pour un ouvrage à risque particulier (produit chimique, inflammable ou corrosif, hydrocarbure…), **cet écartement est soumis à analyse spécifique et peut être augmenté.** Il en va de même pour les lignes électriques.

Nos canalisations enterrées sont sensibles aux contraintes externes de chargements, de vibrations et de circulations d'engins.
Une étude de compatibilité pourra être demandée au déclarant et les dispositions compensatoires soumises à accord de GRTgaz.
A ce titre, les zones de stockage, les aires de stationnement et les voies d'accès associées au projet ne doivent pas emprunter la servitude d'implantation de nos ouvrages, sauf accord préalable de GRTgaz.

PROTYS.fr 2117000878.211701RDT02 - ST DENIS 93200 - 2021042600455DE2 2/4

Figure 173 : Réponse et recommandations de GRT Gaz à la demande de DT

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 174 : Plan du réseau de canalisation de gaz à côté du site (source : GRT GAZ)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.17.7 *Réseaux et infrastructures routières et électriques*

- **Le réseau routier**

Le territoire est traversé par la ligne ferroviaire SNCF / RER qui impose des servitudes (T1) (alignements, constructions, excavations, plantation…) relatives aux chemins de fer mais ne concernent pas le site d'implantation du projet.

Le territoire est traversé par les autoroutes A1 et 86, qui constituent avec la voie SNCF des infrastructures classées en catégorie 1 ou 2 et qui engendrent du bruit sur une bande sonore comprise en 250 et 300 m (Cf. paragraphe 4.5.16.

Le site d'implantation est concerné par ces zones de bruit, prescrivant l'isolement acoustique pour toute construction de nouveaux bâtiments recevant du public. Toutefois, les bâtiments de la centrale et de la chaufferie dédiés à l'activité industrielle du site ne sont pas destinés à recevoir des habitations, de l'enseignement, un hébergement touristique, de santé ou d'action sociale.

- **Le réseau électrique**

Le territoire de Plaine Commune est traversé par de nombreuses lignes de transport d'électricité à haute tension, aériennes ou souterraines. Aux abords des lignes électriques aérienne, outre la prise en compte des effets, des recommandations à respecter figurent dans le PLUi (servitude I4). On dénombre 52 servitudes liées aux lignes haute tension dans la commune de Saint-Denis : 42 pour les lignes souterraines et 10 pour les lignes aériennes.

Une demande de DT a été réalisée par le SMIREC, auprès d'ENEDIS et RTE en avril 2021, indiquant la localisation précise de leurs ouvrages ainsi que leurs préconisations (Cf. Figures suivantes).

Le site d'étude n'est pas situé à proximité de lignes aériennes à haute tension mais est concerné par la présence de lignes souterraines à moyenne tension (HTA) en bordure du site.

Pour ENEDIS, les travaux sont considérés à proximité lorsqu'ils sont situés à moins de 1,5 mètre de lignes électriques souterraines, quelle que soit la tension. A titre indicatif, les ouvrages souterrains ont été construits à une profondeur moyenne de 0,50 m sous trottoir ou accotement et de 0,85 m sous chaussée (Le nivellement du sol a pu évoluer dans le temp).

Les prescriptions des articles R 4534-107 à R 4534-130 du code du travail seront respectées et des mesures de sécurité seront mises en œuvre (Cf. paragraphe 5.14).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

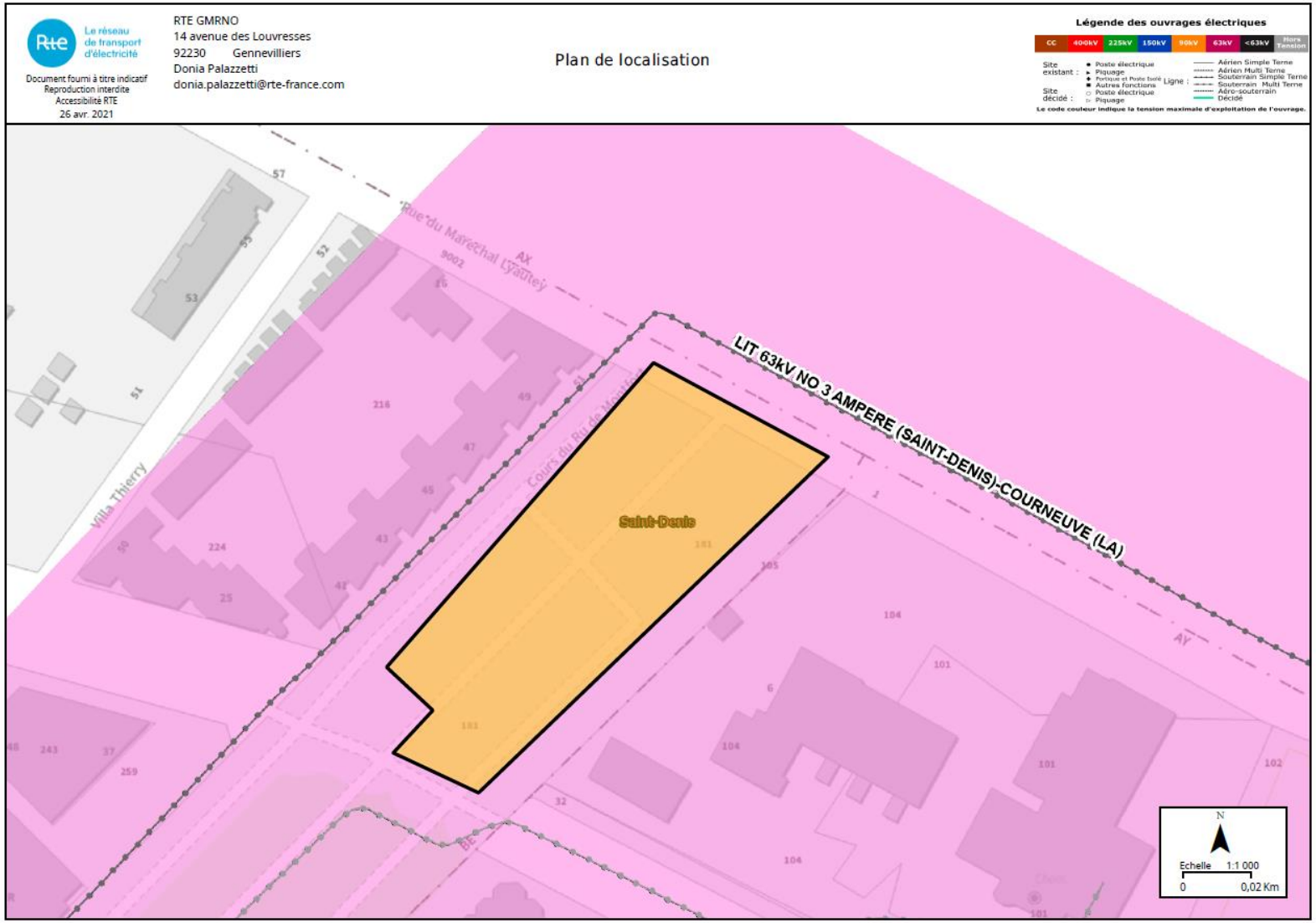


Figure 175 : Plan de situation du réseau électrique RTE à côté du site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

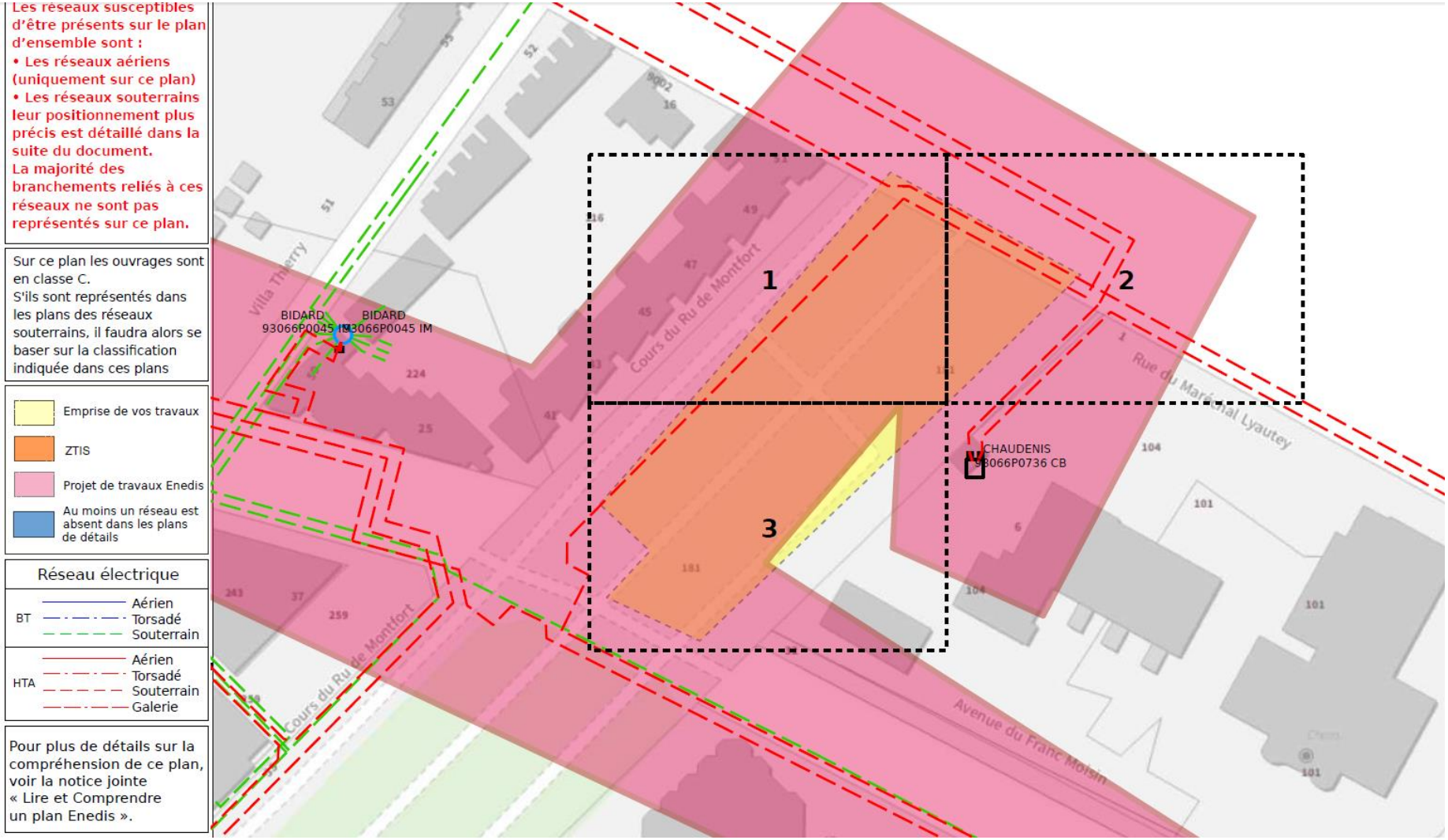


Figure 176 : Plan de situation du réseau électrique ENEDIS à côté du site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

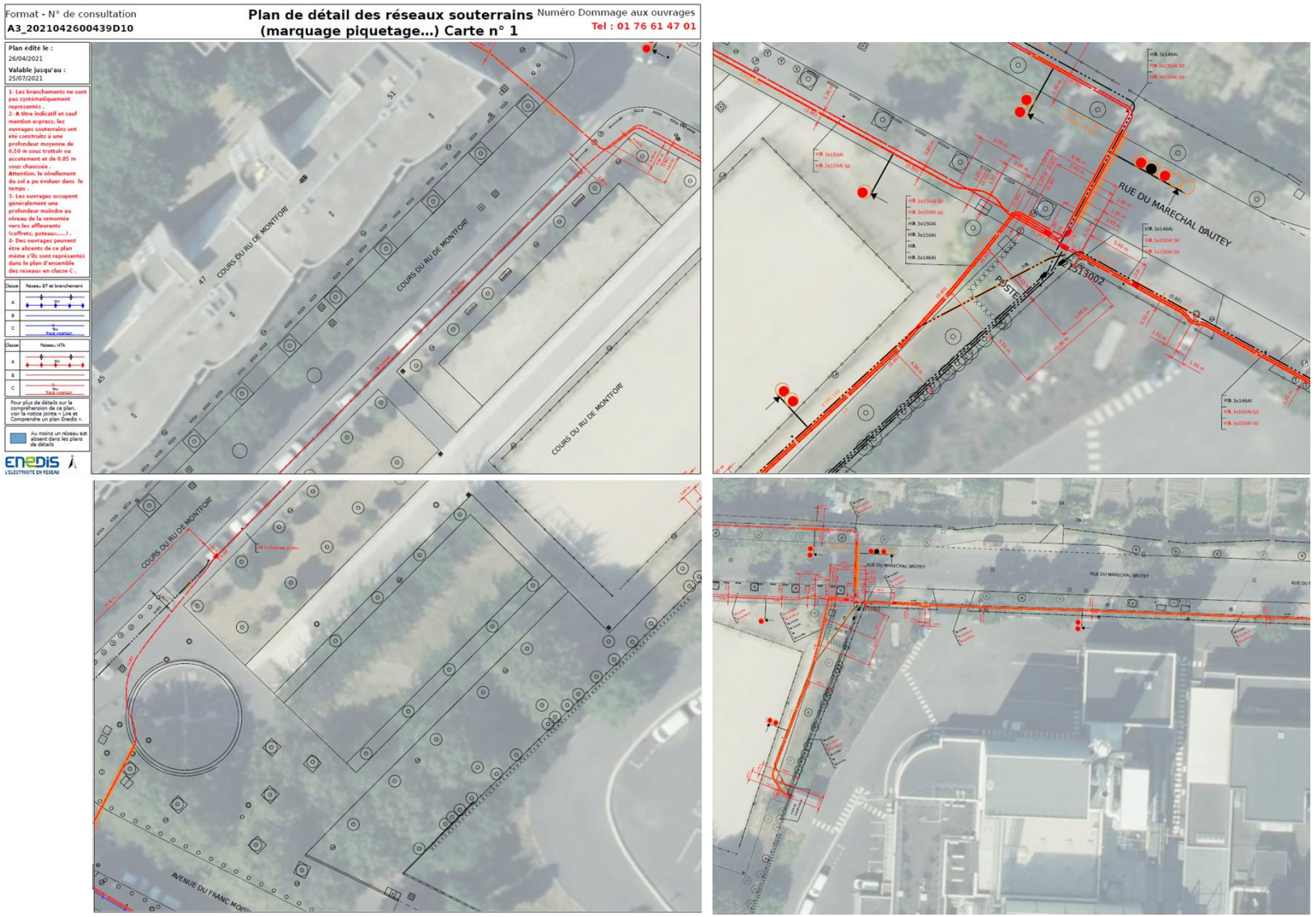


Figure 177 : Détail du réseau électrique souterrain ENEDIS sur le site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- **Le réseau de télécommunication et d'éclairage public**

Le site n'est pas concerné par la présence d'un réseau de télécommunication (canalisations enterrées ou lignes aériennes. Toutefois des lampadaires et un réseau d'éclairage enterré basse tension est présent tout autour du site et entre les voies piétonnes.

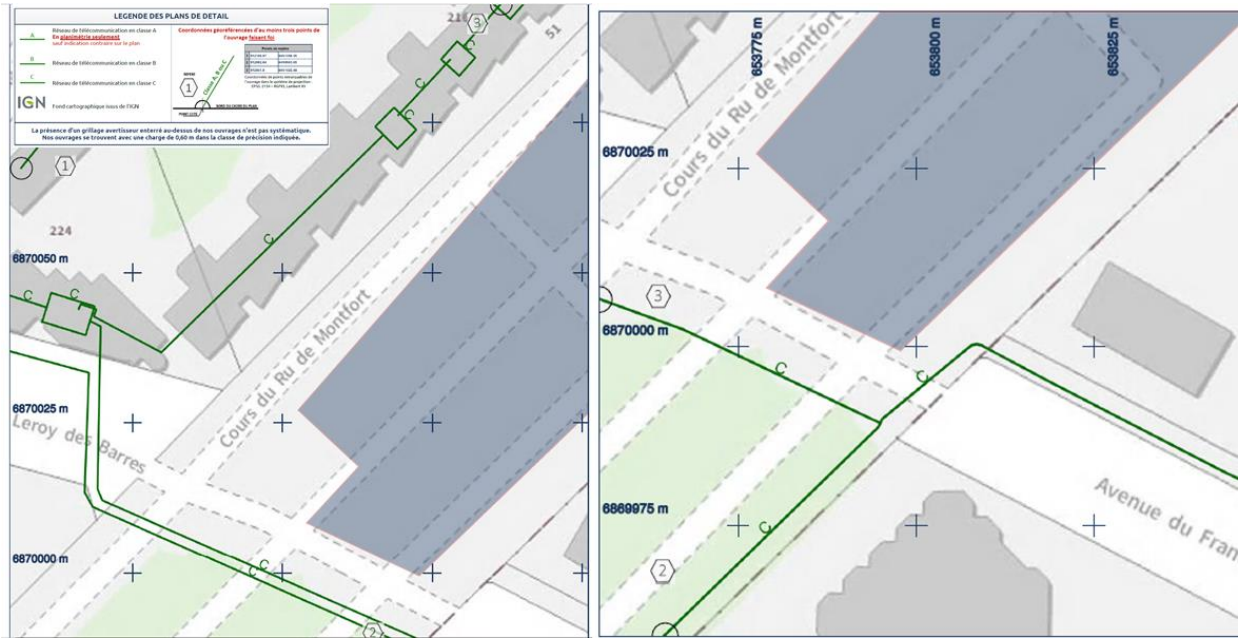


Figure 178 : Plan du réseau de télécommunication à proximité du site (Altice)

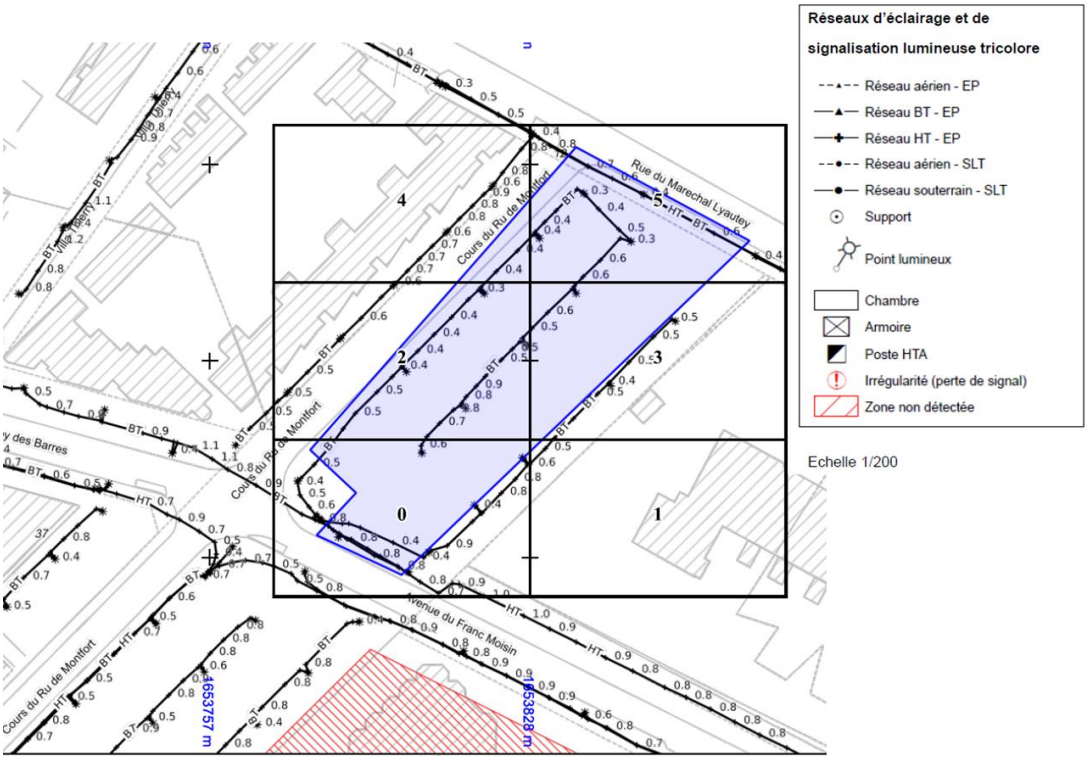


Figure 179 : Réseau d'éclairage et de lampadaire public (Plaine Commune)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.17.8 *Canalisations publiques d'eau et d'assainissement*

L'assainissement couvre la collecte et l'évacuation (le transport et le traitement) des eaux résiduaires (usées ou pluviales) mettant en jeu trois niveaux d'intervenants :

- Le territoire de Plaine Commune, qui assure la collecte des eaux usées et pluviales sur son réseau ;
- Le Département de la Seine-Saint-Denis, qui assure essentiellement le transport et la régulation des eaux usées et pluviales ainsi que leur collecte sur son réseau ;
- Le Syndicat Intercommunal d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP), qui assure le transport des eaux vers ses usines de traitement.

Les effluents collectés par les ouvrages communaux ou intercommunaux sont dirigés vers les ouvrages départementaux puis interdépartementaux. La commune de Saint-Denis est desservie par 105 km de canalisations.

Les ouvrages départementaux d'assainissement sont gérés par la Direction de l'Eau et de l'Assainissement (DEA) du Conseil Départemental de la Seine-Saint-Denis. Ils permettent de stocker l'eau délestée par les collecteurs surchargés lors des fortes pluies.

Le SIAAP transporte les eaux usées et les eaux pluviales jusque dans ses 6 usines. L'eau est ensuite épurée, dépolluée, puis rejetée dans la Seine ou la Marne. Le traitement des eaux usées du territoire de Plaine Commune est effectué dans deux usines d'épuration : l'usine Seine-Aval située à Achères (78) et l'usine Seine-Centre située à Colombes (92).

Sur le territoire de Plaine Commune, l'usine de la Briche (Épinay-sur-Seine) constitue :

- Un centre de prétraitement qui reçoit une grande partie des eaux usées de la Seine-Saint-Denis et du nord de Paris ;
- Un centre de traitement des sables issus de ce prétraitement, ainsi que du curage des réseaux d'assainissement, afin de les recycler dans le bâtiment et les travaux publics, valorisant ainsi chaque année 25 000 tonnes de sables, dont le stockage est interdit en décharge.

L'eau distribuée à Saint-Denis vient principalement de l'usine de traitement de Neuilly-sur-Marne/Noisy-le-Grand, mais aussi de celle de Méry-sur-Oise.

Le site se situe à proximité du réseau d'assainissement de Plaine Commune et d'alimentation en eau potable de Veolia sans que celui-ci ne traverse la parcelle concernée par le chantier. L'avenue Franc-Moisin et la rue du Maréchal Lyautey sont caractérisés par un réseau d'Eaux Unitaires alors que sur le cours du ru de Montfort figure un réseau d'Eau Pluviale (Cf. Figure 180 à Figure 182).

Une canalisation Basse Pression, traverse la parcelle attenante à la centrale, à une profondeur d'enfouissement de 1 à 1,3 m, reliant la chaufferie à l'avenue du Franc-Moisin (Cf Figure 183 et Figure 184) .

Un réseau d'eau pluviale traverse le site sur sa partie sud reliant un bassin enterré dans la partie sud-ouest du site (Cf. Figure 185) ; avec des canalisations de diamètre 400 et 300 drainant celui-ci. Après vérification auprès des services de Plaine Commune, ce bassin n'est pas une structure à proprement dite mais une noue de 52 m^3 qui permet le drainage des eaux de pluie sur son périmètre avant rejet au bassin enterré situé au niveau de la rose des vents.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

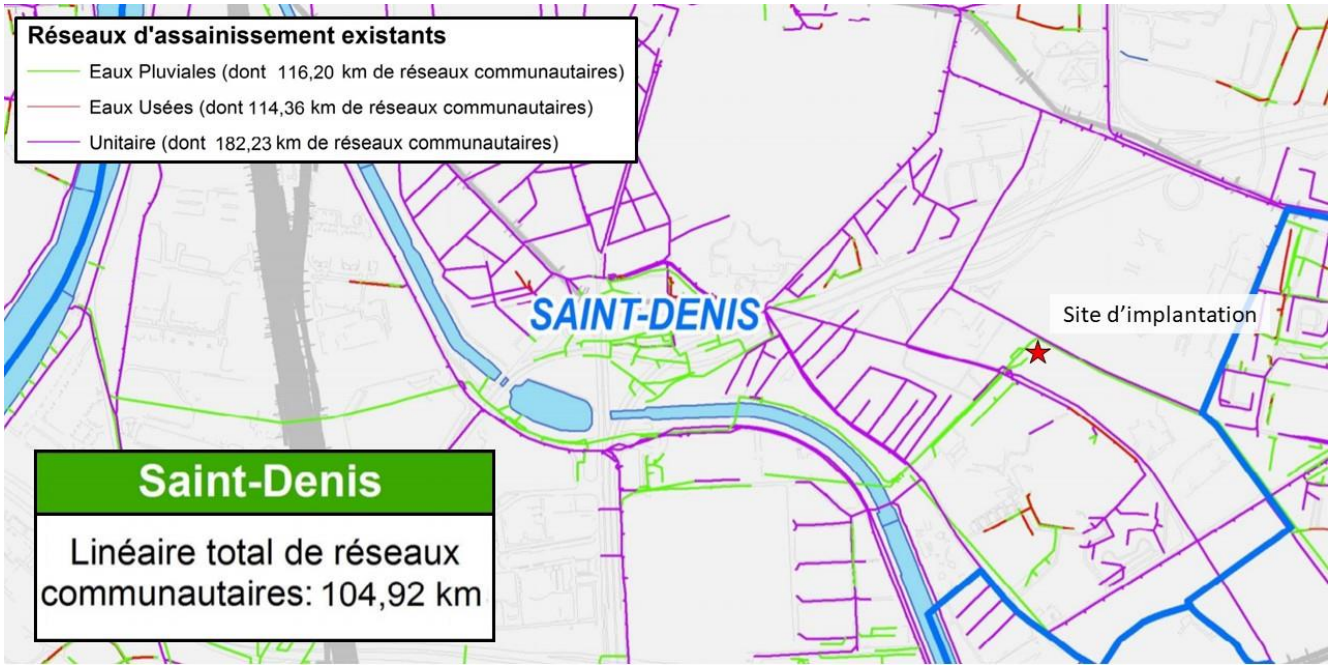


Figure 180 : Schéma des réseaux d'assainissement en 2018 à proximité du secteur d'étude (PLUi)

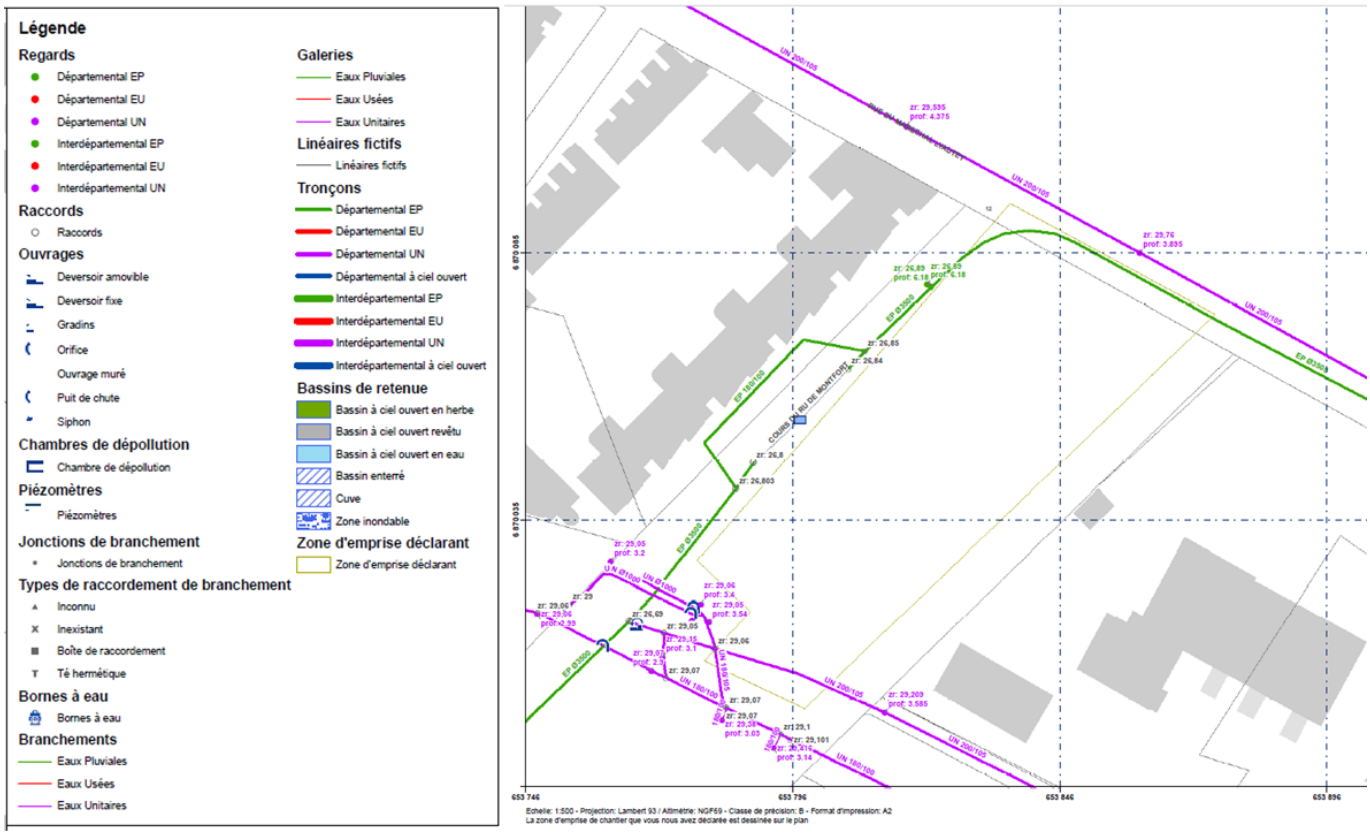


Figure 181 : Réseau d'assainissement près du site (Département 93)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

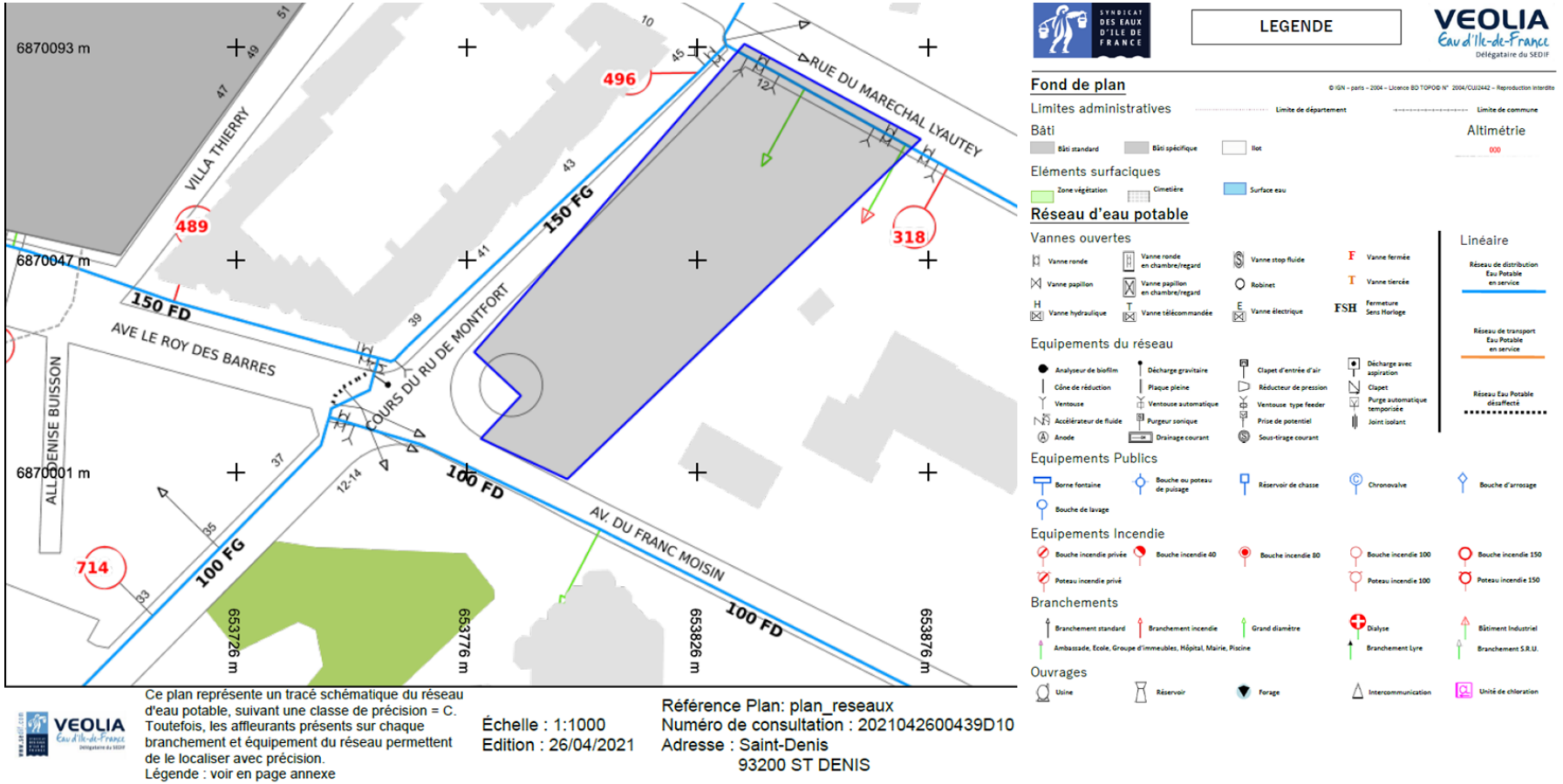


Figure 182 : Plan du réseau d'alimentation en eau potable près du site (Veolia)

Rapport 21 CFG 85 /VA
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.
MD 01 VE_Rapport_Note Technique

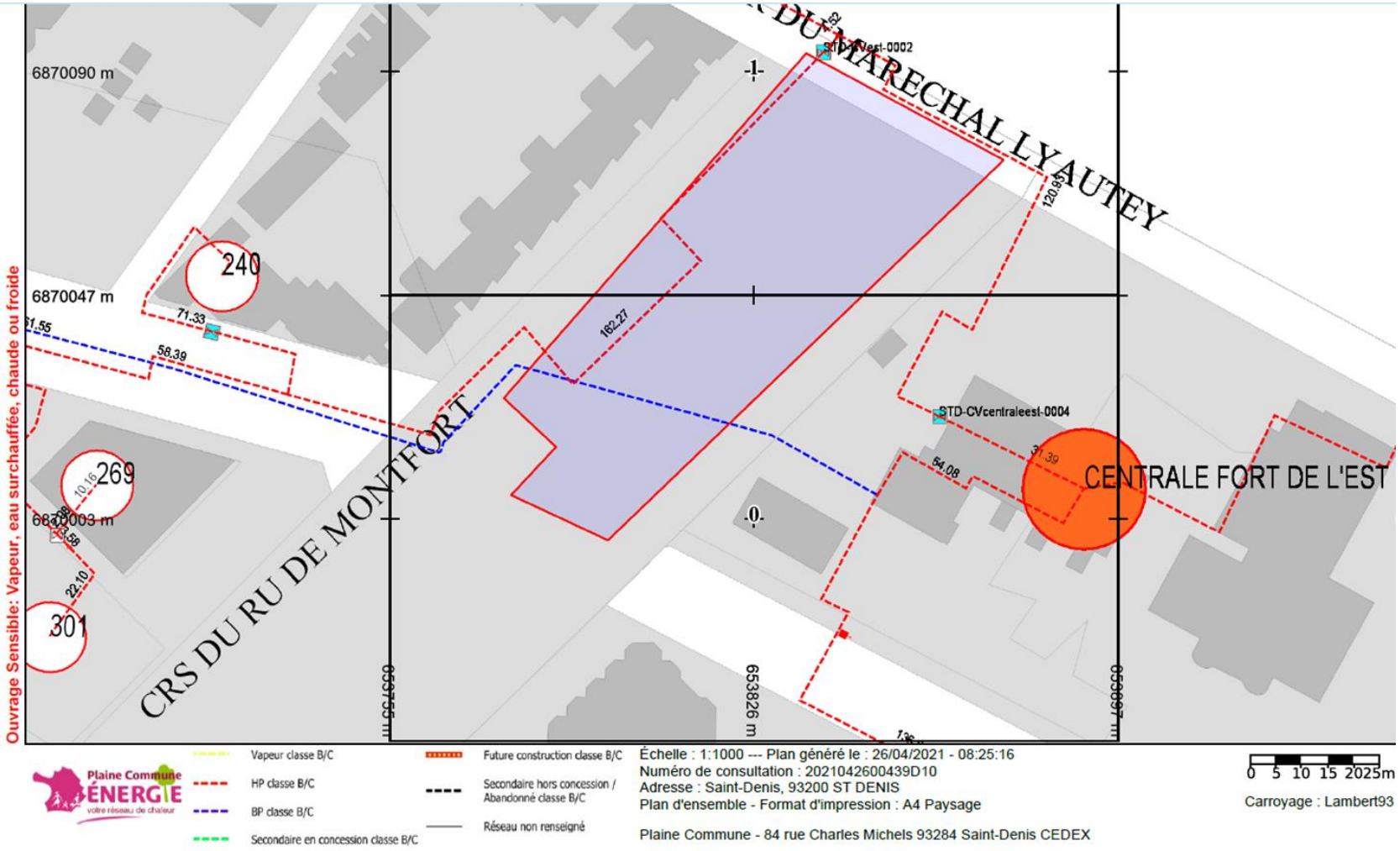


Figure 183 : Plan du réseau d'ouvrage basse et haute pression dit sensible (PCE)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

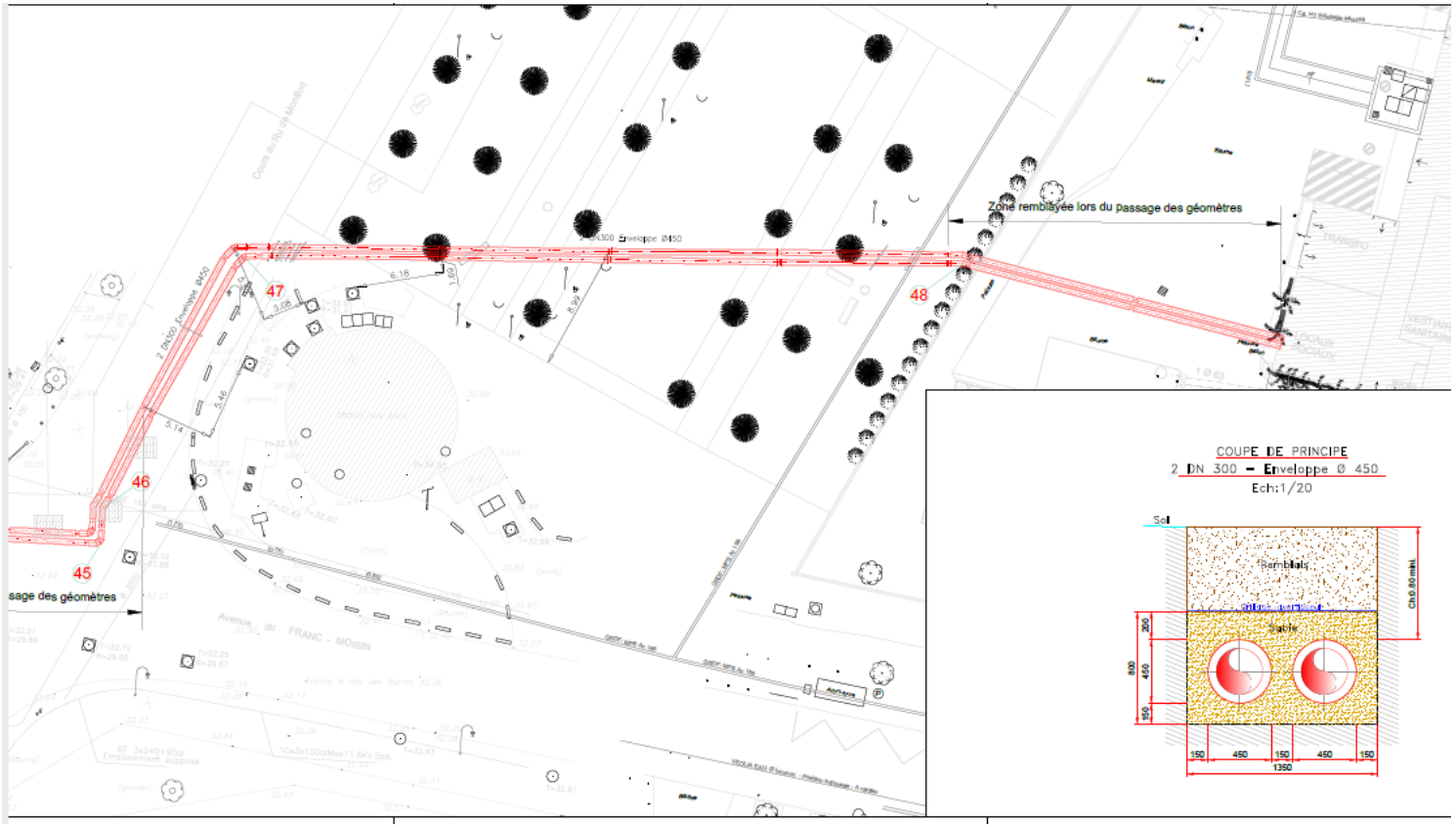
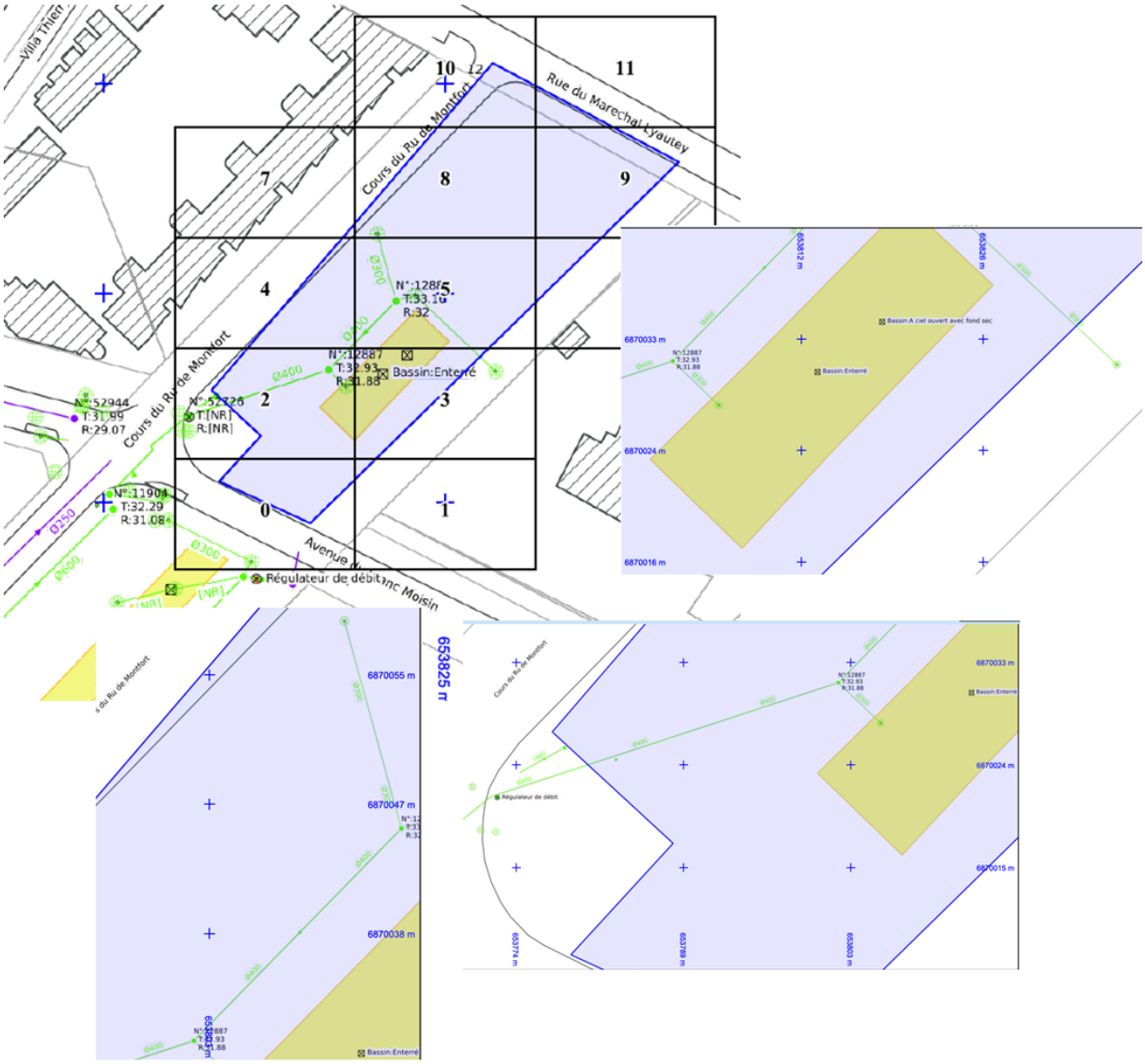


Figure 184 : Détail du réseau d'ouvrage basse pression traversant (PCE)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



Catégories des aménagements			
———	Conduites, drains, liaisons et galeries	Ø300	Diamètre circulaire de la canalisation (en mm)
- - - -	Refoulements	T1600x800	Hauteur et largeur de l'ovoïde (en mm)
≈≈≈	Noues ou fossés		
———	Conduites abandonnés		Bouche d'engouffrement
———	Autres / indéterminées	⊗	Equipement
———	Branchements		Emprise au sol de l'équipement
■	Boîtes de branchements	☒	Ouvrage
●	Regards		Emprise au sol de l'ouvrage

Figure 185 : Réseau d'eau pluviale traversant le site (Plaine Commune)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Avant le début du chantier, les entreprises chargées du terrassement et de la réalisation des forages procéderont à une demande de renseignements complémentaire et à une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) afin de protéger ou de déposer les réseaux présents sur le site selon les préconisations et contraintes de tous les concessionnaires concernés.

4.5.17.9 *Servitudes au titre du Code Minier*

La région Ile De France recélant de ressources en hydrocarbures, des permis miniers, visant des réservoirs à huiles existent au titre de demande d'exploration ou d'exploitation et des demandes de permis miniers sont en cours.

Aucune demande de permis exclusif de recherche et de titres d'exploitation d'hydrocarbures ne concerne la commune de Saint-Denis et ses environs (Cf. Figure 186).

S'agissant du risque minier : la commune n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques miniers (PPRm) ni par l'existence d'un permis de recherche ou d'exploitation d'hydrocarbures.

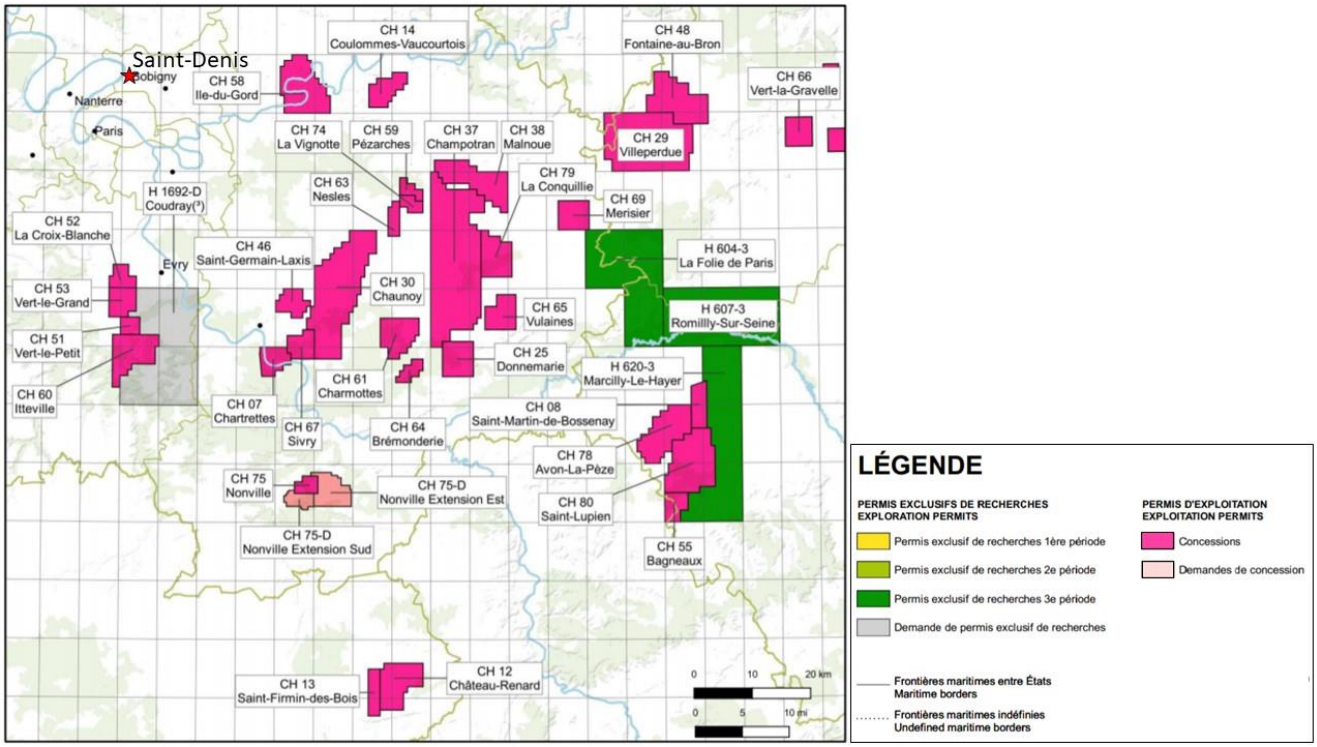


Figure 186 : Permis miniers relatifs aux hydrocarbures liquides et gazeux en Ile de France (situation au 1er Avril 2021, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

4.5.18 Risques industriels et naturels

4.5.18.1 *Risques industriels*

- Sites BASOL

BASOL est la base de données du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) - Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement. Les activités relevant de la législation des installations classées sont énumérées dans une nomenclature qui les soumet à un régime d'autorisation ou de déclaration en fonction de l'importance des risques ou des inconvénients qui peuvent être engendrés.

L'inventaire BASOL recense à Plaine Commune 25 sites pollués. Sur la commune de Saint-Denis, 6 sites sont identifiés :

Site BASOL	Adresse	Code ICPE
Shell	2 rue Ampère	D13 – dépôts de pétrole, produits dérivés ou gaz naturel
CACI	64 bd Anatole France	D3 – Chimie, phytosanitaire, pharmacie
Total solvants	26 rue Francis de Pressensé	D13 – dépôts de pétrole, produits dérivés ou gaz naturel
Direction de la recherche de Gaz de France / ancienne usine à gaz du Landy	315 avenue du Président Wilson	J1 – Cokéfaction, usines à gaz
SPCI	58 rue du Landy	D3 – Chimie, phytosanitaire, pharmacie
Ancienne usine à gaz du Cornillon	350 avenue du Président Wilson	J1 – Cokéfaction, usines à gaz

Tableau 49 : Sites et sols pollués recensés sur la commune de Saint-Denis

Les sites BASOL les plus proche sont localisés entre 900 et 1500 m au sud-ouest du site. Il s'agit du site TOTAL Solvants (SSP000295501) et de l'ancienne usine à gaz du Landy (SSP000798501).

Le site TOTAL Solvants est un ancien dépôt de solvants organiques qui a subi un important incendie en 1968 et un arrêt des activités en 1992. Une surveillance périphérique des hydrocarbures flottants sur la nappe a été mise

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

en place et est réactualisée en permanence depuis 2007. Actuellement, la mise en sécurité du site a été imposée à l'exploitant pour un usage de friche.

L'ancienne usine à gaz du Landy a été en activité de 1889 à 2019. De 1889 à 1997, le site était exploité par l'usine à gaz sur une superficie d'environ 50 ha. Les installations de l'usine ont été démolies à partir de 1977. Le Centre de recherche ENGIE a ensuite exploité le site jusqu'en 2019, avec arrêt des installations. Plusieurs activités du Centre de recherche ENGIE étaient classées au titre de la réglementation ICPE.

Figure 187 : Sites et sols pollués BASOL et anciens sites industriels et activités de service BASIAS sur la commune. (InfoTerre)

Le site d'implantation des forages géothermiques n'est pas référencé dans la base de données BASOL ni dans dans l'emprise d'un site industriel pollué. Le site pollué le plus proche est situé à environ 900 mètres. Compte tenu de son positionnement en aval hydraulique par rapport au site d'étude et situé de l'autre côté de la Seine un impact potentiel sur les sols et les eaux souterraines peut être totalement écarté au droit du site d'étude.

- Sites BASIAS

Le BRGM, à la demande du Ministère de l'Ecologie, a répertorié 2 266 sites industriels ou activités de service sur le territoire de Plaine Commune pouvant être potentiellement générateurs de pollution des sols et des nappes phréatiques. Ce recensement est effectué pour conserver les informations utiles à la planification urbanistique et à la protection de la santé publique et de l'environnement. **Leurs inscriptions dans la base de données BASIAS ne préjugent pas forcement d'une éventuelle pollution.** Plus précisément, sur la commune de Saint-Denis, 802 sites d'activités potentiellement pollués ont été recensés, dont 513 ne sont plus en activité et 204 dont la situation n'est pas connue.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

16 sites BASIAS sont situés dans un rayon de 500 m autour du site d'étude (Cf. Tableau suivant). Les activités observées dans son environnement, potentiellement polluantes, sont les suivantes :

- Les activités d'entretien et de réparation de véhicules classées ou non : garages automobiles au sud-ouest, dont les plus proches sont à environ 400 m du site.
- Les activités industrielles classées ou non, à l'est et au sud du site, dont les plus proches sont à moins de 100 m (chaufferie), qui correspond au site BASIAS de la société de distribution de chaleur ELYO Ile-de-France (IDF9303927) située sur la parcelle voisine du site.

Distance/ site (m)	Direction/site	Identifiant	Coordonnées Lambert II étendu		Etat du site	Raison sociale	Commune	Activités
			X (m)	Y (m)				
92	Sud-Est	IDF9303927	602509	2436671	En activité	ELYO Ile-de-France	SAINT-DENIS	Chaufferie, société de distribution de chaleur
207	Nord-Ouest	IDF9300662	602299	2436882	Activité terminée	INTER AUTO - DESQUIBES	SAINT-DENIS	Traitement et revêtement des métaux (traitement de surface, sablage et métallisation, traitement électrolytique, application de vernis et peintures) ; Garages, ateliers, mécanique et soudure
207	Nord-Ouest	IDF9300663	602299	2436882	Activité terminée	MILLION	SAINT-DENIS	Chaudronnerie, tonnellerie
388	Nord-Ouest	IDF9304121	602192	2437029	Ne sait pas	NATA AUTO	SAINT-DENIS	Traitement et revêtement des métaux (traitement de surface, sablage et métallisation, traitement électrolytique, application de vernis et peintures) ; Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)
395	Ouest	IDF9300632	602071	2436573	Activité terminée	QUENAULT	SAINT-DENIS	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.) ; Garages, ateliers, mécanique et soudure
396	Sud-Ouest	IDF9300550	602119	2436488	Activité terminée	PHARMACIE CANONNE	SAINT-DENIS	Fabrication de produits pharmaceutiques de base et laboratoire de recherche
397	Nord-Ouest	IDF9300617	602116	2436963	Activité terminée	TOLECTRE	SAINT-DENIS	Mécanique industrielle
403	Sud-Ouest	IDF9300541	602101	2436500	Ne sait pas	SODEP - Sté Décoration Etalage Publicité (SARL)	SAINT-DENIS	Fabrication et/ou stockage de colles, gélatines, résines synthétiques, gomme, mastic ; Imprimerie et services annexes (y compris reliure, photogravure,...) ; Fabrication et/ou stockage (sans application) de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants ; Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
419	Nord-Ouest	IDF9303933	602192	2437067	En activité	SIAMA NFAMOUSSA	SAINT-DENIS	Entretien et réparation de véhicules automobiles (ou autres)
446	Sud-Ouest	IDF9300543	602209	2436342	Activité terminée	NITROLAC	SAINT-DENIS	Fabrication et/ou stockage (sans application) de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants
455	Sud-Est	IDF9300540	602819	2436482	Activité terminée	TAC - TRANSPORTS AUTOMOBILES COMMERCIAUX	SAINT-DENIS	Commerce de voitures et de véhicules automobiles légers
460	Sud	IDF9300636	602354	2436273	Activité terminée	NITROLAC	SAINT-DENIS	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
468	Ouest	IDF9300659	601974	2436643	Activité terminée	DECAUDIN EGOT	SAINT-DENIS	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.) ; Garages, ateliers, mécanique et soudure
473	Sud-Ouest	IDF9300635	602066	2436430	Activité terminée	BETON de la MARNE	SAINT-DENIS	Fabrication de ciment, chaux et plâtre (centrale à béton, ...)
475	Nord-Ouest	IDF9304120	602131	2437091	Ne sait pas	GARAGE LAURENT	SAINT-DENIS	Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)

Tableau 50 : Sites BASIAS présents dans un rayon de 500 m autour du site

Le site n'est pas référencé dans la base de données BASIAS mais témoigne de traces de pollution dus à la présence de métaux lourds et d'hydrocarbures (Cf. paragraphe 4.5.13.5).

A noter que le site n'est pas référencé dans la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

Le site n'est pas non plus localisé sur un Secteur d'Informations sur le Sols (SIS). Le SIS le plus proche répertorié (ancienne station-service BP - SSP00033010101) est situé à 2 km au nord-ouest et en latéral hydraulique par rapport au site d'étude.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Sites ICPE

Le territoire de Plaine Commune accueille 55 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ICPE. Sur la commune de Saint-Denis, on dénombre 16 ICPE (Cf. Tableau ci-dessous).

Nom établissement	Commune	Régime	Statut Seveso	État d'activité
AICO FRANCE NOVACOLOR	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
ASSOCIATION 1901 ENVIE PARIS SAINT DENIS	Saint-Denis	Inconnu	Non Seveso	En cessation d'activité
AUBER MÉTAUX	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
CBRE - PERSPECTIVE SEINE	Saint-Denis	Enregistrement	Non Seveso	En fonctionnement
ENGIE CENTRE RECHERCHE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
EQUINIX SCI REAL EASTATE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
INTERXION FRANCE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
INTERXION FRANCE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
PLAINE COMMUNE ÉNERGIE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
PLAINE COMMUNE ÉNERGIE-(SITE FABIEN)	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
SARIA INDUSTRIES SAS	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
SNCF	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
SOCIÉTÉ AUDONIENNE DE RÉCUPÉRATION SARL	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
STADE ÉNERGIES SAS 2	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
STE DYONISIENNE DE SABLAGE ET EMAILLAGE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement
TECHNIC FRANCE	Saint-Denis	Autorisation	Non Seveso	En fonctionnement

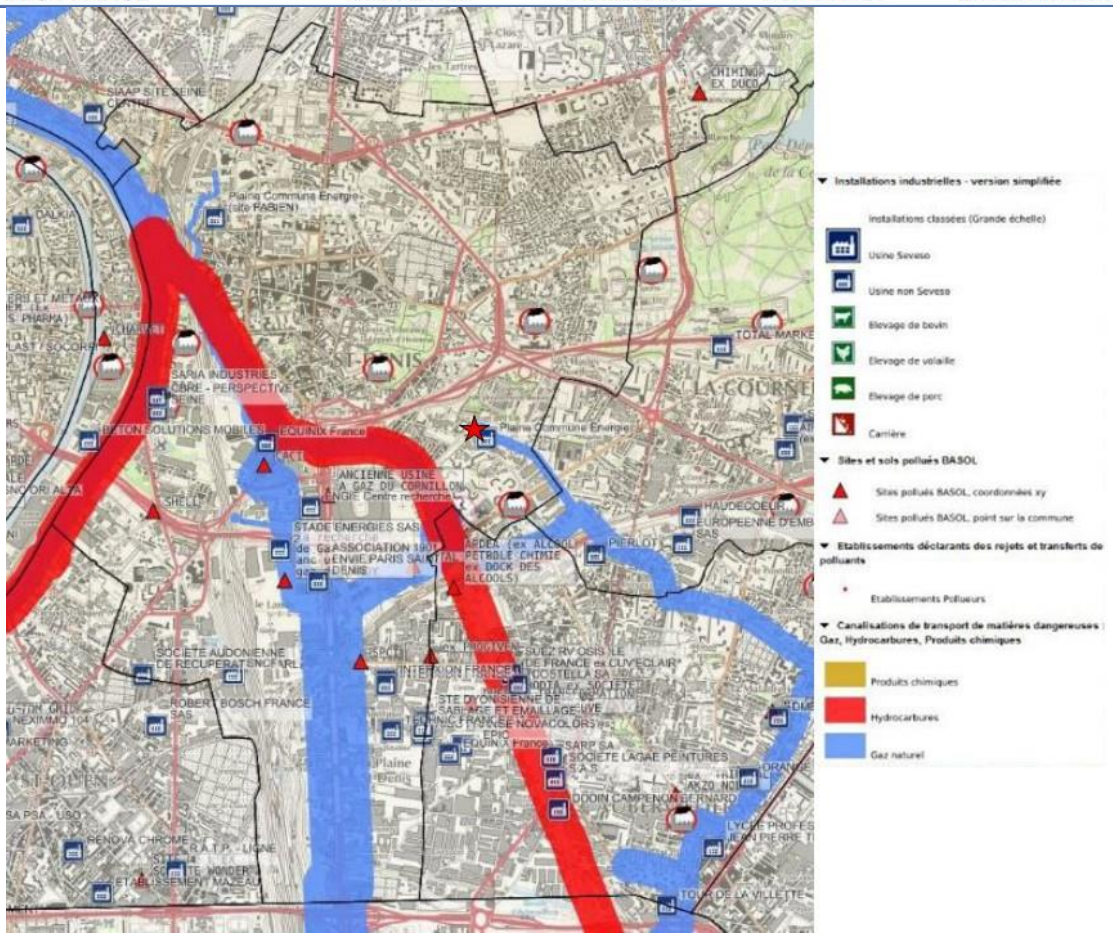


Figure 188 : Liste des ICPE sur le territoire de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation du projet se situe à proximité du site BASIAS classé ICPE de « Plaine Commune Energie » dont certaines de ces installations ont été et sont soumises à Autorisation. Celle-ci est considérée comme une ICPE du fait de son activité de combustion et de réfrigération ou compression. Elle est classée dans les rubriques 1520, 1532, 2910, 2920 et 3110 de la nomenclature des ICPE.

Selon le rapport de présentation de la demande d'autorisation d'exploiter une chaufferie biomasse et gaz, la première chaufferie du Fort de l'Est a été mise en service en 1963. Cette chaufferie a tout d'abord utilisé du fioul lourd comme combustible, puis du charbon, avant d'être remplacée par une turbine à gaz.

Ainsi, par ses installations et activités historiques, la chaufferie présente en bordure est du site d'étude est considérée comme une source potentielle de pollution pouvant avoir un impact direct sur le site d'étude.

La chaufferie effectue des rejets atmosphériques liés à la combustion de gaz et des rejets dans le réseau d'assainissement qui doivent respecter les valeurs limites d'émission conformément à l'arrêté préfectoral n°2016/2291 du 27 juillet 2016 (Cf. Annexe8.6).

- Sites SEVESO

Aucun site SEVESO n'est recensé sur la commune de Saint-Denis. En revanche, deux sites SEVESO existent sur le territoire de Plaine Commune : l'entreprise de collecte et traitement de déchets industriels EPUR-IDF, classée « seuil haut », et la Compagnie des gaz de pétrole PRIMAGAZ, classée « seuil bas ».

Le site d'implantation se situe à environ 2.6 km de la Compagnie des gaz de pétrole PRIMAGAZ et à environ 3.4 km d'EPUR-IDF.

Le site d'implantation n'est pas concerné par les périmètres de protection des sites SEVESO de l'entreprise de déchets industriels EPUR-IDF et de la Compagnie des gaz de pétrole PRIMAGAZ.

- Installations et centrales nucléaires

Une installation industrielle mettant en jeu des substances radioactives de fortes activités est réglementée au titre des « Installations Nucléaires de Base » (INB) et est alors placée sous le contrôle de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

La carte suivante représente les implantations des INB présentes autour de Saint-Denis. L'installation (INB n°166) la plus proche (à plus de 10 km) correspond au site du CEA de Fontenay-aux-Roses, comprenant des laboratoires de recherche et de chimie. Toutefois le site a fait l'objet d'un décret en juin 2006 visant à mettre à l'arrêt définitivement et à démanteler l'installation.

Le risque nucléaire n'impose donc pas de prescriptions particulières sur la commune de Saint-Denis.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

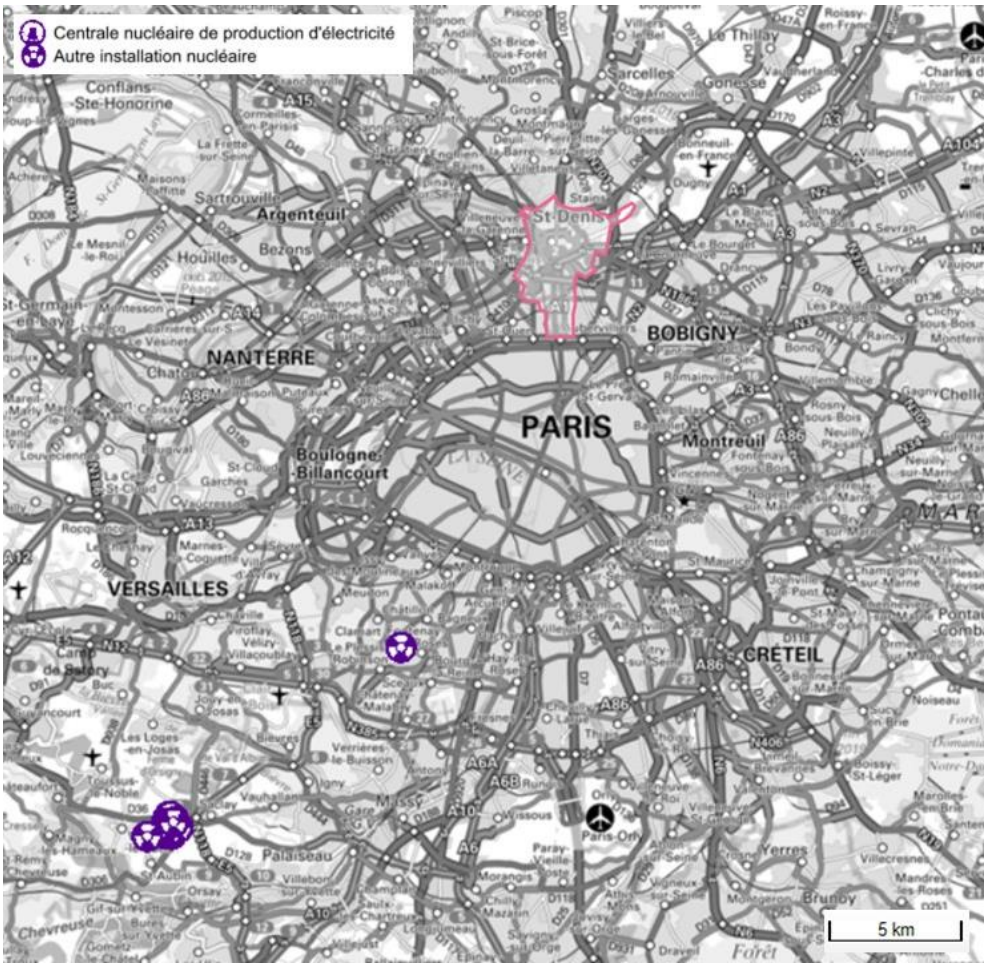


Figure 189 : Installations Nucléaires dans le secteur d'étude (georisques.gouv.fr)

4.5.18.2 *Risques naturels*

Les risques naturels identifiés à Plaine Commune sont de deux types :

- Le risque d'origine météorologique : inondations, coulées de boues par ruissellement en secteur urbain...
- Le risque d'origine géologique : mouvements et effondrements de terrain liés aux anciennes carrières, dissolution des gypses …

Le document départemental des risques majeurs (DDRM) expose les risques naturels auxquels les communes sont exposées. Il découle du droit à l'information des populations sur les risques majeurs, inscrit dans le code de l'environnement (article R125-11). Ce document, mis-à-jour en 2008 en Seine-Saint-Denis, est le document de référence pour les risques majeurs. Il indique que :

- La commune est concernée par le **Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation (PPRI) de la vallée de la Seine** dans le département de la Seine-Saint-Denis, dont la révision a été approuvée par arrêté préfectoral du 21 juin 2007.
- Un plan de prévention des risques retrait-gonflement des argiles a été prescrit sur tout le département en juillet 2001.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Un **Plan de Prévention des Risques de Mouvements de Terrain** (**PPRMT)** traite de l'ensemble des risques de mouvements de terrain, à savoir, les risques de dissolution du gypse, l'effondrement d'anciennes carrières et le retrait-gonflement des sols argileux.
- La commune de Saint-Denis n'est pas soumise au risque lié à la présence d'anciennes carrières et ne fait donc pas l'objet d'un PPR « Carrières ».
- Le département présente un risque industriel du fait de la présence de 8 sites industriels à risques, ou sensibles dans le département (dont 3 établissements sont soumis aux dispositions de la Directive SEVESO II).
- La commune de Saint-Denis est soumise au risque « transport de matières dangereuses », par la route, par rail, par voie d'eau, ou par canalisations.
- La commune de Saint-Denis n'est pas concernée par le risque « engins de guerre ».

La commune présente un risque faible à l'exposition au radon d'après le BRGM. L'ensemble du département est classé en catégorie 1, soit localisé sur des formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles.

- Risque sismique

La France métropolitaine possède des aquifères profonds dans ses bassins sédimentaires et fossés d'effondrement. Ils se situent essentiellement dans le sous-sol des bassins parisien et aquitain, des fossés rhénan et rhodanien, de la Limagne (Massif Central) et du Hainaut (région de Valenciennes et Maubeuge dans le département du Nord) (Cf. Figure 190). Le Bassin parisien, au sens géologique du terme, s'étend sous l'Ile-de-France et les régions limitrophes. On distingue les réservoirs géothermiques captant des aquifères sédimentaires des réservoirs géothermiques siégeant dans les réseaux de failles des bassins d'effondrement (le cas de l'Alsace notamment).

La région parisienne apparait comme une zone stable (bassin sédimentaire intracratonique faiblement tectonisé) sans sismique historique rapportée. Selon le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique, la totalité de la région Ile-de-France est classée en zone 1 (Cf. Figure suivante), qui correspond à la catégorie du risque le plus faible (risque négligeable de séismes pouvant occasionner des dommages sévères).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

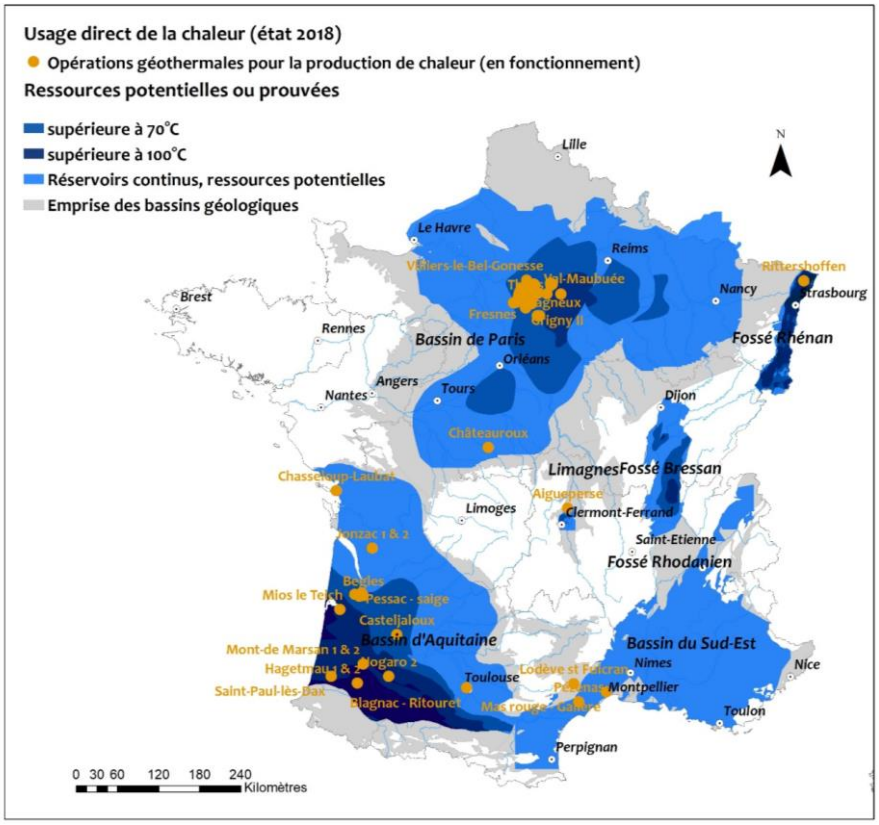


Figure 190 : Ressources en aquifères profonds en métropole et opérations (BRGM)

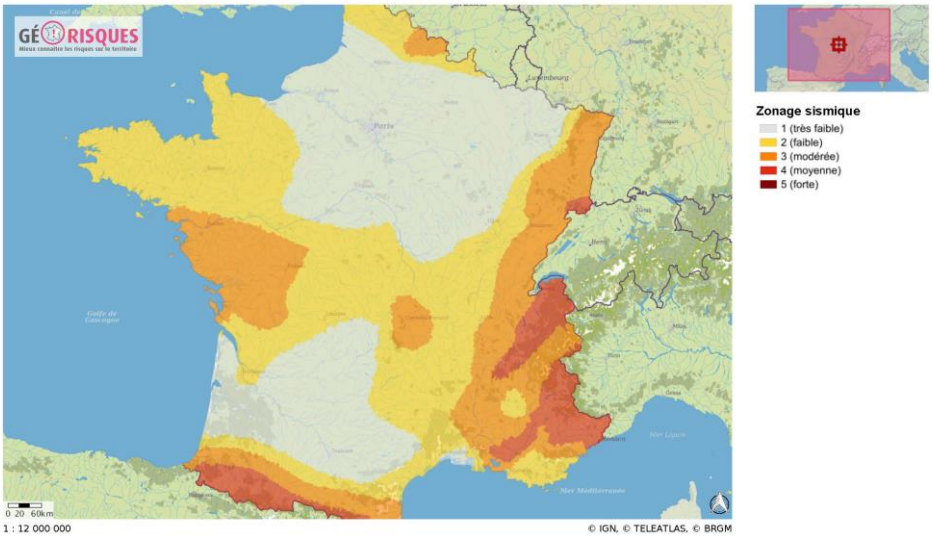


Figure 191 : Carte du risque sismique en France (géorisques.gouv.fr)

Le projet alsacien de Vendenheim fait partie des projets dits EGS captant ces réseaux de failles profondes. La technologie EGS (Enhanced/Engineering Geothermal System ou géothermie "améliorée") permet de rendre exploitable l'énergie de réservoirs initialement peu développés en améliorant leur potentiel de production par

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

injection de fluide sous pression. Cette technologie a connu d'importantes avancées, au cours notamment d'un programme de recherche européen conduit entre 1987 et 2010 sur le site pilote de Soultz-Sous-Forêts (Bas-Rhin), dans le fossé rhénan. À Rittershoffen (Bas-Rhin), la centrale géothermique (projet ECOGI) est la première application industrielle de cette technologie EGS depuis 2013. La seconde devait être la centrale de Vendenheim dont le projet fut arrêté en décembre dernier en raison de phénomène de sismicité induite trop importante.

En Référence aux incidents sismiques survenus dans le département du Bas Rhin (commune de Vendenheim) début décembre 2020, ayant conduit, par arrêté, la préfète du département à prononcer l'arrêt des opérations de forage, de stimulation hydraulique et de test qui avaient été autorisées pour la société Fonroche géothermie.

Le projet de Saint-Denis cible un réservoir géothermique de type aquifère sédimentaire, dans un contexte géologique très différent et non-comparable de celui du Fossé Rhénan. La technique envisagée à Saint-Denis est relativement proche de celle des forages d'eau potable, la capacité de production de la nappe est suffisamment développée naturellement sans qu'il soit nécessaire de l'améliorer artificiellement. Elle diffère cependant par sa profondeur, ce qui induit des moyens matériels important pour sa mobilisation. Le projet de Saint-Denis consiste donc à exploiter le potentiel thermique de couches géologiques homogènes et stables mécaniquement. S'appuyant sur une expérience au Dogger éprouvée pendant plus de 50 ans, ce type d'intervention n'a jamais fait apparaitre le moindre risque de micro-sismicité, tant lors de la réalisation que de l'exploitation. On rappellera également qu'aucune stimulation hydraulique n'est prévu pour ce type de géothermie.

La localisation du site de travaux n'impose pas de prescriptions particulières sur la commune de Saint-Denis au regard des risques sismiques. Le projet n'est pas concerné par le risque de sismicité induite (Cf. Communication AFPG en Annexe 8.10).

- Risque météorologique

Deux tempêtes ont frappé la région parisienne durant ces quinze dernières années :

- La tempête de décembre 1999, où la vitesse du vent a atteint 148 km/h à la station du Bourget,
- La tempête de décembre 2006, où la vitesse du vent a atteint 119 km/h à la station du Bourget.

La commune et le site d'implantation sont concernés par le risque de tempête ou vents violents.

- Risques d'inondation

La globalité du territoire communal étant définie comme zone inondable. La commune de Saint-Denis est située en Territoire à Risque important d'Inondation (TRI). Elle est également concernée par un Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi) et un Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI).

La Base de Données Historiques sur les Inondations (BDHI) recense et décrit les phénomènes de submersions dommageables d'origine fluviale, marine, lacustre et autres, survenus sur le territoire français au cours des siècles passés et jusqu'à aujourd'hui ; Saint-Denis a recensé 3 évènements remarquables (voir Tableau ci-dessous).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Date de l'évènement (Date début / Date Fin)	Type d'inondation	Approximation du nombre de victimes	Approximation dommages matériels(€)	Pour plus de détail
07/04/1983 - 12/04/1983	Crue nivale,Crue pluviale (temps montée indéterminé),rupture d'ouvrage de défense,Ruissellement rural,Nappe affleurante,Barrage	de 1 à 9 morts ou disparus	inconnu	Voir BDHI
09/01/1955 - 30/01/1955	Crue pluviale lente (temps montée tm > 6 heures),Nappe affleurante	de 1 à 9 morts ou disparus	30M-300M	Voir BDHI
31/12/1909 - 27/01/1910	Crue nivale,Crue pluviale lente (temps montée tm > 6 heures),Ruissellement rural,Nappe affleurante,Mer/Marée,rupture d'ouvrage de défense	de 10 à 99 morts ou disparus	300M-3G	Voir BDHI

Tableau 51 : Informations historiques des inondations (georisques.gouv.fr)

Le dossier départemental des risques majeurs de la Seine-Saint-Denis défini le risque d'inondation présent sur la commune de Saint-Denis qui est concernée par :

1) Le risque d'inondations par débordement des cours d'eau

Les risques d'inondation par débordement de cours d'eau sont pris en compte par la planification urbaine, à travers l'application du Plan de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI) de la vallée de la Seine.

Le risque inondation ou Territoires à Risques d'Inondations (TRI du 27/11/2012) par débordement de la Seine concerne une partie de la commune et représente les zones pouvant être inondées (Cf. Figure ci-dessous).

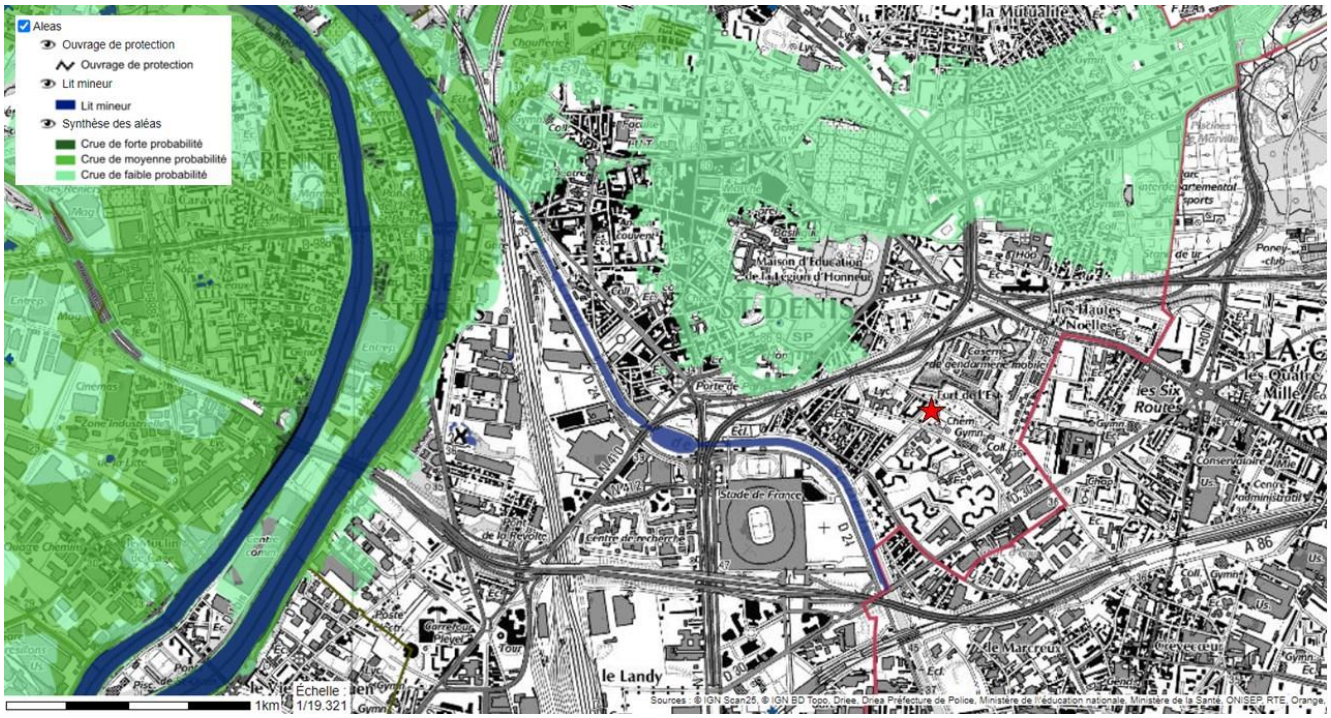


Figure 192 : Risque d'inondations par débordement de la Seine (source : TRI DIREE IDF)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La commune de Saint-Denis est en partie inondable. Le site n'est en revanche pas sur une zone concernée par un aléa inondation par débordement de la Seine. Le site d'implantation ne se situe pas dans une emprise TRI ni dans une zone réglementée du PPRi de la Seine. La probabilité d'une crue sur le site est très faible.

Le PPRI de la vallée de la Seine a été révisé et approuvé le 21 juin 2007. Il vaut servitude d'utilité publique et est composé d'une carte des aléas, d'une carte des enjeux de territoire et de population, d'une carte réglementaire et d'un règlement précisant les modalités d'occuper et d'utiliser le sol (Cf. Figures suivantes).

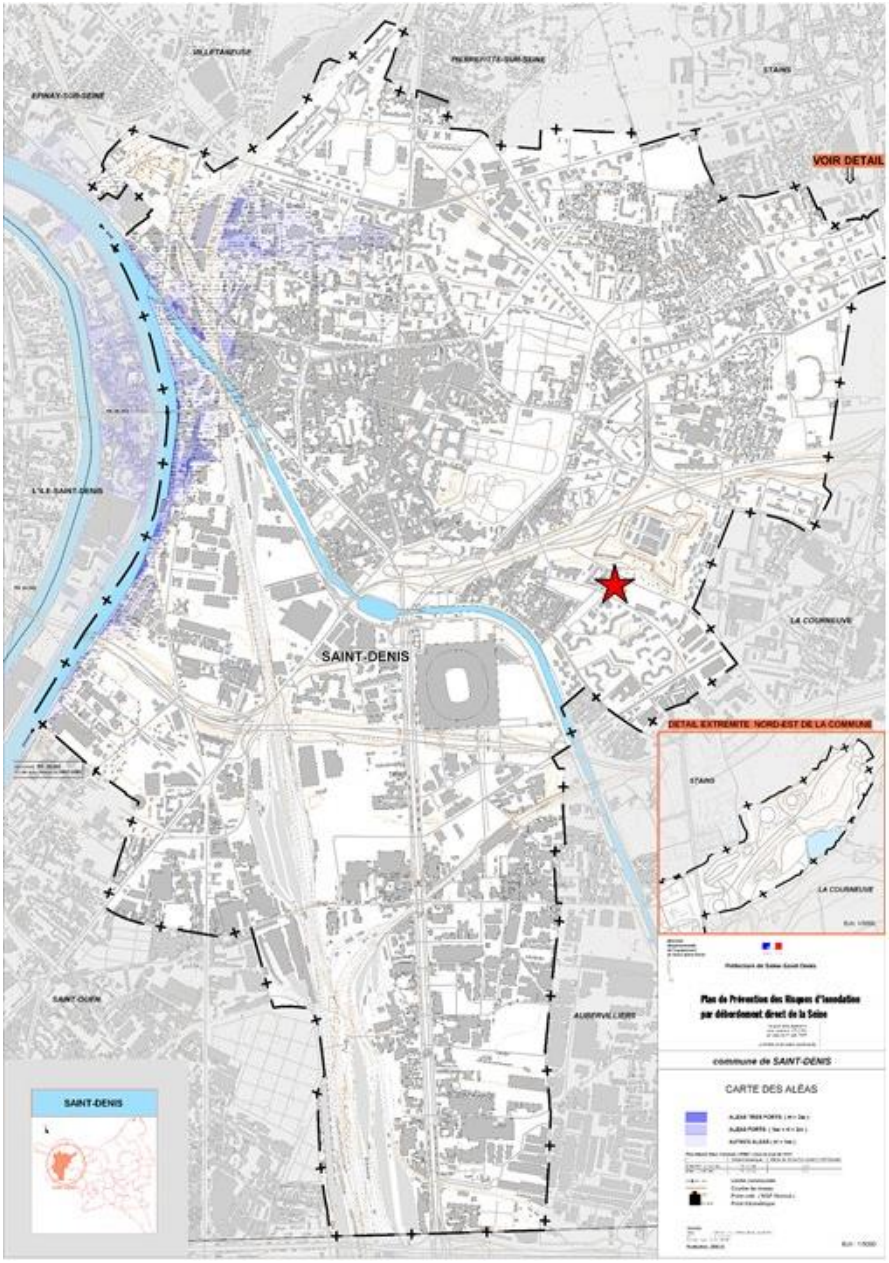


Figure 193 : Risques inondations de la commune (PPRI de la Seine)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

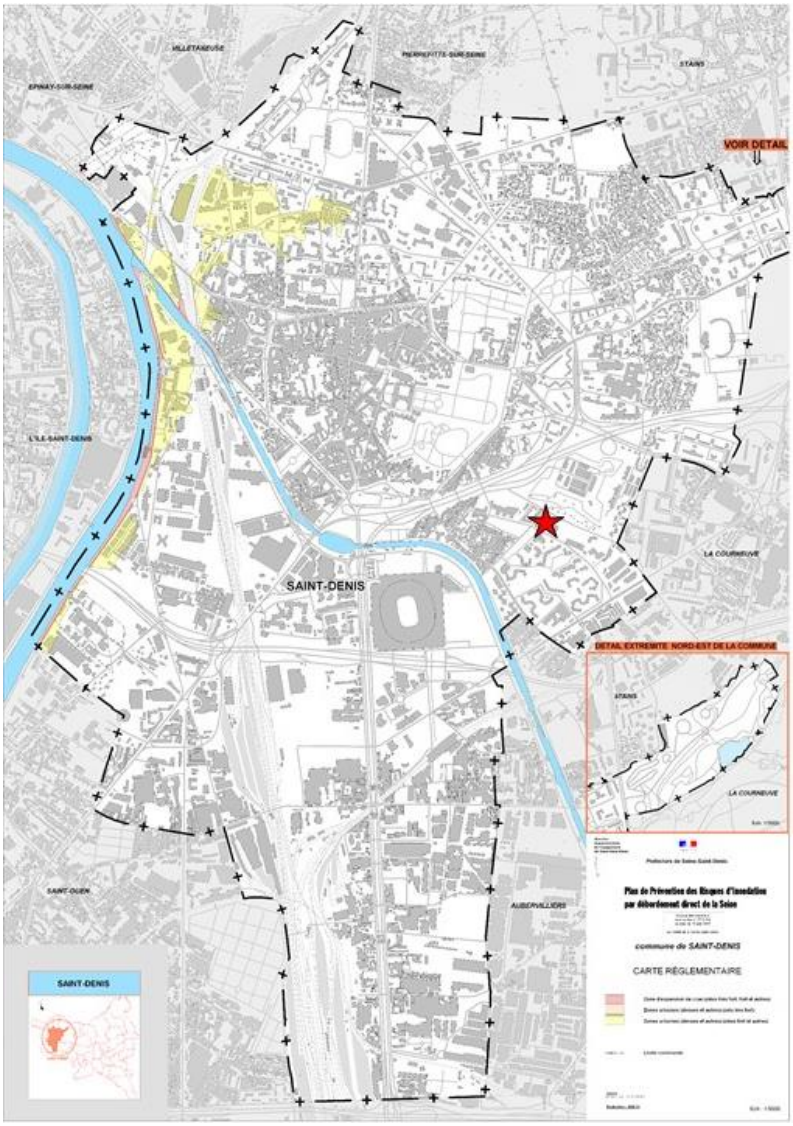


Figure 194 : Zonage réglementaire des zones inondables de la commune (PPRI de la Seine)

2) Le risque d'inondation par ruissellement pluvial.

Les inondations par ruissellement se produisent lors de pluies exceptionnelles, d'orages violents, quand la capacité d'infiltration ou d'évacuation des sols ou des réseaux de drainage est insuffisante. Ce défaut d'absorption a pour origine deux causes principales, qui peuvent d'ailleurs se combiner :

- Dans le premier cas, l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol ;
- Dans le second cas, le ruissellement est dit « par saturation » : la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe.

Les dommages occasionnés par ce phénomène sont liés soit à l'inondation elle-même, soit à la décrue de la nappe qui la suit. Les dégâts le plus souvent causés par ces remontées sont les suivants :

- Inondations de sous-sols, de garages semi-enterrés ou de caves.
- Fissuration d'immeubles.
- Remontées de cuves enterrées ou semi-enterrées et de piscines.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Dommages aux réseaux routiers et aux de chemins de fer.
- Remontées de canalisations enterrées qui contiennent ordinairement une partie importante de vides : par exemple les canalisations d'égouts, d'eaux usées, de drainage.
- Désordres aux ouvrages de génie civil après l'inondation.
- Pollutions.

Le territoire de Plaine Commune est sous-tendu par plusieurs aquifères :

- La nappe alluviale de la Seine ;
- La nappe de l'Eocène supérieur (nappe des Sables de Monceau et du Calcaire de Saint-Ouen et nappe des Sables de Beauchamp) ;
- Les nappes de l'Eocène moyen et inférieur (nappe des Calcaires lutéciens et nappe des Sables yprésiens).

Le site d'implantation se situe sur la formation du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp (nappe de l'Eocène supérieur).

Rappelons que les nappes phréatiques sont alimentées par la pluie, dont une partie s'infiltre dans le sol et rejoint la nappe.

Après avoir traversé les terrains contenant à la fois de l'eau et de l'air (qui constituent la zone non saturée), elle atteint la nappe où les vides de roche ne contiennent plus que de l'eau, et qui constitue la « zone saturée ». On dit que « la pluie recharge la nappe ». C'est durant la période hivernale que la recharge survient, car les précipitations sont les plus importantes. A l'inverse, durant l'été, la recharge est plus faible ou nulle. Ainsi, on observe que le niveau des nappes s'élève rapidement en automne et en hiver, jusqu'au milieu du printemps. Il décroît ensuite en été, pour atteindre son minimum au début de l'automne.

Si, dans ce contexte, des éléments pluvieux exceptionnels surviennent, au niveau d'étiage inhabituellement élevé se superposent les conséquences d'une recharge exceptionnelle. Le niveau de la nappe peut alors atteindre la surface du sol. La zone non saturée est alors totalement envahie par l'eau, lors de la montée du niveau de la nappe, c'est : l'inondation par remontée de nappe.

Les inondations par ruissellement urbain ou péri-urbain peuvent se produire en dehors des cours d'eau proprement dits. Le réseau d'assainissement départemental est de type unitaire au sud de Plaine Commune. Lors d'évènements pluvieux exceptionnels, ce réseau est mis en charge. Cette saturation peut entrainer des débordements du réseau. Les anciennes zones marécageuses et les zones des anciens rus sont les plus touchées.

Des cartes de vigilance crues sont élaborées deux fois par jour (à 10 h et 16 h) et peuvent être consultée soit à l'échelle nationale, soit à l'échelle locale du périmètre. Elles représentent le degré de vigilance qu'il convient d'adopter compte-tenu de la situation hydrométéorologique.

D'après le BRGM, la majeure partie du territoire de Plaine Commune présente une sensibilité « forte » à « très élevée » à l'aléa remontée de nappe.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

D'après le site d'information du SIGES et du BRGM sur les remontées de nappes, débordements, ruissellements, inondations, crues, toute la commune de Saint-Denis est sujette aux débordements de nappe. La carte suivante montre les zones inondées par remontée de nappe en cas de fortes précipitations.

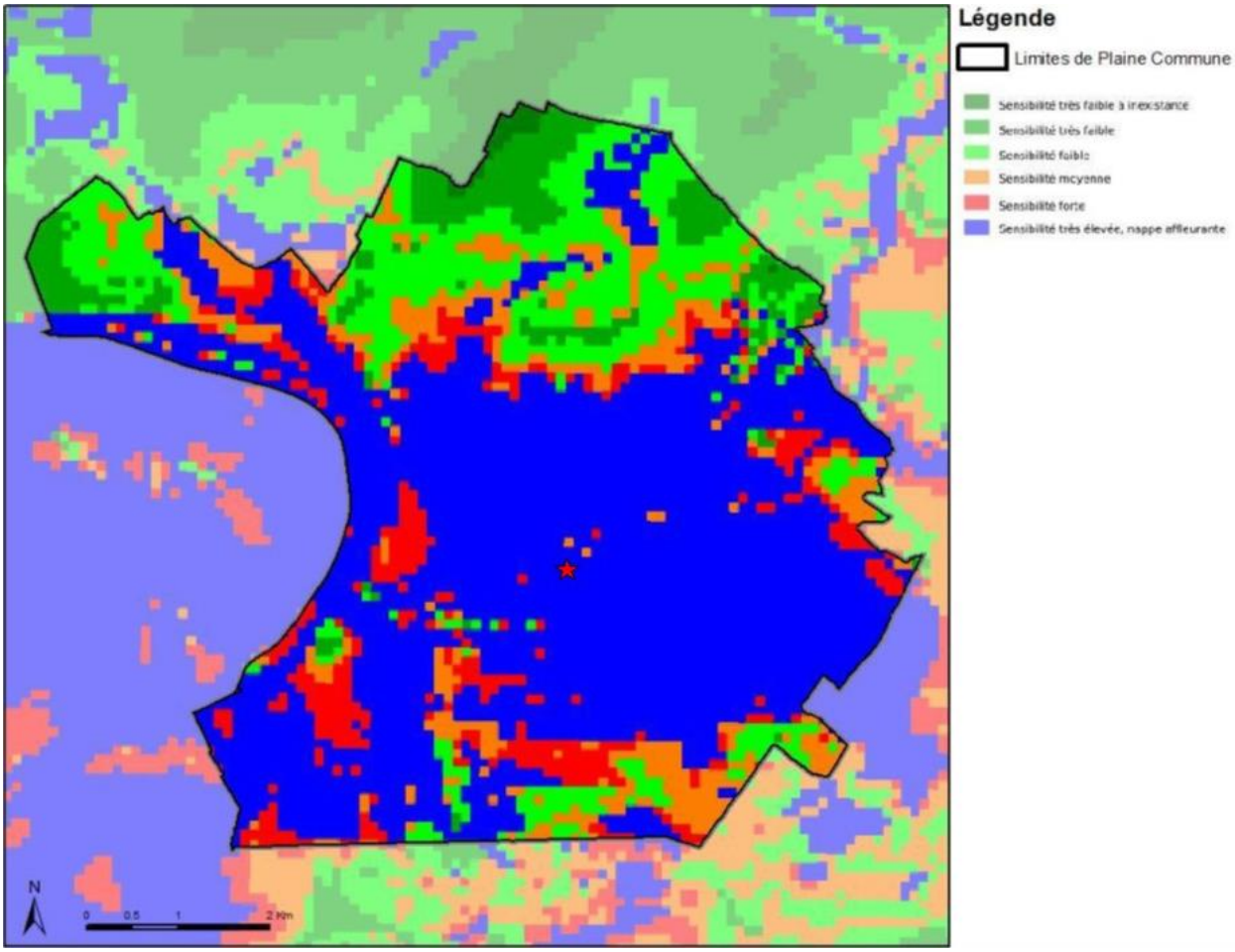


Figure 195 : Zones sensibles aux remontées de nappes (PLUi)

L'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font alors obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses. Saint-Denis est une commune où le taux d'imperméabilisation des sols est très important, excepté au niveau de la Seine et du Canal Saint-Denis, et des trames vertes identifiées telles que le Parc de la Légion d'Honneur ou le Fort de l'Est (Cf. Figure 197).

En secteur urbain, l'imperméabilisation du sol induit par les aménagements (bâtiments, voiries, parkings, …) limite l'infiltration des précipitations et accentue le ruissellement. Ceci occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues.

Dans le Schéma Directeur d'Assainissement de l'agglomération, les apports (par temps de pluie) des projets d'urbanisme au réseau « eaux pluviales » ont été estimés par secteur, en considérant un débit de fuite compris entre 1 et 10 L/s/ha de surfaces imperméabilisées avant rejet au réseau (Cf. Figure suivante).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

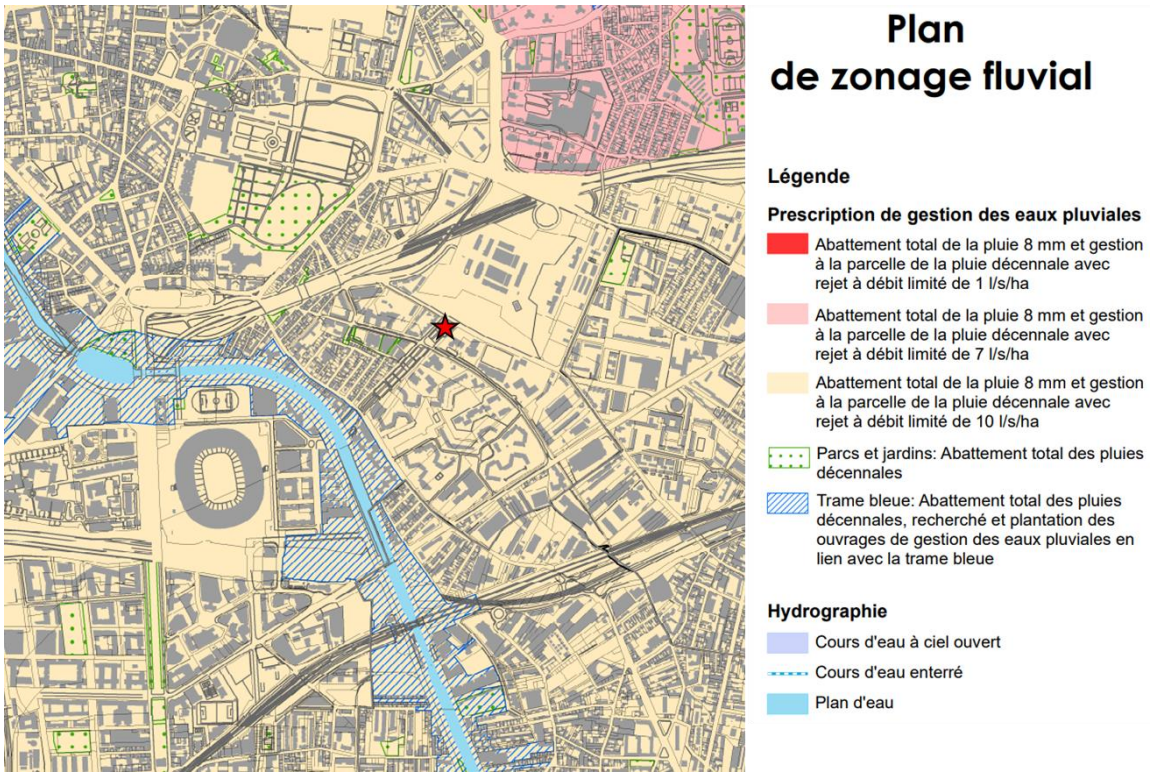


Figure 196 : Prescription pour la gestion des eaux pluviales sur le territoire (Annexe 4.2.5 du PLUi)

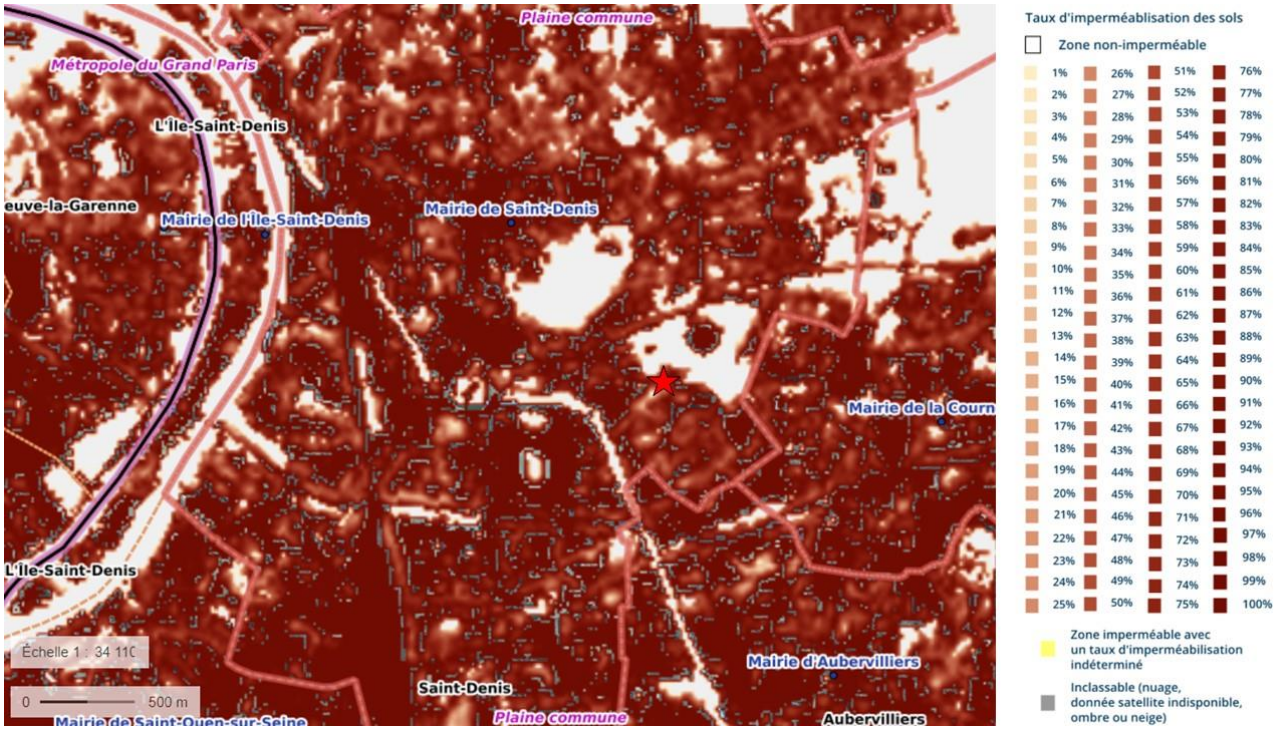


Figure 197 : Taux d'imperméabilisation du sol en 2015 à Saint-Denis (géoportail)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site d'implantation ne se situe pas en zone sensible aux inondations par débordement de la Seine. En revanche, il se situe dans une zone sujette au débordement de nappe de sensibilité très élevée en cas de fortes précipitations, dans une zone fortement imperméabilisée malgré la proximité de « patchs » de faible imperméabilisation (Fort de l'Est, Parc de la Légion d'Honneur). Le débit de fuite autorisé à la parcelle est fixé à 10 L/s/ha prenant en compte la maitrise du ruissellement des eaux pluviales des projets d'urbanisme dans le secteur d'étude.

- Risques de mouvements de terrain

Le risque mouvement de terrain est lié aux risques liés au : « retrait-gonflement des argiles », d'affaissements et d'effondrement de terrains et à la dissolution du gypse.

1. Le risque « retrait-gonflement de sols »

Désigné aussi sous le vocable de « mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation » ou « risque de subsidence », le retrait-gonflement de sols qualifie la propriété de ces sols à changer de volume en fonction de leur capacité d'absorption. Les sols les plus sensibles à ce risque sont principalement d'assise argileuse. Ils se comportent comme « une éponge » en se gonflant (augmentant leur volume) lorsqu'ils s'humidifient et au contraire, en se tassant (rétractation) en période de sécheresse. Ce retrait-gonflement successif de matériaux argileux, accentué par la présence d'arbres à proximité dont les racines précipitent le processus, engendre des dommages importants sur les constructions qui peuvent compromettre la solidité de l'ouvrage : fissures des murs et cloisons, affaissements de dallage, rupture de canalisations enterrées ...

La commune est exposée aux risques naturels liés aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Le site d'implantation est situé sur une zone d'aléa « retrait-gonflement des sols » identifié comme faible.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

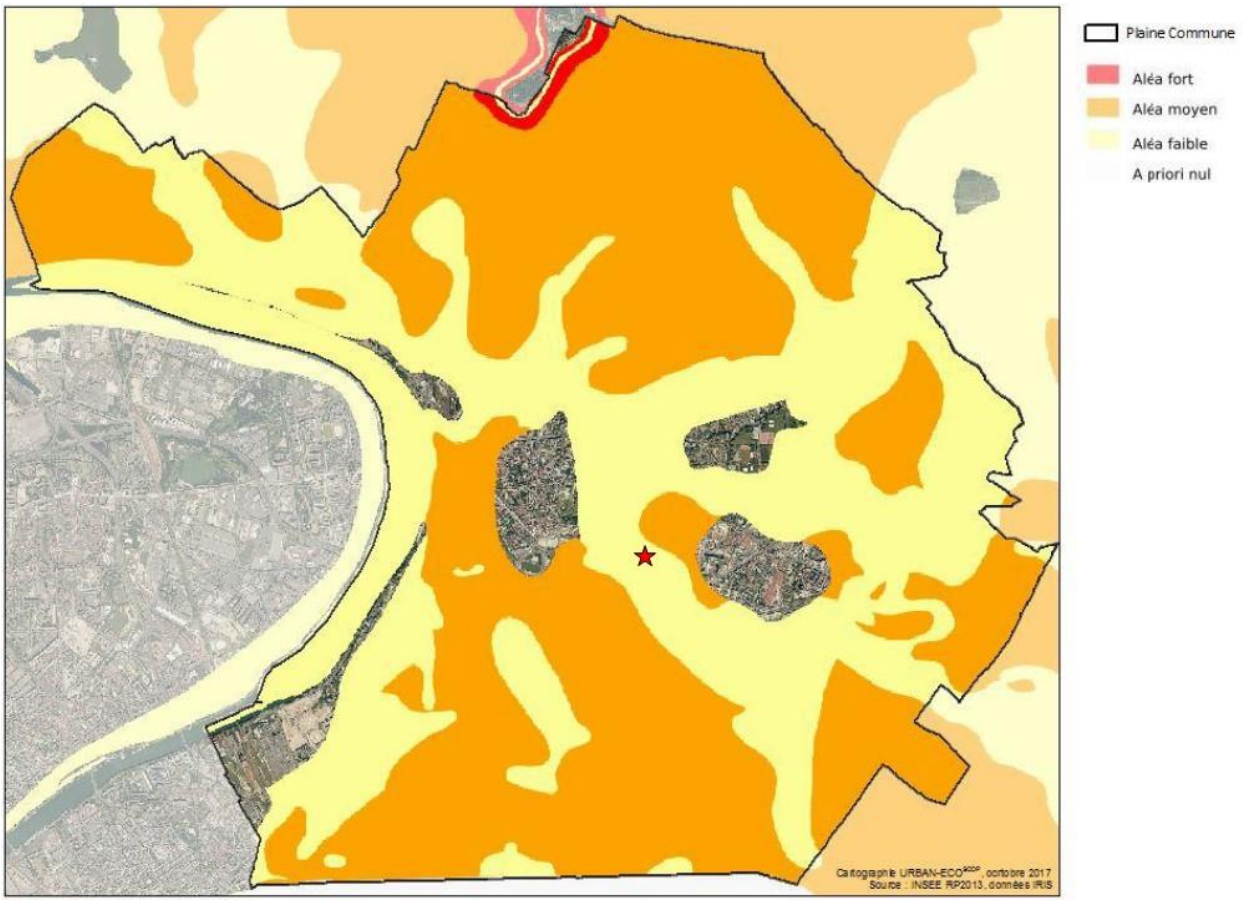


Figure 198 : Aléa liés au retrait – gonflement des argiles (source PLUi)

La commune de Saint-Denis, comme la quasi-totalité du territoire de Plaine Commune est située en zone a priori non exposée à moyennement exposée à l'aléa lié au retrait-gonflement des argiles.

Le site d'implantation, ainsi qu'une grande partie de la commune de Saint-Denis, est situé en zone moyennement à faiblement exposée (zone B2) avec la réglementation suivante qui s'applique pour les constructions nouvelles ou existantes :

- Pour les projets de construction de bâtiment, est prescrite la réalisation d'une série d'étude géotechniques sur l'ensemble de la parcelle, définissant les dispositions constructives et environnementales nécessaires pour assurer la stabilité des bâtiments, vis-à-vis du risque de tassement différentiel et couvrant les missions géotechniques de type G12 (étude géotechnique d'avant-projet), G2 (étude géotechnique de projet) et G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) au sens de la norme NF P94-500 ;
- Dès la conception du projet, les pétitionnaires doivent veiller à prendre en compte les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ;
- Est interdite, toute plantation d'arbre ou d'arbuste à une distance de tout bâtiment existant, ou du projet, inférieure à leur maturité (1.5 fois en cas de rideau d'arbres ou d'arbustes), sauf mise en place d'un écran anti-racines, d'une profondeur minimale de 2 mètres, interposé entre la plantation et les bâtiments ;
- Mettre en place des dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviale (raccords souples notamment) ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Récupérer et évacuer les eaux pluviales et de ruissellement des abords du bâtiment par un dispositif d'évacuation de type caniveau éloigné à une distance minimale de 1.50 mètre de tout bâtiment ;
- Le captage des écoulements de faibles profondeurs, lorsqu'ils existent, doit se faire par un dispositif de drainage périphérique à une distance minimale du bâtiment de 2 mètres ;
- Prescrire le rejet des eaux pluviales ou usées et des dispositifs de drainage dans le réseau collectif lorsque cela est possible ;
- Mettre en place sur toute la périphérie du bâtiment, à l'exception des parties mitoyennes avec un terrain déjà construit ou revêtu, un dispositif s'opposant à l'évaporation et d'une largeur minimale de 1.5 mètre ;
- Maintenir le volume de l'appareil aérien des arbres stable par un élagage régulier ;
- La création d'un puits pour usage domestique doit respecter une distance d'éloignement de tout bâtiment d'au moins 10 mètres ;
- Tous travaux de déblais ou de remblais modifiant localement la profondeur d'encastrement des fondations doivent être précédés d'une étude géotechnique de type G12 au sens de la norme NF P94-500, pour vérifier qu'ils n'aggraveront pas la vulnérabilité du bâti.

Dans les zones dites B2, il est recommandé la réalisation d'une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles.

2. Le risque d'affaissements et d'effondrement de terrains

Les affaissements et les effondrements sont liés à la présence de cavités souterraines d'origine naturelle ou anthropique. Les affaissements sont des dépressions topographiques en forme de cuvette dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture. S'ils ne présentent, en général, pas de risque pour les personnes, ils peuvent avoir des conséquences sur les ouvrages en surface, allant de la simple fissuration jusqu'à la ruine complète. En Seine-Saint-Denis, 482 ha de galeries sont présents, en particulier sur le relief.

Sur la commune de Saint-Denis, aucune carrière à ciel ouvert ou cavité souterraine n'a été recensée et aucun plan de prévention des risques cavités souterraines n'a été prescrit.

Les risques liés à l'effondrement, à l'affaissement des terrains sont absents sur la commune.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 199 : Localisation des carrières dans le secteur d'étude (InfoTerre)

3) La dissolution du gypse

Le sous-sol de la Seine-Saint-Denis est riche en formations gypseuses, particulièrement soumises au processus d'érosion. Toute circulation d'eau à travers des couches contenant du gypse est susceptible d'entrainer la dissolution d'une poche de gypse. De plus, la résistance à la pression du gypse est médiocre. Ces deux effets combinés peuvent provoquer des effondrements de surface. 15 communes dans le département de la Seine-Saint-Denis, dont la commune de Saint-Denis, sont concernées par le risque de dissolution du gypse.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

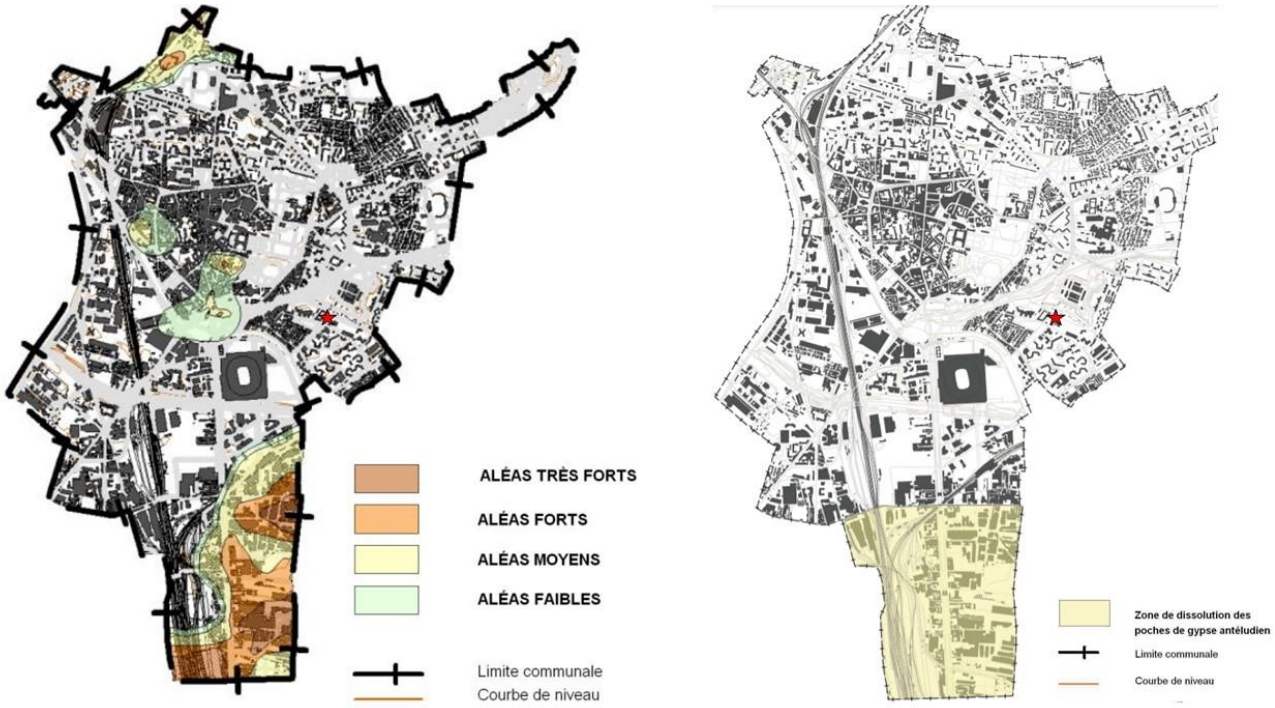


Figure 200 : Aléa (à gauche) et périmètre de risque (à droite) liés à la dissolution de gypse dans la commune de Saint-Denis (PLUi)

La commune de Saint-Denis est présente un aléa lié à la dissolution du gypse dans le sud de la commune, ainsi que dans le centre. L'arrêté préfectoral du 21 mars 1986 approuve la délimitation des zones de risques liés à l'existence de poches de dissolution de gypse dans la commune de Saint-Denis. Seule la partie sud de la commune est délimité comme périmètre de risque.

Le site d'implantation ne se situe pas dans une zone d'aléa lié à la dissolution du gypse, les risques liés à cet aléa sont donc absents.

- Synthèse des risques naturels sur la commune de Saint-Denis

Au regard des informations recueillies dans le cadre de cette étude, les risques et la vulnérabilité du site par rapport à son environnement peut être synthétisée dans le tableau suivant.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Risques	Types d'aléas	Etat commune	Etat Site d'implantation	Commentaires	Source
Cavités	Cavité souterraines	Non concerné	Non concerné	-	www.infoterre.fr www.georisque.gouv.fr PLUi
	Cavités à ciel ouvert				
Mouvement de terrain	Dissolution du gypse	Concerné	Non concerné	-	www.georisque.gouv.fr PLUi
	Retrait-gonflement des argiles	Aléa nul à moyen	Aléa faible	Plan de Prévention des Risques Mouvements de Terrain (PPMT)	www.infoterre.fr www.georisque.gouv.fr
Aléa sismique	Mouvement de terrain	Très faible	Très faible	Zone de sismicité 1	www.planseisme.fr et www.georisque.gouv.fr
Aléa météorologique	Tempêtes, orages, grains	Concerné	Concerné	-	-
Inondations	Par remontée de nappe	Sensibilité moyenne à forte	Sensibilité forte	Nappe sub-affleurante sur la commune et du site d'implantation	BRGM SIGES
	Inondations par crue	Concerné	Non concerné	PPRI Débordement de la Seine et submersion des terrains TRI avec crue	www.georisque.gouv.fr et PLUi
	Inondations et coulées de boue par ruissellement dans secteur urbain	Concerné	Concerné	23 arrêtés de catastrophe naturelle entre 1983 et 2018	www.georisque.gouv.fr PLUi

Tableau 52 : Risques naturels identifiés sur la commune et sur le site d'implantation

4.5.19 Bilan de l'état initial du site et des enjeux sur l'environnement

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Domaines		Synthèse des enjeux de l'état initial	Enjeu	Sensibilité / Points de vigilance
Environnement physique	*Topographie et relief - Contexte climatique*	La zone d'étude se situe au sein de la plaine alluviale avec des altitudes comprises entre 170 et 30 m. Le climat est de type océanique peu dégradé.		Pas de sensibilité particulière. Le site est concerné par un aléa météorologique classique (tempête, orage etc).
	Hydrologie *Documents cadres du milieu aquatique* *Occupation des sols*	La Seine et le canal Saint-Denis sont situés à proximité. Les forages sont implantés en rive droite de la Seine. Un SDAGE et un SAGE sont en application sur l'aire d'étude. La zone d'étude est située dans un contexte très urbanisé et industrialisé. L'ancien ru de Monfort a été totalement canalisé.		Le projet ne devra pas aller à l'encontre des objectifs de qualité de la Seine ou du canal. Le projet devra être compatible avec les documents cadres du milieu aquatique. Le projet devra s'assurer de la bonne gestion des déblais/déchets et de la qualité des rejets aux réseaux.
	Pollution des sols	Le site se situe à 900 m du site BASOL le plus proche et est voisin du site BASIAS de la chaufferie Du Fort De l'Est. Le site montre des traces de pollution liés certainement à des remblais contaminés en métaux lourds et HAP.		Le décaissement et traitement des terres polluées au niveau zone de forage des puits pour la réalisation des avant-puits sera à minima nécessaire avant l'aménagement de la plate-forme.
	Population	Saint-Denis compte près de 112 000 habitants. Plusieurs établissements et habitations sont situés à proximité.		Le site est localisé au cœur d'une zone urbaine (habitations, écoles, lieux de culte…). Les travaux seront réalisés de manière à minimiser au maximum la gêne pour les riverains.
Environnement naturel	*Zones humides*	Le site se situe à 300 m d'une enveloppe d'alerte de zone humide de classe 3, et à 400 m environ de l'enveloppe en eau ou zone d'alerte de zone humide de classe 5 liée à la présence du canal Saint-Denis.		La conception des forages et de la plate-forme du chantier, les eaux de ruissèlement et les eaux rejetées au réseau d'assainissement par le chantier ne doivent pas permettre une pollution des eaux superficielles.
	Eaux de surface et souterraine	Le toit de la Nappe de l'Eocène se situe à environ 7 m de profondeur au droit du site. La nappe y est libre donc vulnérable en cas de pollution accidentelle. Le site n'est pas implanté dans un périmètre de protection de captages AEP.		
	Espaces verts et sensibles	Le site est situé à proximité d'un parc et de jardins familiaux identifiés comme des espaces constitutifs de la trame verte urbaine. Des alignements d'arbres sont présents sur le cours du ru de Montfort.		L'enjeu écologique sur le site d'implantation est faible. Une remise en état sera effectuée à la fin des travaux avec réimplantation des arbres, espaces en terre et pelouses utilisés pendant le chantier
	Espaces d'inventaires	La ZNIEFF la plus proche se situe à 1400 m environ du site, identifiée comme le parc départemental de La Courneuve. On note 3 ZNIEFF dans un rayon de 5 km.		Pas de sensibilité particulière.
	Espaces protégés	Un Réseau Natura 2000 est identifié sur la commune à 1 400 mètres du site d'implantation.		Pas de sensibilité particulière.
	Faune et Flore	Aucune espèce végétale protégée ou menacée n'a été recensée sur le site. Des espèces animales remarquables ont été recensées sur la Plaine Commune mais les habitats naturels sont trop fragmentés et peu nombreux pour constituer une trame verte et bleue fonctionnelle.		Pas de sensibilité particulière.
	Paysage	Le paysage est marqué par le développement urbain de la ZAC Bel Air Nord et du Franc-Moisin.		Pas de sensibilité particulière.
Environnement humain	*Bruit*	Le contexte urbain/industriel et la présence de voies de communication diverses (routes de catégorie 1), contribuent à faire de la zone un secteur à ambiance sonore marquée. Toutefois la présence d'habitations et de structure accueillant du public seront très proches du chantier.		Le projet devra respecter la réglementation en matière de nuisances acoustiques et mettre en place des mesures pour réduire les émergences sonores surtout en période nocturne.
	Qualité de l'air	La qualité de l'air est dégradée notamment à proximité des grands axes routiers. Elle est caractéristique du contexte très urbanisé de la commune.		En phase chantier il faudra veiller à limiter la pollution par les poussières et le dégagement d'hydrogène sulfuré.
	Patrimoine culturel ou historique	Aucun site inscrit ou classé n'est situé dans le périmètre d'étude. Plusieurs monuments historiques sont présents sur la commune, la zone de chantier se situe à la limite d'un périmètre de protection mais reste en dehors.		Pas de sensibilité particulière.
	Voies de communication	Le site d'implantation se situe entre 3 axes routiers importants que sont l'A86, l'A1 et la RN301. Les accès au site seront facilités.		En phase chantier, un plan de circulation et d'information devra être mis en place pour sécuriser les accès au chantier.
Risques	*Risques naturels*	Les nappes superficielles sont présentes à quelques mètres de profondeur. Le site est soumis à un risque de remontée de nappe fort, mais ne se situe pas en zone inondable par débordement de la Seine. Un PPRI et un PPRMT lié au retrait-gonflement des sols argileux ont été prescrits. Toutefois l'aléa lié aux sols argileux est faible. Les risques liés à la présence de cavités ou carrières souterraines, ou à la dissolution de gypse sont inexistants.		Le projet devra être compatible avec le PPRMT en vigueur.
	Risques technologiques	Le projet est hors de tout périmètre de PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques) approuvé. Le site SEVESO le plus proche de situe à environ 2600 m. Le site est situé à proximité de la chaufferie classée ICPE et de canalisations de gaz haute pression.		Il n'y aura pas de coactivité du chantier avec les activités de la chaufferie. Les servitudes liées à la présence des canalisations de gaz et de poste GRT Gaz seront respectées.
Outil de planification	Saint-Denis dispose d'un PLUi (commun avec les 8 autres communes) comprenant un plan local de l'habitat et un plan de déplacements urbains. (PADD, SCOT..). La commune fait partie de l'EPT Plaine Commune et du CDT Territoire de la Culture et de la Création.			Le projet devra être compatible avec les documents réglementaires et de planification urbaine. Le site est concerné par 3 SUP : I1 et I3 liés aux canalisations de gaz et T5 lié aux servitudes aéronautiques de dégagement. Pas d'OAP sur le site d'étude

Enjeu Faible
Enjeu Moyen
Enjeu Fort

Tableau 53: Résumé de l'état initial du site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

INSTALLATIONS DU SOUS-SOL
(PUITS GEOTHERMIQUES)

INSTALLATIONS DE SURFACE
(CENTRALE / RESEAU DE CHALEUR)

smirec
SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE
Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5 ETUDE D'IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

Le présent chapitre porte sur l'évaluation des effets, positifs ou négatifs, du projet sur les milieux physiques, naturel et humain. Il présente également les mesures envisagées pour éviter, réduire ou compenser ces effets s'ils sont négatifs. Les effets seront systématiquement séparés en deux catégories :

- Les effets temporaires dus à la phase de travaux ;
- Les effets permanents dus à la phase exploitation.

A noter que :

Le projet s'installe sur une zone urbaine mixte, à proximité de la chaufferie Biomasse du Fort de l'Est de Saint-Denis.

Le chantier de forage des deux puits géothermiques est prévu à l'horizon début 2023 pour une durée de 4 mois environ. Un aménagement préparatoire et une dépollution du site sera nécessaire avant le démarrage de tous travaux.

Le bâtiment de la future centrale géothermique s'intégrera dans le paysage de la zone d'aménagement concerté Bel-Air nord et fera l'objet d'un permis de construire et d'un porté à connaissance. Les travaux de la centrale démarreront une fois les forages réalisés.

Les travaux d'extension sur le réseau de chaleur ont commencé en 2020 et s'étaleront jusqu'en 2023. Le réseau permettra d'alimenter en énergies renouvelables le centre-ville d'Aubervilliers, la ZAC Fort d'Aubervilliers et la ZAC Port Chemin Vert.

Le site sera dédié à la géothermie et au chauffage urbain. Toutefois après les travaux de forage et de la centrale, un réaménagement à sa vocation initiale, du cours du ru de Montfort, sera réalisé avec des alignements d'arbres, des chemins piétons et terrains récréatifs.

Aucun logement ne sera présent sur le site d'étude.

5.1 Effets sur le contexte socio-économique de la ville

5.1.1 Impact temporaire et mesures associées

En phase de travaux, le projet n'est pas de nature à perturber le dynamisme économique de Saint-Denis et des communes avoisinantes.

La présence permanente d'équipes de forages, de supervision et de travaux de surface aura un effet positif sur l'hôtellerie et la restauration locale. Le chantier n'a pas d'impact négatif sur le dynamisme économique de l'agglomération.

Le projet a un impact positif sur les activités économiques en phase chantier.

5.1.2 Impact permanent et mesures associées

L'utilisation géothermique de la nappe permet de valoriser la ressource en eau souterraine de manière économe puisque le process fonctionne en boucle fermée. De plus, le projet permet de limiter les coûts d'énergie via

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

l'utilisation d'une ressource qui permettra la maîtrise de la facture énergétique des habitants logeant dans les bâtiments raccordés et une réduction au global des consommations énergétiques de la commune.

Le projet confère à la ville une image écologique justifiée.

Le projet de géothermie contribue à couvrir les futurs besoins de chaleur pour le réseau d'Aubervilliers qui fonctionnera avec plus de 50 % d'énergies renouvelables.

En phase exploitation, le projet a un impact positif sur le contexte économique.

5.2 Effets sur la circulation et les voiries

5.2.1 Impact temporaire et mesures associées

La zone d'étude étant située en zone urbaine et résidentielle, l'activité sur les chantiers va altérer la fluidité du trafic automobile local. L'accessibilité aux bâtiments les plus proches des sections de travaux sera temporairement gênée par les travaux.

La machine de forage et ses équipements seront convoyés par camions. L'amenée et le repli de l'appareil de forage s'effectueront par convois exceptionnels.

Les étapes de montage et de démontage de la machine induiront un trafic d'une soixantaine de camions sur une semaine en début et en fin de période de chacun des 2 forages. En cours de forage, les approvisionnements sont également assurés par poids lourds :

- 60 camions pour l'emménagement en phase d'installation de la plateforme et de la machine de forage (avec certains en convois exceptionnels) ;
- 4 à 7 camions par jour en moyenne au cours de la phase de travaux de forage,
- 60 camions pour le déménagement des équipements en fin de chantier.

Il est à noter que le trafic engendré par l'activité sur les chantiers sera différent selon les phases de travaux (tubage, forage, cimentation, etc.). Il est possible de considérer une circulation moyenne de **4 camions par jours** au cours des 91 jours de chantier (Cf. Tableau 42 et suivant).

Les phases d'installation et de repli du chantier, de livraison des tubages, d'évacuation des déblais, de tubage des puits, de cimentation et de diagraphie des puits auront une circulation moyenne de **7 camions par jours.**

Les nuisances indirectes seront liées, à plus grande distance, au trafic engendré par le chantier et le va-et-vient de camions pour l'apport de matériaux en particulier.

Compte tenu des dangers que peuvent représenter la circulation et la manœuvre d'engins lourds à l'accès et aux abords du site, cet aspect est traité dans le Chapitre 7 consacrée à la sécurité du chantier.

Les accès au site se feront par la rue du Maréchal Lyautey et par le cours du ru de Montfort.

Au niveau de la zone de chantier, une aire de circulation et de stationnement pour les véhicules se rendant sur le chantier et une immobilisation ou interdiction de stationner à proximité du chantier sera demandée sur la rue du Maréchal Lyautey. Les accès pour les riverains seront maintenus notamment pour les immeubles du cours du ru de Montfort.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Activité sur le chantier	Nombre estimé de camions
Amenée de l'appareil de forage	60 camions
Livraison du tubage pour un puits	30 camions
En cours de forage	4 camions/jour pour le traitement des effluents soit : 100 camions par puits
Pendant les opérations de Tubage, cimentations et diagraphies (par puits)	25 camions
Repli de l'appareil de forage	60 camions
Nombre total estimé de camions pour le doublet : 430	

Tableau 54 : Estimation du nombre de camions desservant le site selon les phases de travaux

Pour l'extension et la modernisation du réseau de chaleur, le trafic routier lié à la réalisation des travaux sera limité à quelques camions par jour pour le transport des matériaux et l'évacuation des déchets.

Les travaux génèreront des perturbations au niveau de la circulation ainsi que l'accroissement ponctuel du trafic sur des voies secondaires empruntées par les riverains pour éviter les zones de travaux. D'une manière générale, les travaux se dérouleront tronçon par tronçon.

Afin de ne pas fermer complètement les voiries à la circulation, le maitre d'ouvrage réalisera autant que possible des travaux sur demi-chaussées. Des circulations alternées et mises en sens unique seront mises en place dès que nécessaires. Les accès pour les riverains seront maintenus.

Dans le cadre des mesures destinées à atténuer l'impact du projet, le maitre d'œuvre veillera à organiser les travaux éventuels d'extensions futures de façon à perturber le moins possible la circulation. Des mesures visant à réglementer la circulation aux abords du chantier seront prises afin d'assurer la sécurité des usagers et d'éviter la gêne des véhicules liés au chantier. La circulation habituelle sera donc organisée en fonction des phases du chantier, ce qui permettra de réduire les risques d'accident.

Une communication destinée aux usagers des voies empruntées par les véhicules du chantier sera mise en place afin de :

- Les informer sur la durée, l'avancée des travaux et l'évolution des accès ;
- Leur signaler le chantier par des panneaux de signalisation de façon à ne pas générer de problèmes majeurs de circulation.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 201 : Accès au chantier de Saint-Denis

Figure 202 : Zone de nettoyage des véhicules d'un chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les mesures de réduction et d'évitement suivantes seront mises en place :

- ***MR01 :*** *Communication et Information des riverains avec des panneaux routiers de chantier.*
- ***MR02 :*** *Mise en place d'un Plan de circulation ou un Plan général de coordination, contenant notamment les informations sur la circulation sur et aux abords des chantiers, sera rédigé en amont des chantiers. Un dossier d'exploitation et d'autorisation d'occupation du domaine public sera délivré par le Maire pour les travaux. Un schéma de circulation des engins de chantier sera par la suite fixé avec le représentant des services techniques. Les conditions seront réunies pour permettre l'accès de poids-lourds : l'accès du site à la route sera aménagé de sorte que les engins puissent être manœuvrés sans constituer d'obstacles ou de risque vis-à-vis de la circulation. Par ailleurs, les éventuels dommages à la voirie seront réparés immédiatement. Aux termes des travaux, la voirie sera remise en état comme à l'initial.*

  Le schéma de circulation des engins de chantier sera fixé afin de s'adapter aux différentes phases de travaux. Les engins seront stationnés dans des endroits non susceptibles de créer une gêne pour la circulation automobile.
- ***MR03 :*** *Pour limiter l'impact du trafic, des prestations de propreté (nettoyage des véhicules et de la voirie) ainsi que la réhabilitation des voies et des accès seront prévues. Les horaires de livraison pourront être adaptés pour limiter l'impact du trafic.*
- ***MR04 :*** *Les camions de transport de matériaux seront couverts pour limiter l'envol des poussières notamment en période ventée.*
- ***ME01*** *: Balisage de l'appareil de forage : l'appareil de forage peut constituer un obstacle aérien. Il sera peint et balisé (éclairage de nuit) conformément aux prescriptions de l'aviation civile.*

Le chantier implique le passage de nombreux camions et engins de chantier. Le maître d'ouvrage devra mettre en place un plan de circulation et informer les riverains de manière à limiter l'impact du projet sur les voies de communication. Des mesures garantissant la sécurité et la propreté du chantier seront également mises en place.

5.2.2 Impact permanent et mesures associées

L'accès au site et à la centrale se fera principalement par la rue du Maréchal Lyautey.

Un aménagement routier et un accès aux installations seront créés afin de permettre à des véhicules du gabarit d'une grue de 20 tonnes, d'un semi-remorque et de poids lourds d'accéder aux têtes de puits en période d'exploitation.

L'exploitation de la centrale géothermique génère un trafic lié :

- Principalement aux déplacements des employés ;
- Dans une moindre mesure, aux opérations d'entretien et de maintenance.

Pour les salariés de l'exploitation, le flux quotidien de véhicules légers est estimé à 5 véhicules légers et occasionnellement des poids lourds.

En phase exploitation, des camions seront susceptibles de circuler sur le site en phase d'opérations et de maintenance ou de contrôle des installations. L'accès se fera via l'entrée actuelle de la centrale et le cours du ru

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

de Montfort. Ainsi, au vu du trafic actuel à proximité du projet, l'exploitation de cette centrale ne représentera pas un impact significatif différent de l'actuel sur la circulation et les voies de circulation.

Le tableau suivant montre les différentes opérations de maintenances prévisibles, leurs fréquences, leurs durées ainsi que les appareils d'intervention et leur emprise au sol.

En exploitation, hors situation exceptionnelle, le réseau de chaleur n'aura pas d'impact sur le trafic routier.

En phase exploitation, le projet n'a pas d'impact significatif sur les voies de communication et le trafic routier.

Opération maintenance	Fréquence indicative de l'opération	Durée de l'opération	Appareil(s) d'intervention	Ordre de grandeur de l'emprise au sol
Auscultation/ Diagnostic	Environ 4 par an	1 journée	1 véhicule léger (camion laboratoire)	Environ 100 m²
Géochimie	Environ 6 par an			
Contrôle du tube de traitement	Environ 2 par an			
Remontée / descente de pompe	Au minimum tous les 5 ans ou sur panne	2 semaines	- 1 camion de saumure - 1 grue sur camion - 1 semi-remorque - 1 plateforme métallique de travail à l'aplomb du puits	Environ 600 m²
Diagraphie (Inspection des cuvelages)	Tous les 3 ans pour le puits injecteur	1 journée pour le puits injecteur	- 1 camion de saumure - 1 grue sur camion - 1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) - 1 camion de diagraphie	Environ 400 m² pour le puits injecteur
	Tous les 5 ans pour le puits producteur	2 semaines pour le puits producteur		Environ 600 m² pour le puits producteur
Curage	Environ tous les 10-15 ans (conditionné par l'état du puits)	3 semaines par puits	- 1 camion de saumure - 1 grue sur camion - 1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) - 1 machine de work-over (appareil de réhabilitation auto-porté) - Unité de cimentation	Environ 1 200 m²
Abandon	A la fin de vie des ouvrages	1 mois par puits		

Tableau 55 : Fréquence des opérations de maintenance prévues sur le site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.3 Effets visuels

5.3.1 Impact temporaire et mesures associées

Le projet est prévu au cœur de la ZAC Bel-Air Nord, un quartier notamment occupé par des équipements d'enseignement et des habitations.

Le périmètre de chantier sera sécurisé par des barrières ou clôtures de couleur neutre. Ces protections limiteront l'accès au chantier et atténueront l'impact visuel lié à la présence d'engins et des équipements de forage notamment pour les piétons circulant aux abords du chantier (Cf. Figure suivante).

La machine de forage, d'une hauteur de 40 m environ, génèrera des nuisances visuelles qui seront toutefois temporaires. Volontairement rendu très visible par des couleurs anticollisions, le mât attirera l'œil d'un observateur sans pour autant choquer outre mesure. Une balise lumineuse de faible puissance signalera la position du mât la nuit pour des raisons de sécurité aérienne.

Pendant la réalisation du forage, le périmètre du chantier sera sécurisé par des barrières, des cheminements pour piétons et accès pour véhicules afin d'en interdire l'accès aux personnes non autorisées. Il sera équipé, à chaque accès, de panneaux « Chantier interdit au public » et « Port obligatoire des équipements de protection individuelle ».

Lors des tests réalisés en fin de forage, la formation de vapeur d'eau dégagée par l'eau géothermale refroidie entrainera des modifications sur la perception visuelle du secteur. La vapeur d'eau pourra former u brouillard plus ou moins léger autour des installations de forage. Cette phase de tests durera au maximum 5 jours par puits.

Les opérations liées à la phase travaux de la centrale et des réseaux nécessiteront l'utilisation d'engins de chantier tels que des grues, pelles mécaniques, chargeurs sur roues, tracteurs, camions bennes etc… La zone en travaux sera source de modification physique du paysage avec des engins peu perceptibles (Cf. Figure 205).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 203 : Exemples d'implantation d'un chantier de forage et son impact visuel

Figure 204 : Exemple de mât de forage couramment utilisé pour les forages au Dogger

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 205 : Exemple d'un chantier de construction (gros œuvre) d'une centrale géothermique et sur le réseau de chaleur enterré

Lors de la réalisation des forages et des travaux, des engins de chantier d'une hauteur maximale de 40 mètres (en phase forage) seront utilisés. Malgré un périmètre du chantier sécurisé et clôturé, les nuisances visuelles générées seront temporaires et de courte durée.

Les mesures de réduction et d'évitement suivantes seront mises en place pour limiter au maximum la gêne visuelle :

- ***MR05*** *– Organisation et rangement du chantier : Le stockage des matériaux se fera de façon structurée sur le chantier. Les matériaux et équipements seront propres et nettoyés. L'état de propreté des installations fera l'objet de contrôles réguliers.*

5.3.2 Impact permanent et mesures associées

A l'issue des travaux de forage, les impacts visuels seront limités à ceux associés au bâtiment de la centrale géothermique. Les têtes de puits et la canalisation seront enterrées en fosse et recouverte d'une dalle (Cf. Figures suivantes).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La construction de la centrale modifiera l'aspect visuel du site. La façade du bâtiment de la centrale géothermique aura une teinte claire et neutre. Quelques plans du projet architectural de la centrale sont présentés sur les figures suivantes. La centrale s'étendra sur 245 m² et 6,5 m de haut et comportera des panneaux photovoltaïques sur son toit.

Le projet jouit d'une bonne intégration paysagère et n'entraînera pas d'effets de co-visibilité avec des monuments inscrits ou classés au titre des monuments historiques.

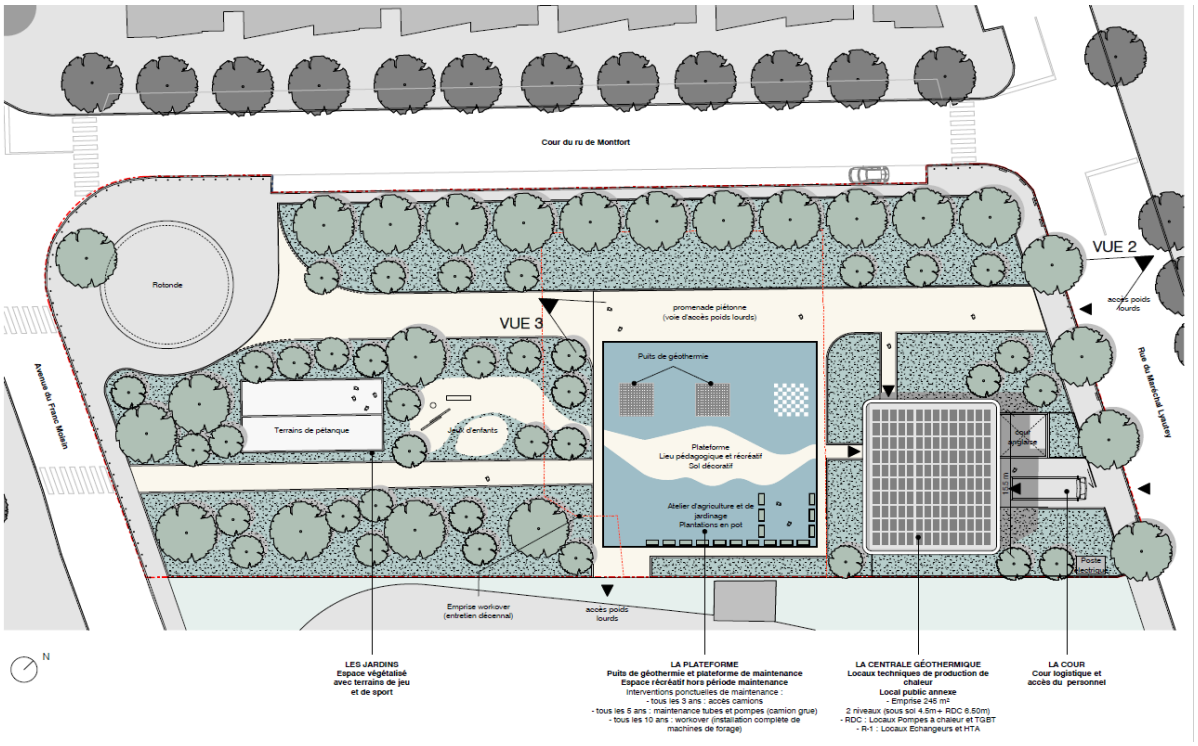
La remise en état des aménagements d'espaces verts constitués d'alignements d'arbres et de pelouses ou espaces en terre amélioreront favorablement l'aspect visuel du site une fois les travaux terminés.

Les dispositions d'aménagement finales du site seront conformes aux prescriptions imposées par le PLU et seront décidées par l'EPT Plaine Commune.

En phase d'exploitation, des travaux de maintenance occasionnels sur les puits (remontée de pompe, diagraphies...) nécessiteront la présence d'une grue, de camions de chantier ou de véhicules utilitaires (Cf. Figures suivantes). Les chantiers seront clôturés et balisés, ce qui limitera les impacts visuels dus à l'activité du chantier.

<u>Les mesures de réduction et d'évitement suivantes seront mises en place :</u>

- ***ME02** – Insertion paysagère : la simplicité du volume et des matériaux permettra d'intégrer au mieux la future centrale géothermique avec un dessin simple. Les ouvrages seront réalisés en-dessous du niveau du sol pour les caves têtes de puits et les forages.*



Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 206 - Vues projetées de la future centrale (Architecte ORRSO)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les têtes de puits seront situées dans une zone ouverte accessible au public. Les têtes de puits sont délimitées par un marquage au sol, accessible par un trou d'homme. Le stationnement y sera interdit.

Le projet bénéficiera d'une bonne intégration paysagère. En phase d'exploitation des puits, les travaux de maintenance seront ponctuels et limités aux têtes de puits.

Figure 207 : Exemples de chantier de maintenance sur des puits au Dogger

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 208 : Exemples d'intégration des têtes de puits enterrées

5.4 Nuisances sonores

- Population concernée

La population concernée comprend :

- Le personnel travaillant sur le chantier de forage, exposé en permanence au bruit disposera de moyens de protections spécifiques : casques antibruit, bouchons d'oreilles notamment,
- Les visiteurs occasionnels ainsi que les piétons,
- Les personnes travaillant à proximité,
- Les riverains situés aux abords du chantier,
- Les élèves et personnels fréquentant les écoles et les équipements sportifs d'extérieurs.

Les nuisances sonores seront fortement réduites à l'intérieur des bâtiments.

- Réglementation relative au personnel

L'article 3 du Titre : bruit BR-1-R du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) indique que l'exposition au bruit doit demeurer à un niveau compatible avec la santé des personnes, notamment avec la protection de l'ouïe.

Les niveaux sonores à partir desquels des dispositions particulières doivent être prises sont respectivement de :

- 85 dB(A) pour le niveau d'exposition sonore quotidienne ;
- 135 dB(A) pour le niveau de pression acoustique de crête.

L'article 8 de ce même titre indique que lorsque l'exposition sonore quotidienne dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB(A), le personnel doit être informé, avec le concours du médecin du travail. Cette information est donnée soit au moyen d'une notice distribuée périodiquement, soit à l'occasion de séances d'information organisées à cette fin portant sur :

- Les risques résultants, pour l'ouïe, de l'exposition au bruit ;
- Les moyens pouvant être mis en œuvre pour lutter contre le bruit et contre ses effets ;
- Le rôle de la surveillance médicale de la fonction auditive.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'article 12 indique que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par une personne dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB(A), des protecteurs individuels doivent être mis à sa disposition.

Cet article précise également que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par la personne dépasse le niveau de 90 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 140 dB(A), l'exploitant prend toutes les dispositions pour que les protecteurs individuels soient utilisés.

- Réglementation relative au bruit

La réglementation applicable aux travaux de forage s'appuie sur le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires).

Il est à souligner que l'indicateur principal de gêne retenu par ce décret est l'émergence sonore, c'est-à-dire la différence entre le niveau de bruit ambiant (obtenu lorsque l'installation est en fonctionnement) et le niveau de bruit de fond résiduel (état initial avant présence de l'installation). L'indicateur de niveau de bruit retenu est le Laeq évalué sur une durée d'au moins trente minutes. Les mesures doivent se conformer à la norme NFS31-010 remise à jour en décembre 1996. L'émergence est déterminée dans les zones à émergence réglementée, c'est-à-dire au niveau des zones constructibles définies par le PLU ou encore au niveau des habitations existantes (à l'intérieur des locaux).

Ce décret donne des valeurs maximales admises pour l'émergence (bruit de voisinage) dès que le niveau de bruit ambiant est supérieur à 30 dB(A). Pour les valeurs inférieures à 30 dB(A), l'émergence sonore ne sera pas recherchée.

Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible de 7h à 22h	Emergence admissible de 22h à 7h
Supérieur ou égal à 30 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 56: Valeurs d'émergences maximales admissibles

L'article R. 1334-33 précise que l'émergence sonore pourra être majorée selon la durée d'apparition du bruit de chantier. **La majoration ne pourra cependant excéder 5 dB(A).**

L'article R.1334-36 et l'article 2 du paragraphe 3 précise que si le bruit (…) a pour origine un chantier de travaux public ou privé (…) l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes (…) ;
- L'insuffisance des précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- Un comportement anormalement bruyant.

Est puni de la peine d'amende prévue pour les contraventions de 5^{ième} classe : (…)

- Le fait (…) de ne pas respecter les conditions de leur réalisation (…) fixées par les autorités compétentes, de ne pas prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit (…).

Le matériel mis en œuvre pour le forage devra être conforme aux normes et en particulier :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- À la réglementation du bruit de matériels et engins de chantier (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie – Service de l'Environnement Industriel- février 1980) ;
- Aux consignes de sécurité d'un forage de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production en Pétrole et Gaz Naturel.

5.4.1 Impact temporaire et mesures associées

Les nuisances sonores générées par le chantier proviendront :

- Essentiellement par l'utilisation d'un appareil de forage liée à l'utilisation de moteurs, pompe à boue, groupes électrogènes et compresseurs qui fonctionneront en continu. Les principales nuisances interviendront pendant la foration.
- La rotation de l'outil et des tiges dans l'ouvrage, et le choc lors du « gerbage » et « dégerbage » des tiges dans le mât génèreront des nuisances discontinues.
- De la présence d'engins de chantier motorisés pour l'aménagement et le terrassement (pelles mécaniques, engins terrassement…) notamment pendant les travaux de génie civil préalable.
- La circulation des véhicules lourds constituera également une nuisance sonore ponctuelle notamment pendant l'acheminement et le repli du matériel de forage et des matières premières et l'évacuation des déchets générés par l'activité.

La propagation du bruit se fait essentiellement par voies aériennes et son intensité décroît graduellement en fonction de la distance entre le point d'émission et le point de réception.

La figure suivante représente la rose des bruits générés par un appareil de forage du type de celui qui réalisera les travaux, selon trois circonférences : sur la plate-forme, à 150 mètres, à 300 mètres.

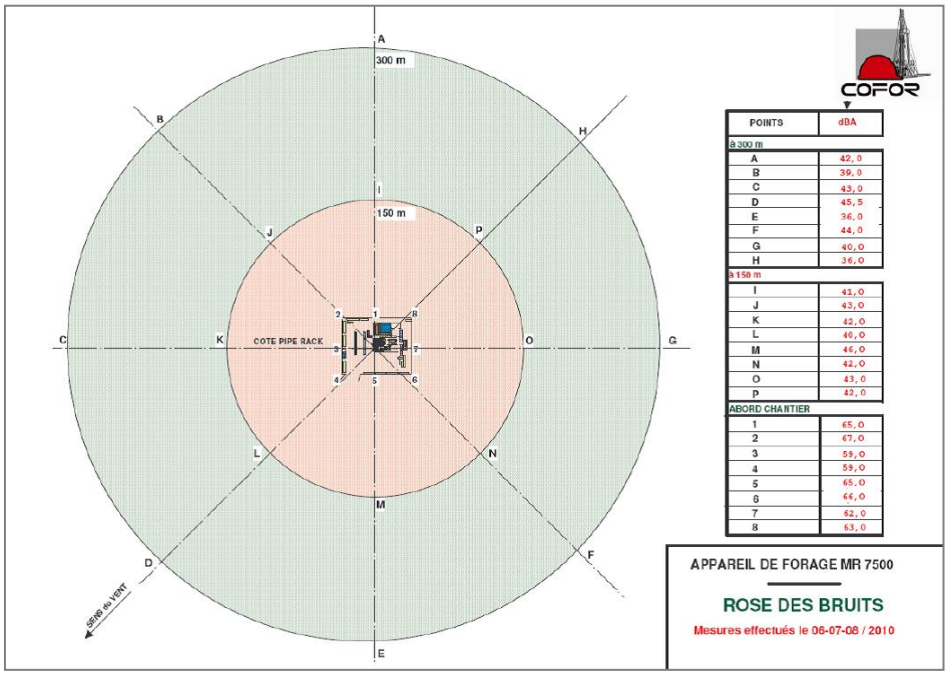


Figure 209 : Rose des bruits – Appareil de forage MR 7500 (Entrepose Drilling-Arverne)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Sans toutefois préjuger des effets des sites (topographie, conditions météorologiques…), l'analyse des résultats (Cf. Tableau suivant) montre que les niveaux sonores :

- Aux abords des chantiers, sont compris entre 62 et 72 dB(A).
- A 150 mètres de la machine de forage, sont compris entre 40 à 46 dB(A).
- A 300 mètres, sont compris entre 36 à 46 dB(A).

Repère Abord chantier	1	2	3	4	5	6	7	8
dB(A)	71	67	64	64	70	62	72	70
Repère 150 m	I	J	K	L	M	N	O	P
dB(A)	41	43	42	40	46	42	43	42
Repère 300 m	A	B	C	D	E	F	G	H
dB(A)	42	39	43	45,5	36	44	40	36

Tableau 57: Valeurs moyennes de bruit mesurées en 2010 sur un chantier et dans son environnement durant une journée de 7h à 22h avec la machine MR 7500

Une étude menée en 2018 par la société *Arverne drilling* a mis en évidence que le niveau sonore moyen sur la plateforme de forage est compris entre 60 et 70 dBa à l'exception de quelques pics ponctuels (Cf. Figure ci-dessous).

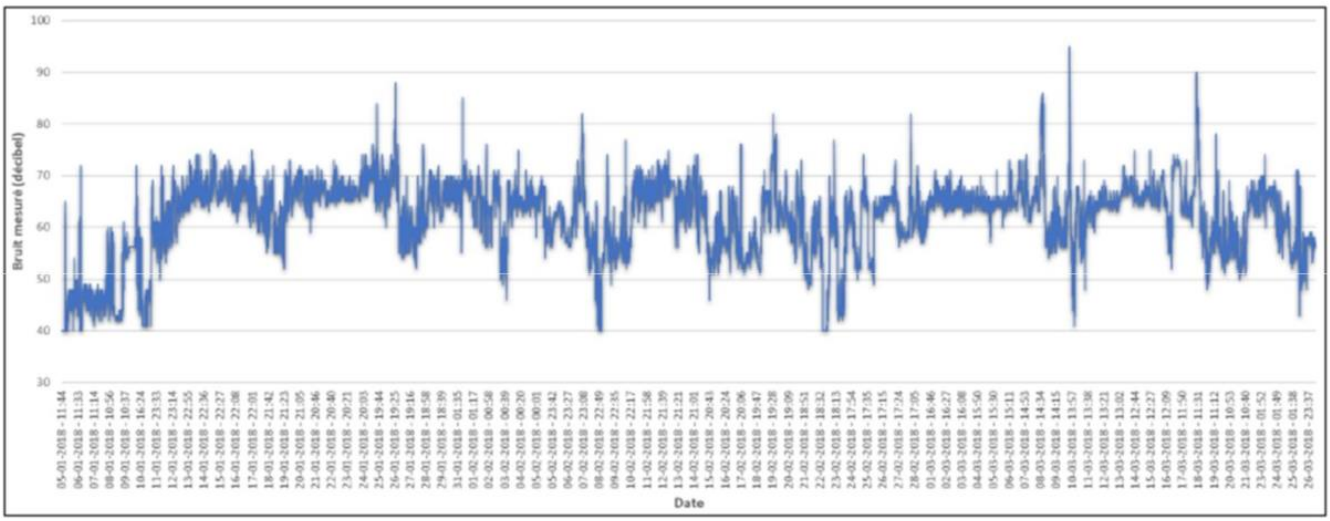


Figure 210 : Emergence sonore de machine de forage MR8000 mesurée en continu sur la période du 05/01/2018 au 27/03/2018 sur le site de Champigny-sur-Marne

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Si on reporte sur une image du site, sans préjuger des conditions réelles de chaque site, les valeurs moyennes de bruit émis par la machine (valeurs données à titre indicatif), on peut identifier les personnes et constructions pouvant être influencées par les bruits de forage :

- Le personnel exploitant de la chaufferie à proximité du chantier ;
- Les habitants de l'immeuble longeant le cours du ru de Montfort, mais également les habitats individuels et collectifs du quartier qui se trouvent à environ 300 m du site et peuvent être soumis à un bruit allant jusqu'à 45,5 dB ;
- Les élèves du Lycée polyvalent Suger, du collège Fédérico Garcia Lorca, de l'école primaire René Descartes, et de l'école maternelle Ru de Montfort ;
- Les piétons et cyclistes circulant rue du Maréchal Lyautey, ou Cours du Ru de Montfort, ainsi que dans les autres rues du quartier ;
- Les promeneurs ou habitants du Fort de l'Est.

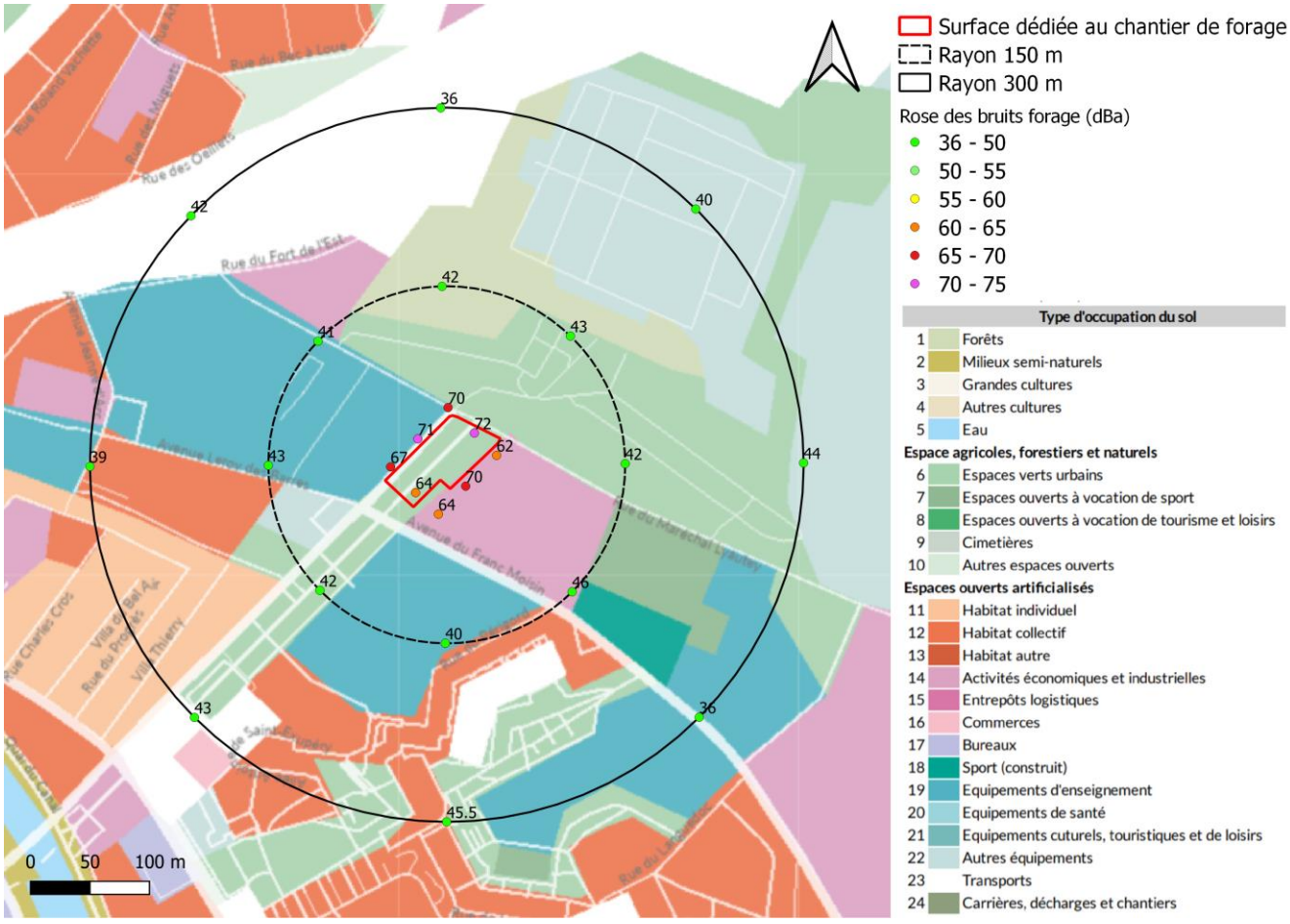


Figure 211: Rose des bruits de la machine de forage avec le Mode d'Occupation des Sol de l'Iau Idf, influence sonore de la machine de forage sur le site et sur son voisinage

Pour évaluer le degré d'émergence des bruits liés au forage, la rose des bruits de la machine envisagée est reportée sur la carte des relevés de bruit avec l'indice Lden et Ln de Saint-Denis de BruitParif (Cf. Figures ci-après).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Cette carte donne une moyenne des bruits mesurés la journée et la nuit avec une pondération pour le niveau sonore la nuit afin d'aboutir à une meilleure représentation de la gêne perçue par les riverains tout au long de la journée. Cet indice Lden est pris comme référence pour le niveau de bruit résiduel perçu sur la zone et à grande distance du chantier.

Les niveaux de bruit cumulés sur la journée (Indice Lden) évalués aux abords du site d'implantation sont compris entre 55 et 70 dB(A). La nuit, les niveaux de bruit sont compris entre 45 et 55 dB(A).

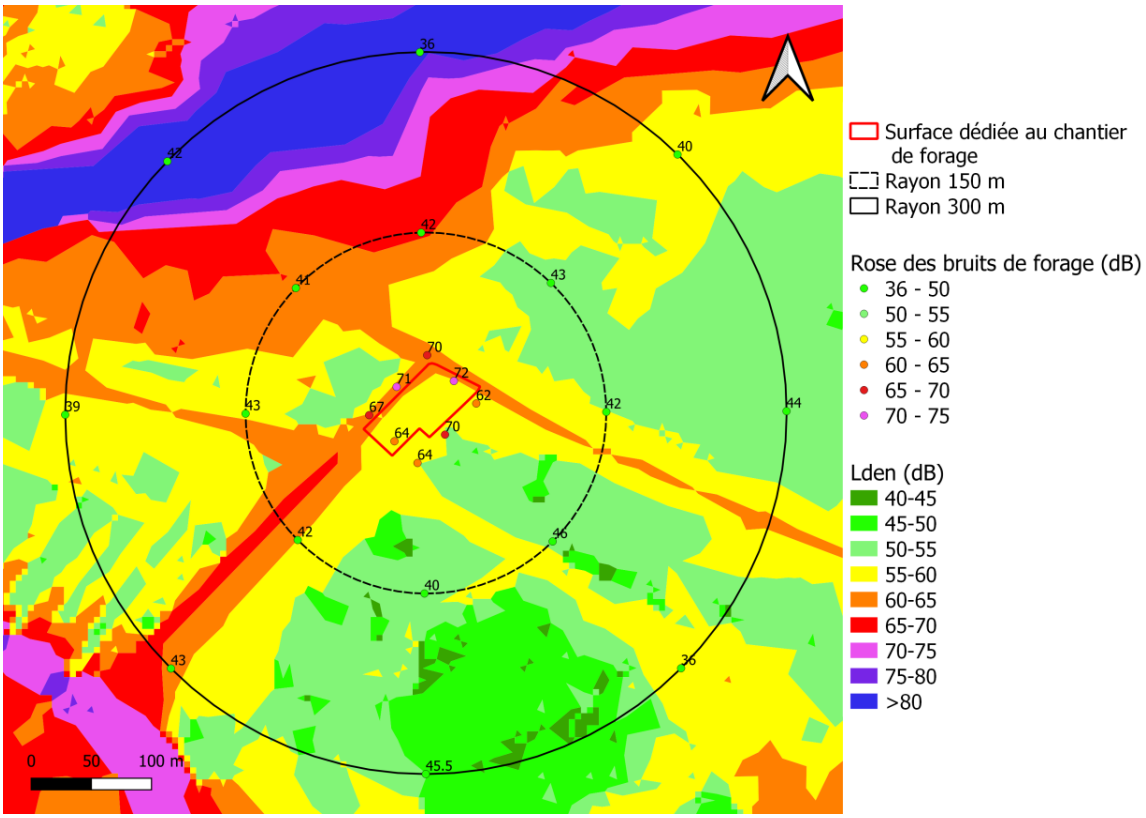


Figure 212: Rose des bruits du forage (points) avec la carte des relevés de bruit cumulé diurne Indice Lden (Bruitparif)

La comparaison entre le niveau de bruit résiduel et le niveau de bruit ambiant occasionné par l'appareil de forage (valeurs indicatives) ne montre aucune émergence liée à la machine de forage en journée dans un rayon de 150 m ou de 300 m. En revanche, aux abords du chantier, le bruit occasionné par la machine de forage émerge car le bruit résiduel est compris entre 55 et 70 dB alors que le bruit aux abords du chantier sera compris entre 62 et 72 dB. Durant la nuit, les valeurs d'émergence seraient plus importantes aux abords du site, avec une différence de près de 20 dB. À 150 et 300 m du chantier, il n'y aura a priori pas d'émergence.

Les habitations qui longent le Cours du Ru de Montfort, et la chaufferie Biomasse seront les plus impactées par les nuisances sonores du chantier, en période nocturne mais aussi en journée.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

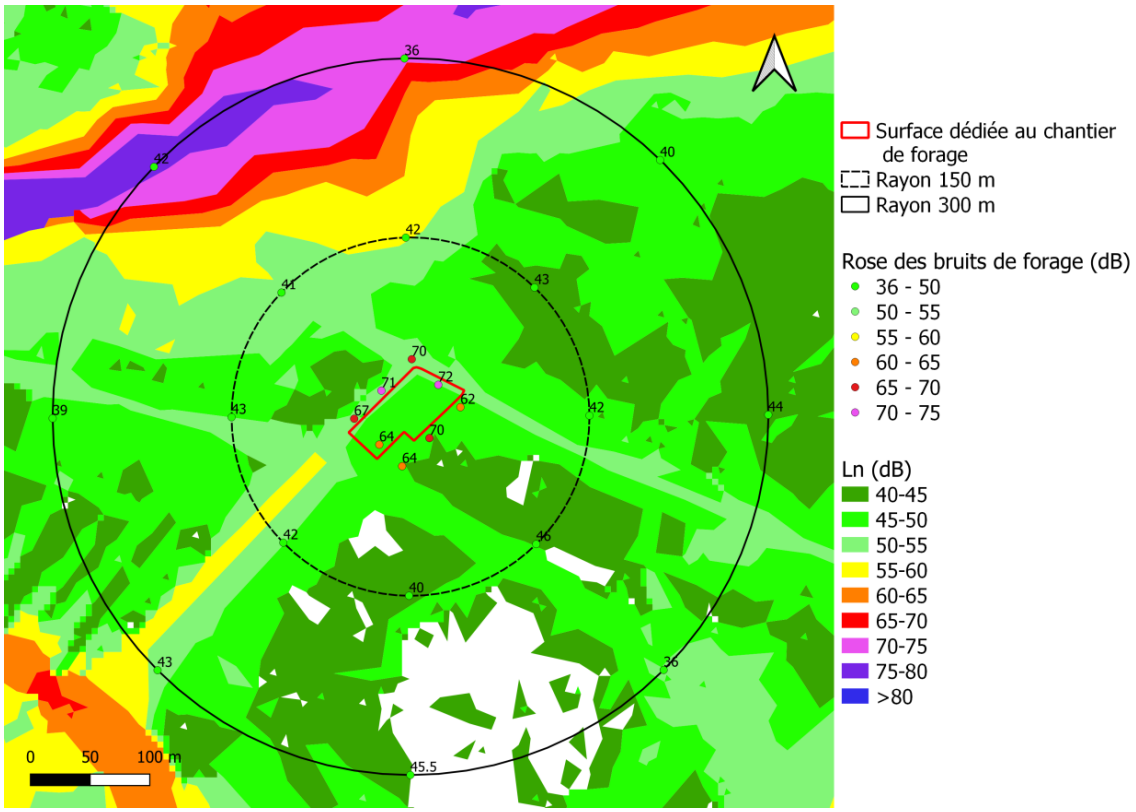


Figure 213 : Rose des bruits du forage (points) avec la carte des relevés du bruit ambiant cumulé nocturne Ln (Bruitparif)

Compte tenu du contexte ambiant relativement calme du quartier, les valeurs d'émergence occasionnées par l'activité du chantier sont importantes en limite immédiate du chantier, en particulier la nuit. En revanche, au-delà de la limite immédiate du chantier (rayons de 150 et 300 m), il n'y aura pas d'émergence liée à la machine de forage.

La gêne occasionnée concernera essentiellement les habitations du cours du Ru de Montfort et la chaufferie Biomasse, en particulier la nuit où les valeurs d'émergences sont plus importantes (jusqu'à 20 dB).

Des mesures seront donc nécessaires pour réduire le bruit aux abords du chantier afin de limiter l'impact sonore sur les habitations environnantes. Il conviendra donc de minimiser les transports de nuit et durant les jours de fin de semaine pour limiter les nuisances sonores liées à la logistique.

Un mur anti-bruit en paille ou sur structure gonflable sera mis en place (Cf. Figure 214) sur la voierie au niveau des places de parking le long du cours du ru de Montfort.

Préalablement au démarrage du chantier, il sera fait des mesures de bruits de référence de jour et de nuit par un organisme indépendant. L'objectif est d'une part de respecter les normes en vigueur et d'autre part de chercher à ne pas dépasser le niveau sonore ambiant.

Une information sera faite auprès des personnes concernées qui pourra être renouvelée avant chaque phase bruyante, afin d'exposer la nuisance à venir et ce qui est mis en œuvre pour diminuer la gêne.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Pour limiter les nuisances, les dispositions suivantes seront prises :

- Confinement et positionnement stratégique sur le chantier des équipements bruyants pouvant l'être (groupes électrogènes, compresseurs, etc.), notamment en les positionnant au plus près de la chaufferie biomasse ;
- Pour limiter l'impact sonore du chantier la nuit, les activités les plus bruyantes seront réalisées uniquement le jour (cimentation, évacuation des déchets...) ;
- La limitation des circulations de véhicules et définition des sens de circulation sur le chantier pour limiter l'usage des avertisseurs de recul ;
- La livraison de matériels ou de produits ne sera pas effectuée de nuit. Les transports de nuit concerneront essentiellement des véhicules légers du personnel ;
- Pour réduire les nuisances sonores dans le cadre des mesures compensatoires, les engins de chantier répondront aux normes antibruit en vigueur (circulaire relative aux bruits émis par des engins de chantier du 16 mars 1978)
- Éloigner et confiner, dans la mesure du possible, les équipements et activités bruyantes des riverains ;
- L'utilisation du chariot élévateur et du klaxon la nuit sera limitée au minimum pendant la nuit
- Accentuer la communication et la prévention auprès de la population sur le projet dans son ensemble et notamment exposer les mesures compensatoires qui sont envisagées ;
- Des mesures ponctuelles (jour, nuit, week-end) du bruit et des émergences sonores pendant les travaux, seront programmées à différents points (site, habitations) par un organisme de contrôle agréé.
- Le recours à l'alimentation électrique de la machine sera étudié et recherché par le maitre d'ouvrage afin de diminuer le temps de fonctionnement des moteurs thermiques des groupes électrogènes.

Dans le cas où le chantier entrainerait des dépassements des niveaux sonores réglementaires, des mesures seront mises en œuvre afin de limiter le bruit émergent du chantier et d'atteindre le plus bas niveau sonore qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. Des mesures en continu (jour, nuit) du bruit et des émergences sonores à différents points (site, habitations) par un organisme de contrôle agrée devront très probablement être appliquées.

Pendant les travaux, des bardages/panneaux insonorisant complémentaires (métal/mousse polyuréthanne/métal) sur 2-3 mètres de hauteur ou capotage rigide, pourront être mis en place si nécessaire autour des équipements (vibrateurs, pompe mixage, compresseur d'air et groupe électrogène) ou zones si les niveaux sonores réglementaires ne sont pas atteints avec les mesures ci-dessus.

Face à la proximité des habitations, le maître d'ouvrage pourra s'engager à intégrer la contrainte sonore dans le cahier des charges établi pour la réalisation des travaux. Elle constituera donc un critère de choix lors de la phase de consultation des entreprises de forage. L'option d'une machine de forage électrifiée sera demandée.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

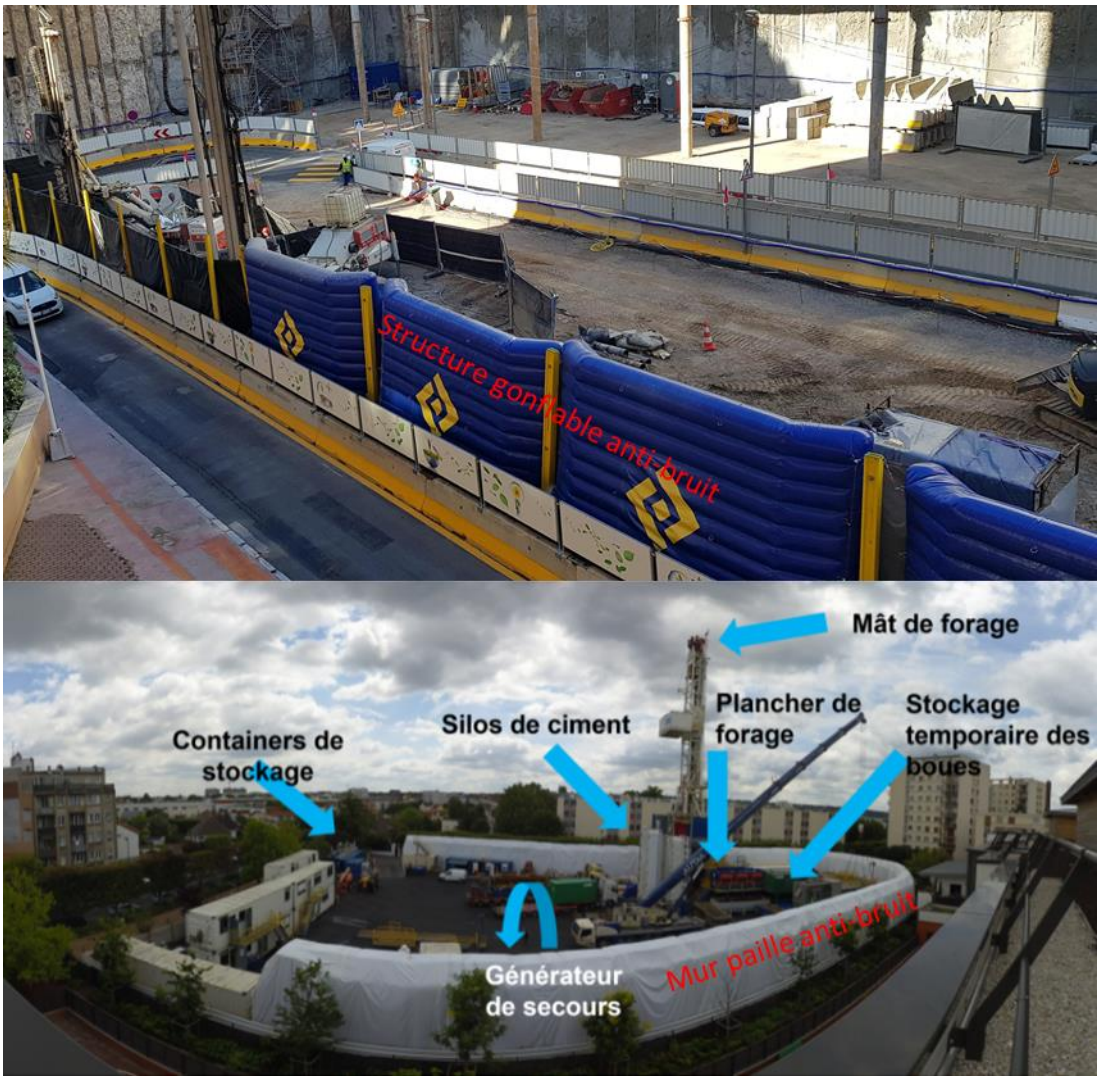


Figure 214 : Exemples de murs anti-bruit aux abords d'un chantier

Les nuisances sonores seront importantes en particulier pour les habitations le long du cours du ru de Montfort. Des mesures pour réduire l'émergence des bruits de chantier seront appliquées si le chantier entraine des dépassements des niveaux sonores réglementaires.

Des protections acoustiques pourront être nécessaires pour respecter les émergences en période nocturne. De ce fait, afin de limiter le bruit les mesures de réduction et d'évitement suivantes pourront être mises en place :

- ***MR06*** *: Pour réduire les nuisances sonores les engins de chantier répondront aux normes antibruit en vigueur (circulaire relative aux bruits émis par des engins de chantier).*
- ***MR07*** *: Mise en place d'un mur anti-bruit (hauteur 6 à 10 mètres) aux abords du site sur le cours du ru de Montfort.*
- ***MR08*** *: Une insonorisation ou isolation des éléments bruyants (moteurs, vibrateurs, génératrices et pompes) seront mises en place via un capotage ou des écrans acoustiques de divers éléments en cas d'émergence sonores importantes.*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- ***MR09** : L'option de l'utilisation d'une machine de forage électrifiée sera demandée lors de la consultation des entreprisse de forage. La faisabilité d'un raccordement au réseau électrique Enedis est en phase d'étude.*
- ***ME03** – Limitation des activités bruyantes et des livraisons en période nocturne.*
- ***ME04** – Configuration des bungalows de chantier : la mesure consiste à disposer les bungalows de chantier le long du Cours du Ru de Montfort afin de jouer un rôle d'écrans visuel et acoustique supplémentaire vis-à-vis de l'appareil de forage.*

5.4.2 Impact permanent et mesures associées

Au cours de l'exploitation, au droit des puits, les bruits seront issus de la circulation des fluides dans les canalisations. Au droit du puits de production, s'ajoutera le bruit provenant de la rotation du groupe de pompage immergé à une profondeur comprise entre 100 et 300 mètres. Leur position enterrée et la fermeture des caves conduiront à une forte atténuation de l'émergence de ces bruits.

En exploitation, les sources sonores associées aux forages seront nulles excepté au cours des opérations de maintenance des puits. Dans le cas d'intervention lourdes (exemple réhabilitation des ouvrages, les bruits générés par les travaux de maintenance sur les puits seront ceux des compresseurs, des moteurs thermiques, des camions et les bruits de chocs entre les outils métalliques utilisés par les intervenants. L'ensemble de ces engins sera conforme à la réglementation sur les émissions sonores.

Toutefois il est à noter que les horaires d'intervention auront lieu au maximum de 6h à 22h (soit deux postes de 8h) et dans la mesure du possible, programmées en périodes estivales.

Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de la centrale de production thermique seront conformes aux dispositions en vigueur les concernant en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier seront conformes à un type homologué.

Au niveau de la centrale géothermique, les sources de bruit liées à l'exploitation seront principalement :

- Les pompes de circulation : 80 dB(A) ;
- Les pompes à chaleur : entre 45 et 65 dB(A) ;
- Les transformateurs électriques : 70 dB(A).

Le système de ventilation, la pompe d'injection, les pompes à chaleur etc. seront confinés dans la centrale traitée acoustiquement, dont les matériaux et l'épaisseur des murs permettront d'atténuer le bruit afin de respecter la réglementation en vigueur.

Tous les équipements seront implantés à l'intérieur du bâtiment, aucune installation techniques ne sera située en extérieur sauf les puits de géothermie. Ces derniers ne se seront pas générateurs de nuisances sonores.

Le site respectera la réglementation liée au niveau sonore en limite de propriété. L'activité d'entreposage du site ne sera pas à l'origine de sources sonores intenses, les sources de bruits seront essentiellement liées à la circulation des véhicules (poids lourds, véhicules personnels).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les futures installations contiendront des installations situées en intérieur. En phase exploitation, le projet ne constitue pas une source de bruit et respectera les normes d'émissions liées aux dispositifs en ICPE.

Les nuisances sonores seront de courte durée en cas de travaux de maintenance avec un trafic routier légèrement augmenté ce qui générera une augmentation non-significative du bruit environnant. De plus, les travaux respecteront des horaires de chantier en semaine et une limitation des horaires de travail en fin de semaine et jours fériés sera acceptée explicitement par toutes les entreprises travaillant sur le chantier sauf cas de force majeure.

Les mesures de réduction et d'évitement suivantes pourront être mises en place :

- ***ME05*** *: Les équipements seront confinés dans le bâtiment de la nouvelle centrale qui sera traité acoustiquement et respectera les émissions sonores limites.*
- ***ME06 :*** *Les horaires d'intervention seront conformes à la réglementation en vigueur.*
- ***Rappel MR06*** *: Les engins de chantier seront conformes à un type homologué*
- ***MR10*** *-Dispositif d'atténuation des nuisances acoustiques : Si les mesures acoustiques mettent en évidence un dépassement des valeurs réglementaires, l'exploitant s'engagera à mettre en place des dispositifs d'atténuation pouvant être constitués, par exemple, par l'installation de silencieux sur les entrées d'air du bâtiment et/ou la mise en place d'un bardage supplémentaire (côté voile intérieur du bâtiment) au niveau des locaux les plus bruyants.*
- ***MR11*** *- Dispositif d'atténuation des vibrations : Les mesures suivantes pourront être mises en place pour limiter les vibrations générées par l'exploitation de la centrale : Découplage des machines tournantes via des compensateurs ou des supports spéciaux et pose des machines sur un tapis en caoutchouc.*

5.5 Chaleur et radiation

5.5.1 Impact temporaire et mesures associées

Pendant le chantier, les machines sont susceptibles de générer des émissions de chaleur dues à leur fonctionnement. Ces émissions sont toutefois négligeables.

Les conditions du milieu, aussi bien les couches géologiques que les aquifères, ne présentent pas de taux de radioactivité supérieur à la normale. L'excavation des boues et des déblais lors des forages n'exposera donc pas de matière ayant une radioactivité supérieure aux normes en vigueur.

L'utilisation d'un outil de diagraphie, pour mesurer la porosité du réservoir cible, utilisé ponctuellement à 2 reprises est le seul élément émetteur de radiation. Cet outil sera manipulé par une société qui dispose des droits et autorisations pour le transport et l'utilisation de l'outil.

Le chantier n'a pas d'effet significatif sur la chaleur et les radiations. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.5.2 Impact permanent et mesures associées

En phase d'exploitation, les propriétés adiabatiques des canalisations géothermales empêchent les transferts thermiques entre l'intérieur de la canalisation et l'extérieur. L'eau transporté dans les canalisations sera comprise entre 25 et 60°C.

En ce qui concerne les transferts radiatifs ; les eaux du Dogger présentent un taux de radioactivité négligeable.

Il est à noter que les eaux de boissons doivent présenter une DTI (Dose Totale Indicative) inférieure à 0,1 mSv/an, or l'eau géothermale du projet n'est pas destinée à la boisson et circulera en boucle fermée.

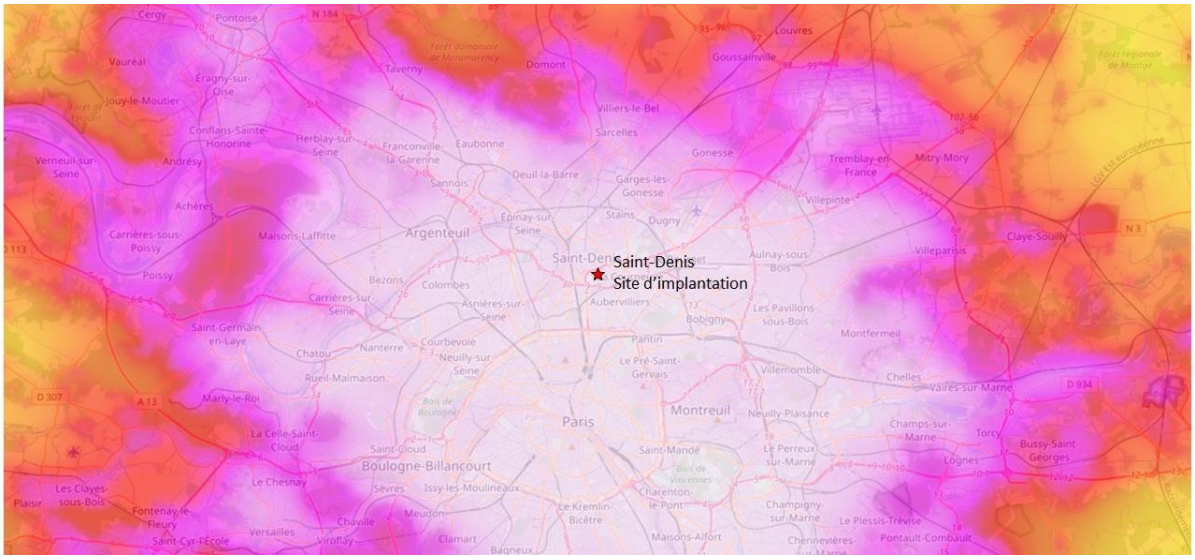
La diffusion de chaleur dans le sol sera réduite par la structure des ouvrages calorifugée et leur mode de pose. L'augmentation de la température du sous-sol sera non significative (quelques degrés sur quelques dizaines de centimètres). La chaleur émise sera trop basse pour engendrer des phénomènes de dégels de sols ou d'augmentation de la sécheresse.

En phase exploitation, les puits et la canalisation ne génèreront ni chaleur, ni radiation dans le milieu extérieur.

5.6 Emissions lumineuses et vibrations

Les émissions lumineuses de la zone d'étude sont principalement constituées par l'éclairage public, les habitations, les bureaux et les bâtiments tertiaires. Comme le montre la carte de pollution lumineuse ci-après, la commune de Saint-Denis est fortement impactée par la pollution lumineuse.

Le périmètre du projet ne se situe pas sur un site d'observation astronomique exceptionnel selon l'Arrêté du 27 décembre 2018 fixant la liste et le périmètre des sites d'observation astronomique exceptionnels en application de l'article R. 583-4 du code de l'environnement.



Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

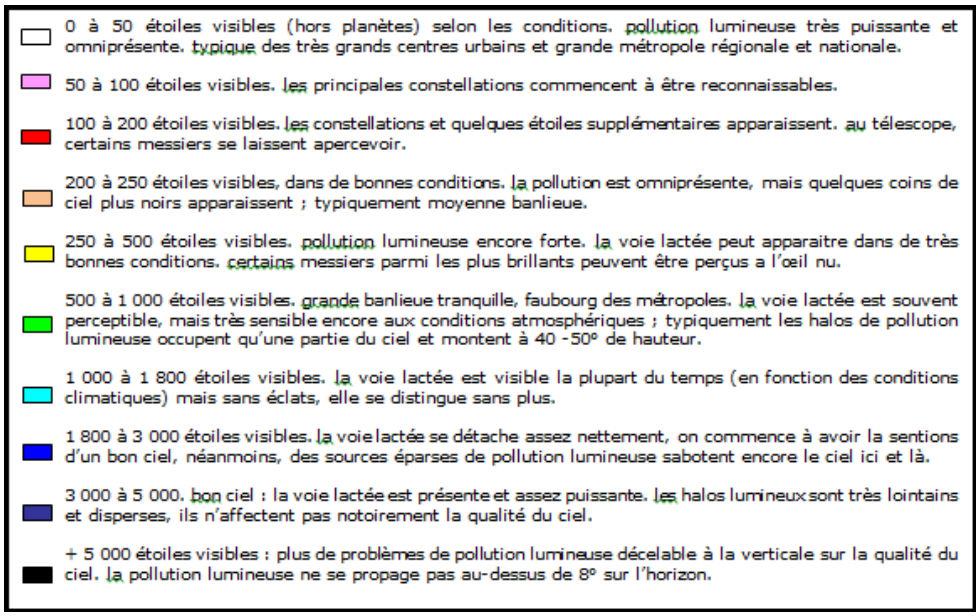


Figure 215 : Extrait de la carte de pollution lumineuse de France (avex-asso.org)

Pour mémoire, le site ne se situe pas dans :

- Un espace classé par les décrets de création des parcs nationaux mentionnés aux articles L. 331-2 et 331-46,
- Une réserve naturelle ou un périmètre de protection mentionnés aux articles L. 332-2 et L. 331-16,
- Un parc naturel régional ou parc naturel marin mentionnés aux articles L. 333-1 et L. 334-3,
- Un site classé ou inscrit mentionné aux articles L. 341-1 et L. 341-2,
- Un site Natura 2000 mentionné à l'article L. 414-1.

5.6.1 Impact temporaire et mesures associées

Une installation d'éclairage sera mise en place sur le chantier. Son dimensionnement permettra le travail nocturne (ou en cas de faible luminosité) dans des conditions de sécurité maximales. Elle concernera les zones de travail, les aires de stockage, les accès du chantier ainsi que son abord immédiat. Les projecteurs utilisés seront orientés de manière à supprimer tout risque d'éblouissement.

Le chantier sera éclairé 24h/24. Le mat de forage sera équipé de balise lumineuse (Cf. ME01) notamment pour l'éclairage de nuit conformément aux prescriptions de l'aviation civile.

Les travaux de réseaux ou sur la centrale fonctionneront sur des horaires essentiellement diurnes.

Pendant la phase de forage, l'utilisation de la technique de forage par rotary permet de limiter les vibrations par rapport aux autres techniques couramment employées que sont le forage par battage ou Marteau Fond de Trou. Le rotary permet un forage par rotation et broyage à vitesse lente. Les déblais sont entraînés vers la surface par la circulation d'un fluide de forage (boue de forage). Le forage interviendra au cours de 4 périodes qui correspondent à 4 phases de forage à des diamètres différents dans la construction des puits.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Chaque période de forage est suivie d'une période sans forage qui permet d'effectuer des mesures, des opérations de poses et cimentation du cuvelage. Le temps prévu au forage correspond environ à 1/3 de la durée totale du chantier. Les vibrations de la machine pendant le forage ne constituent pas une nuisance pour le personnel et sont peu ressentis sur le chantier. En plus de cela, la plateforme et l'avant-trou permettront d'amortir toute vibration éventuelle des engins de chantier. Le risque de vibration est donc à la fois limité dans le temps au chantier et est faible.

Le chantier sera éclairé et ne sera pas générateur de vibrations intenses. L'impact lumineux du chantier sera négligeable au regard du contexte lumineux environnant.

5.6.2 Impact permanent et mesures associées

En phase exploitation, les têtes de puits et la canalisation étant en souterrain, aucun éclairage ne sera imposé. Si des opérations de maintenance devaient avoir lieu la nuit sur les installations ou le réseau, le site sera éclairé et les engins équipés d'éclairage suffisant pour assurer les conditions de sécurité travailleurs et riverains.

L'exploitation de la centrale géothermique sera susceptible de générer des vibrations.

Les émissions lumineuses se limiteront à l'éclairage de la centrale et de sa zone d'accueil. D'autre part, l'éclairage des lampadaires sera dirigé vers le sol ce qui limitera l'éblouissement vers l'extérieur du site.

Au vu de l'état initial de la zone d'étude, et compte tenu de la distance séparant le site des premières habitations ou des espaces protégés, le projet n'aura pas d'impact significatif sur les vibrations et les émissions lumineuses émises sur le voisinage en phase exploitation.

5.7 Effets sur la qualité de l'air

Les rejets atmosphériques de la zone considérée sont principalement dus à la circulation routière : axes routiers (A86 Cf. Paragraphe 4.5.15) et au chauffage des habitations.

5.7.1 Bilan carbone d'un chantier de forage

En 2011, CFG a réalisé un bilan carbone dans le but de mettre en évidence les émissions générées par le forage d'un doublet géothermique (notamment celui de Chennevières sur Marne) en comptabilisant les émissions de dioxyde de carbone et non l'ensemble des principaux gaz à effet de serre comme le précise la méthode de l'ADEME. Selon l'ADEME, la méthode bilan carbone® comptabilise les émissions de gaz à effets de serre de l'ensemble des activités d'une organisation.

A noter que la consommation donnée correspond à celle de la société de forage ainsi qu'a plusieurs entreprises de services : déviation, diagraphies, géologie, boue et cimentation. La phase de mise en place du chantier n'a pas été prise en compte.

Pour la réalisation du doublet de forage de Chennevières en 88 jours, une consommation totale d'environ 343 075 litres de gasoil (soit une consommation moyenne d'environ 4 000 litres de gasoil par jour) a été calculée.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Pour obtenir l'équivalent de la consommation de gasoil en CO_2, selon l'ADEME « la combustion d'un litre de gasoil émet en moyenne 2,63 kg de CO_2 ». Ce qui donne un résultat en tonnes équivalent Carbone de : 902 287 kg éq. C ou 902,3 tonnes éq. C.

A ce chiffre, s'ajoute les informations relatives aux sociétés de recyclage des boues de forage et de cimentation. La société de recyclage des boues a fait son propre bilan carbone, et la société de cimentation a fourni les informations concernant le nombre et la consommation de leurs camions de livraison :

- La société chargée de la cimentation a utilisé 20 camions pour le doublet qui ont chacun parcouru environ 100 km (aller-retour) avec une consommation moyenne de 10 litres pour 100 km, représentant une émission d'environ 1 tonne éq. C.
- Pour le recyclage des boues de forage, la société a fourni son propre bilan carbone portant leurs émissions à approximativement 17,6 tonnes éq. C.

Pour le chantier de Saint-Denis, la durée des travaux de forage sera d'environ 91 jours. Le bilan total d'émissions de dioxyde de carbone du chantier de forage devrait donc plutôt s'approcher de 1 048 tonnes équivalent Carbone (Cf. Tableau ci-dessous).

Activité sur le chantier	Nombre estimé de camions ou consommation de gasoil	Distance du site d'approvisionnement par rapport au chantier	Consommation gasoil en eq.C
Amenée de l'appareil de forage	60 camions dont 40 pour le rig de forage et 20 pour les sociétés de services	400 km aller-retour pour le rig et 1600 km pour les sociétés de services par camion	-4,2 tonnes pour le rig (10*4*40*2,63) -8,4 tonnes pour les autres sociétés (10*16*20*2,63)
Livraison des tubages	30 camions par puits	1600 km aller-retour par camion en provenance Allemagne (Hannovre)	25 tonnes (10*16*30*2*2,63)
Forage du doublet	Environ 4000 L de gasoil par jour pour 91 jours de forage		957 tonnes
Traitement des effluents et boues de forage pour le doublet	Environ 17,6 tonnes pour le doublet de Chennevières soit un arrondi de 20 t		20 tonnes
Pendant les opérations de cimentations et diagraphies	25 camions par puits	1600 km aller-retour par camion en provenance Sud-Ouest (Pau)	21 tonnes (10*16*25*2*2,63)
Repli de l'appareil de forage	60 camions dont 40 pour le rig de forage et 20 pour les sociétés de services	400 km aller-retour pour le rig et 1600 km pour les sociétés de services par camion	-4,2 tonnes pour le rig (10*4*40*2,63) -8,4 tonnes pour les autres sociétés (10*16*20*2,63)

Tableau 58 : Bilan des émissions en équivalent carbone pour la durée du chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.7.2 Impacts temporaires et mesures associées

Les principaux rejets atmosphériques susceptibles d'altérer la qualité de l'air lors des travaux sont les suivants :

- **Les poussières** :

Elles sont générées par la circulation des engins de chantier sur les voies d'accès et la plate-forme à tous les stades des travaux : génie civil, forage, remise en état, tranchées. Ces envols de poussières seront tributaires des conditions météorologiques (particulièrement les périodes sèches et ventées) et concerneront essentiellement :

- Les mouvements des engins mobiles d'extraction,
- La circulation des engins de chantiers (pour le chargement et le transport),
- Les travaux d'aménagement et de construction.

La circulation répétée des engins de chantier et des véhicules de transport en particulier constituera une source de formation de poussières pendant la phase travaux, par l'érosion des pistes de circulation, par la remise en suspension dans l'air de poussières retombées au sol, et par leur vitesse de projection dans l'atmosphère. De même, lors de forts vents, les poussières au sol pourront être soulevées par les turbulences et remises en suspension dans l'air.

Cependant, les dimensions des poussières produites seront telles que la plus grande partie retombera au sol à une distance relativement faible du point d'émission par des conditions de vents normales.

Le chantier ne générera pas de fumées de nature à générer des pollutions. Tout brûlage sur les chantiers sera interdit. Par ailleurs, la consultation pour la réalisation des travaux se fera au maximum auprès d'entreprise locales et respectueuses de l'environnement (certification ISO).

- **Les gaz d'échappements des moteurs thermiques :**

Les principaux rejets concerneront les gaz de combustion des carburants (engins de chantier et groupes électrogènes alimentant l'appareil de forage).

Les gaz émis seront essentiellement du gaz carbonique CO_2, du monoxyde de carbone CO, du dioxyde d'azote NO_2, des hydrocarbures imbrûlés (HC, NOX, HAP), de l'ozone O_3 et des poussières (suie de diesel). Il s'agit principalement des engins diesel mobiles de type engins de terrassement, compacteurs, etc. Les gaz émis dans l'atmosphère sont des polluants liés à la combustion de carburant, comme les oxydes d'azote, les composés organiques volatils, les particules fines etc.

Ces polluants se transformeront dans l'atmosphère en polluants secondaires par réactions chimiques. La dispersion et la transformation de ces polluants dépendent de nombreux paramètres, météorologiques et chimiques. Ces émissions sont donc variables et deux paramètres sont essentiels : la performance des véhicules (âge de la flotte, entretien des véhicules, etc.) et les pratiques de conduite des conducteurs.

A noter que les émissions liées au trafic générées en dehors du site dépendent du nombre de kilomètres parcouru par les camions et de la consommation de carburant associée. Ceux-ci respecteront les normes européennes qui fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules routiers. Le trafic des camions est explicité plus précisément dans le paragraphe 5.2 de la présente étude d'impact.

Les émissions et les rejets gazeux resteront toutefois négligeables par rapport aux émissions générées par la circulation automobile. Par ailleurs, il convient de signaler qu'aucun obstacle ne viendra entraver la libre circulation de l'air au niveau des échappements et ne créera de phénomène de confinement. Pour réduire les

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

nuisances liées au gaz de combustion des moteurs, les engins de chantier répondront à la réglementation en vigueur concernant les émissions des gaz d'échappement.

Afin de limiter les émissions atmosphériques des engins, le maître d'ouvrage pourra imposer des instructions particulières et actions de sensibilisation dans les cahiers des charges des entreprises chargées des travaux (entretien et contrôle périodique des véhicules mis en œuvre sur le chantier, arrêt des moteurs des engins en stationnement en cas d'arrêt prolongé, vérification du respect des règles de conduite).

Les mesures de réduction et d'évitement suivantes seront mises en place :

- ***MR12*** *- Le chantier sera arrosé pour limiter l'émission de poussières en période sèche. L'arrosage de la plate-forme de forage sera réalisé lors des périodes sèches et ventées pour limiter l'émission et la dispersion des poussières, notamment si les travaux sont réalisés en période estivale.*
- ***MR13*** *- Propreté du chantier : cette mesure vise à limiter les impacts négatifs liés aux phénomènes de charriage de boues et poussières via les engins de chantier. Des aires de lavage de roues seront installées en sortie de chantier. En cas de vent fort, les camions transportant des matériaux seront couverts afin d'éviter les risques d'émissions de poussières. De plus, des aires de rangements de matériaux de chantier seront clairement définies et un balayage régulier sera mis en place.*
- ***MR14 –*** *Les véhicules et engins de chantier circuleront à vitesse réduit aux abords et sur le chantier.*
- ***ME07*** *- Mise en place d'une plateforme en béton : cette mesure vise notamment à éviter les émissions de poussières engendrées par le vent ou le passage répété des engins de chantier.*
- ***ME08*** *: Afin de réduire l'impact environnemental des émissions atmosphériques liées aux travaux, les engins seront équipés de pot d'échappement catalytique ou de filtre à particules répondant à la réglementation sur les Engins Mobiles Non Routiers. Les engins seront entretenus régulièrement.*

- **Les gaz géothermaux** :

A noter que les travaux de forage engendreront le dégagement de gaz nocifs tel que le sulfure d'hydrogène H2S. Compte tenu de la toxicité de certains gaz géothermaux, ce point fait l'objet d'un chapitre particulier dans le paragraphe (Cf. Paragraphe 7.1.2.3 relatif à la protection contre le sulfure d'hydrogène (H2S).

L'hydrogène sulfuré (H2S), contenu dans le fluide géothermal, dégage une odeur désagréable à des faibles concentrations. Son odeur est perceptible dès 0,02 à 0,1 ppm (0,03 à 0,14 mg/m^3), selon l'INRS. Cette perception de l'hydrogène sulfuré à très faible concentration est souvent responsable de nuisances olfactives, mais ne représente pas de risques pour la santé en cas d'exposition accidentelle à une très faible concentration, selon l'échelle des seuils des effets toxiques donnés par l'INERIS et le Ministère du Travail.

En cas de venue d'un bouchon gazeux, le puits sera immédiatement fermé (obturateur de puits), et la société de forage procédera à son évacuation contrôlée à très faible débit.

Les émanations les plus importantes sont liées aux phases de dégorgement artésien et/ou air lift lors des essais, en particulier au terme des phases de stimulation acide du réservoir en fin de forage. Elles seront effectuées suivant des horaires appropriés (en journée), et seront précédées obligatoirement d'une réunion de sécurité du personnel. D'autre part, en vue d'atténuer et de neutraliser les odeurs, il sera procédé à l'injection d'hypochlorite de soude ou oxydant puissant.

Ce gaz a toutefois la particularité de s'accumuler dans les points bas, compte tenu de sa densité 1.19, ou les milieux confinés. En cas de fuite non maîtrisée, le « nuage » d'H2S qui pourrait s'accumuler se fera dans les milieux bas confinés et dans les caves enterrées accueillant les têtes de puits.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La mise en place de ventilateurs aux endroits où le fluide géothermal arrivera en surface (plancher et bacs de l'appareil de forage) pourra être faite si nécessaire. Cette aération constante du site pendant cette phase permettra de diluer et d'orienter les gaz à l'opposé des habitations les plus proches et empêchera toute concentration du gaz. Les riverains seront informés, au début et au cours des travaux, des risques liés au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas d'éruption de sulfure d'hydrogène.

Toutefois, compte tenu de la toxicité du sulfure d'hydrogène, des mesures spécifiques et consignes seront prises par le maitre d'ouvrage : installation d'appareil de détection, mise en place d'une manche à air en un lieu visible de tous les points du chantier.

Les mesures de protection et de prévention réductions qui suivent décrivent plus en détail les précautions et protocoles cités contre les gaz géothermaux et notamment l'H2S *(Cf. paragraphe 7.1.2.3)*.

- ***MR15*** *– Neutralisation et inhibition du H_2S : lors des phases de forage, les boues permettent de maintenir une pression au-dessus du point de bulle qui limite les émanations de gaz lorsqu'il est en faible concentration. L'utilisation d'une boue avec un pH basique permet de neutraliser et d'inhiber la formation d'H_2S à partir du soufre dissous dans l'eau. Une chaine de neutralisation des odeurs sera mise en place pendant la phase finale des essais de puits.*
- ***ME09*** *– Mise en place de détecteurs H_2S : ils seront couplés à des alarmes sonores et visuelles aux seuils de 5 et 10 ppm, et localisés à proximité du rig (plancher, bacs, flowline…) et à des endroits clef notamment en bordure de plateforme de façon à surveiller la concentration dans l'air aux limites du chantier. Ils permettront notamment d'assurer un contrôle continu des concentrations en H2S dans l'air ambiant pendant la durée du forage et des essais. Ils permettront également le déclenchement d'une alarme et l'évacuation du chantier si nécessaire. Le personnel encadrement et les personnes à risques porteront des capteurs portatifs.*
- ***ME10*** *– Mesures de Sécurité : Le personnel sera informé au début des travaux, des risques liés au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas de teneur élevée de sulfure d'hydrogène et d'alarme. Une manche à air sera mise en place en un lieu visible de tous les points du chantier. Des réunions de sécurité quotidiennes auront lieu en phase d'essais de fin de forage. La localisation et la désignation de points de rassemblements et d'appareils d'assistance respiratoire seront rappelées. Le port de masque et de bouteilles à oxygène (assistance respiratoire) seront disponibles sur chantier au besoin. Aucune visite de site ou de chantier ne pourra se tenir pendant les tests de la phase finale de forage.*
- ***ME11*** *– Présence de Blocs d'Obturation des Puits (BOP) : un BOP sera installé à l'extrémité de chaque puits, en cas de remontée non prévue d'un fluide (eau de l'aquifère ou gaz), le BOP se déclenche et ferme le puits stoppant ainsi la remontée d'un fluide sans intervention nécessaire du personnel.*

En phase chantier, les rejets atmosphériques (poussières, gaz combustion et géothermaux) seront limités et de courte durée. Ces rejets minimes, seront augmentés durant les travaux avec une légère augmentation du trafic routier (engins de chantier) sur le site. Le site sera naturellement ouvert et ventilé et les émissions resteront négligeables par rapport à celles de la circulation routière environnante et des autoroutes A1 et A86.

Les détecteurs à H_2S permettront le déclenchement d'une alarme et l'évacuation du chantier si nécessaire. Les dispositions et les consignes seront précises et rigoureuses, notamment pendant la phase des essais de fin de forage, et procèdent d'une pratique courante par la profession. En outre, l'opération de Saint-Denis

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

fera appel à un personnel expérimenté en la matière, l'essentiel de ses activités concernant le forage pétrolier, singulièrement plus dangereux s'agissant d'émanations toxiques et inflammables.

5.7.3 Impacts permanents et mesures associées

Le projet de la boucle géothermale exploitera une ressource locale, renouvelable et non émettrice de gaz à effet de serre. En exploitation, les effets du projet sur la qualité de l'air sont limités aux émissions de la chaufferie. Les chaudières gaz seront utilisées en complément de la géothermie et la géothermie sera privilégiée ce qui permettre la réduction des émissions de gaz à effets de serre dues au chauffage du réseau.

Les rejets industriels liés à la chaufferie resteront inchangés par rapport à la situation actuelle et font l'objet d'une autorisation ICPE.

Concernant les rejets issus des chaudières du Fort de l'est fonctionnant au gaz naturel et biomasse, ces dernières seront susceptibles d'émettre du CO_2, des NOx, du CO ou des cendres et des poussières. Ces rejets sont actuellement rejetés par les cheminées atteignant jusqu'à 37 et 42 m de hauteur (Cf. Figure suivante). Ils sont contrôlés en permanence et vérifiés régulièrement ; ils sont conformes aux règlementations en vigueur.

Figure 216 : Chaufferie gaz et biomasse du Fort de l'Est et leur cheminée

Les chaudières seront quant à elles visées par l'arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910 et 3110. Ces valeurs respectent les débits d'éjection et les valeurs seuils limites d'émission de l'arrêté n°2016-2291 du 27 juillet 2016 et de l'arrêté complémentaire de février 2022 (Cf. Annexe 8.6).

Les chaudières fonctionnent au bois (plaquettes et broyat non traités), au gaz naturel, l'activité du site ne sera pas à l'origine d'odeur particulière. L'entretien régulier et le suivi des chaudières permettra de limiter les émissions de polluants. En outre, les chaudières sont contrôlées conformément à la réglementation en vigueur.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Concentrations instantanées en mg/Nm3	Conduit gaz 1	Conduit biomasse	Conduits gaz 2 et 3
Concentration en O_2 de référence	3%	6%	3%
Poussières	5	15	5
SO_2	35	200	35
NO_X en équivalent NO_2	100	250	80
CO	100	200	100
HAP	0,01	0,01	0,01
COVNM (en carbone total)	50	50	50
NH_3	-	15	-
HCl	-	10	-
HF	-	5	-
Dioxines et furanes	-	$0,1.10^{-6}$ I-TEQ	-
Cadmium (Cd), mercure (Hg), thallium (Tl) et leurs composés	-	0,05 par métal et 0,1 pour la somme exprimée (Cd+Hg+Tl)	-
Arsenic (As), sélénium (Se), tellure (Te) et leurs composés	-	1 pour la somme exprimée (As+Se+Te)	-
Plomb (Pb) et ses composés	-	1 exprimé en Pb	-
Antimoine (Sb), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre	-	5 pour la somme exprimée (Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+N	-

Tableau 59 : Concentrations en polluants autorisées pour l'exploitation des chaufferies du Fort de l'Est

Les concentrations en polluants sont exprimées en milligrammes par mètre cube sur gaz sec. Le débit des effluents gazeux ainsi que les concentrations en polluants sont rapportés à une teneur en oxygène dans les effluents en volume de 3 à 6%.

Pour ce qui concerne le fonctionnement général de la centrale de production géothermique, il n'induit pas de rejet dans l'atmosphère. Elle est composée d'installations qui fonctionneront en circuit fermé. La ventilation des locaux respecte les normes en vigueur.

La boucle géothermale fonctionne à une pression supérieure à la pression de point de bulle, il n'y a donc pas de production de gaz en cours d'exploitation. Toute perte d'étanchéité de la boucle nécessite une réparation dans les plus brefs délais.

Certains types de travaux comme une acidification douce d'un puits pourront être à l'origine d'une formation de gaz s'échappant à l'atmosphère et notamment de l'hydrogène sulfuré (H_2S), contenu dans le fluide géothermal. Ce gaz dégage une odeur désagréable à des faibles concentrations, perceptible dès 0,02 à 0,1 ppm (0,03 à 0,14 mg/m^3), selon l'INRS. Cette perception de l'hydrogène sulfuré à très faible concentration est souvent responsable de nuisances olfactives, mais ne représente pas de risque pour la santé en cas d'exposition accidentelle à une très faible concentration, selon l'échelle des seuils des effets toxiques donnée par l'INERIS et le Ministère du Travail.

Les mesures de prévention et de sécurité pour les riverains et le personnel proche des émanations seront décrites dans le PPSPS concerné (Voir exemple en Annexe 8.11).

Les phases de travaux de maintenance seront source d'émission de poussières et de gaz polluants liés à l'utilisation d'engins de chantier. Les émissions de gaz d'échappement (principalement monoxyde d'azote, oxydes d'azote et particules) issues des véhicules légers liée aux véhicules des personnels en charge de l'exploitation et des véhicules de livraison des produits sera négligeable au regard du trafic routier sur les principaux axes de communication recensés à proximité du site.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Il est à noter que l'ensemble du projet (puits géothermiques, centrale géothermique et réseau de chaleur) sera bénéfique vis-à-vis de l'air et du climat. En effet, les installations continueront de desservir les logements et permettra d'éviter l'émission à minima de 7500 tonnes de CO_2 par an et par rapport à un réseau classique gaz.

En phase exploitation, le projet n'aura pas d'effet significatif sur la qualité de l'air par rapport à la situation actuelle. La boucle géothermale fonctionnera en circuit fermé et la pression de point de bulle sera respectée afin de limiter le dégazage du fluide géothermal. L'utilisation de la géothermie permet la réduction des émissions de gaz à effets de serre.

5.7.4 Plan de protection de l'atmosphère (PPA)

Le Plan de Protection de l'Atmosphère a pour objet de définir les actions permettant de ramener les concentrations en polluants dans l'air ambiant sous des valeurs assurant le respect de la santé des populations (valeurs réglementaires définies dans le Code de l'environnement). **Il a pour emprise le périmètre territorial de la région Ile-de-France.**

Le PPA de l'Ile-de-France a été élaboré en concertation avec 4 collèges concernés par l'amélioration de la qualité de l'air : services de l'état, collectivités territoriales, associations et professionnels concernés. Il a été approuvé le 31 Janvier 2018.

Le plan d'action défini définit 11 mesures réglementaires dont 4 mesures applicables au domaine de l'industrie, présentées dans le tableau suivant. Les actions réglementaires visent les problématiques liées à la combustion, au transport, à la prise en compte de la qualité de l'air dans la planification ainsi que l'amélioration des connaissances.

Les mesures prévues concernant le domaine de l'industrie sont les suivantes :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Mesure règlementaire	Situation du site
1. Renforcer la surveillance des installations de combustion de taille moyenne (2 à 50 MW).	Le site dispose d'installations de combustion de puissance totale de 99,5 MW (chaufferie gaz 43 MW, et appoint 28 MW et biomasse 28,5 MW).
2. Réduire les émissions de particules des installations de combustion à la biomasse et des installations de co-incinération de CSR.	Le projet dispose déjà de chaudières à gaz et biomasse. Ces installations sont régulièrement entretenues et les rejets en poussières et cendres etc…sont surveillés.
3. Réduire les émissions de Nox, issues des installations d'incinération d'ordures ménagères ou de co-incinération de CSR.	Le brûlage des déchets plaquettes de bois et de broyat non traité est limité en volume. Les polluants sont limités en flux annuel global (kg/an)
4. Réduire les émissions de Nox des installations de combustion et des installations de co-incinération de CSR et biomasse.	Le site dispose déjà d'installations de combustion de gaz naturel. Les anciens brûleurs ont été remplacés par des brûleur bas Nox. Ces installations sont régulièrement entretenues et les rejets sont surveillés pour ne pas dépasser les limites autorisées.

En conclusion, le projet de Saint-Denis et notamment les chaufferies du Fort de l'Est continueront de respecter les dispositions du PPA d'Ile-de-France et les valeurs seuils limites d'émission de l'arrêté préfectoral n°2016-2291 du 27 juillet 2016 et le futur arrêté complémentaire datant de février 2022 (Cf. Annexe 8.6).

5.8 Effets sur la gestion des déchets et la propreté du site

5.8.1 Risques

Les déchets ou les effluents produits par les chantiers de forage ou pendant des travaux de maintenance en phase d'exploitation sont les suivants :

- Résidus de boue de forage,
- Déchets industriels banals (D.I.B) notamment les déblais de forage (cuttings) et déchets métalliques (tricônes, raccords…),
- Eaux géothermales et eaux de ruissellement,
- Déchets ménagers et assimilés,
- Déchets spéciaux (hydrocarbures, traitement inhibiteur de corrosion, etc.)

Le risque d'atteinte à la santé des travailleurs provient de l'ingestion, du contact ou de l'inhalation de produits pétroliers (carburants et lubrifiants) ou de produits chimiques stockés sur le site ou présents dans les boues et

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

les déblais. Il est à noter que les boues, fabriquées essentiellement à partir d'argile naturelle et de bio polymères ne présentent pas de danger pour la santé humaine.

Dans le contexte décrit, le risque d'atteinte à la santé des travailleurs par les déchets des chantiers apparaît très peu probable, mais le maitre d'ouvrage veillera néanmoins à la salubrité du site durant la période des travaux.

Figure 217 : Signalisation sur chantier

Dans le contexte tel qu'il est prévu (Cf. Paragraphes 5.13 et 7.1.2), le risque d'atteinte à la santé des riverains par les déchets des chantiers ou d'exploitation apparaît peu probable, mais le maître d'ouvrage veillera néanmoins à la salubrité du site durant la période des travaux et au cours de son exploitation.

Les travaux sur le réseau sont généralement générateurs de déblais et de terrassement.

5.8.2 Gestion des déchets et des effluents du chantier

- **Boue de forage et déblais :**

Les déchets produits par le chantier des forages seront principalement liés à la production de déblais de forage (cuttings). Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boue) qui serviront d'une part à la remontée des déblais solides et, d'autre part, au refroidissement et à la lubrification des équipements en rotation, feront l'objet de mesures de précautions particulières.

La boue de forage sera composée d'eau du réseau d'eau de ville, d'argile naturelle inerte (bentonite) et d'additifs complémentaires (viscosifiants, bactéricides…). En phase de forage, les boues circuleront dans un circuit étanche, partiellement à l'air libre au niveau des vibrateurs et des bacs à boue. Il est à noter que ces boues ne présentent pas de danger pour la santé humaine.

Lorsqu'elles ne seront plus utilisées, les boues subiront sur site un traitement physico-chimique par centrifugation et coagulation. Les phases liquide et solide seront séparées :

- La phase solide (déblais) sera évacuée par camion et traité dans un centre de traitement agréé ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- La phase liquide sera, soit mise en citerne puis envoyée dans un centre de traitement, soit évacuée dans le réseau d'assainissement (conformément à la réglementation en vigueur et aux termes de la convention de rejet qui en gérera, le cas échéant, les modalités).

Il pourra être décidé de travailler sans bourbier mais à l'aide de bacs étanches en aciers (bacs poubelle ou demi-lune) d'un volume compris entre 500 et 1000 m^3, destiné à recueillir l'eau géothermale en cours d'essai.

- **Déblais et autres déchets industriels (DIB) :**

Les DIB, désignent l'ensemble des déchets non inertes et non dangereux générés par les entreprises, industriels, commerçants, artisans et prestataires de services ; ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre, textiles, bois, plastiques, etc.

Le chantier produira peu de déchets métalliques et de ferrailles. Ceux-ci seront constitués pour l'essentiel des tricônes usés, des élingues et câbles métalliques réformés, des protecteurs métalliques de tubage et des chutes (découpes) de tubage. Ces déchets seront transférés vers une entreprise récupérant les métaux.

Figure 218 : Stockage des déchets sur un site

Les abords du chantier et les installations de chantier seront tenus parfaitement propres (absence de papiers, de détritus, de ferrailles, de bidons...). Les déchets seront collectés et transportés quotidiennement vers la déchetterie la plus proche. Cette prestation sera à la charge de l'entreprise de forage. Le volume concerné sera faible et un tri sélectif (papiers et cartons, verre et bouteilles plastiques) sera demandé à l'entreprise de forage.

Les déblais qui auront été contaminés accidentellement par des hydrocarbures seront évacués vers des décharges qui acceptent ce type de déchet.

Figure 219 : Bacs de rétention et stockage d'huile sur un chantier

Le stockage d'huiles, d'hydrocarbures et de tout autre produit toxique ou polluant pour les eaux est interdit en dehors des emplacements aménagés à cet effet (citerne double enveloppe, aire étanche et couverte).

Des bacs de rétention (éventuellement des bacs gonflables) seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les produits de vidange ou issus de fuites (hydrocarbures, huiles de graissage, solvants, etc.) ne devront pas entrer en contact avec les milieux naturels. Ces produits, ainsi que les terrains qu'ils auraient accidentellement souillés, seront récupérés et acheminés vers des sites de récupérations agréés.

Sur les installations de chantier, des dispositifs de protection seront mis en place pour les aires de stationnement et d'entretien des engins (bassin de vidange étanche, déshuileur, tissu absorbant les hydrocarbures, etc.).

Pour tous les déchets toxiques ou dangereux, des certificats de destruction seront demandés aux prestataires en charge de leur élimination. L'entreprise fournira les Bordereaux de Suivi de Déchets Dangereux (BSDD) aux autorités compétentes.

Aucun rejet d'eaux usées issues des sanitaires ne sera autorisé directement dans le milieu naturel. Les sanitaires seront reliés au réseau d'assainissement d'eaux usées ou à des dispositifs autonomes étanches dont la vidange sera réalisée autant que nécessaire en cours de chantier.

- **Gestion des eaux géothermales**

Les effluents du chantier seront recueillis dans des bourbiers ou bacs étanches afin de prévenir d'éventuelles infiltrations des effluents dans le sol. Les abords des bourbiers seront balisés et surveillés pendant la durée du chantier afin que le public ne puisse pas s'en approcher.

Les essais par dégorgement artésien en fin de forage mobiliseront une ligne de traitement assurant les fonctions de dégazage, décantation et refroidissement. Les eaux seront alors soit :

- rejetées au réseau d'assainissement avec l'accord du service gestionnaire de ce réseau (dans le respect des valeurs limites autorisées par la future convention de rejet temporaire),
- citernées et évacuées conformément aux dispositions du titre IV, livre V du Code de l'Environnement relatif à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, et des textes pris pour son application.

Les conditions et prescriptions pour un rejet au réseau fixeront les contraintes applicables aux rejets. Les eaux devront :

- Être neutralisées à un pH compris entre 5,5 et 8,5 ; à titre exceptionnel, en cas de neutralisation alcaline, le pH pourra être compris entre 5,5 et 9,5 ;
- Être ramenées à une température inférieure ou au plus égale à 30° C ;
- Présenter un rapport de biodégradabilité (DCO/DBO_5) inférieur à 2,5 ;
- Ne pas contenir de matières ou de substances susceptibles de :
    - Porter atteinte à la santé du personnel qui travaille dans le système de collecte ou à la station d'épuration ;
    - Endommager le réseau public d'assainissement, les équipements connexes et la station d'épuration ;
    - Entraver le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées et le traitement des boues ;
    - Être à l'origine de dommages sur la flore et/ou la faune aquatiques, d'effets nuisibles sur la santé ou d'une remise en cause d'usages existants (prélèvements pour l'adduction en eau potable,) à l'aval des points de déversement des collecteurs publics ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

  - Empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité d'une manière acceptable pour l'environnement.

- Respecter le règlement des services d'assainissement de la Communauté d'Agglomération (GPSEA), du département et du SIIAP.

La température et la teneur en sulfure d'hydrogène feront l'objet d'une attention particulière. Dans le cas où les services chargés de la police des eaux imposeraient des normes plus strictes que ce dernier, l'entrepreneur sera contraint de s'y soumettre.

- **Gestion des eaux de ruissellement**

Lors de la réalisation du forage, l'emprise du chantier sera ceinturée par un dispositif (drains, caniveaux, merlon ou fossé périphérique ceinturant la semelle en béton de la plateforme de forage) qui collectera les eaux de ruissellement. La totalité de ces eaux sera dirigée vers le bassin de décantation via un déshuileur / débourbeur (séparateur d'hydrocarbures) ainsi qu'une rétention de 10 m^3 environ, qui assurera la séparation des produits solides et huileux qui auraient pu fuir des organes moteurs de l'appareil de forage. Le compartiment recueillant le surnageant huileux sera pompé à chaque fois que nécessaire et le contenu sera dirigé vers un centre de destruction. Les eaux de ruissèlement seront ensuite rejetées au réseau d'eau pluviale.

Afin de limiter le risque de pollution par ruissellement ou par érosion, les stockages de produits, boue et hydrocarbures, susceptibles d'altérer la qualité des eaux superficielles, seront sécurisés par l'utilisation de bacs de rétention étanches correctement dimensionnées. Tous ces dispositifs de rétention seront vidangés régulièrement, la fréquence étant augmentée en période de fortes pluies. Cette prestation est à la charge de l'Entreprise de forage.

L'eau de ruissellement séparée sera dirigée vers le réseau d'eau pluviale soit par déversement naturel (gravité) si le système de collecte des eaux de pluie le permet, soit par pompage à partir du déshuileur / débourbeur, sous réserve de l'accord du gestionnaire du réseau. Dans le cas contraire elle pourra être évacuée par citernage dans un site agrée.

En cas de contamination des eaux pluviales, celles-ci seront dirigées vers une ligne de traitement recueillant la phase liquide provenant de la déshydratation des boues puis évacuées en centre de retraitement spécialisé.

Cette ligne recueillant la phase liquide servira également à contenir tout déversement accidentel qui pourrait survenir hors des systèmes de rétention installés sous ou autour des produits liquides polluants.

- **Déchets générés par l'activité de la centrale et du réseau de chaleur**

Les principaux déchets produits par la centrale seront principalement des déchets classiques, issus notamment de l'entretien des équipements ou la rénovation des conduites :

- Déchets dangereux tels que bidons de peinture, huiles, graisses et lubrifiants, produits de nettoyage, dégraissage,
- Déchets domestiques non dangereux ou d'emballage : Papiers, cartons, plastiques d'emballages divers, palettes, déchets assimilables aux ordures ménagères.

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des déchets générés sur le site en mentionnant :

- Leurs codes selon l'annexe de la décision n°2000/532/CE de la commission du 3 mai 2000 relative à la classification des déchets,

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Leur tonnage annuel,
- Leur fréquence d'enlèvement,
- Leur mode de stockage sur site,
- Leur collecteur,
- Leur filière (classement selon la directive n°2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets).

Les déchets seront confiés à des collecteurs agréés puis à des sociétés extérieures autorisées pour la valorisation ou l'élimination, ce qui minimise l'impact sur l'environnement.

Déchet	Code	Estimation Tonnage annuel	Fréquence d'enlèvement	Mode de stockage	Collecteur	Filière / Destination
Déchets de bureaux et des locaux sociaux assimilés à des déchets municipaux mélangés	20 03 01	1	2 fois/semaine	Benne	Récupération par une société agréée	ISDND / Incinération
Cartons, papiers	15 01 01	0,5	1 fois/semaine	Benne	Récupération par une société agréée	Recyclage
Plastiques	15 01 02	0,5	1 fois/semaine	Benne	Récupération par une société agréée	Recyclage
Déchets industriels	-	1	1 fois/an	Benne spécifique	Récupération par une société agréée	Revalorisation

** Déchet classé comme dangereux selon l'annexe de la décision n°2000/532/CE de la Commission du 3 mai 2000*

5.8.3 Propreté générale des chantiers

Les installations de chantier et les abords du chantier et sa voirie seront tenus parfaitement propres. Des consignes seront données aux employés pour réduire à la source les quantités de déchets générés par les chantiers et l'exploitation du site.

Pendant toute la durée des travaux, le maître d'ouvrage s'engage à ce que la conduite du chantier soit exemplaire. Le chantier s'inscrira dans la démarche « Chantier propre » proposée par la Fédération Française du Bâtiment (FFB) (Cf. Affiche en page suivante).

Avant le début des travaux une réunion d'information et de sensibilisation sur l'organisation du chantier à l'attention de l'encadrement sera organisée, qui en informera à son tour son personnel et ses sous-traitants. Ainsi, toute entreprise intervenant sur site aura été informée des objectifs environnementaux à respecter en matière de fluides, non pollution, tri des déchets.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

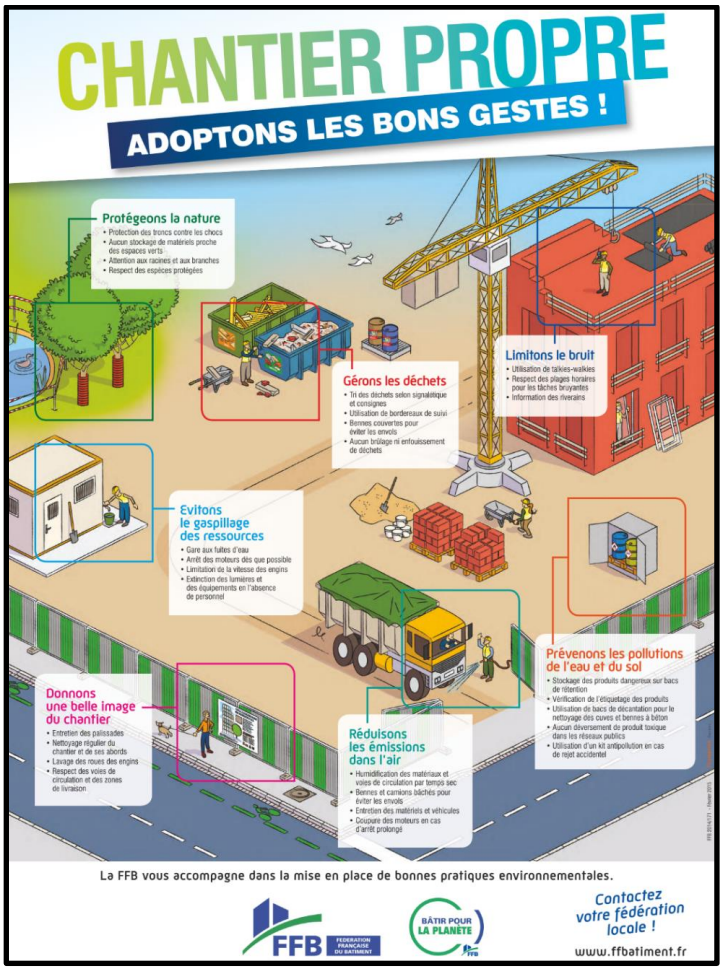


Figure 220 – Affiche démarche « Chantier propre »

5.8.4 Impact temporaire et mesures associées

La gestion des déchets, en phase travaux garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique.

Une politique transparente d'élimination des déchets en centres spécialisés sera mise en place, en portant une attention particulière à l'élimination des boues de forages et des déchets potentiellement dangereux pour l'environnement et la santé humaine. Une stratégie de réduction des déchets à la source et de prise en compte des problèmes connexes de l'épuration est menée (bruit, abord, odeurs).

Dans le cadre de la démarche « chantier propre », les entreprises amenées à réaliser les travaux devront respecter les principes suivants :

- Tri sélectif des déchets sur le chantier,
- Stockage des déchets dans des containers ou bennes disposés sur les zones de chantier,
- Élimination des déchets selon les filières réglementaires,
- Interdiction de brûler ou d'enfouir les déchets de chantier,
- Maintenir la propreté du chantier,
- Utiliser des matériaux les moins nocifs pour l'environnement et la santé.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les mesures de réduction et d'évitement suivantes seront mises en place :

- ***Rappel MR03** : Les roues des camions seront si besoins nettoyés de toute boue et de terre en sortie du chantier.*
- ***MR16** – Traitement des boues de forage : une fois utilisées, les boues devront subir un traitement physico-chimique par coagulation et centrifugation. Les déblais seront quant à eux éliminés par une centrifugeuse, puis les résidus feront l'objet d'un traitement physicochimique de floculation, dans un premier bac (excavations prévues pour le stockage et la décantation des boues de forage), qui se traduit par une décantation des matières solides et de l'eau. La phase solide sera évacuée par camions vers un centre de traitement adapté.*
- ***MR17** – Tri sélectif : Les déchets inertes par exemple (béton, gravats, etc.) seront conduits en déchetterie. Les déchets produits par la base vie du chantier seront évacués vers les ordures ménagères. Le personnel sera sensibilisé et formé par l'encadrement. Tous les déchets seront triés dans des bennes étiquetées avec signalétique (panneau couleur etc). Les conteneurs seront installés dans l'enceinte du chantier, et seront facilement accessibles pour l'enlèvement. La zone de stockage des déchets sera réalisée dès le début du chantier (période de préparation). L'intégralité des déchets de chantier sera traitée localement.*
- ***MR18** – Suivi des déchets dangereux : Les déchets industriels dangereux (DID, peintures, solvants, huiles…) seront envoyés dans des centres spéciaux locaux. Ils feront l'objet d'un bordereau de suivi - BSDD). Un registre des déchets dans lequel seront consignés tous les déchets sortants. Les déchets dangereux seront séparés des déchets non dangereux. En cas de pollution accidentelle par hydrocarbures, les déchets seront stockés dans des bacs de rétention puis évacués vers des centres de gestion agréés.*
- ***MR19** – Convention de rejet temporaire des eaux de chantier : Les eaux géothermales, les eaux usées (domestiques ou non) et les eaux de ruissellement seront collectées via les réseaux d'assainissement de la commune dans des conditions fixées par son gestionnaire. Aucun rejet ne sera autorisé directement dans le milieu naturel.*
- ***ME12 :** L'entreposage des déchets sur les chantiers ou en centrale sera effectué sur une zone étanche et dans des bennes fermées permettant ainsi de prévenir le risque d'envols et le lessivage par la pluie.*

Tous les déchets produits lors de la phase chantier seront triés, collectés régulièrement et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et formé. Certains déchets dangereux tels que les solvants feront l'objet d'un bordereau de suivi.

Une convention temporaire fixera les règles de rejet aux réaux d'assainissement pour les eaux issues du chantier. Cette convention de rejets est en cours de rédaction auprès des services d'assainissement du département.

5.8.5 Impact permanent et mesures associées

En cours d'exploitation, le rejet d'eau géothermale dans le réseau d'assainissement sera limité aux opérations de maintenance nécessitant ponctuellement le rejet de faibles volumes d'eau salée. Ces rejets, estimés à quelques mètres cubes tous les 2 à 3 ans, seront rejetés dans le réseau dans des conditions fixées par son gestionnaire. Hors opération de maintenance, la quantité de déchets générés sera faible.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En cas de travaux lourds, par exemple le curage des puits (tous les 15 ans selon l'état des puits) pourra générer d'importants dépôts (sulfures de fer) qui seront évacués par une entreprise spécialisée. Les BSDD seront alors remis à l'exploitant pour enregistrement.

Les déchets issus d'une accumulation, dans les filtres, de dépôts solides ; dépôts issus de l'eau géothermale. Ces résidus de filtre seront gérés suivant la réglementation en vigueur et évacués en filière de traitement agrée en fonction de la nature de ceux-ci.

Les déchets produits par la centrale en mode d'exploitation normal seront principalement des déchets banals et ordures ménagères, issus notamment de l'entretien et de la maintenance des équipements :

- Huiles, graisses et lubrifiants,
- Produits de nettoyage, dégraissage,
- Déchets domestiques non dangereux,
- Papiers, cartons, plastiques d'emballages divers, palettes.

Les déchets banals et ordures ménagères sont pris en charge par le service communal de ramassage de déchets. Ceux dénommés dangereux (bidons vides souillés, aérosols, huiles usagées...) seront évacués par un prestataire agréé. L'évacuation de ces déchets s'accompagnera d'un BSDD qui suivra le déchet jusqu'à son traitement final. Le BSDD sera signé par l'exploitant et les transporteurs avant que le déchet ne quitte le site. Lorsque le déchet sera traité, une copie du BSDD sera envoyé à l'exploitant et devra être conservé 3 ans.

Le réseau de chaleur ne génèrera pas de déchets lors de la phase d'exploitation.

En phase exploitation, le projet générera principalement des déchets non dangereux, gérés par la commune. Les déchets dangereux issus de la centrale ou des opérations de maintenance seront envoyés vers des filières de traitement appropriées.

5.9 Risques naturels et technologiques

Les risques naturels auxquels est confrontée la zone d'étude sont présentés en détail dans le paragraphe 4.5.18.2 de l'état initial de l'étude d'impact.

En cas de vents jugés trop forts pour une utilisation sécurisée des machines, elles seront mises en stand-by, les opérations seront interrompues et le personnel sera évacué jusqu'à retrouver des vitesses de vent compatibles avec les interventions opérationnelles.

Enfin, pendant les travaux, en cas de vents forts, le phénomène redouté est la chute du mât du RIG sur le voisinage, à savoir la Chaufferie Biomasse ou le poste gaz GRDF. Constituée de chaudières gaz, La chaufferie ICPE ne génèrera pas de contraintes ATEX au-delà de l'emprise du bâtiment. La proximité de la chaufferie ICPE peut rendre possible le déversement de matières dangereuses, toutefois il convient de rappeler que le projet n'est pas situé dans le périmètre d'un PPRT.

Les canalisations de gaz enterrées sont sensibles aux contraintes externes de chargements, de vibrations et de circulations d'engins. Les techniques génératrices de vibrations (ex forage) devront faire l'objet d'une demande au préalable auprès de GRT Gaz afin de déterminer les influences du projet sur leur ouvrages. L'aménagement

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

de la centrale géothermique, dans les SUP de la canalisation (I1 et I3), devra faire l'objet d'une demande spécifique pour analyse. Une étude de compatibilité pourra être demandée au SMIREC et les dispositions compensatoires soumises à accord de GRTgaz. **Toutes les recommandations émises par GRT gaz seront prises en compte avant les travaux.**

Les travaux prévoient le transport de matières dangereuses et particulièrement du gasoil non routier pour alimenter les pompes et machines du chantier.

Le territoire de la commune est traversé par un flux de transport de matières dangereuses. Il s'agit essentiellement d'un flux de transit qui s'effectue par voies routières, ferroviaires et par canalisation d'hydrocarbures. Le risque TMD routier est essentiellement concentré aux abords des axes les plus fréquemment utilisés comme ceux de l'autoroute A1, A86 et RD30. Néanmoins, les accidents peuvent survenir n'importe où sur le territoire.

Un suivi quotidien de la situation vis-à-vis du risque d'inondation urbaine par ruissèlement ou de remontée de nappe sera assuré via le service de prévision des crues.

En cas d'alerte, les tranchées seront protégées ou remblayées et toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes. Afin de minimiser la pénétration des eaux pluviales dans la tranchée ou excavation, il sera demandé à l'entreprise de mettre en œuvre des moyens à sa disposition pour dévoyer, canaliser les ruissèlements (pompes, drains, puisard…).

De manière générale en phase travaux, des pluie trop importantes pourraient saturer la plateforme ou les chantiers et empêcher le bon déroulement des travaux. Les réseaux et caniveaux sur la plateforme seront dimensionnés pour empêcher ce type d'incident. La réalisation des tranchées pour le passage des différents réseaux seront réalisées préférentiellement par temps sec.

5.9.1 Effets temporaires et mesures associées

Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence d'ICPE à proximité. Toutefois, l'emprise du chantier n'empiètera pas sur les accès à la chaufferie Biomasse afin de ne pas gêner son activité.

Les mesures de réduction suivantes seront mises en place afin de limiter les effets des risques naturels sur le projet :

- ***MR20*** *– Surveillance des alertes inondation et conditions météorologiques : En cas d'alerte de crue, ce suivi permettra d'anticiper le risque de remontée de nappe et des risques de ruissellement urbain important.*
- ***MR21*** *– Mesure du vent : Les équipements seront munis d'une ou plusieurs manches à air installées en un lieu visible en tout point du chantier. Cette disposition permettra notamment l'arrêt du chantier en cas de vents jugés trop forts pour une utilisation sécurisée des machines.*
- ***ME13*** *– Coactivité du chantier de forage avec les opérations de maintenance et de suivi des installations existantes : Les accès aux chaufferies du Fort de l'Est et les procédures d'évacuation seront maintenus et respectés. A terme les accès à la centrale seront dissociés de ceux des chaufferies.*

Du gaz H_2S est susceptible d'être émis lors des forages au moment des essais de fin de forage. Les risques liés H_2S et les mesures mises en place sont présentés en paragraphe 5.7 et le Chapitre 7.1.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Une surveillance des conditions météorologiques extrêmes sera mise en place de manière à anticiper les risques de remontée de nappe et de limiter les risques liés au ruissèlement urbain. Les travaux seront suspendus en cas de grands vents ou d'alerte de crue.

5.9.2 Effets permanents et mesures associées

La boucle géothermale étant située dans un contexte industriel, il existe un risque de déversement accidentel ou de fuite de matières dangereuses.

Le risque de mise en communication des aquifères, le risque d'infiltration d'eau géothermale par accident pouvant polluer le sol et les nappes superficielles est traité au paragraphe 5.17 « Incidence sur la ressource en eau ».

En phase exploitation, le projet sera toujours sujet aux risques naturels tels que les inondations ou les tempêtes.

En phase exploitation, il existe des risques industriels liés par exemple à la fuite de fluide géothermal. Ces risques sont maitrisés via la conception du doublet et les mesures de surveillance et de contrôle des puits (Cf. ME15 à 18, ME20, ME24, ME28, MR22, MR27 et MR29).

Les mesures de réduction et d'évitement suivantes seront mises en place :

- ***ME14*** *: La construction de la centrale géothermique respectera les mesures et contrôles demandés liés à la chaufferie ICPE et aux recommandations GRTgaz. Une étude géotechnique préalable conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles sera réalisée. Les bonnes pratiques de construction seront respectées afin de diminuer le risque de retrait-gonflement der argiles : fondations continues, armées et bétonnées d'une profondeur d'au moins 0,8 m en aléa faible, chaînages horizontaux et verticaux pour les murs porteurs.*
- ***ME15*** *– Localisation des commandes électriques : les commandes électriques de la pompe intégrée au puits de production seront situées dans un local dédié de la centrale. Les seuls équipements non sensibles présents en centrale sont les échangeurs de chaleurs ainsi que les bâches associées au Groupe de Maintien de Pression qui seront implantés en sous-sol. Les pompes et équipements électriques situés au rez-de-chaussée seront ainsi non vulnérables en cas d'épisode d'inondation.*
- ***ME16*** *– Suivi en temps réel des installations : Des risques technologiques existent via les fluides géothermaux qui seront limités via le contrôle et la surveillance des installations/ Contrôle visuel des caves et des têtes de puits / Suivi en continu de la température, pression et des débits, suivi des installations électriques (fréquence pompe, variateurs, puissance hydraulique, rendement…) / Ecran de commande de télégestion des installations de surface.*
- ***ME17*** *– Contrôle réglementaire des puits : Les contrôles d'intégrité des cuvelages et des cimentations par diagraphie à l'aide d'un outil multi-bras, mesure permettant d'accéder à un percement avéré ou imminent (fréquence quinquennale) seront réalisés en nominal. Contrôle régulier du niveau hydrodynamique, température et des pressions lors des visites d'Auscultation-Diagnostic, suivi de la qualité du fluide géothermal et des mécanismes de corrosion (Cf. paragraphe 2.5.5).*
- ***MR22*** *– Une pompe vide cave d'un débit de 30 m^3/h environ sera implantée dans chaque cave afin d'intervenir sur les puits en cas de fuite ou d'inondation. Les caves seront également équipées d'échelle et de trappes.*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En phase exploitation, les risques naturels et technologiques sont faibles.

5.10 Effets sur le patrimoine culturel, historique et archéologique

5.10.1 Impact temporaire et mesures associées

Le chantier de forage n'est pas réalisé à proximité immédiate de zones de protection archéologiques et de sites inscrits ou classés. Le site n'est soumis à aucune servitude liée à la protection du patrimoine par sa localisation. Il se situe en limite mais hors du périmètre de protection des monuments historiques (Cf. paragraphe 4.5.8.2).

Le chantier faisant intervenir des engins d'une hauteur maximale de 40 mètres, le RIG sera visible depuis certains monuments historiques. Néanmoins, étant donné que les travaux de forage et donc l'utilisation de la machine de forage sont de courte durée, l'impact visuel est considéré comme faible.

Compte tenu de l'historique de la parcelle, l'emprise du projet n'est concernée par aucune zone de protection ou de sensibilité archéologique pouvant induire la réalisation de fouilles.

Le chantier entraîne un phénomène de co-visibilité des engins de forage avec le patrimoine architectural et culturel existant sur la commune. Ces nuisances visuelles seront temporaires.

5.10.2 Impact permanent et mesures associées

En phase exploitation, le projet n'entraînera pas de co-visibilité avec les monuments historiques ou les sites classés et inscrits.

A l'issue des travaux, le site ne retrouvera pas complètement son aspect visuel d'origine. Une aire de 1100 m² minimum devra être maintenu déboisé autour des têtes de puits pour faciliter les opérations de maintenance et les diagraphies de contrôle des puits. Un réaménagement du site est prévu par Plaine Commune. La centrale géothermique bénéficiera d'une bonne insertion paysagère et architecturale.

Le réseau de chaleur étant souterrain restera invisible ; il n'aura donc pas d'impact sur le paysage et le patrimoine culturel et archéologique.

Le projet n'a pas d'effet négatif sur le patrimoine culturel et archéologique en phase exploitation.

5.11 Effets sur le Patrimoine naturel

5.11.1 Impact temporaire et mesures associées

Saint-Denis fait partie de la petite couronne de Paris, dans ce secteur, le milieu urbain couvre 85% de sa surface. Ainsi la place aux milieux naturels et donc aux habitats pour la faune et la flore est restreinte. Ces habitats sont trop fragmentés et peu nombreux pour constituer une trame verte ou bleue fonctionnelle. L'alignement

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

d'arbres et des espaces en terre du cours du ru de Montfort sont identifiés comme un espace vert constitutif de la trame verte et paysagère.

- Habitats naturels et flore

Le chantier n'est pas situé sur une zone humide. Les ZNIEFF les plus proches correspondent au site du Parc départemental de La Courneuve et ses plans d'eau et friches, et la Pointe aval de L'Ile-Saint-Denis et se situent à plus de 1400 mètres du site d'implantation.

Le projet est situé dans un milieu fortement urbanisé. Aucune zone naturelle (ZNIEFF, NATURA 2000) ni de zone humide n'est présente sur le tracé du réseau de chaleur.

Les habitats de l'emprise du projet correspondent à des arbres. Ces milieux disposent d'un enjeu faible (Cf. Figure 221) compte tenu de la végétation peu dense observée.

Un défrichement des arbres (non-remarquables) sur la zone de chantier sera nécessaire afin de préparer la plate-forme de forage. Néanmoins, la superficie de ce défrichement sera inférieure à 5 000 m². D'après l'arrêté n° 2003-DDAF SEEF-512 du 2 juin 2003, portant fixation des seuils de surface boisée en-dessous desquelles un défrichement n'est pas soumis à autorisation, « le seuil prévu à l'article L 311-2 1° du code forestier, en-dessous duquel une autorisation de défrichement n'est pas nécessaire, est fixé à 1 hectare ». **Pour le chantier de forage, une demande d'autorisation préalable au défrichement n'est donc pas nécessaire.**

Une limitation au strict minimum de l'emprise de chantier pour éviter toute suppression inutile de la végétation sera demandée. Avec l'accord d'un pépiniériste, un bilan de l'état des arbres présents sur le site a été dressé. Au maximum 13 arbres (cerisiers et érables) seront abattus pour la préparation du chantier de forage et de la centrale. Une partie des arbres (14) notamment les jeunes charmes et chênes seront déplantés et remis en terre à l'issue des travaux (Cf. Figure 222).

Les surfaces utilisées durant les travaux seront remises en état par une entreprise spécialisée selon les souhaits de l'aménageur final Plaine Commune et les contraintes environnementales.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 221 : Végétation présente sur le site (vue d'ensemble)

Les travaux de nivellement et de terrassement pourront porter atteinte aux habitats naturels et à la végétation en limite d'emprise, en provoquant un écrasement de la végétation en place, un tassement du sol.

Ils pourront provoquer la destruction directe d'une partie de la petite flore et faune du site, selon la période à laquelle ils ont lieu : de nichées d'oiseaux des milieux ouverts, mortalité d'insectes ou larves, petits mammifères...

La circulation des engins et les travaux de terrassement et d'aménagement du site peuvent générer des émissions atmosphériques et de poussières. La végétation herbacée et les arbres situés à proximité immédiate de la zone de chantier ou des pistes d'accès risquent d'être impactés par la présence régulière de poussières.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

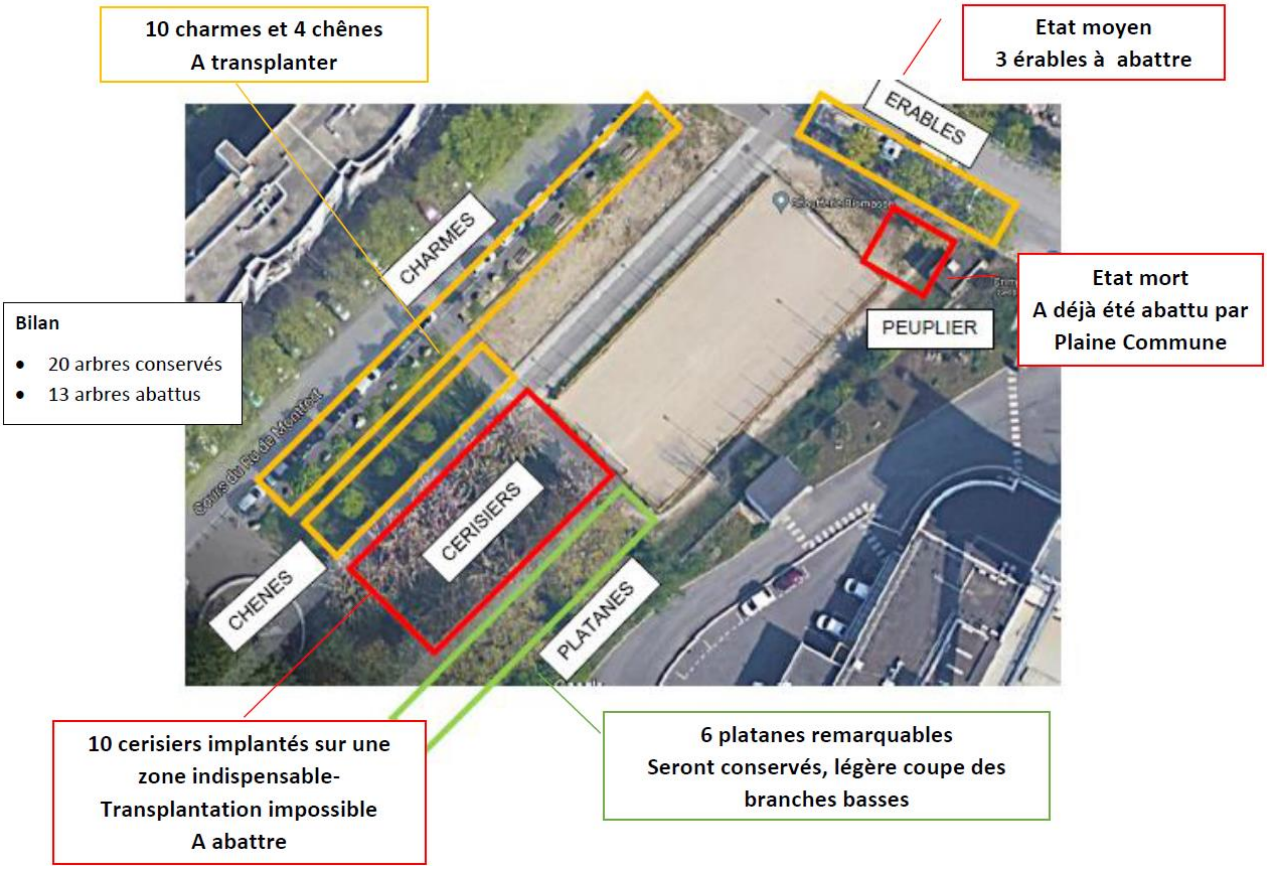


Figure 222 : Arbres à abattre ou déplanter pour la préparation du chantier

L'emprise du projet renferme une faune et une flore commune des zones fortement anthropisées et donc adaptées au milieu urbain. Cela contribue à limiter l'impact général du projet.

Le chantier sera source d'arrachage de végétation, notamment 13 arbres (10 cerisiers et 3 érables). Les 6 platanes remarquables du cours du ru de Montfort seront conservés. Une partie des arbres (14) notamment les jeunes charmes et chênes seront déplantés et remis en terre à l'issue des travaux.

Aucun espace naturel sensible ou arbre remarquable ne seront impactés dans les environs du chantier.

Le financement de la plantation d'un nombre d'arbres nécessaire à l'obtention d'un bilan positif entre les arbres abattus pour réaliser le projet et les arbres replantés sera inclus dans le coût d'investissement du projet.

- Habitats naturels et faune

Le site peut représenter une zone de passage ou de repos pour les oiseaux, chauve-souris, reptiles, insectes, ou petits mammifères, notamment au niveau des éléments environnants identifiés comme corridor de la trame verte (pistes cyclables, allée d'arbres).

Les nuisances directes liées au chantier (bruits, lumière nocturne) sont susceptibles de perturber les espèces qui pourraient transiter le long de ces espaces. Cependant, une lumière nocturne est déjà présente sur le site

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

(éclairage public, notamment de la rue du Maréchal Lyautey, du Cours du ru de Montfort). En conséquence, il est peu probable qu'une espèce soit susceptible de trouver un habitat sur la zone d'étude, même temporaire.

La plupart des espèces protégées ou menacées référencées dans les ZNIEFF à proximité du chantier ont pour habitat des prairies et des zones humides, des forêts, ou des espaces ouverts campagnards.

Le chantier ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces d'oiseaux protégées ou menacées présentes sur les espaces naturels à proximité de la zone de chantier, du fait de la forte urbanisation de la zone, avec un bruit ambiant relativement élevé et une forte luminosité ambiante. La plupart de ces oiseaux ont pour habitat naturel la Seine, le Parc G.Valbon, les zones humides, et des forêts, qui ne correspondent pas au site de chantier.

Parmi les espèces patrimoniales, seul le Hérisson d'Europe peut voir son habitat affecté par le projet, les autres espèces patrimoniales utilisant plus les zones boisées. Le niveau d'effet du projet sur cette espèce reste cependant très faible au vu de l'urbanisation de la zone et de la surface restreinte du projet.

On peut également noter un risque de dégradation des habitats naturels via une pollution accidentelle (Cf. paragraphe suivant 5.12). Les mesures suivantes seront mises en place :

- ***Rappel des mesures précédentes sur les nuisances sonores, l'envol de poussières et sur la qualité de l'air :*** *ME03 à 09, MR03, MR04, MR06 à 15.*
- ***MR23 :*** *Limitation de la prolifération d'espèces invasives : Afin d'éviter le développement de plantes invasives, il est recommandé d'éviter l'apport de matériaux extérieurs (pour des routes de chantier ou la couverture du sol). L'apport de remblai correspondra à un substrat non pollué, pauvre en substances nutritives, et appropriés aux conditions pédologiques du site. Le projet étant constitué d'une plateforme en grave béton ou calcaire, le développement d'espèces végétales sera cependant limité. Le respect de cette mesure au cours de la phase des travaux permet de réduire l'impact du chantier concernant le risque de prolifération des espèces végétales invasives à un niveau très faible.*
- ***MR24 :*** *Remise en état du site : Les espaces en terre et les arbres remaniés et arrachés pour la réalisation de la plate-forme de forage et des accès seront replantés lors de la remise en état et la semelle en béton sera à terme démantelée. Pour le chantier, 14 arbres seront conservés et transplantés et 13 arbres seront abattus. A terme environ 25 à 30 arbres seront replantés sur le site pour l'aménagement final du site.*

Compte tenu du caractère initial urbain des alentours du chantier, de la séparation entre le chantier et les espaces protégés par de grandes zones urbanisées et infrastructures routières, il apparait que le chantier sera sans impact sur le Patrimoine naturel protégé.

Le chantier ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées présentes sur les espaces naturels à proximité de la zone de chantier. Toutefois les espaces naturels ou semi-naturels, notamment les arbres, détruits pendant la phase de chantier seront réhabilités ou replantés.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.11.2 Impact permanent et mesures associées

L'impact direct permanent du projet est nul sur les habitats naturels et sur la faune et la flore remarquable. L'exploitation du gîte géothermique consistant à exploiter la ressource en eau profonde du Dogger en circuit fermé se fera sans nuisance sonore et olfactive, sans nuisance sur les eaux superficielles et souterraines, comme le montre l'étude d'impact présentée.

En effet :

- Le projet se situe dans une zone urbaine à proximité d'une ICPE de la chaufferie Biomasse, qui ne constitue pas une zone humide ni un lieu de rassemblement d'espèces.
- Les espèces fauniques présentes ne seront pas impactées par les nuisances sonores et olfactives générées par le projet en phase d'exploitation, du fait de la proximité avec les axes routiers et la chaufferie Biomasse.
- Les rejets d'effluents ne sont pas susceptibles de polluer les habitats de ces espèces dans la mesure où ils seront intégralement collectés et traités ou envoyés dans le réseau d'assainissement collectif de la ville.

A l'issue des travaux, une aire de « servicing » de 1100 m², sans arbre ni construction, sera aménagée autour des têtes de puits pour en assurer la maintenance (Cf. Figure suivante). Des arbres seront replantés sur la plateforme et permettront aux différentes espèces de se déplacer, selon le principe des ilots verts urbains.

L'exploitation du gîte géothermal sera sans impact sur les espaces naturels protégés. La plupart des impacts du projet sur le milieu naturel seront générés en phase travaux.

Le tracé du réseau évite les zones à enjeux ou les espaces naturels protégés et sera présent principalement en voirie en zone urbaine.

5.11.3 Notice d'incidence Natura 2000

La présente partie de ce document est établie conformément à l'article R.414-23 du code de l'environnement et la circulaire du 15 avril 2010 relative à l'évaluation des incidences Natura 2000. Elle a pour objet de vérifier si le projet est susceptible d'avoir une incidence sur un ou plusieurs sites Natura 2000. Elle fait office d'évaluation des incidences Natura 2000 lorsqu'elle permet de conclure à l'absence d'incidence.

Dans le cas contraire, il convient de produire un dossier plus complet. La partie est constituée conformément au décret n° 2010-365 du 9 avril 2010 sur l'évaluation des incidences Natura 2000 de : l'identification des sites Natura 2000 susceptibles d'être affectés, une carte situant le projet par rapport au réseau Natura 2000, Exposé sommaire des raisons pour lesquelles le projet est ou non susceptible d'avoir une incidence et une Conclusion sur l'incidence ou non du projet sur le réseau Natura 2000.

L'évaluation préliminaire montre que le projet de Géothermie n'est pas susceptible d'affecter le site Natura 2000 suivant : - FR1112013 « Sites de Seine-Saint-Denis » (Cf. 4.5.12.4) compte tenu de son éloignement.

Il n'y a donc pas lieu de poursuivre l'évaluation des incidences Natura 2000.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

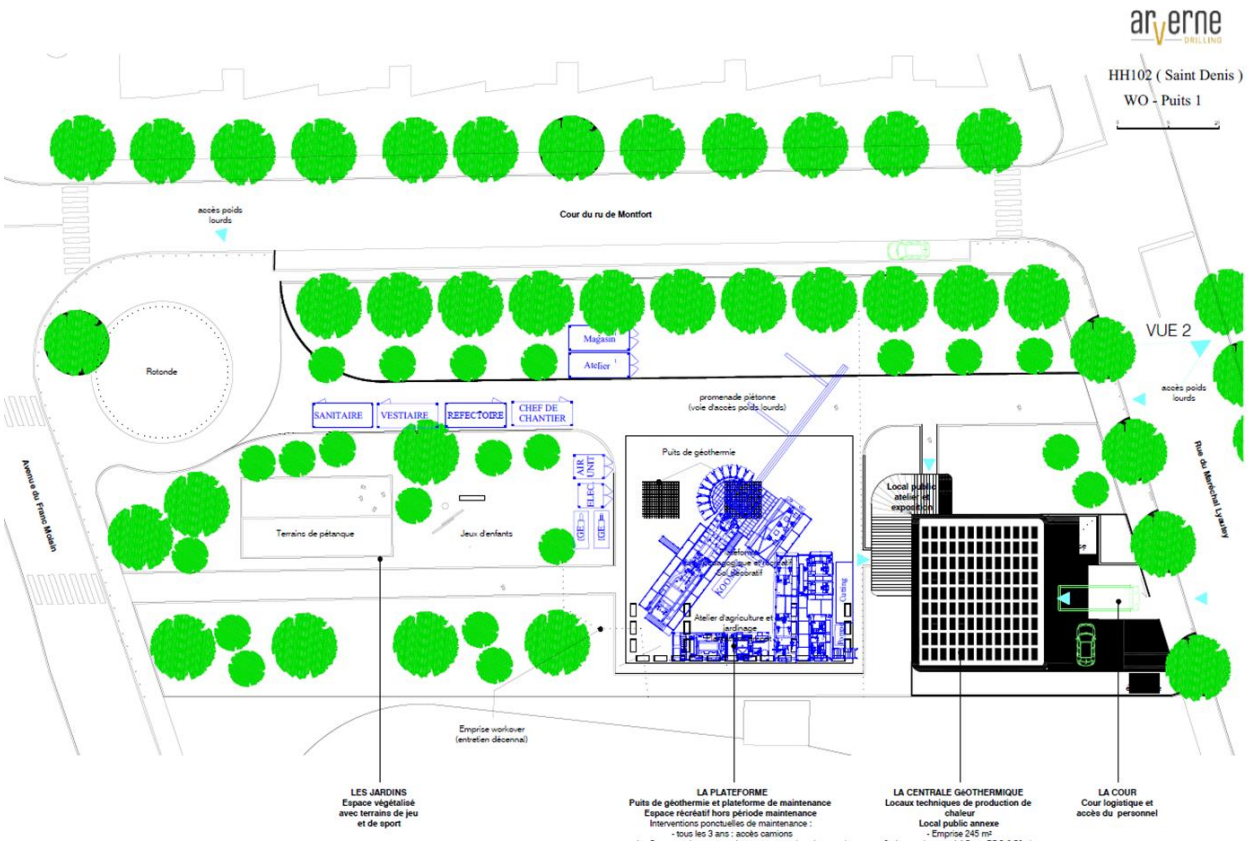


Figure 223 : Aménagement projeté du site et emprise de la zone de serviving avec machine de work-over

5.12 Effets sur le sol et le milieu physique

5.12.1 Travaux préparatoires et projetés

Les travaux qui consistent en la réalisation des terrassements, tranchées, travaux de forage et de la mise en œuvre des installations et équipements vont se dérouler en plusieurs phase :

❖ <u>Travaux préparatoires :</u>

- Débroussaillage et abatage des végétaux
- Décapage de la terre végétale et traitement des terres polluées
- Forage des avant-trous et des caves têtes de puits
- Terrassements
- Traitement des assises et couche de forme
- Travaux de forage

❖ <u>Travaux projetés après le forage ou en cours sur le réseau - viabilisation :</u>

- Terrassement en tranchées
- Cheminement des réseaux électriques
- Réseau d'eaux pluviales (toiture, surface) et d'eaux usées
- Réseau sécurité incendie, eau potable (ESP)
- Réseau d'eau chaude de chauffage
- Raccordement et piquage sur les réseaux existants (eau chaude, gaz, électrique)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- ❖ Génie civil ; mise en place des ouvrages béton et fondations, bâtiments pour la centrale géothermique
- ❖ Voirie et aménagement extérieur

Le site d'implantation des forages géothermiques se situe à proximité de l'ICPE « Plaine Commune Energie » mais aucun évènement ou incident n'est susceptible d'avoir engendré des pollutions. La présence d'anomalies en métaux et hydrocarbures et HAP est très probablement en lien avec la mauvaise qualité des remblais présents en surface et apportés lors de l'aménagement du site (Cf. paragraphe 4.5.13.6).

Dans le cadre des travaux préparatoire du chantier, une attention particulière devra être portée au tri et à l'orientation des terres afin de les évacuer vers des centres agréés adaptés aux teneurs présentes dans les sols.

Par ailleurs, afin d'éviter un risque pour les travailleurs devant manipuler des terres potentiellement polluées, il est recommandé d'éliminer le contact direct entre les terres et les travailleurs, par le respect d'une hygiène stricte de chantier (protection contre les risques de contacts directs mais également contre les risques d'inhalation (de composés volatils présents dans le sol, etc.).

Pour les travaux d'aménagement du site et de la plate-forme de forage, il est prévu de :

- **retirer les terres polluées entre 0 et 3 m environ sur la zone du terrain de sport pour réaliser les avant-puits et les caves de puits et les fondations de la centrale géothermique.**
- **retirer les terres polluées jusqu'à 1 m et/ou remblayer avec des terres saines pour le nivellement de la plateforme sur la partie restante du site.**
- **envoyer et évacuer les terres polluées dans un centre agréé.**

L'incidence de l'opération sur les sols sera limitée à l'emprise du périmètre d'intervention et se traduira par l'excavation localisée des premières strates géologiques supérieures pour créer les niveaux d'infrastructures du projet.

Les terrassements vont engendrer des déplacements de matériaux. Ils seront pour la plupart évacués hors du site vers des filières adaptées selon leur qualité.

Des opérations de terrassement jusqu'au montage des infrastructures, la topographie des terrains sera légèrement modifiée.

D'après le contexte hydrogéologique du site, les terrassements ne devraient pas intercepter la première nappe superficielle située à environ 6 m de profondeur (Cf. paragraphe 5.17 et Tableau 25).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 224 : Type de travaux préparatoires et projetés sur le sol

5.12.2 Risques de pollution des sols

Le risque de pollution des sols en phase travaux sera lié principalement à des pollutions accidentelles peu étendues susceptibles de survenir en cas d'anomalie sur des véhicules ou matériels de chantier (fuite huile, hydrocarbure ou de circuits hydrauliques..), d'une mauvaise manouvre, de mauvaise gestion des déchets générés par le chantier ou à la contamination d'un aquifère par de l'eau géothermale à la suite d'un percement du cuvelage. Cet aquifère pourrait devenir impropre à la consommation ou à certaines utilisations.

Les travaux peuvent provoquer des pollutions : matières en suspension (installations de chantier, trafic des véhicules, terrassement), huiles et hydrocarbures (entretien des engins de chantier).

Aucun cours d'eau ni fossé ne se situe au niveau du chantier, en revanche, le site se situe à proximité du l'ancien cours du Ru de Montfort qui peut constituer un axe préférentiel d'écoulement et ainsi transporter une potentielle pollution. Le SAGE préconise donc de laisser une marge de retrait de tout aménagement ou construction de part et d'autre des anciens cours d'eau (Cf. paragraphe 5.17.1).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Une étude ADEME-BRGM, réalisée en 1994, a permis d'évaluer la toxicité des eaux du Dogger et les conséquences d'une éventuelle pollution des eaux potables.

Il en ressort que, lors d'une pollution par l'eau du Dogger, la première manifestation est gustative avec l'augmentation de la teneur en chlorure de sodium (sel, NaCl), espèce chimique non toxique. Lorsque la proportion en eau géothermale augmente, la pollution provient des teneurs en sulfures et en hydrocarbures dissous puis des métaux toxiques. Les teneurs maximales sont toutefois en dessous des seuils critiques.

Les bactéries sulfato-réductrices, non pathogènes, et les additifs de traitement de cette eau injectés en très faible quantité, ne présentent pas de danger direct pour la consommation humaine. Les fiches techniques et toxicologiques des produits inhibiteurs et anti-dépôts utilisés indiquent un danger de pollution écologique du milieu aquatique pour de fortes concentrations. Ces produits, injectés en faible quantité dans le Dogger (moyenne 2 à 5 mg/L), réagissent dans le milieu et leur action neutralise la majeure partie des effets nocifs. Il est bon de rappeler que l'eau du Dogger est naturellement corrosive et fortement chargée en NaCl et de ce fait, elle est impropre à la consommation ainsi qu'au développement d'organismes aquatiques.

Le caractère non toxique, mais polluant de l'eau géothermale, implique de rechercher quelles nappes et quels puits seraient susceptibles d'être atteints, par une pollution causée par le percement du cuvelage d'un des puits. Ce point est développé dans le paragraphe relatif à l'incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine-Normandie.

Toutefois, il est essentiel de préciser que la conception de puits géothermique empêche le contact entre le fluide et les couches géologiques traversées, jusqu'à la surface. En exploitation normale, la circulation du fluide géothermal dans la boucle constituée par le puits de production, les canalisations de surface et le puits d'injection n'a aucun impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines.

Dans le cas d'intervention programmées, pour supprimer tout impact, des canalisations de collecte des effluents liquides sont prévues et décrites préalablement dans le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé de l'opération (PPSPS). En cas de déversement accidentel ou en cas de fuite importante de fluide géothermal, des mesures ou des moyens d'intervention spécifiques seront définis.

Pour ce qui concerne le contrôle de l'artésianisme, celui-ci sera maitrisé, lors des travaux, par la boue de forage, constituée d'un mélange d'eau et de bentonite (argile) ou, lors des interventions dans les puits, par injection de saumure. La pression hydrostatique exercée par la boue de forage ou la saumure permettent de maintenir en place les fluides présents dans les terrains perméables.

On se référera au Chapitre 2.5 pour les mesures de prévention applicables dans le cadre de l'exploitation.

- En phase travaux

Des travaux de terrassement et la création d'une plateforme temporaire en enrobé d'environ 3300 m² capable de soutenir la machine de forage seront nécessaires. Les travaux de préparation du chantier de forage seront générateurs de terrassement.

De plus, les travaux sur le réseau et de la canalisation pour relier les puits à la centrale induiront la création de tranchée et donc d'une modification temporaire de l'occupation et la structure du sol. Les remblais utilisés pour le terrassement seront inertes et non pollués.

Il existe un risque de pollution des eaux souterraines sur le site du fait du projet, soit par déversement de carburant ou d'huiles sur la voirie. Les impacts temporaires liés à l'utilisation et au stockage d'hydrocarbures durant les travaux sont traités dans la partie 7.1. La phase chantier concernée par ce risque de transfert et d'inhalation de pollution est celle qui concerne essentiellement le terrassement et l'avant-trou (Cf. paragraphe

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3.3). Une fois ces étapes réalisées, une plateforme en enrobé sera érigée et assurera une isolation vis-à-vis du sol.

Les impacts liés au contrôle des eaux de ruissellement et à la protection des aquifères superficiels sont traités dans la partie 5.17.2. Les mesures prévues pour supprimer, réduire ou éviter la survenance d'un tel accident interviennent à trois niveaux :

- À la conception de l'ouvrage ;
- En cours d'exploitation ;
- Lors des contrôles périodiques réglementaires.

L'architecture des forages et l'organisation du chantier permettra d'éviter tout transfert de pollution vers le sol.

- En phase d'exploitation

La géothermie n'aura pas d'impact sur le paysage puisque les équipements (puits, caniveau) seront enterrés. Les têtes de puits seront en sous-sol dans une cave bétonnée prévue à cet effet. Un caniveau enterré en béton sera créé entre les deux caves de tête du puits de production et la centrale géothermique.

Ce caniveau comprendra :

- Canalisation de liaison avec le puits producteur calorifugée ;
- Canalisation de liaison avec le puits injecteur ;
- Tube provenant du dispositif anti-dépôt ;
- Câbles électriques de puissance et de contrôle entre le local électrique de la centrale géothermique et les équipements des caves de puits et du puits producteur.

Le site stockera quelques produits dangereux :

- **Inhibiteur de corrosion et de dépôt** : au total 1 000 litres seront stockés au maximum sur le site dans le local de stockage de la centrale géothermique Ce produit sera stocké sur une rétention.
- **Traitement de l'eau réseau** : SEL adoucisseur, 2 tonnes de produit seront stockés sur le site.

L'effet sur le sol est considéré comme négligeable. Une emprise au sol dite de servicing ou de maintenance sera réduite autour des têtes de puits à une surface d'environ 1100 m² permettant les opérations de maintenance.

En phase exploitation, le projet n'a pas d'effet négatif vis-à-vis de la pollution du sol. Si les opérations de maintenance impliquent l'usage de matériaux polluants ou potentiellement polluants, des mesures seront alors mises en place.

En phase d'exploitation, le projet n'entrainera pas de modification particulière de la topographie des sols. Les installations seront principalement enterrées. L'exploitation ne constitue pas une source de pollution des sols. Cependant, en phase travaux de maintenance, toutes les mesures de sécurité seront prises pour éviter toute pollution éventuelle ou accident de fuite d'eau géothermale ou de matériau dangereux.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.12.3 Effets sur la géologie et les aquifères profonds

Cet aspect est traité en détail dans le Chapitre 5.17, car il est déterminant quant à la compatibilité du projet avec le SDAGE du bassin Seine Normandie.

5.12.4 Caractéristiques des rejets

Le site disposera d'un réseau de collecte et d'assainissement de type séparatif (eaux unitaires/eaux pluviales). Ces eaux seront rejetées dans le réseau public unitaire sur l'avenue du Maréchal Lyautey. Une convention de rejets temporaire est en cours de rédaction auprès des services de l'assainissement de Plaine Commune.

- Eaux usées

Les eaux usées seront constituées des eaux usées sanitaires assimilables à des eaux domestiques, chargées en matières organiques fécales et pouvant contenir des détergents de même nature que ceux utilisés dans une habitation, qui ne présentent pas de caractère toxique significatif pour le milieu aquatique.

Les eaux d'essais, réalisés en fin de forage seront assimilées à des eaux usées à usage non domestique et seront rejetées au réseau d'eau usée. Une convention temporaire de rejet sera établie avec le gestionnaire du réseau.

- Eaux industrielles

Le site n'utilisera que très peu d'eau pour son fonctionnement. En effet, il est estimé que les besoins en eau pour faire l'appoint dans le réseau seront de 5 m^3/an. Elles seront ensuite envoyées dans le réseau des eaux usées après avoir été filtrées par un séparateur à hydrocarbures.

- Eaux pluviales

Les eaux pluviales de voiries ou de toiture seront infiltrées et dirigées vers le réseau d'eau pluviale de la commune. Les eaux pluviales de voiries seront traitées en amont par un séparateur d'hydrocarbures.

5.12.5 Impact temporaire et mesures associées

La mise en place d'une semelle en béton imperméable au niveau de la plate-forme de forage, les déblaiements au niveau des caves des têtes de puits et le passage d'engins lourds sur le chemin d'accès correspondent à des changements de fonction et d'usage du sol et à ce titre sont à l'origine d'impacts.

En outre, il existe des risques de pollution des sols et des eaux pouvant être liés à des rejets accidentels d'hydrocarbures provenant d'engins de chantier.

Des dispositions pourront être prises ou imposées aux entreprises de travaux afin d'éviter toute pollution des sols et les aquifères. Les mesures suivantes seront mises en place :

- ***Rappel des mesures précédentes et suivantes sur la protection des sols avec stockage des produits polluants, le tri sélectif, rejets au réseau et la propreté du chantier : ME07, ME12, MR3, MR13, MR16 à 19 et MR22.***
- ***Rappel ME11*** *–Tête de puits équipée de BOP : Un équipement de bloc d'obturation de puits – BOP (obturateurs de sécurité) sera mis en place sur chaque tête de puits permettant une fermeture d'urgence en toutes circonstances pendant les phases de forage des niveaux potentiellement éruptifs. L'artésianisme du puits pourra être contrôlé par injection de boue sous pression, ou de saumure de densité appropriée, par un piquage latéral de la tête de puits. La quasi-totalité des interventions sur les puits sera réalisée avec un contrôle de l'artésianisme du puits par injection de saumure et la mise en place ce dispositif d'urgence. En cas de fuite de fluide géothermal pendant les travaux, l'obturateur annulaire sera fermé, l'eau géothermale sera confinée dans la cave et pompée à l'aide d'une pompe vide*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

cave (présente à demeure) puis évacuée vers le réseau d'eau pluvial ou d'assainissement dans le cadre d'une convention.

- ***ME18 (et rappel ME07) :*** *La plate-forme de forage en béton imperméable d'environ 3300 m² sera occupée par la machine de forage, les moteurs, les pompes et les bassins (Cf. paragraphe 3.3). A laquelle s'ajoute un petit bassin destiné à recueillir les eaux de ruissellement de la plateforme ainsi que les déchets liquides provenant du forage. Les bassins de préparation de la boue ou destinés à collecter les eaux d'essais seront des bassins de type container de surface. Des travaux de terrassement préalables aux travaux de forage auront lieu, de manière à permettre la circulation des engins de chantier et l'implantation des équipements. Une cave en béton armé et enterrée sera également réalisée au niveau de la future implantation des têtes de puits pour accueillir la machine de forage.*
- ***ME19*** *– Cuvelage de l'avant-trou : un avant-trou sans eau ni boue sera foré sur 20-25 mètres de profondeur environ. La technique de forage utilisé assurera l'intégrité du sous-sol de façon à éviter tout risque de pollution et de lessivage des terrains non consolidés. Un cuvelage sera mis en place et cimenté dans cet avant-trou. Cette disposition permettra d'éviter tout transfert de pollution entre les différentes couches superficielles et profondes, et les aquifères de surface.*
- ***ME20*** *– Cimentation adaptée au terrain pour chaque tubage : le ciment utilisé sera adapté au terrain et empêchera toute communication entre aquifères et remontée du fluide géothermal en surface.*
- ***ME21*** *– Stockage des produits potentiellement polluants : Les citernes de carburant, les barils d'huile et tout autre produit polluant seront stockés dans des bacs étanches de rétention, permettant de recueillir la totalité du volume des contenants en cas de fuite. Les produits de vidange seront évacués dans un site de traitement adéquat. Comme pour les matériaux dangereux, ces conditions de stockages permettent d'éviter une pollution en cas d'inondation.*
- ***ME22*** *- Confinement des matériaux pollués : les matériaux non inertes ou souillés seront confinés dans une benne dédiée à cet effet pour ne pas être en contact avec les sols superficiels. Ils seront ensuite envoyés vers des unités de traitement ou de recyclage adéquat.*
- ***MR25****–Des bâches étanches seront disposées sous les moteurs ou différents appareils. Le stockage de produits dangereux se fera préférentiellement sur les surfaces bitumées du chantier, le remplissage des réservoirs (carburant, huiles…) sera réalisé sur des bacs de rétention ; Le personnel sera sensibilisé à la préservation de l'environnement. Afin de se prémunir de ces risques, le maître d'ouvrage imposera des instructions particulières et actions de sensibilisation dans les cahiers des charges des entreprises chargées des travaux (mise sur rétention des stockages, opérations de ravitaillement et d'entretien des engins sur des aires aménagées…).*
- ***MR26****– Usage de kits antipollution : en cas de pollution accidentelle sur le chantier, des kits antipollution seront utilisés. Il s'agit de kits d'intervention rapide en cas de pollution liquide. Le fait de placer des kits anti-pollution à proximité de zones à risques, permet d'avoir une grande réactivité en cas de déversement de liquides dangereux. Un kit anti-pollution est généralement composé de feuilles absorbantes, utilisées pour de petites quantités de liquides à absorber sur de faibles superficies, d'une paire de gants, afin que l'opérateur puisse intervenir en toute sécurité, de boudins absorbants permettant de circonscrire la zone polluée et de coussins absorbants, permettant de capturer de plus gros volumes de liquides sur une surface réduite.*

5.12.6 Impact permanent et mesures associées

L'architecture des forages réalisée dans les règles de l'art assurera leur étanchéité. Les ouvrages feront l'objet d'une surveillance de manière à éviter tout risque de pollution vers le milieu extérieur.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les risques potentiels de pollution des sols en exploitation du site seront principalement liés à :

- L'utilisation et le stockage de produits chimiques,
- La production de déchets dangereux par la centrale,
- Le déplacement de véhicules,
- Le percement des canalisations enterrées.

Outre la mise en place de caves étanches, maçonnées, de 3 mètres de côté environ, aucun impact permanent sur le sol n'est identifié. Le site sera nettoyé et les surfaces utilisées durant les travaux seront remises en état par une entreprise spécialisée selon les souhaits du maitre d'ouvrage et les contraintes environnementales.

Pour les opérations de maintenance du puits et les campagnes de mesures réglementaires, un accès d'une largeur minimale de 5 mètres et d'un rayon de 15 m autour de chaque puits permettra l'intervention de machines adaptées et d'équipements amovibles.

La zone non aedificandi, zone où toute construction ou plantation sera interdite pour permettre d'accéder aux ouvrages, sera adaptée à la situation projetée du site (Cf. Figure 223).

Actuellement, la surface imperméabilisée (parking, voiries) totale de la parcelle est d'environ 800 m² sur une surface totale de la surface dédiée au chantier de 3300 m². La surface restante de la parcelle est constituée d'arbres, de pelouses ou espaces en terre sur environ 1150 m². Terrain de sport et de pétanque est composé de d'un sol compacté et sablé sur environ 1350 m² (Cf. Figure suivante).

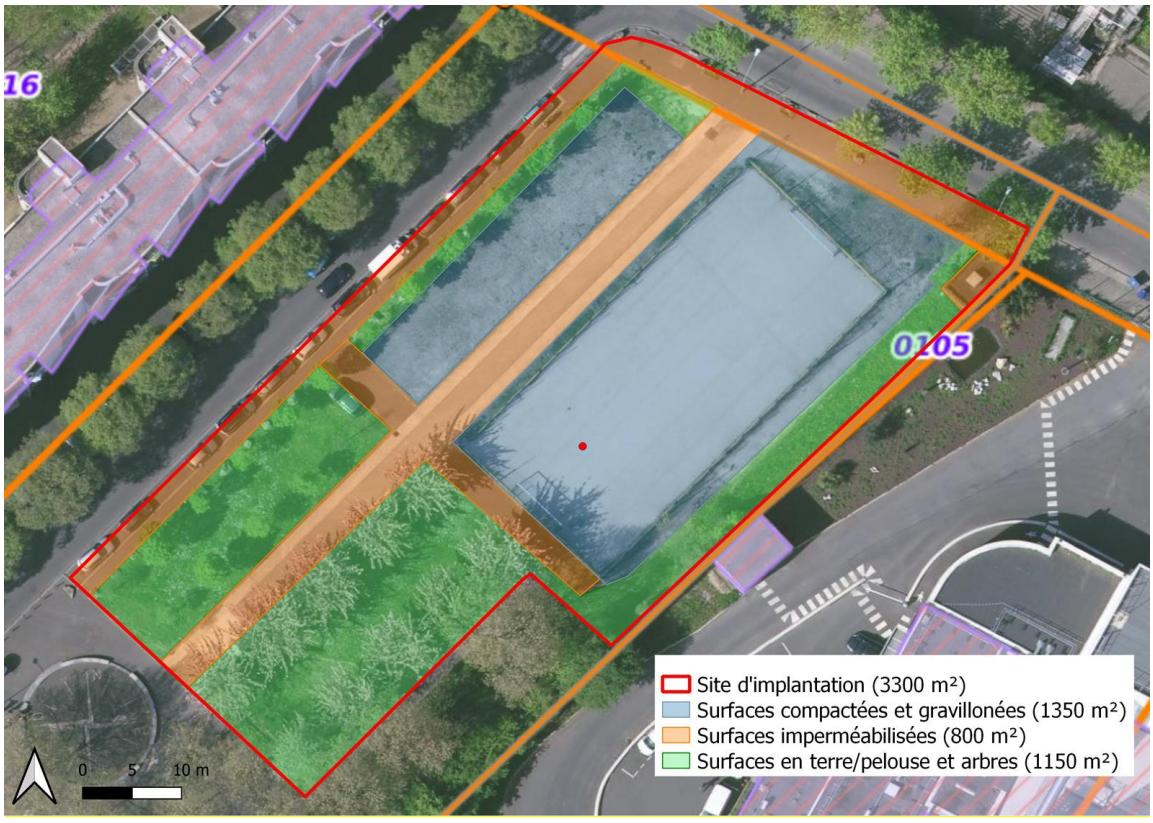


Figure 225 : Type de sols rencontré sur la parcelle actuelle

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Après l'aménagement final du site, trois types de sols seront rencontrés (Cf. Figure suivante) :

- Les sols imperméabilisés (en rouge et orange) en enrobé ou voirie lourde pour la zone de servicing et les accès au site ;
- Les sols perméables stabilisés (en jaune) pour le terrain de jeu et les voies piétonnes ;
- Les sols perméables en terre, végétalisés et arborés (en vert).

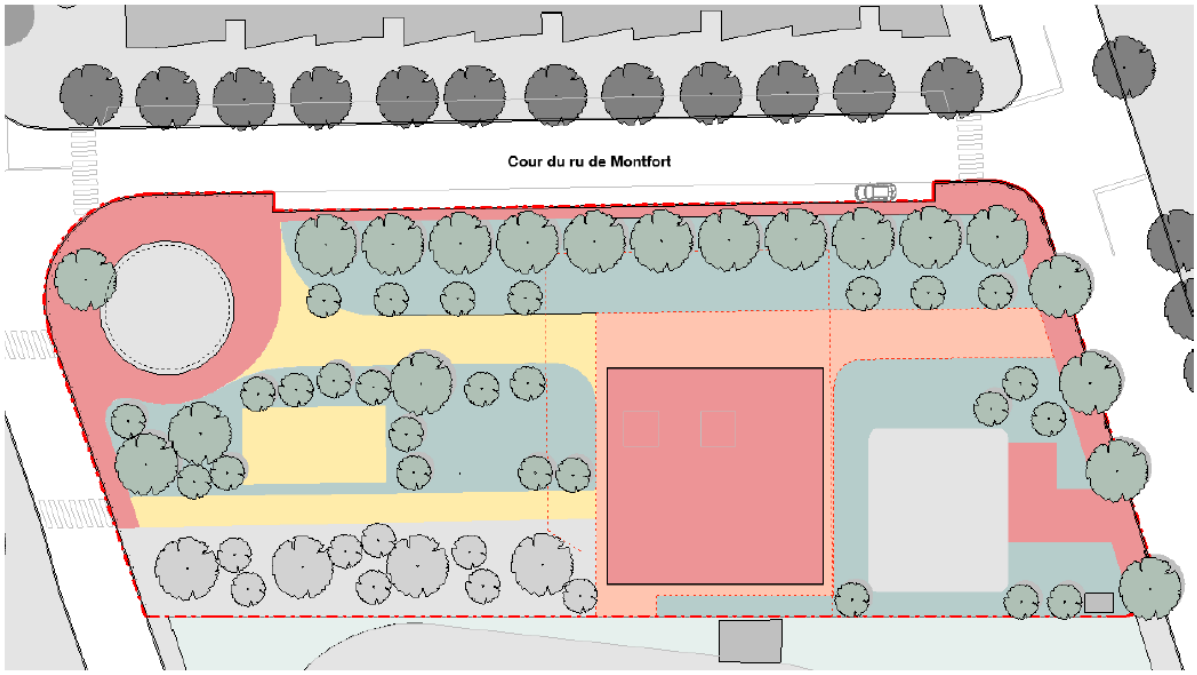


Figure 226 : Type de sols projetés après l'aménagement final du site

<u>Les mêmes mesures qu'en phase chantier seront mises en place à l'intérieur de la centrale. Par exemple :</u>

- *Les zones d'activités du site seront confinées dans la centrale et étanches : goudronnées (aire circulation) ou bétonnées (aire dépotage),*
- *Toutes les matières polluantes présentes sur site seront stockées sur des rétentions adaptées et correctement dimensionnées,*
- *Une procédure d'urgence « pollution » sera mise en place afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires,*
- *Les eaux pluviales de voiries chargées en hydrocarbures seront collectées et dirigées vers un séparateur d'hydrocarbures avant rejet vers le réseau communal d'eau pluviale. Les eaux de toiture seront dirigées vers le réseau d'eau pluviale.*
- *L'étanchéité des réseaux de collecte (EU, EP), des canalisations d'eau géothermale et du réseau de chaleur secondaire sera vérifié régulièrement. Si un percement de canalisation enterrée survenait à cause d'une avarie (dilatation, corrosion, pression…), la chute de pression mesurée alerterait l'exploitant (suivi en temps réel) qui procèderait à l'arrêt des pompes et à l'isolement de la zone défectueuse pour réparation.*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En exploitation les mesures d'évitement et de réduction complémentaires suivantes seront mises en place :

- ***Rappel ME12 et ME15 à 21, ME17 et MR17 à 20, MR22 et 26.***
- ***MR 27 :*** *Contrat anti-éruption : En cas d'apparition d'une fuite d'eau géothermale sur la boucle de surface (au-dessus des vannes maitresse), avant toute intervention de réparation, l'exploitant est tenu d'arrêter la production géothermale, de consigner les variateurs et leur protection électrique et de fermer les vannes d'isolement de la boucle (en centrale si la fuite est maîtrisable) sinon de fermer les vannes maîtresses en caves têtes de puits. Si la fuite ne peut être stoppée (fuite sous les vannes maîtresse ou débit de fuite supérieur à la capacité des pompes vide-caves) ou que les vannes maîtresses sont inaccessibles, le dispositif d'urgence Anti-éruption sera déclenché. Le délai d'exécution de la société Geofluid, basée à Roissy Charles de Gaulle, est au maximum de 4h, pour constater et évaluer les moyens à mettre en œuvre. Après constat des moyens à utiliser, l'entreprise dispose d'un délai maximum de 8 h pour acheminer sur site le matériel et réaliser l'intervention (Cf. paragraphe 7.2.3).*

La présence de canalisations souterraines transportant de l'eau chaude (réseau primaire ou secondaire) pourrait conduire à une pollution thermique des sols. La centrale géothermique sera placée sur une dalle béton étanche. En phase d'exploitation, le projet ne constitue pas une source de pollution des sols. Toutes les mesures de sécurité seront prises pour éviter toute pollution éventuelle ou accident de fuite d'eau géothermale ou de matériau dangereux.

Après aménagement et remise en état finale du site, les surfaces en terre ou en pelouses seront réhabilitées.

5.13 Effets sur la sécurité des personnes

5.13.1 Impact temporaire et mesures associées

Le chantier de forage fonctionnera 24 heures sur 24, et sera éclairé en conséquence de jour comme de nuit pour des raisons de sécurité. Le chantier, et en particulier l'installation de la plateforme, nécessitera l'emploi d'entre 15 et 20 personnes. Le site sera également gardienné et clôturé.

Un plan du chantier, avec notamment l'indication de la position des extincteurs et des sorties de secours et des points de rassemblement, sera établi et transmis à l'administration conformément à la réglementation en vigueur.

Par ailleurs, un plan général de coordination (PGC) sera réalisé en amont du chantier en application du code du Travail et du code Minier.

Le périmètre des travaux, les cheminements piétons, les accès pour les véhicules légers seront entièrement sécurisés. En outre, l'accès au chantier sera interdit au public.

Dans le cadre des mesures destinées à renforcer la sécurité des usagers, le chantier sera entièrement entouré d'une clôture disposant d'une signalétique appropriée pour que les piétons et les automobilistes soient correctement avertis de la présence de travaux.

Dans ce contexte de chantier, toutes les mesures sont prises pour protéger la sécurité et la santé des riverains et des visiteurs lors de la réalisation du projet. Les visiteurs ne pourront se déplacer que dans les secteurs autorisés (Cf. paragraphe 7.1.1). Les riverains seront exposés à des risques liés à une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier (Cf. paragraphe 5.2).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Des mesures visant à réglementer la circulation aux abords du chantier seront prises afin d'assurer la sécurité des usagers et d'éviter la gêne des véhicules liés au chantier. La circulation habituelle sera donc organisée en fonction des phases du chantier, ce qui permettra de réduire les risques d'accident.

Figure 227 : Exemples d'affichage présents aux abords d'un chantier (CFG)

Les chantiers seront générateurs de risques pour la population avoisinante. Afin d'assurer la sécurité de la population, les mesures de réduction suivantes seront mises en place :

- ***ME23** : Les volumes des bacs à boues et les paramètres de forage seront constamment suivis et contrôlés, pour prévenir tout dysfonctionnement entraînant des risques pour la sécurité. Des détecteurs de gaz seront mis en place sur le circuit des boues à la sortie du puits pour identifier immédiatement toute émanation de gaz.*
- ***MR28**– Equipements : Des masques à gaz individuels (au moins 2), équipés de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène et deux appareils respiratoires autonomes avec bouteilles, seront mis à disposition du personnel en permanence. Du matériel destiné à la lutte contre l'incendie sera à disposition (matériel entretenu par une entreprise agréée ou par un agent spécialisé du Service Sécurité de l'Entrepreneur de forage) : extincteurs à poudre polyvalente, extincteurs à poudre de carbone, une couverture anti-feu. Tous les travailleurs seront équipés de protection de type EPI (casque, chaussures de chantier, lunette et côtes de chantier).*
- ***MR29 :** Mise en place d'un PPSPS : cette mesure consiste essentiellement en la prise de précautions habituelles sur et autour du chantier. Le maître d'ouvrage ou son ayant droit aura la charge d'informer et de faire respecter les consignes de sécurité et de veiller au bon déroulement des travaux effectués par les entreprises extérieures. Les entreprises qui travailleront sur site, conformément à la législation, déclareront leurs travaux et établiront un Plan Particulier de Sécurité de Prévention et de Santé (P.P.S.P.S) listant les dangers et les moyens de prévention. Un Plan de Prévention (PP) relatif à la sécurité, à la santé et à son organisation sur le site comprendra la liste des dangers et des moyens de prévention des risques.*
- ***MR30 :** Une signalisation/balisage sera installée afin d'assurer la sécurité des piétons à proximité du chantier. Le chantier sera interdit au public et une présence permanente du personnel surveillera et enregistrera toutes les entrées/sorties.*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Afin que les riverains soient en permanence informés des avancées du projet, la mesure suivante sera également mise en place :

- ***Rappel MR01** – Un panneau unique contenant divers renseignements, l'intitulé de la société, le numéro de téléphone et de fax, etc., sera également installé aux abords du chantier.*

Par ailleurs, les travaux seront une source de bruit supplémentaire. Ces nuisances sonores sont présentées dans le paragraphe 5.4 relatif au bruit.

Pour les salariés du site, il sera mis en place des :

- ***MR31 :** Cheminements piétonniers, balisés, éclairés et sécurisés ;*
- ***MR32 :** Accès pour les véhicules utilitaires et des accès pour les véhicules de sécurité (pompiers, ambulances, police, …) jour et nuit avec des plans d'accès, mis à jour régulièrement et envoyés aux organismes concernés ; une signalétique visible de jour et de nuit sera présente en périphérie de la zone de chantier.*
- ***MR33 :** Les véhicules de chantier seront équipés de bip de recul.*

La sécurité sur le chantier est développée dans le Chapitre 7 relative au document de sécurité et de santé.

Les travaux de la centrale et du réseau de chaleur engendreront une gêne sonore pour les populations qui sera limitée dans le temps. Il est à noter que les travaux seront effectués de jour du lundi au vendredi de 8h à 12h et de 13h à 18h. Pour limiter ces impacts, les mesures suivantes seront mises en œuvre :

- ✓ Nomination d'un coordinateur sécurité,
- ✓ Interdiction au public des zones de chantier,
- ✓ Balisage des zones de chantier et stockage des matériaux dans des zones délimitées et sécurisées,
- ✓ Remise en état des chaussées et accotements après travaux.

Le chantier sera interdit au public, balisé et sécurisé de manière à limiter les risques pour les riverains. Les chantiers seront réalisés de manière à garantir la sécurité des riverains. Le maître d'ouvrage s'assurera du respect des consignes de sécurité.

5.13.2 Impact permanent et mesures associées

L'accès à la centrale de production thermique sera interdit au public. Les têtes de puits du doublet seront situées dans une cave de protection fermée et enterrée.

Les accès aux locaux techniques sont contrôlés et réservés au personnel habilité. L'entretien et le suivi des ouvrages seront réalisés dans le respect des règles de sécurité.

Sur le réseau, les sous-stations destinées à assurer le chauffage des locaux et la fourniture en eau chaude sanitaire comprend les installations primaires (installations qui permettent la livraison de chaleur depuis la Centrale géothermique) et secondaires (installations qui permettent de redistribuer la chaleur et d'eau chaude sanitaire aux différents locaux) relèvent des parties communes des bâtiments.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 228 : Exemples de têtes de puits

Ces installations primaires sont raccordées au réseau de télégestion, qui permettent le suivi des paramètres de fonctionnement des installations depuis la centrale géothermique. Un écran de télésurveillance sera également mis à disposition des équipes techniques du SMIREC.

En régime d'exploitation, la sous-station fonctionne automatiquement, sans intervention humaine. En dehors de la période de mise en service et des réglages alors nécessaires, les personnels d'exploitation sont appelés à intervenir en sous-station pour les opérations suivantes :

- Vérification du bon fonctionnement des installations primaires tous les 10 jours et relevés décadaires des compteurs ; il s'agit d'interventions de routine ne dépassant généralement pas le quart d'heure ;
- Vérification du bon fonctionnement des installations secondaires et réglages éventuelles, avec une fréquence similaire (prestataire des installations secondaires) ;
- Opérations de maintenance nécessitant l'outillage adapté, à une fréquence généralement de 2 fois par an, avant la mise en service du chauffage pour l'hiver, puis à l'issue de la saison de chauffage. Les interventions correspondantes ne nécessitent que quelques heures ;
- Amenée et mise en place d'équipements de remplacement et élimination des équipements usagés, à des fréquences les plus faibles possibles (de l'ordre de tous les 10 ans), et nécessitant un supportage dédié.

Le régime et les contraintes d'exploitation nécessitent un accès direct et indépendant de la sous-station depuis la chaussée.

En dehors des opérations listées ci-dessus, dont toutes sont programmées, les seules interventions humaines nécessaires en sous-station sont celles rendues nécessaires en urgence, typiquement pour une panne sur appareil tournant ou pour une fuite. Dans tous les cas il ne s'agit donc pas de disposer d'issues de secours pour les occupants éventuels, mais de possibilité d'accès pour une intervention depuis l'extérieur.

En plus des mesures préalablement évoquées, les mesures suivantes sont déjà mises en place :

- ***Rappel ME16*** *– Programmation des travaux et télégestion des installations de surface : la télégestion des installations à distance, les réglages et vérification du fonctionnement des installations réguliers et les interventions d'urgence seulement si les automatismes en place n'ont pas fonctionné sont mises en place sur le réseau.*
- ***ME24*** *– Dispositifs sécurité de l'exploitation des puits : des têtes de puits étanches sont équipées de vannes de tuage, vannes automatiques et manuelles pour la mise en sécurité des puits.*

Le réseau de chaleur n'aura pas d'impact permanent sur la santé et la sécurité des populations avoisinantes.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En exploitation, le projet n'aura pas d'impact permanent sur la population.

5.14 Effets sur les réseaux existants

De manière générale pour réduire les risques d'endommagement par des engins de terrassement des réseaux existants ou du réseau de chaleur, la bonne étanchéité des réseaux et donc réduire le risque de fuites ou de pollution, les mesures suivantes sont couramment prises :

- Implantation des réseaux au fond d'une tranchée avec pose d'un grillage avertisseur aux dessus des conduites pour signaler leur présence. Les conduites devraient être situées à au moins 80 cm de profondeur ;
- Des informations précises seront diffusées aux propriétaires des terrains traversés et la commune, pour les avertir des précautions d'usage à adopter aux abords de l'ouvrage pour garantir leur sécurité et l'intégrité des réseaux ;
- Des équipements seront mis en place pour contrôler la pression dans les conduites et maîtriser le phénomène de dilatation thermiques et les surpressions (soupapes, lyres de dilatation, coudes, compensateurs, points fixes…) et enregistrer les différents paramètres clés du fonctionnement du réseau par l'installation de capteurs (température, pression, débit…)
- A la fin des travaux et avant la mise en service du doublet géothermique et du réseau de chaleur, des essais de pressions seront réalisés afin de s'assurer de l'étanchéité des réseaux.

5.14.1 Impact temporaire et mesures associées

Lors des travaux, les réseaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement seront sollicités avec l'accord des concessionnaires respectifs. En phase de travaux, les eaux géothermales pompées lors des essais de productivité des puits seront rejetées au réseau eaux usées comme convenu avec le gestionnaire de réseau de la commune (Cf. Convention de rejet en cours de rédaction). Les eaux usées domestiques seront rejetées dans le réseau public.

La consommation d'eau potable et les rejets aux réseaux pendant le chantier seront négligeables. Les besoins en eau pour le forage sont très variables, mais on peut considérer une estimation grossière de 5 000 m^3 (fabrication de boue, cimentation et essais).

Le raccordement électrique de l'appareil de forage à un poste HT pourrait être mise en œuvre, si cela ne s'avère pas possible, des groupes électrogènes diesel seront utilisés. Le site sera alimenté en eau potable par le réseau de la ville.

A la station météorologique de référence la plus proche (Le Bourget), les précipitations atteignent le cumul de 550 mm en 2020 et une hauteur de 650 mm sur la période 1974-2003 environ (normales annuelles). La répartition des jours de pluie est assez régulière tout au long de l'année, même si les mois d'octobre, décembre et février sont généralement les plus humides, à hauteur de 60 mm par mois en moyenne.

La quantité d'eau qui ne pourra s'infiltrer dans le sol sera dirigée vers le réseau d'eaux pluviales. En termes de débit, la commune autorise une limite de 10 L/s/ha qui devra être respectée par le maitre d'ouvrage.

Les eaux pluviales de voiries seront traitées si besoin avant rejet au réseau public.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Eau de ruissellement pour le réseau d'eau pluviale

Pendant la période du chantier, environ 3 300 m² seront imperméabilisés avec une aire compactée pour permettre la circulation d'engins lourds et la pose d'une dalle en béton pour supporter la machine de forage. Un réseau de caniveaux/drains ceinturant l'aire de chantier collectera les eaux de ruissellement et les dirigera vers un déshuileur qui permettra de séparer les produits huileux/solides et d'envoyer l'eau ainsi séparée vers un bassin de décantation puis le réseau d'eau pluviale.

- Eau géothermale pour le réseau d'eau usée

Lors de la phase des essais de puits pour caractériser les puits en fin de forage, l'eau géothermale produite sera stockée dans des bassins étanches, refroidie et dirigée vers le réseau d'eaux usées (Cf. Figure 229).

Les débits d'exhaure et les volumes cumulés d'eau géothermale pendant cette phase de test dépendent des caractéristiques du puits. Cependant, une séquence type est illustrée sur le graphique ci-dessous avec 5 jours de tests cumulant 5 200 m^3 d'eau géothermale à évacuer par puits. Les données présentées à la figure suivante ont été récoltées en condition réelle de réalisation d'un essai de fin de puits et sont considérées comme représentatives des essais réalisés par CFG.

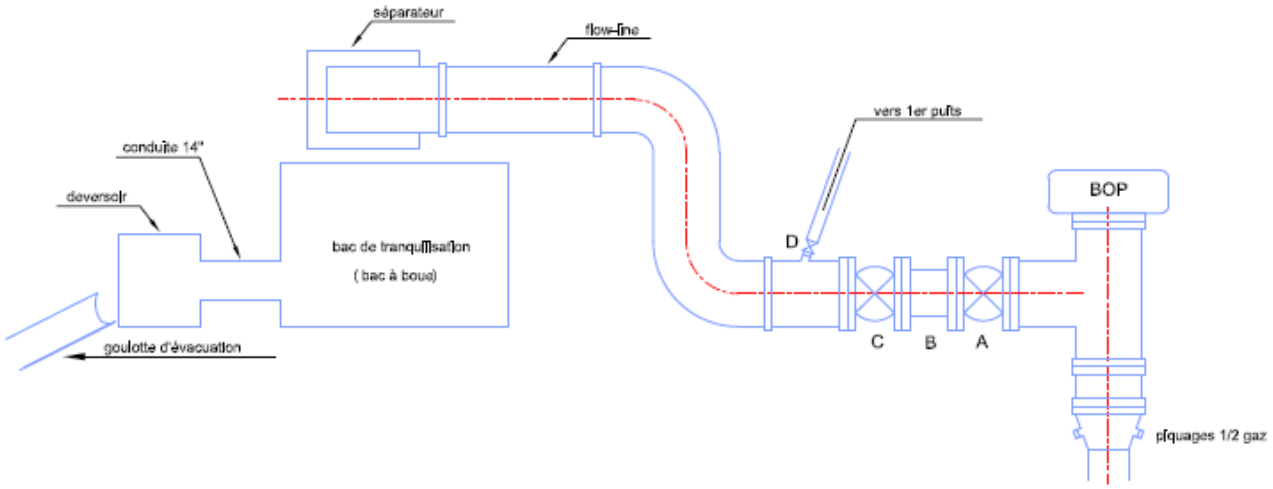


Figure 229: Schéma d'une ligne de test pour les essais de puits avec l'eau géothermale circulant du puits (à droite) vers le bac de rétention et la goulotte d'évacuation (à gauche)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

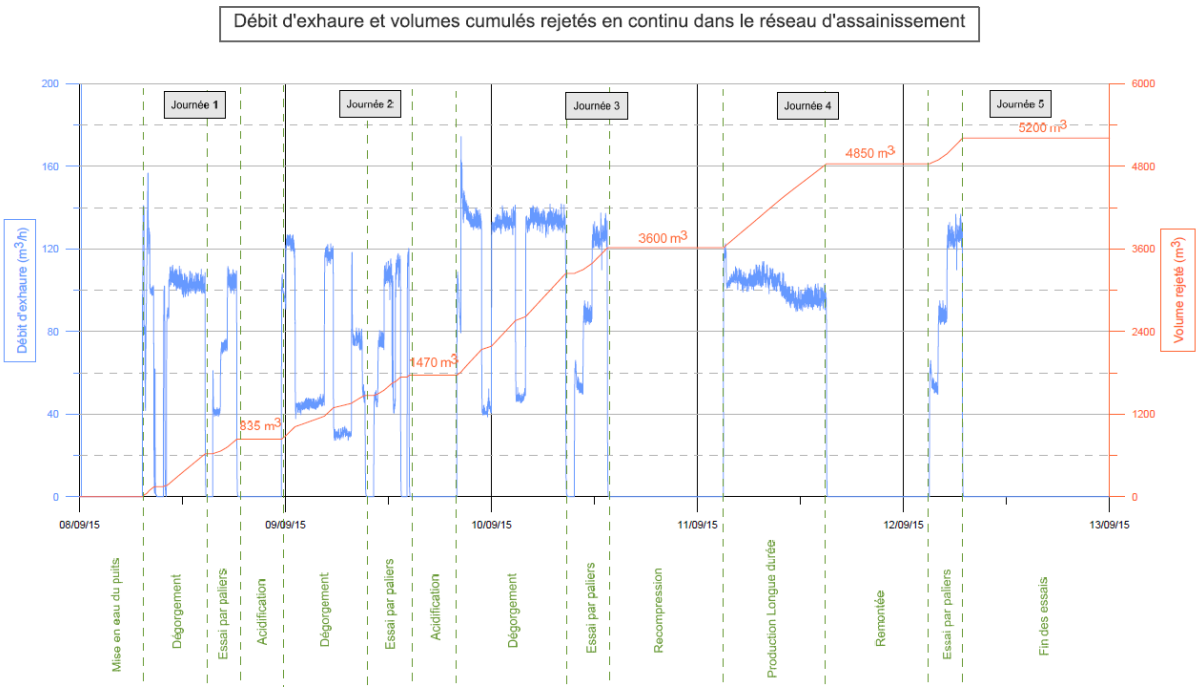


Figure 230 : Séquence type de chroniques de volumes d'eau produits et rejetés lors des essais de fin de forage

5.14.2 Impact permanent et mesures associées

Lors de l'exploitation de la centrale, les réseaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement seront sollicités avec l'accord des concessionnaires respectifs.

Il n'y aura pas d'incidence sur les réseaux d'assainissement et d'eau potable, mis à part le ruissellement des eaux pluviales qui se déverseront dans le réseau public et seront conformes au règlement d'assainissement de la commune.

Si pour une raison quelconque le percement d'une canalisation enterrée survenait, la chute de pression mesurée en continu alerterait immédiatement l'exploitant qui procéderait à l'arrêt des pompes et à l'isolement de la zone défectueuse pour réparation.

En cas d'incendie dans la centrale, les eaux d'extinction seront confinées en sous-sol, pompées et éliminées par un organisme agréé. Ailleurs les eaux ruisselleront vers les fossés périphériques d'eau pluviale. Une vanne d'isolement pourra permettre de confiner ces eaux avant leur pompage et élimination par un organisme agrée.

- Eaux usées

L'origine des rejets d'eaux usées seront issus :

- Effluents liquides provenant des différents usages domestiques de l'eau potable (sanitaires etc..), essentiellement porteurs de pollution organique,
- Eaux usées industrielles provenant des installations techniques : vidange annuelle des chaudières, purge du réseau de chaleur, eaux de lavage et nettoyage des sols, eaux de régénération des résines échangeuses d'ions de l'adoucisseur.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les seuls rejets des installations sont les purges des installations de production ou de vidange des circuits de chauffe et de refroidissement lors des maintenances. Ces eaux usées sont collectées par un réseau interne et transiteront par des séparateurs hydrocarbures avant d'être rejetés au réseau d'assainissement communal.

- Eaux pluviales

L'origine des rejets d'eaux pluviales seront issus :

- Des eaux de ruissellement des toitures, considérées comme des eaux non polluées
- Des eaux de ruissellement sur les voiries (parking, voies d'accès en enrobé…) potentiellement chargées en matières en suspension et hydrocarbures provenant des véhicules et engins.

Les eaux de toiture seront collectées et dirigées vers le réseau d'eau pluviale. Ces eaux ne présenteront aucune pollution liée à l'activité du site et pourront être récupérées sans traitement préalable.

Les eaux de voiries seront collectées par un réseau interne spécifique puis dirigées vers un séparateur d'hydrocarbures avant d'être rejetés au réseau d'assainissement communal.

- Eau géothermale pour le réseau d'eau usée

Pendant l'exploitation, les conduites d'eau géothermale relieront les têtes de puits à la centrale de production thermique.

Les opérations étant circonscrites à l'intérieur du périmètre de la future centrale géothermique et des têtes de puits, grâce à l'installation de conduites d'eau géothermale reliant les têtes de puits à la centrale géothermique, elles n'impactent pas les réseaux existants.

Très ponctuellement lors des opérations de maintenance, il peut être réalisé une demande de rejet aux égouts le temps des travaux. Lors des interventions d'entretien lourds et de réhabilitation des puits (exemple curage tous les 10 à 15 ans), la totalité des effluents liquides sera collectée, refroidit et traitée préalablement à leur déversement dans le réseau d'assainissement si leur composition chimique l'autorise (via une convention avec le concessionnaire).

En cas de déversement accidentel (fuite) de fluide géothermal, l'eau géothermale sera confinée dans la cave et pompée à l'aide d'une pompe vide cave (présente à demeure). L'évacuation se fera vers le réseau d'assainissement dans le cadre de la convention avec le concessionnaire du réseau d'assainissement.

L'ensemble des eaux usées sanitaires ou industrielles ou de voiries transiteront vers un séparateur d'hydrocarbures via un réseau interne avant de rejoindre le réseau d'assainissement communal. Les eaux de ruissellement des toitures seront destinées directement au réseau d'eau pluviale de la commune. Aucun rejet vers les sols, sous-sols et eaux souterraines ne sera possible.

Le réseau de chaleur sera isolé et calorifugé. Les distances réglementaires entre les différents réseaux seront respectées.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.15 Vulnérabilité au changement climatique

L'augmentation moyenne des températures est prévue à +2°C d'ici 2100 : objectif repris par les Accords de Paris à l'issue de la 21e Conférence des parties (COP 21) de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

Les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre, dites d'atténuation, ne suffiraient pas à contenir significativement la situation sous cette prévision. Pour cette raison, les rapports du GIEC, tout comme le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) dont s'est dotée la France pour la période 2011-2015, incitent à compléter ces mesures par la mise en œuvre de stratégies d'adaptation.

Le nouveau Plan national d'adaptation au changement climatique 2018-2022 a été lancé le 20 décembre 2018. Il a pour objectif de « mieux préparer la société française au changement climatique, en impliquant les principaux secteurs de l'économie (agriculture, industrie, tourisme…) et les territoires ». Ce plan repose sur 10 actions concrètes :

- Lutter contre les feux de forêt avec l'acquisition de 6 avions bombardier d'eau ;
- Renforcer la vigilance météo avec le déploiement de 5 nouveaux radars à horizon 2021, et l'extension du système d'alerte et d'information des populations en outre-mer dès 2019 ;
- Faire un point complet des normes et référentiels techniques pour prendre en compte le climat futur ;
- Identifier les territoires et milieux à risque ;
- Développer un centre de ressources sur l'adaptation ;
- Diffuser des messages de prévention par le service sanitaire des étudiants en médecine ;
- Intégrer la thématique du changement climatique et de l'adaptation dans les cursus scolaires ;
- Effectuer une étude sur les freins à la mobilisation locale des fonds européens ;
- Etablir des prospectives économiques pour identifier les filières à risque et les mesures d'accompagnement (notamment tourisme en métropole et en outre-mer) ;
- Créer de nouveaux outils d'aide à la décision dans le secteur forestier.

5.15.1 A l'échelle nationale

Les températures moyennes en France métropolitaine devraient évoluer dans des niveaux proches des moyennes mondiales dans les prochaines années : comprise entre 1 et 1,5°C à horizon 2035, l'élévation atteindrait de 1,7 à plus de 4°C à la fin du siècle selon les scénarios d'émissions[2].

Dans les territoires d'outre-mer, la hausse sera moins forte (+1,5 à 3°C à la fin du siècle, d'après ONERC, 2012). Ces valeurs ne sont pas anodines : on estime qu'une hausse de température de 1°C correspond à un « glissement » géographique de 180 km vers le sud en plaine ou à une « descente » de 170 m en termes d'altitude. Le nombre moyen de jours de gel qui est actuellement de 54 par an tomberait à une 40^{aine} en 2035 et serait divisé par 2 en fin de siècle. Les jours de forte chaleur en été, actuellement 9 en moyenne, seraient d'une 15^{aine} en 2035 et d'une 30^{aine} en 2085.

[2] valeurs moyennes annuelles par rapport à la référence 1961-1990, d'après Jouzel & al., 2012

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Concernant les précipitations, on ne distingue pas d'évolution future marquée des cumuls annuels en métropole et on distingue un léger recul dans la plupart des territoires d'outre-mer. Néanmoins les précipitations hivernales devraient augmenter légèrement sur une bonne partie de la métropole.

En été, les précipitations seront plus faibles notamment dans le sud-ouest : le nombre moyen de jours consécutifs secs qui est aujourd'hui de 25 devrait s'allonger de 10% en 2035 et doubler d'ici la fin du siècle.

L'élévation du niveau marin va se poursuivre progressivement et une élévation de 1 m à la fin du siècle n'est pas exclue.

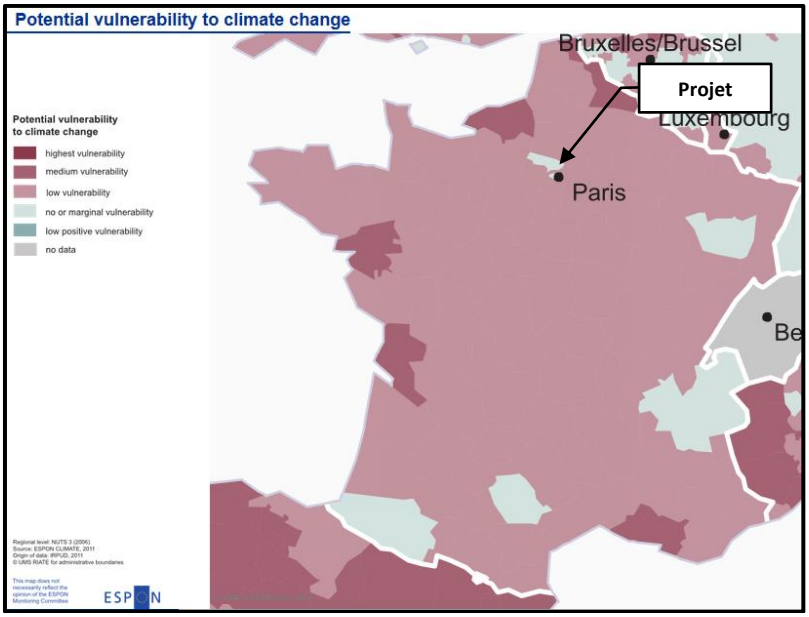
Concernant les phénomènes climatiques extrêmes, la situation est contrastée. Pour les vents violents, aucune évolution n'est attendue en métropole sur le siècle, aucune tendance à la hausse n'étant par ailleurs constatée ces dernières années.

Les vagues de chaleur seront plus longues, plus fréquentes et plus intenses. Une vague de chaleur du type de 2003 pourrait survenir tous les 2 ou 3 ans (i.e. deviendra la « normale »).

Les périodes de sécheresse seront plus intenses et s'étendront vers le nord dans des zones peu concernées aujourd'hui par ces problématiques.

Selon le site Internet Climate-ADAPT-Sharing adaptation information across Europe (European Climate Adaptation Platform), le projet est localisé en zone de faible vulnérabilité vis-à-vis du changement climatique, comme le montre la carte suivante.

Le changement climatique est susceptible d'une part d'augmenter l'exposition du territoire aux risques naturels (tempêtes, inondations, séismes, mouvements de terrain), et d'autre part d'engendrer des phénomènes climatiques extrêmes tels que des canicules ou des épisodes de grand froid. Les épisodes de gel, peu fréquents dans la région, pourraient être plus fréquents et de fait gêner la circulation des camions et l'utilisation des machines. Pour rappel, la zone d'étude est située en zone de faible risque sismique.



Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

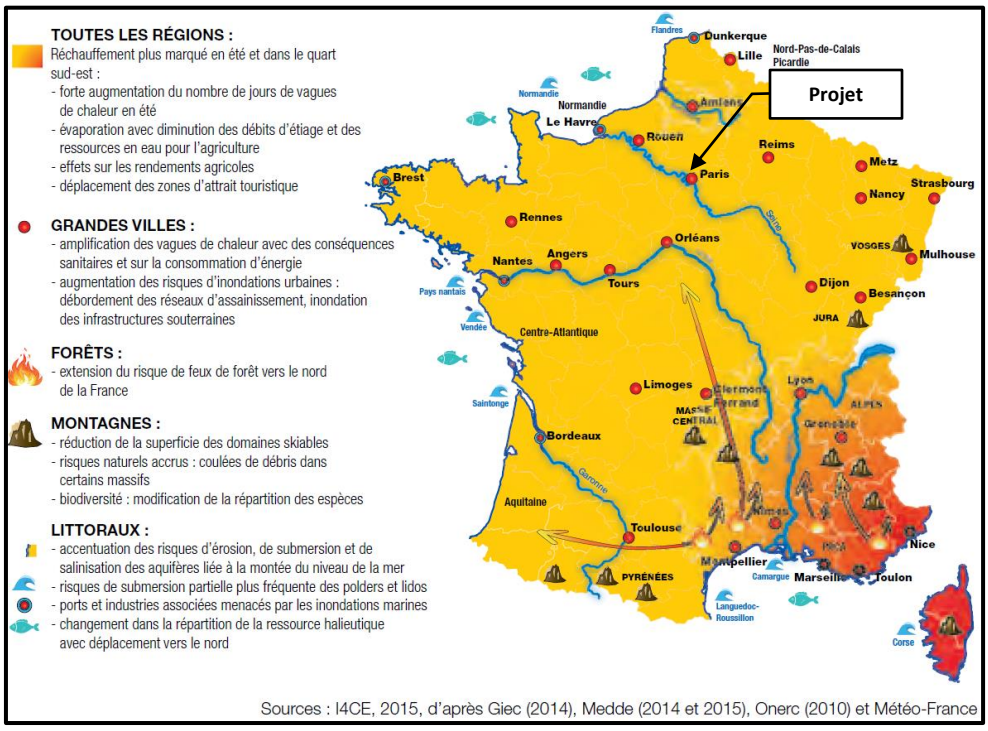


Figure 231 : Zone de faible vulnérabilité vis-à-vis du changement climatique

5.15.2 A l'échelle du site

Les principaux effets envisagés à l'échelle du site seraient

- Hausse des précipitations violentes à l'origine d'un risque croissant d'inondations « éclairs » à l'intérieur des terres, événements de coulée de boue ou de glissement de terrain plus fréquents.

Sur la commune, les évènements (source base de données GASPARD / Géorisques) de type coulée de boue, inondation, etc. sont peu fréquents. Vis-à-vis du risque inondation, le site n'est pas localisé dans une zone inondable. L'imperméabilisation des sols sera proche de la situation. Le site sera équipé de système de récupération et de gestion des eaux pluviales correctement dimensionnés.

Ainsi, le site d'étude reste toutefois vulnérable de manière marquée à cet effet.

- Diminution des précipitations, pouvant accentuer les effets des mouvements des sols, notamment le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux.

Vis-à-vis du risque de retrait et gonflement des argiles, le projet est localisé sur une zone soumise à un aléa faible à quasi nul. La construction de la nouvelle centrale répondra en tout point aux normes constructives en vigueur au moment de la construction (exemple : prise en compte du risque sismique, neige et vent, …).

Ainsi, le site d'étude ne semble pas vulnérable de manière marquée à cet effet.

- Hausse du niveau de la mer, pouvant être à l'origine d'inondations côtières et d'une érosion accrue en raison des tempêtes et de la hausse du niveau de la mer, avec des impacts certains sur l'efficacité des ouvrages maritimes de protection (digues), voire même de la tenue de ces ouvrages face à la modification des pressions auxquelles ils seront soumis.

Le site d'étude ne se trouve pas en région côtière.

Ainsi, le site d'étude ne semble pas vulnérable de manière marquée à cet effet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- En phase chantier

Le chantier est vulnérable au changement climatique. Néanmoins, il est de courte durée, et les changements les plus importants n'auront lieu qu'à moyen-long terme.

- En phase exploitation

Les puits et la canalisation étant réalisés en souterrain, le projet n'est pas vulnérable aux risques de tempête. Par ailleurs, il est localisé en zone de risque sismique faible, il n'est donc pas vulnérable aux risques sismiques.

Le projet reste faiblement vulnérable aux risques de mouvements de terrain, notamment par retrait/gonflement des argiles, et d'inondation par remontée de nappe.

La localisation des puits et de la canalisation en profondeur rend le projet non vulnérable aux phénomènes climatiques extrêmes comme les canicules ou les épisodes de grand froid.

En phase exploitation, le projet est peu vulnérable au changement climatique.

5.16 Effets sur le Climat

En France, les émissions de gaz à effet de serre pour l'année 2016 ont été d'environ 411 millions de tonnes CO_2. En 2018, environ 41,2 millions de tonnes de Gaz à Effet de Serre (GES) ont été émises en région Ile-de-France (source Airparif). La densité des émissions de GES en 2012 dans la région Ile-de-France est représentée sur la carte ci-après.

La contribution des gaz à effet de serre sur le Pouvoir de Réchauffement Global est essentiellement imputable au transport routier et au chauffage résidentiel.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

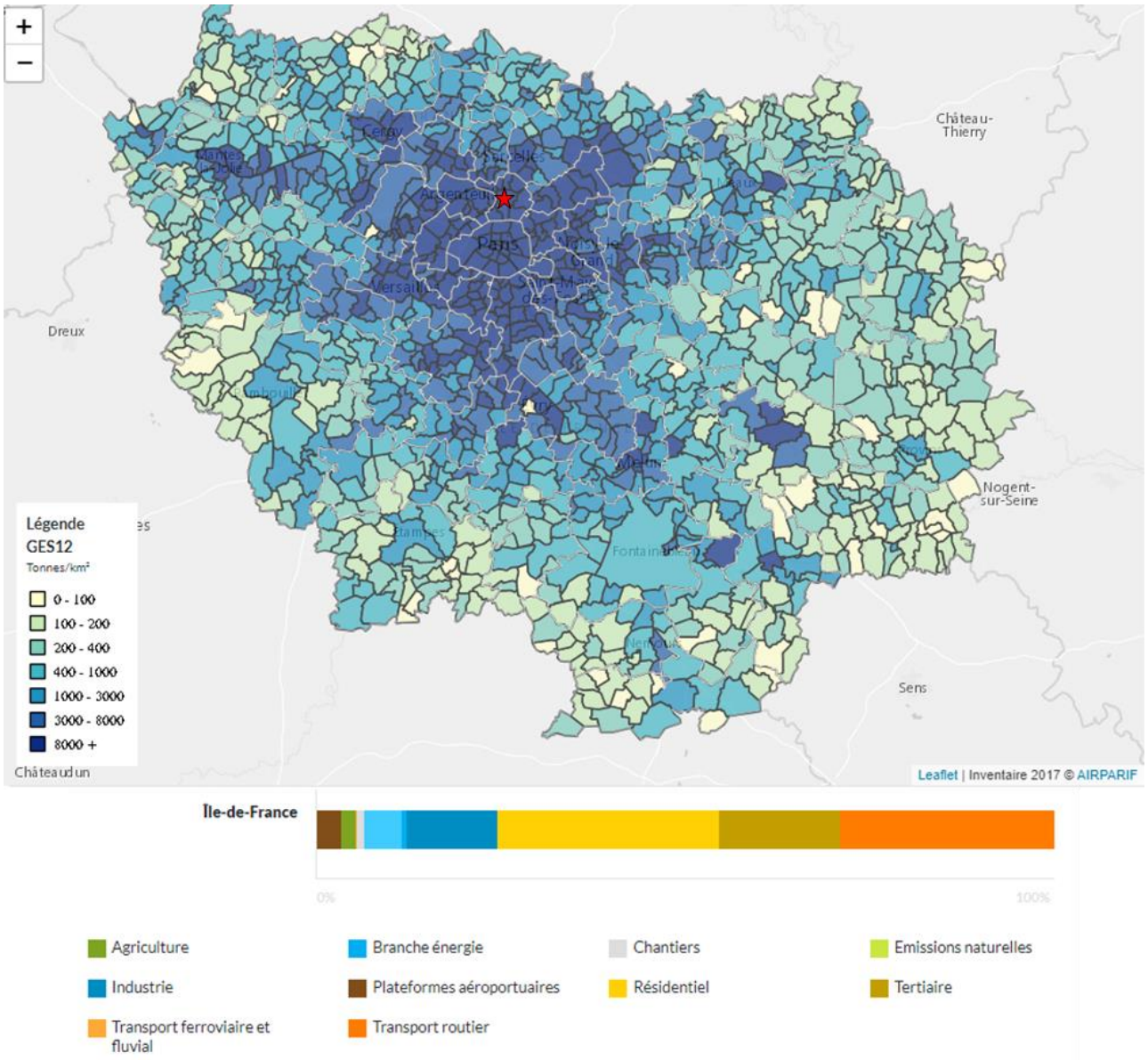


Figure 232: Répartition des GES en 2018 en Ile de France (Airparif)

5.16.1 Recensement des émissions atmosphériques à pouvoir de réchauffement

<u>En fonctionnement normal :</u>

En fonctionnement normal, les activités des chaufferies du Fort de l'Est sont déjà à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre provenant de la combustion du gaz naturel et biomasse avec émissions de poussières, SO_2, Nox, CO, HAP, COVNM.

<u>En fonctionnement dégradé :</u>

Le cas du fonctionnement dégradé correspond à des périodes d'entretien, de remplacements d'équipements, de phases de démarrage ou d'arrêt. Lors du démarrage ou de l'arrêt des chaudières, les composés, à pouvoir de réchauffement, émis par la cheminée seront les mêmes que ceux décrits en fonctionnement normal.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.16.2 Quotas de CO_2 – BILAN CARBONE

Conformément à l'article R 229-5 du code de l'environnement, l'installation Plaine Commune Energie du Fort de l'Est est soumise au quota de CO_2, la puissance nominale de l'installation étant supérieure à 20 MW. De ce fait, et conformément à l'arrêté du 28 juillet 2005 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre, un plan de surveillance des gaz à effets de serre est élaboré.

Le réseau de chaleur actuel, d'une longueur d'environ 70 km, a une puissance installée de 185 MW. Il alimente environ 50 000 logements en chauffage et en eau chaude. Aujourd'hui, le réseau de chaleur est alimenté à plus de 50% en énergies renouvelables du fait de l'implantation de deux chaudières Biomasse : celle de Saint-Denis et celle de Stains. La géothermie est peu présente sur le réseau de chaleur de Plaine Commune. En effet, sur le territoire de Plaine Commune, on dénombre trois doublets géothermiques exploités : La Courneuve nord, La Courneuve sud et Paris nord-est.

Sur le périmètre d'Aubervilliers, après densification et réalisation des raccordements à l'horizon 2025, l'énergie produite par la géothermie passera à environ 70 % pour une chaleur totale d'environ 52,7 GWh/an soit un nombre de 7500 tonnes de CO2 évités par an (Cf. paragraphe 1.4.5).

5.16.3 Impact temporaire

Le projet n'a pas d'impact significatif sur le climat en phase chantier hormis la consommation journalière de gasoil non routier (GNR) pour le fonctionnement des machines / moteurs et le trafic de camions et d'intervenants en voiture sur le chantier. Pour la phase de forage, le chantier induit l'émission de 1 048 tonnes d'équivalent carbone (Cf. paragraphe 5.7.1).

Les engins de chantier seront générateurs de gaz d'échappement, parmi lesquels le dioxyde de carbone (CO_2), du monoxyde et dioxyde d'azote (NO, NO_2), qui sont des gaz dits à effet de serre, c'est à dire qui participent au réchauffement climatique.

Ces émissions sont toutefois négligeables par rapport à celles émises par le trafic sur les axes à proximité du projet.

Le projet n'a pas d'impact significatif sur le climat en phase chantier. Les émissions seront limitées à la durée des travaux. A noter que l'alimentation en électricité de l'appareil de forage est aujourd'hui à l'étude et pourrait permettre de limiter la consommation de GNR du chantier et l'émission de gaz à effet de serre.

5.16.4 Impact permanent

Le « Grenelle de l'environnement » préconise que les réseaux de chaleur soient utilisés dans la lutte contre le changement climatique. A ce titre, le projet de géothermie contribue à la lutte contre ce changement climatique.

Les NOx ainsi que les COVNM sont des paramètres qui font l'objet d'un suivi régulier de la part de l'exploitant.

Un plan de surveillance des gaz à effet de serre est établi par l'exploitant. L'installation est régulièrement entretenue et du personnel compétent s'assure du bon fonctionnement de celle-ci et donc de l'absence de rejets dont les valeurs démontreraient un fonctionnement dégradé de l'équipement.

Les contrôles périodiques seront réalisés conformément à la réglementation en vigueur.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Des contrôles seront régulièrement effectués afin de contrôler les émissions de l'installation.

Le projet prévoit l'optimisation du coefficient de performance (rapport entre la quantité d'énergie produite et la quantité d'énergie utilisée), autrement dit du rendement de la boucle afin de limiter leur consommation énergétique.

Une pompe à chaleur est prévue sur le site. En cas de fuite au niveau de la PAC, le fluide frigorigène est susceptible d'être émis à l'atmosphère. Cet équipement sera contrôlé par une personne compétente de la centrale et de manière régulière. L'état et le suivi des quantités d'hydrocarbures halogénés reçues, stockées, consommées ou recyclées sera tenu à jour.

Le réseau de chaleur n'aura aucun effet en tant que tel sur la qualité de l'air et du climat. Néanmoins les chaudières du Fort de l'Est rejette déjà des GES et des composés polluants. De manière générale, le projet de géothermie a un effet positif sur le climat dans la mesure où il participe à la lutte contre le changement climatique avec 7 500 tonnes de CO2 évités par an.

5.17 Effets des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau

La maîtrise de l'impact sur la ressource, tant en phase de chantier qu'en phase exploitation, représente un enjeu majeur du projet. Les effets seront étudiés sur les eaux souterraines, les eaux superficielles, les réseaux d'assainissement et de distribution en eau potable ainsi que les effets des rejets d'eaux géothermales lors des essais.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin (SDAGE), qui couvre un bassin versant global, définit des sous-bassins versants correspondants à des unités hydrographiques dans lesquelles le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux), prévu au code de l'environnement (article L.210-1 et suivants), peut être élaboré.

Le SDAGE et les SAGE fixent des obligations qualitatives et quantitatives relatives à la ressource en eau, à respecter par l'exploitant. La compatibilité du projet de doublet géothermique sera étudiée pour chacun de ces schémas.

Pour rappel, le projet est concerné par les rubriques de la nomenclature IOTA suivantes : 1.1.1.0 ; 1.1.2.0 ; 5.1.1.0 et 5.1.2.0 et est soumis à autorisation. Les articles R.214-1 et suivants du Code de l'Environnement précisent la nomenclature des opérations soumises à déclaration ou autorisation préfectorale :

- Rubrique 1.1.1.0. Tout forage d'eau non destiné à un usage domestique - déclaration
- Rubrique 1.1.2.0. Prélèvements d'eau :
  - Volume prélevé annuel supérieur ou égal à 200 000 m^3/an – autorisation
  - Volume prélevé annuel supérieur à 10 000 m^3/an et inférieur à 200 000 m^3/an – déclaration
- Rubrique 5.1.1.0. Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie :
  - Capacité totale de réinjection supérieure ou égale à 80 m^3/h – autorisation
  - Capacité totale de réinjection supérieure à 8 m^3/h et inférieure à 80 m^3/h – déclaration

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

  - Autres types de rejets : selon débit et milieu récepteur (voir article R.214-1)

- Rubrique 5.1.2.0. Recherche et exploitation de gîtes géothermiques : Les déclarations ou demandes d'autorisation sont à effectuer en préfecture, conformément aux procédures fixées par les articles R.214-6 et suivants (pour l'autorisation), et R.214-32 et suivants (pour la déclaration).

La délimitation des masses d'eau souterraine en France a été élaborée par le BRGM et les Agences de l'eau pour les besoins de la Directive Cadre sur l'Eau. Une masse d'eau souterraine est définie ainsi commue un « volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères.

La commune fait partie du Bassin Seine Francilienne du SDAGE Seine-Normandie et du SAGE Croult – Enghien – Vieille Mer (CEVM).

5.17.1 Compatibilité avec le SDAGE du bassin Seine Normandie

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) réglementairement en vigueur est le SDAGE 2010-2015 suite à l'annulation de l'arrêté du 1er décembre 2015 adoptant le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2016-2021 et arrêtant le programme de mesures (PDM) 2016-2021.

Le SDAGE 2010-2015 est donc aujourd'hui réglementairement en vigueur et applicable selon ce jugement. Néanmoins, si l'arrêté pris par le préfet a été annulé, le SDAGE 2016-2021 demeure un document exprimant les objectifs souhaités par la majorité du comité de bassin en 2015.

Le SDAGE compte 44 orientations et 191 dispositions qui sont organisées autour de grands défis et leviers d'actions à savoir « les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux » (article L.212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de la Seine et des cours d'eaux côtiers normands. « Cette gestion prend en compte les adaptations aux changements climatiques » (article L.211-1 du code de l'environnement) et « la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole » (article L.430-1 du code de l'environnement).

Introduits par la loi sur l'eau de 1992, qui a conduit à l'adoption du premier SDAGE en 1996, le contenu et la portée juridique du SDAGE ont évolué pour constituer un plan de gestion du district hydrographique de la Seine au sens de la directive cadre sur l'eau de 2000. Cette dernière prévoit, pour chaque district hydrographique européen, la réalisation d'un plan de gestion qui fixe des objectifs environnementaux pour chaque masse d'eau du bassin (portions de cours d'eau, plans d'eau, eaux souterraines, eaux côtières et eaux de transition) et définit les conditions de leur réalisation.

Ce plan de gestion est accompagné d'un programme de mesures qui énonce les actions pertinentes, en nature et en ampleur, pour permettre l'atteinte des objectifs fixés.

Le concept de « gestion équilibrée et durable de la ressource en eau » comprend notamment les mesures suivantes :

- La protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Le développement, la mobilisation, la création et la protection de la ressource en eau ;
- La promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau.

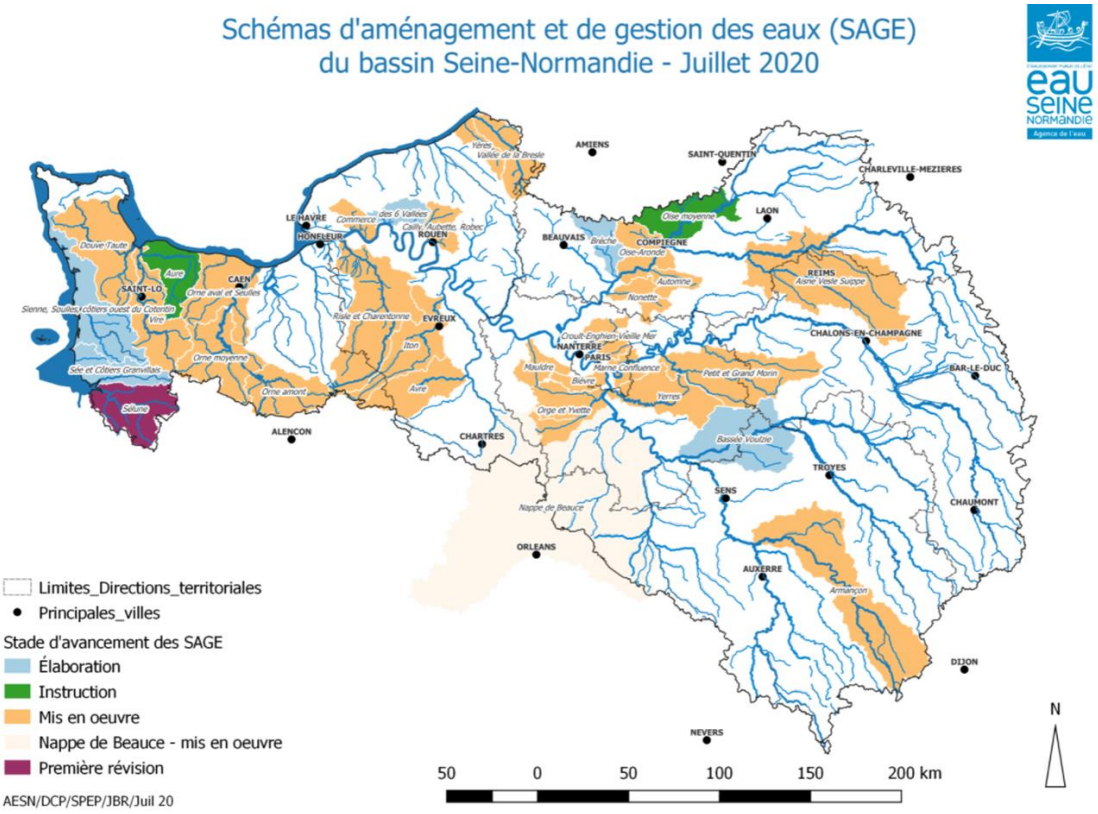


Figure 233 : SDAGE et SAGE du Bassin Seine Normandie

5.17.1.1 *Rappels des objectifs du SDAGE*

Les objectifs de qualité et de quantité des eaux sont définis à l'article L.212-1 du code de l'environnement. Ils correspondent notamment à :

- Un bon état chimique et un équilibre entre les prélèvements et la capacité de renouvellement pour les masses d'eau souterraines ;
- La prévention de la détérioration de la qualité des eaux.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les orientations fondamentales du SDAGE répondent aux principaux enjeux identifiés à l'issue de l'état des lieux sur le bassin :

- Défi 1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques,
- Défi 2 : Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques,
- Défi 3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses,
- Défi 4 : Réduire les pollutions microbiologiques des milieux,
- Défi 5 : Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future,
- Défi 6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides,
- Défi 7 : Gérer la rareté de la ressource en eau,
- Défi 8 : Limiter et prévenir le risque d'inondation.

Les objectifs fixés dans les SDAGE, SAGE pour ce type de projet sont :

- Limiter l'imperméabilisation des sols et privilégier la gestion des eaux de ruissèlement à la source (infiltration, évaporation, évapotranspiration)
- Réduire les rejets dans le réseau d'assainissement et vers le milieu hydraulique superficiel ;
- Eviter la pollution par ruissellement ou érosion incontrôlée (en période de précipitation) ;
- Assurer la protection du milieu récepteur et la dépollution des eaux pluviales ;
- Réduire l'impact des rejets et des nuisances (polluants, odeur, turbidité…).

Pour respecter ces objectifs, en particulier pour la géothermie, il est demandé :

- Que le maître d'ouvrage évalue les impacts qualitatifs ou quantitatifs, des forages, d'ordre physique, chimique et thermique, sur le sous-sol, les milieux aquatiques et terrestres concernés ;
- Que l'autorité administrative recense les ouvrages et tiennent compte de leurs impacts, notamment cumulés, dans le cadre de l'instruction administrative des dossiers ;
- Que les eaux soient restituées dans leur réservoir d'origine ou valorisées par un autre usage, pour les projets d'ouvrages à prélèvement sur nappe.

Le cadre général est fourni par la double exigence de mise en œuvre des meilleures technologies disponibles, à un coût économique acceptable, et la prise en compte du milieu récepteur. Il incite à développer des mesures préventives visant à éviter les pollutions potentielles et à limiter les pollutions accidentelles. Ces mesures préventives ont été intégrées de la manière suivante :

- Une politique transparente d'élimination des déchets en centres spécialisés est mise en place, en portant une attention particulière à l'élimination des boues de forages et des déchets potentiellement dangereux pour l'environnement. Une stratégie de réduction des déchets à la source et de prise en compte des problèmes connexes de l'épuration est menée (bruit, abord, odeurs).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- L'article L1331-10 du Code de la Santé Publique impose d'avoir une autorisation pour déverser des effluents autres que domestiques dans les réseaux communaux. Le respect de la composition chimique et des teneurs maximales en éléments chimiques de tout fluide rejeté au réseau, conformément aux prescriptions du SDAGE et SAGE, est l'une des conditions d'obtention d'une autorisation de déversement dans le réseau d'assainissement.
- Dans ce cadre réglementaire, la disposition n°28 du SDAGE Seine Normandie « Protéger les nappes stratégiques à réserver pour l'alimentation en eau potable future » définit l'aquifère de l'Albien Néocomien captif comme une zone protégée destinée à l'alimentation en eau potable pour le futur.

  La disposition n° 114 définit les modalités de gestion de la masse d'eau souterraine FRHG218 (ou Entité hydrogéologique nationale n°127 ou n°127AA et 127AG) Albien Néocomien captif. La nappe de l'Albien et la nappe sous-jacente du Néocomien doivent être exploitées de manière à assurer impérativement leur fonction de secours en AEP (alimentation en eau potable). Un certain nombre de prescriptions applicables aux prélèvements dans cette nappe sont définies, **qui ne concernent pas le projet géothermique de Saint-Denis puisque ce n'est pas la ressource de l'Albien-Néocomien qui est visée.**

  En revanche, les travaux de forage traverseront ces aquifères induisant de ce fait un risque d'atteinte à sa qualité.
- Le programme de forage, et plus particulièrement le programme de boue relatif à la phase de forage 17"$^{1/2}$ (Cf. Paragraphe 3.5) sera adapté (la densité de la boue est contrôlée en permanence en cours de forage) pour éviter tout risque de perte du fluide de forage au cours de la traversée de l'aquifère de l'Albien et du Néocomien. Cette remarque vaut également pour la traversée des autres aquifères rencontrés au cours du forage.
- D'autre part, en cours d'exploitation, les dispositions techniques de conception et le suivi des puits permettent de supprimer le risque de pollution de l'aquifère : mise en place d'un double cuvelage en diamètres 13"$^{3/8}$ et 9"$^{5/8}$, au droit de l'aquifère de l'Albien et Néocomien, et diagraphies réglementaires de contrôle de l'état des tubages nominalement tous les 5 ans pour les deux puits.
- La disposition n° 136 du SDAGE « Maitriser les impacts des sondages et des forages sur les milieux » prévoit la maîtrise des impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux. Afin de préserver la ressource en eau, tout ouvrage dans le sous-sol, quelle que soit sa profondeur et son usage, doit être réalisé dans les règles de l'Art et satisfaire aux contraintes réglementaires existantes. L'objectif est de garantir la non-introduction de polluants, de conserver l'isolation des nappes entre elles et de les préserver des inondations par des eaux de surface.

L'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre du projet de Saint-Denis, la cible visée du Dogger, les dispositions techniques de conception (gestion des effluents et des eaux de ruissellements pendant le chantier de forage, le programme de forage, de cimentation et de boue), le suivi des puits géothermiques (inspections réglementaires) et le principe du fonctionnement en doublet (puits producteur, puits injecteur) permettent de répondre aux enjeux du SDAGE.

Les tableaux ci-après examinent la compatibilité du projet vis-à-vis de certaines dispositions du SDAGE.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Résumé	
Enjeux identifiés dans le SDAGE	**Compatibilité du projet avec les enjeux**
Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques	Aucun rejet direct dans les milieux aquatiques ne sera effectué. Les eaux usées et pluviales seront collectées et raccordées aux dispositifs d'assainissement et traitées avant rejet. Le projet ne se situe pas sur et à proximité immédiate d'un espace naturel sensible ou protégé.
Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques	
Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses	Aucun rejet de substances dangereuses ne sera engendré par le projet.
Réduire les pollutions microbiologiques des milieux	Les eaux usées seront toutes collectées et traitées.
Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable et future	Aucun captage d'eau potable en activité ne se situe à proximité immédiate. Aucun rejet imputable aux activités du site ne sera observé à proximité d'un captage AEP.
Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides	Zones humides inventoriées et non détectées sur le site (zone la plus proche à 400 m)
Gérer la rareté de la ressource en eau	L'eau du Dogger sera exploitée en système de boucle fermée. En surface des systèmes de robinetterie réduiront les surplus de consommation d'eau.
Limiter et prévenir le risque d'inondation	Le secteur d'étude n'est pas immédiatement concerné par le risque inondation. La parcelle sera remise en état à la fin des travaux. Le maitre d'ouvrage conservera au maximum les arbres et espaces en terre/pelouse du site.

Le projet respecte ainsi les objectifs du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Orientations		Dispositions	Intitulé	Situation du projet
Défi 1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques				
O1	Poursuivre la réduction des apports ponctuels de temps sec des matières polluantes classiques dans les milieux tout en veillant à pérenniser la dépollution existante	D1.1	Adapter les rejets issus des collectivités, des industriels et des exploitations agricoles au milieu récepteur	Les eaux pluviales de voiries sont traitées par un séparateur à hydrocarbures avant d'être rejetées au réseau. En cas de trop plein, les eaux pluviales seront envoyées dans le réseau public à un débit de 10 l/s/ha. Les eaux usées seront quant à elles traitées par le dispositif d'assainissement public et respecteront les dispositions de la convention de rejet.
		D1.2	Maintenir le bon fonctionnement du patrimoine existant des collectivités, des industriels et des exploitations agricoles au regard des objectifs de bon état, des objectifs assignés aux zones protégées et des exigences réglementaires	Les installations du site feront l'objet d'une maintenance régulière.
		D1.3	Traiter et valoriser les boues des systèmes d'assainissement	Les boues de la station d'épuration seront reprises par un prestataire agréé pour être traitées et valorisées.
		D1.4	Limiter l'impact des infiltrations en nappes	Idem D1.1
O1	Poursuivre la réduction des apports ponctuels de temps sec des matières polluantes classiques dans les milieux tout en veillant à pérenniser la dépollution existante	D1.5	Valoriser le potentiel énergétique de l'assainissement	Projet non concerné. Cette disposition s'adresse davantage aux stations d'épuration urbaines pour lesquelles il serait intéressant de mettre en œuvre des solutions de méthanisation, d'échange de chaleur, de combustion avec récupération d'énergie, etc.
		D1.6	Améliorer la collecte des eaux usées de temps sec par les réseaux collectifs d'assainissement	Les eaux usées seront collectées par le réseau public.
		D1.7	Limiter la création de petites agglomérations d'assainissement et maîtriser les pollutions ponctuelles dispersées de l'assainissement non collectif	Projet non-concerné, il n'y aura pas de station d'épuration interne au site.
Défi 3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les micropolluants				
O6	Identifier les sources et parts respectives des émetteurs et améliorer la connaissance des micropolluants	D3.23	Améliorer la connaissance des pollutions par les micropolluants pour orienter les actions à mettre en place	Aucun rejet ne se fait dans le milieu aquatique. Les eaux pluviales de voiries transiteront d'abord par un séparateur à hydrocarbures avant d'être rejetées.
O7	Adapter les mesures administratives pour mettre en œuvre des moyens permettant d'atteindre les objectifs de suppression ou de réduction des rejets micropolluants pour atteindre le bon état des masses d'eau	D3.28	Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de micropolluants	Les eaux pluviales de voiries transiteront d'abord par un séparateur à hydrocarbures avant d'être rejetées et respecteront les dispositions de la convention de rejet.

Tableau 60 : Résumé des enjeux et dispositions du SDAGE et sa compatibilité avec le projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.17.1.2 *Compatibilité avec les SAGE*

Le SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux) est un outil de planification, dont le rôle est de décliner localement les orientations du SDAGE en tenant compte des spécificités du territoire (échelle locale d'une rivière ou d'un sous-bassin versant).

Le SAGE est constitué d'un plan d'aménagement et de gestion durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques (PAGD), dans lequel sont définis les objectifs partagés par les acteurs locaux, d'un règlement fixant les règles permettant d'atteindre ces objectifs, et d'un rapport environnemental. Une fois approuvés, le règlement et ses documents cartographiques sont opposables aux tiers : les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendues compatibles avec le PAGD. Les documents d'urbanisme doivent être compatibles avec les objectifs de protection définis par le SAGE. Il repose sur une démarche volontaire de concertation avec les acteurs locaux.

La commune de Saint-Denis est comprise dans le SAGE Croult – Enghien – Vieille Mer approuvé et entré en vigueur le 11 mai 2011.

Dans le secteur d'étude, le collecteur d'assainissement de la Seine-Saint-Denis a remplacé des cours d'eau aujourd'hui disparus tel que le ru de la Molette ou le ru de Montfort. Le canal de l'Ourcq et le canal St Martin traversent la partie sud du territoire et permettent un retour de la perception de l'eau sur ce bassin très artificialisé. D'après une étude menée en 2014 sur les potentialités de découverture de rivières en Seine-Saint-Denis, ce ru ne possède aucune possibilité de restauration car aucun collecteur actuel ne reprend son tracé.

La Vieille Mer est une petite rivière, progressivement busée et transformée en égout, qui prend sa source à Dugny, passe dans le Parc départemental de la Courneuve et s'écoule sur 6 km vers Saint-Denis où elle se jette dans la Seine au niveau du canal Saint-Denis. Aujourd'hui, quasiment totalement canalisée, elle constitue un réseau d'eaux pluviales.

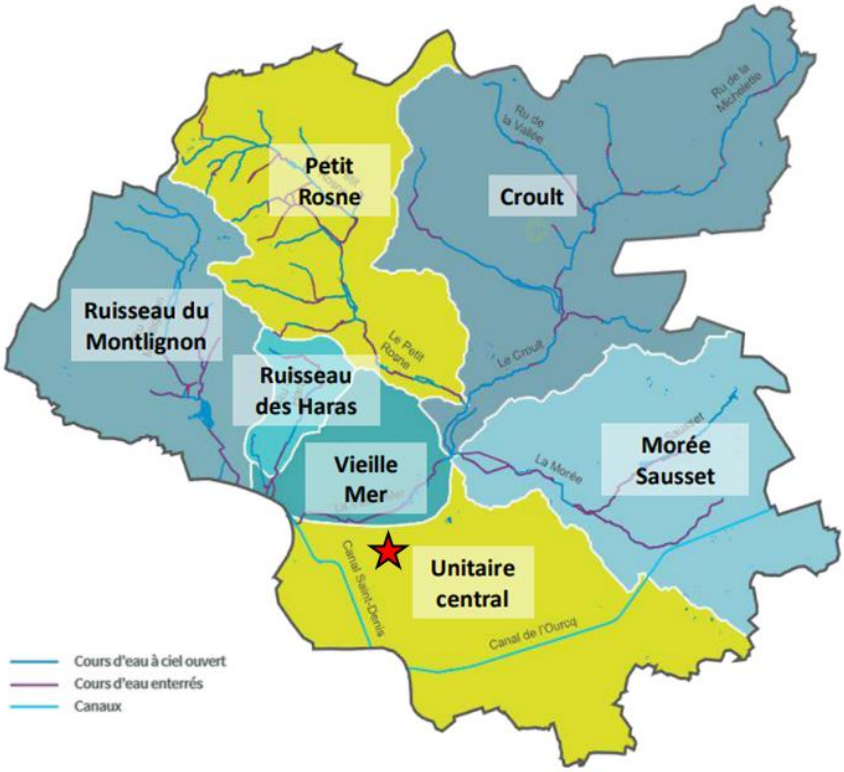


Figure 234 : Périmètre et carte des bassins versants du SAGE CEVM

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le SAGE s'est fixé comme objectif de résoudre quatre grands enjeux et a défini les actions à mener afin d'y répondre ; ces dernières sont présentées dans les tableaux suivants :

Enjeux su SAGE	Actions	Compatibilité du projet avec les enjeux
Préserver et restaurer le milieu aquatique	Réduire les pollutions émises par les habitants et les activités de toute nature ; Identifier et améliorer les caractéristiques des rejets industriels ; Limiter les rejets pluviaux des zones industrialisées ; Préserver et restaurer la faune et la flore des rivières et des plans d'eau ; Maintenir les espaces humides.	La conception du projet visera à protéger les nappes sus-jacentes pendant le forage et pendant l'exploitation ; Aucun rejet direct dans les milieux aquatiques ne sera effectué. Les eaux usées et pluviales seront collectées et raccordées aux dispositifs d'assainissement répondant à une convention de rejet.
Prévenir les risques liés à l'eau	Lutter contre les inondations ; Veiller à la ressource en eau ; Favoriser la mise en séparatif des réseaux ; Prévenir des risques naturels géologiques liés à l'eau.	Mise en place de systèmes de traitements des fluides de forages et de gestion des eaux de ruissellements et autorisation à déverser les effluents obligatoires avant le début des travaux.
Améliorer le cadre de vie	Structurer l'espace urbain en favorisant la mise en valeur de l'eau ; Agir pour un environnement de meilleure qualité.	Le projet contribue à une démarche énergétique vertueuse et responsable vis-à-vis de l'environnement, en augmentant le taux d'ENR dans le mix énergétique du réseau de chaleur.
Valoriser la mémoire de l'eau	Réintroduire la culture de l'eau dans les milieux urbanisés ; Développer la mémoire des risques liés à l'eau.	Le projet se situe à proximité de l'ancien ru de Montfort. Les installations seront donc implantées en respectant une marge de retrait par rapport à cet ancien cours d'eau.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

OBJECTIF	SOUS-OBJECTIF	DISPOSITIONS INSCRITES AU PAGD	REGLES PARTICULIERES (ARTICLES DU REGLEMENT)	ACTIONS PRECONISEES AU PAGD	CONFORMITE DU PROJET (par rapport aux dispositions,règles et actions concernant le projet)
Objectif 1 : **Redonner de la place à l'eau dans les dynamiques d'aménagement du territoire pour rendre visible l'eau et ses paysages en maîtrisant les risques**	1.1. Renforcer la trame bleue en préservant et en gardant des espaces pour les milieux humides et aquatiques	1.1.1. Elaborer le référentiel des milieux aquatiques et des paysages de l'eau à l'échelle du territoire du SAGE		Reconquerir des espaces afin de consolider et rendre plus visible la trame bleue	
		1.1.2. Identifier les secteurs prioritaires du territoire du SAGE pour la mise en œuvre de mesures compensatoires		Assurer une vigilence accrue face aux pressions de grands projets d'aménagement	
		1.1.3. Mettre en place des mesures de protection et de gestion foncière pour faciliter les projets de restauration écologique et de valorisation des milieux aquatiques et humides et de leurs paysages		Compléter l'inventaire des zones humides par l'élaboration d'un référentiel spacialisé des milieux humides et des ouvrages de rétention des eaux	
		1.1.4. Protéger les zones humides dans les documents d'urbanisme	**Encadrer et limiter l'atteinte portée aux zones humides par les IOTA et les ICPE**	Mise en place de mesures compensatoires	Zones ou enveloppes humides inventoriées et non détectées à proximité du site (zone la plus proche à 400 m)
			Encadrer et limiter l'atteinte portée aux zones humides au titre des impacts cumulés significatifs		Les chaudières du Fort de l'Est classées ICPE sont déjà existantes.
			Au titre des atteintes aux zones humides par les IOTA ou ICPE, la dégradation ou la destruction totale ou partielle (assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblai) des zones humides, n'est pas permise, sauf s'il est démontré, cette démonstration étant à la charge du pétitionnaire et devant être validée par l'autorité compétente :		Séparation des eaux pluviales des eaux usées sur le site.
			1) l'existence d'enjeux liés à la sécurité des personnes, des habitations, des bâtiments d'activités et des infrastructures de transports ;		Traitement et rétention de l'eau de ruissellement à la parcelle pour l'aménagement final du site.
			2) l'impossibilité technico-économique d'implanter, en dehors de ces zones humides, les infrastructures publiques de captage pour la production d'eau potable et de traitement des eaux usées ainsi que les réseaux qui les accompagnent ; La démonstration motivée de cette impossibilité est à la charge du pétitionnaire ;		Les eaux pluviales seront stockées sur le site et dirigées vers le réseau d'eau pluviale de la commune. En cas de travaux de maintenance, l'eau géothermale sera dirigée vers le réseau via une convention de rejet temporaire selon les préconisations des concessionnaires du réseau.
		1.1.5. Intégrer la protection des zones humides et des espaces à caractère humide dans les projets d'aménagement et suivre leur évolution	3) l'existence d'une déclaration d'utilité publique portant autorisation de réaliser des infrastructures de réseau de transport de toute nature ;		Le projet de central e géothermique respectera avec les conditions d'infiltration à la parcelle et limitera les rejets à 10 L/s/ha.
			4) l'impossibilité technico-économique d'implanter, en dehors de ces zones humides, un projet présentant un caractère d'intérêt général. La démonstration motivée de cette impossibilité est à la charge du pétitionnaire ;		Après le forage, la plate-forme bitumée et bétonnée du chantier sera démantelée. Seule une dalle imperméable demeurera autour des têtes de puits.
			5) la contribution à l'atteinte du bon état ou du bon potentiel via des opérations de restauration hydromorphologique des cours d'eau ou de restauration ou d'amélioration des fonctionnalités des zones humides.		Le programme de forage, boue et cimentation suivra les règles de l'art et le guide de l'ADEME des bonnes pratiques d'exécution des forages géothermiques profonds.
		1.1.6. Préserver les potentialités de restauration des fonctionnalités des lits mineurs et majeurs des cours d'eau via les documents d'urbanisme	**Préserver les zones d'expansion des crues pour assurer les fonctionnalités du lit majeur des cours d'eau** (règlement applicable à tous installations, ouvrages travaux ou activité (IOTA) soumises à déclaration ou à autorisation et toutes installation classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à enregistrement, déclaration ou autorisation, réalisées dans les zones d'expansion des crues du lit majeur des cours d'eau du périmètre du SAGE Croult - Enghien - Vieille Mer		Des dispositions seront prises en phase chantier ou pendant l'exploitation pour contrôler, limiter et contenir les déchets ou matières dangereuses (bacs de rétention, surface imperméable, déshuileur-débourbeur, bâche de protection et kit anti-pollution) et protéger les sols et les nappes superficielles.
		1.1.7. Inscrire le tracé des anciens rus dans les documents d'urbanisme			Les cours d'eau et leurs lits majeurs ou mineurs ne sont pas situés à proximité du site.
		1.1.8. Assurer la vigilance sur le respect des grands lits de nature du territoire du SAGE.			
	1.2. Intégrer la gestion des eaux pluviales et du ruissellement au plus tôt dans les processus d'aménagement et d'urbanisation, en veillant à la qualité paysagère des aménagements et des ouvrages, ainsi qu'à leur contribution à l'adaptation du territoire aux changements climatiques	1.2.1. : Elaborer aux échelles hydrographiques adaptées des zonages pluviaux compatibles avec les objectifs du SAGE et les rendre opposables via les documents d'urbanisme	Gérer les eaux pluviales à la source et maîtriser les rejets d'eaux pluviales des IOTA ou ICPE dirigés vers les eaux douces superficielles	Favoriser la synergie entre les acteurs de l'aménagement et les acteurs de l'eau pour gérer à la source les "eaux pluviales" sur les plans qualitatif et quantitatif.	
			Gérer les eaux pluviales à la source et maîtriser les rejets d'eaux pluviales vers les eaux douces superficielles des cours d'eau, pour les aménagements d'une surface comprise entre 0,1 et 1 ha	Privilégier dans les projets neufs ou de renouvellement, les techniques de gestion des eaux pluviales à la parcelle limitant le débit de ruissellement	
			1) Gérer prioritairement les eaux pluviales en utilisant les capacités d'évaporation et d'infiltration du couvert végétal, du sol et du sous-sol (pour tout type de pluie), en privilégiant la mise en place de techniques de gestion « à la source » adaptées au contexte local ;	Définir localement des règles pour la maîtrise des écoulements et la préservation de la qualité des écosystèmes aquatiques récepteurs (élaboration des zonages "assainissement pluvial"	
		1.2.5. Faire de chaque projet d'aménagement ou de rénovation urbaine public ou privé, une opportunité de mise en œuvre des démarches de gestion intégrée des eaux pluviales à la source, en veillant à leur qualité paysagère	2) pour les petites pluies courantes (valeur cible = 80% de la pluie de fréquence de retour annuelle sur le périmètre du SAGE, ce qui peut correspondre à 8mm), assurer un rejet « 0 » vers les eaux douces superficielles ;	Utiliser des techniques de gestion des eaux pluviales à la source et à ciel ouvert, au plus près de l'endroit où elles tombent (techniques alternatives) par une reconquête écologique	
			3) pour les pluies générant des ruissellements excédentaires ne pouvant pas être gérés à la source : prévoir l'aménagement et l'équipement des terrains permettant un rejet « limité » vers les eaux douces superficielles au plus équivalent au débit issu dudit terrain avant tout aménagement (équivalent terrain nu) sur une base de dimensionnement prenant en compte les évènements pluviométriques adaptés au site et au moins de type décennal.		
		1.2.2. Cartographier les zones de ruissellement agricole et forestier à enjeux et les inscrire dans les documents d'urbanisme			
		1.2.3. Mettre en place les actions limitant le ruissellement agricole et forestier, l'érosion, les coulées de boues, et les transferts de polluants en favorisant l'hydraulique douce			
		1.2.4. Traduire l'objectif de désimperméabilisation des sols dans les documents d'urbanisme			
		1.2.6. Améliorer la gestion des eaux pluviales et du ruissellement sur les emprises imperméabilisées privées existantes			
		1.2.7. Montrer l'exemplarité publique dans la gestion des eaux pluviales à la source, en adaptant les « techniques alternatives » mobilisées aux diverses emprises des collectivités territoriales et à leur patrimoine bâti			
		1.2.8. Recenser les ouvrages de gestion des eaux pluviales ne faisant pas partie du service d'assainissement public, et l'état de leur fonctionnalité			
	1.3. Maitriser les inondations et vivre avec les crues	1.3.1. Améliorer la connaissance de la vulnérabilité du territoire au risque « inondation »		Sensibiliser les élus et les populations qu'il faut s'organiser pour apprendre à vivre avec les crues	Non concerné. Le site d'implantation ne se situe par en zone inondable par débordement de la Seine
		1.3.2. Accompagner les acteurs locaux dans la prise en compte du risque d'inondation		Dans les anciennes zones maraîcageuses (ex: Plaine Saint-Denis), la construction de superstructures et d'infrastructures nécessite de prévoir le rabattement des nappes superficielles au moins au moment des chantiers, mais souvent à poursuivre, une fois la construction achevée	
		1.3.3. Accompagner l'élaboration du PPRI « Croult Petit-Rosne »			
		1.3.4. Préserver les fonctionnalités du lit majeur des cours d'eau dans les documents d'urbanisme			
Objectif 2 : **Rééquilibrer les fonctions hydraulique, écologique et paysagère des cours d'eau, des infrastructures hydro-écologiques et des milieux aquatiques diffus pour soutenir la création d'un lien social**	2.1. Développer et améliorer la gestion écologique des cours d'eau et des milieux humides diffus	2.1.1. Mettre en place une gestion écologique adaptée des milieux humides	**Préserver le lit mineur des cours d'eau** (règlement applicable à tous installations, ouvrages, travaux ou activités (IOTA) à déclaration ou à autorisation, et toutes installations classées pour la protection de l'environnement ICPE soumise à déclaration, réalisées dans le lit mineur des cours d'eau du périmètre du SAGE Croult - Enghien - Vieille Mer		Non concerné. Les cours d'eau et leurs lits majeurs ou mineurs ne sont pas situés à proximité du site.
		2.1.2. Définir les ambitions et conditions de restauration hydromorphologique des cours d'eau en intégrant le ralentissement dynamique des crues			
		2.1.3. Restaurer les berges et le lit mineur des parties à ciel ouvert des cours d'eau			
		2.1.4. Restaurer les ripisylves des cours d'eau			
		2.1.5. Lutter contre l'expansion des espèces exotiques envahissantes des cours d'eau et plans d'eau du territoire			
	2.2. Développer et renforcer la gestion multifonctionnelle des ouvrages hydrauliques	2.2.1. Définir les conditions d'une gestion multifonctionnelle pour tous les ouvrages hydrauliques des maîtres d'ouvrage historiques et expérimenter sa mise en œuvre		Renforcer le potentiel écologique, paysager, et de valorisation sociale des ouvrages hydrauliques, tout en tenant compte de leur morphologie et des caractéristiques des territoires dans lesquels ils s'insèrent	Non concerné
		2.2.2. Généraliser la gestion multifonctionnelle des ouvrages hydrauliques			
		2.2.3. Intégrer les exigences de gestion multifonctionnelle dans tous les nouveaux projets d'ouvrages hydrauliques			
		2.2.4. Mettre en place une gestion écologique du lac d'Enghien			
	2.3. Redécouvrir les cours d'eau et rus anciens	2.3.1. Étudier les possibilités de réouverture des parties enterrées des cours d'eau et accompagner les maîtres d'ouvrage dans leurs projets		Promouvoir des projets de réouverture des cours d'eau et anciens rus du territoire	L'ancien ru le plus proche est le ru de Montfort. D'après une étude menée en 2014 sur les potentialités de découverture de rivières en Seine-Saint-Denis, ce ru ne possède aucune possibilité de restauration car aucun collecteur actuel ne reprend son tracé.
		2.3.2. Soutenir le projet de réouverture de la Vieille Mer			Non concerné
		2.3.3. Faire partager les expériences de restauration/réouverture			
Objectif 3: **Fixer une ambition pour la qualité des eaux superficielles**	3.1. Renforcer collectivement les actions de dépollution et d'amélioration des l'hydromorphologie des cours d'eau et du lac d'Enghien pour satisfaire aux exigences de qualité	3.1.1. Préciser les conditions d'atteinte et de suivi des objectifs de qualité des masses d'eau du territoire et du ru d'Arra			Non concerné
		3.1.2. Définir un objectif de qualité pour le lac d'Enghien, et engager les actions permettant d'en améliorer la fonctionnalité biologique et d'en développer les usages			
	3.2. Fiabiliser le fonctionnement de l'ensemble des systèmes d'assainissement pour supprimer les rejets permanents de temps sec et réduire les rejets de temps de pluie	3.2.1. Réaliser, mettre à jour et coordonner les outils de surveillance et de maintien de l'efficacité des systèmes d'assainissement		Révision de toute étude de type "diagnostic des systèmes d'assainissement", "schéma directeur d'assainissement", dont l'antériorité est supérieure à 10 ans	Non concerné
		3.2.2. Identifier les secteurs d'assainissement prioritaires au regard des objectifs du SAGE		Identification des secteurs prioritaires dont l'assainissement est défaillant par la cellule d'animation du SAGE (à définir au plus tard 1 ans après l'approbation du SAGE)	
		3.2.3. Accélérer la mise en conformité des raccordements domestiques, notamment dans les secteurs où les anomalies ont un impact majeur sur la qualité des eaux superficielles		Mise en œuvre d'une gestion patrimoniale par les collectivités	
		3.2.4. Rénover, réhabiliter et restructurer les réseaux d'assainissement et leurs ouvrages associés, et plus généralement engager une gestion patrimoniale des équipements par un renouvellement adapté			
		3.2.5. Accélérer la mise en conformité des installations d'assainissement non collectif, notamment dans les secteurs où les anomalies ont un impact majeur sur la qualité des eaux			
	3.3. Maîtriser les apports polluants liés aux eaux de ruissellement sur les surfaces imperméabilisées	3.3.1. Améliorer la connaissance et la surveillance de la qualité des eaux superficielles par temps de pluie		Recherche d'innovation dans le domaine particulier des eaux pluviales issues de voiveries	
		3.3.2. Éviter, réduire et compenser les impacts quantitatifs et qualitatifs du ruissellement des principaux axes routiers et des voiries nouvelles ou à rénover sur la qualité des eaux superficielles			Les eaux pluviales seront stockées sur le site et dirigées vers le réseau d'eau pluviale de la commune. En cas de travaux de maintenance, l'eau géothermale sera dirigée vers le réseau via une convention de rejet temporaire selon les préconisations des concessionnaires du réseau.
		3.3.3. Partager la connaissance des rejets des plateformes aéroportuaires et de leurs impacts sur les eaux superficielles			Des dispositions seront prises en phase chantier ou pendant l'exploitation pour contrôler, limiter et contenir les déchets ou matières dangereuses (bacs de rétention, surface imperméable, déshuileur-débourbeur, bâche de protection et kit anti-pollution) et protéger les sols et les nappes superficielles.
	3.4. Promouvoir les actions à la source pour réduire les pollutions diffuses, les substances dangereuses, les micropolluants et les polluants emergents	3.4.1. Orienter et accompagner les démarches de collecte des déchets liquides dangereux diffus des entreprises pour diminuer les rejets de micropolluants		Epauler techniquement les entreprises et les services des collectivités en charge des équipements publics	Séparation des eaux pluviales des eaux usées sur le site
		3.4.2. Accélérer la délivrance des autorisations de rejets autres que domestiques et le cas échéant mettre les rejets des établissements en conformité			
Objectif 4 : **Développer les usages créateurs de lien social autour de l'eau**	4.1. Développer les aménagements favorisant les usages liés à l'eau	4.1.1. Réaliser un diagnostic global des usages liés à l'eau et proposer des orientations d'aménagements		Mise en œuvre d'aménagements en cohérence avec les orientations identifiées dans le diagnostic des usages liés à l'eau	Non concerné
		4.1.2. Aménager les berges de manière à pouvoir accueillir les usages de loisirs		Promotion de parcours de découverte du patrimoine lié à l'eau	
		4.1.3. Créer et entretenir des cheminements le long des berges des cours d'eau et mettre en réseau les espaces de ressourcement via une signalétique spécifique			
		4.1.4. Identifier et valoriser le patrimoine bâti et le patrimoine naturel liés à l'eau sur le territoire			
		4.1.5. Mener une étude pour identifier les sites de baignade potentiels			
	4.2. Sensibiliser aux enjeux de l'eau	4.2.1. Développer la pédagogie autour de l'eau et des rivières		La cellule d'animation du SAGE relaie auprès des gestionnaires des sites les alertes qui lui sont adressées en termes de dysfonctionnements et de dégradations des milieux naturels	Non concerné
		4.2.2. Encourager les animations et pratiques conviviales variées le long des cours d'eau, des canaux, des plans d'eau et des bassins.			
		4.2.3. Assurer un usage respectueux des milieux naturels sur les lieux fréquentés			
		4.2.4. Profiter des opérations d'aménagement pour redonner une place à l'eau dans la ville			
Objectif 5 : **Engager la reconquête patrimoniale des eaux souterraines et la pérennisation de leurs usages**	5.1. Développer la connaissance des eaux souterraines sur le territoire du SAGE	5.1.1. Encourager la mutualisation de la connaissance de la nappe de l'Yprésien		Centraliser les données existantes sur les nappes souterraines	En cours de forgae, la géologie des terrains traversés (notamment Yprésien) est renseigné en terme de descriptions lithologiques. Les exploitations au Dogger sont suivis en continu. Les données d'exploitations et la qualité du fluide géothermal sont archivés et transmises à la DRIEAT et alimente la base de données du BRGM SYBASE.
		5.1.2. Suivre et valoriser les données relatives à la qualité des nappes souterraines			
	5.2. Sécuriser la ressource en eau sur le long terme dans une logique patrimoniale et de sécurisation de l'alimentation en eau potable	5.2.1. Améliorer la protection réglementaire des captages destinés à l'alimentation en eau potable		Sensibilisation des maîtres d'ouvrages pour qu'ils mettent en place une procédure de suivi de l'arrêté préfectoral, engagent les actions prescrites par l'arrêté préfectoral et élargissent la réflexion à la problématique des pollutions diffuses spécifique du captage concerné	Etude d'impact hydraulique et thermique de l'exploitation sur le gisement hydrothermal du Dogger. Projet prélevant et réinjectant dans l'aquifère du Dogger et non dans la nappe de l'Yprésien
		5.2.2. Définir les AAC et mettre en œuvre les programmes d'actions sur les captages en privilégiant les captages prioritaires et sensibles			
		5.2.3. Développer une maîtrise foncière sur les parcelles stratégiques des AAC pour la préservation de la ressource en eau potable			
		5.2.4. Faire prendre conscience de l'importance vitale de la ressource souterraine, de sa vulnérabilité et des programmes d'actions à mettre en œuvre pour la sauvegarder			Double et triple tubages protégeant les nappes superficielles de potentielles fuites d'eau géothermale.
		5.2.5. Réaliser des économies d'eau chez tous les acteurs du SAGE et les usagers			Programme de forage, boue et cimentation suivant les règles de l'art et le guide de l'ADEME des bonnes pratiques d'exécution des forages géothermiques profonds.
		5.2.6. Promouvoir les Schémas Directeurs d'Alimentation en Eau Potable, veiller à leur cohérence, et poursuivre les efforts d'amélioration des réseaux AEP			Forage par havage (sans boue, ni fluide) des 25 premiers mètres pour limiter les risques de perte totale des fluides de forage dans les formations aquifères superficielles.
		5.2.7. Renforcer la protection du gisement hydrothermal			Contrôle des paramètres de fluides de forage, principalement de la densité de la boue, pour limiter les pertes dans les formations aquifères superficielles.
		5.2.8. Conforter la protection de la nappe de l'Yprésien vis-à-vis des nouveaux captages			Suivi de l'état des tubages par diagraphies, diagnostic d'anomalies avec contrôles périodiques de grandeurs physiques (électrique, chimique et hydrodynamique).
	5.3. Promouvoir la protection et la reconquête de la qualité des eaux vis-à-vis des pollutions non agricoles	5.3.1. Définir un plan d'actions localisées et hiérarchisées sur les sites et sols pollués			Non concerné
		5.3.2. Animer et coordonner la généralisation des démarches zéro phyto des collectivités à horizon 2022			
Objectif 6 : **Organiser et faire vivre la gouvernance du SAGE**	6.1. Assurer le portage politique du SAGE en s'appuyant sur une coalition d'acteurs	6.1.1. Formaliser le processus de délibération collective de la CLE et la diffusion de ses prises de position auprès des acteurs du territoire		Mobiliser les personnes et les structures pertinentes afin de les faire participer à la vie du SAGE	Non concerné
		6.1.2. Assurer l'objectivité et la transparence des décisions de la CLE			
		6.1.3. Constituer un réseau d'interlocuteurs en mesure d'appuyer la stratégie du SAGE			
		6.1.4. Assurer le rôle de médiation et de facilitation de la cellule d'animation			
		6.1.5. Inscrire les actions du SAGE aux échelles pertinentes pour les thématiques supra territoriales			
	6.2. Assurer la mise en œuvre opérationnelle du SAGE	6.2.1. Organiser le portage de la mise en œuvre du SAGE et de son suivi		Réalisation d'une étude de gouverance de façon concertée avec l'ensemble des acteurs de l'eau du territoire du SAGE	Non concerné
		6.2.2. Concevoir et déployer des programmes d'actions pluri-annuels			
		6.2.3. Faciliter et coordonner la recherche de financements			
	6.3. Assurer une mission de veille et de vigilence et constituer un pôle ressource	6.3.1. Développer le suivi et l'évaluation continus des objectifs du SAGE au regard des dynamiques territoriales			Non concerné
		6.3.2. Mettre en place un observatoire pour appuyer les actions du SAGE			
		6.3.3. Assurer une mission de conseil auprès des aménageurs et des acteurs de l'aménagement et de la planification			
	6.4. Sensibiliser et informer sur le SAGE	6.4.1. Définir un plan de communication mobilisateur pour le SAGE		Mobilier suffisamment d'acteurs pour que les positions qu'il défend apparaissent clairement comme celles d'une coalition d'acteurs et de volontés	Non concerné
		6.4.2. Sensibiliser les citoyens et leurs relais associatifs pour favoriser leurs engagements individuel et collectif au service des objectifs du SAGE			
		6.4.3. Former les membres de la CLE et les élus du territoire aux enjeux de l'eau sur le territoire			

Tableau 61 : Résumé des enjeux et dispositions du SAGE et sa compatibilité avec le projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

De plus, le PADG fixe six objectifs généraux :

- Redonner de la place à l'eau dans les dynamiques d'aménagement du territoire pour rendre visible l'eau et ses paysages en maitrisant les risques
    - Renforcer la trame bleue en préservant et en gagnant des espaces pour les milieux humides et aquatiques
    - Intégrer la gestion des eaux pluviales et du ruissellement au plus tôt dans les processus d'aménagement et d'urbanisation, en veillant à la qualité paysagère des aménagements et des ouvrages, ainsi qu'à leur contribution à l'adaptation du territoire aux changements climatiques
    - Maîtriser les inondations et vivre avec les crues
- Rééquilibrer les fonctions hydraulique, écologique et paysagère des cours d'eau, des infrastructures hydro-écologiques et des milieux aquatiques diffus pour soutenir la création d'un lien social
    - Développer et améliorer la gestion écologique des cours d'eau et des milieux humides diffus
    - Développer et renforcer la gestion multifonctionnelle des ouvrages hydrauliques
    - Redécouvrir les cours d'eau et anciens rus
- Fixer une ambition pour la qualité des eaux superficielles
    - Renforcer collectivement les actions de dépollution et amélioration de l'hydromorphologie des cours d'eau et du lac d'Enghien pour satisfaire aux exigences de qualité, et permettre le développement de nouveaux usages
    - Fiabiliser le fonctionnement de l'ensemble des systèmes d'assainissement pour supprimer les rejets permanents de temps sec et réduire les rejets de temps de pluie
    - Maitriser les apports polluants liés aux eaux de ruissellement sur les surfaces imperméabilisées
    - Promouvoir les actions à la source pour réduire les pollutions diffuses, les substances dangereuses, les micropolluants et les polluants émergents
- Développer des usages créateurs de lien social autour de l'eau
    - Développer les aménagements favorisant les usages liés à l'eau
    - Sensibiliser aux enjeux de l'eau
- Engager la reconquête patrimoniale des eaux souterraines et la pérennisation de leurs usages
    - Développer la connaissance des eaux souterraines sur le territoire du SAGE
    - Sécuriser la ressource en eau sur le long terme dans une logique patrimoniale et de sécurisation de l'alimentation en eau potable
    - Promouvoir la protection et la reconquête de la qualité des eaux souterraines vis-à-vis des pollutions non agricoles
- Organiser et faire vivre la gouvernance du SAGE
    - Assurer le portage politique du SAGE en s'appuyant sur une coalition d'acteurs
    - Assurer la mise en œuvre opérationnelle du SAGE
    - Assurer une mission de veille et de vigilance et constituer un pôle ressource

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Sensibiliser et informer sur le SAGE

Le projet d'implantation des forages géothermiques se situe à proximité de l'ancien ru de Montfort, aujourd'hui enterré. Ce dernier était un cours d'eau qui prenait sa source à Bobigny et s'écoulait vers le nord-est au cœur de Saint-Denis. Les anciens rus sont des axes préférentiels d'écoulement, et donc potentiellement des secteurs vulnérables en cas de fortes pluies. Le réseau d'eau pluviale, qui a remplacé ce cours d'eau, aboutit, au moins pour partie, aujourd'hui, par temps de pluie vers le bassin de la Plaine (stade de France), en bordure du canal de Saint-Denis.

Il est donc recommandé de définir une marge de retrait de tout aménagement ou installation de part et d'autre de ces anciens cours d'eau. **La largeur de la marge de retrait n'est pas imposée et reste à l'appréciation du maître d'ouvrage**. Cela permet de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes aux risques d'inondations par ruissellement et à conserver la mémoire du « chemin de l'eau » dont la connaissance participe au renforcement de la protection des personnes et des biens lors d'évènements pluviométriques exceptionnels.

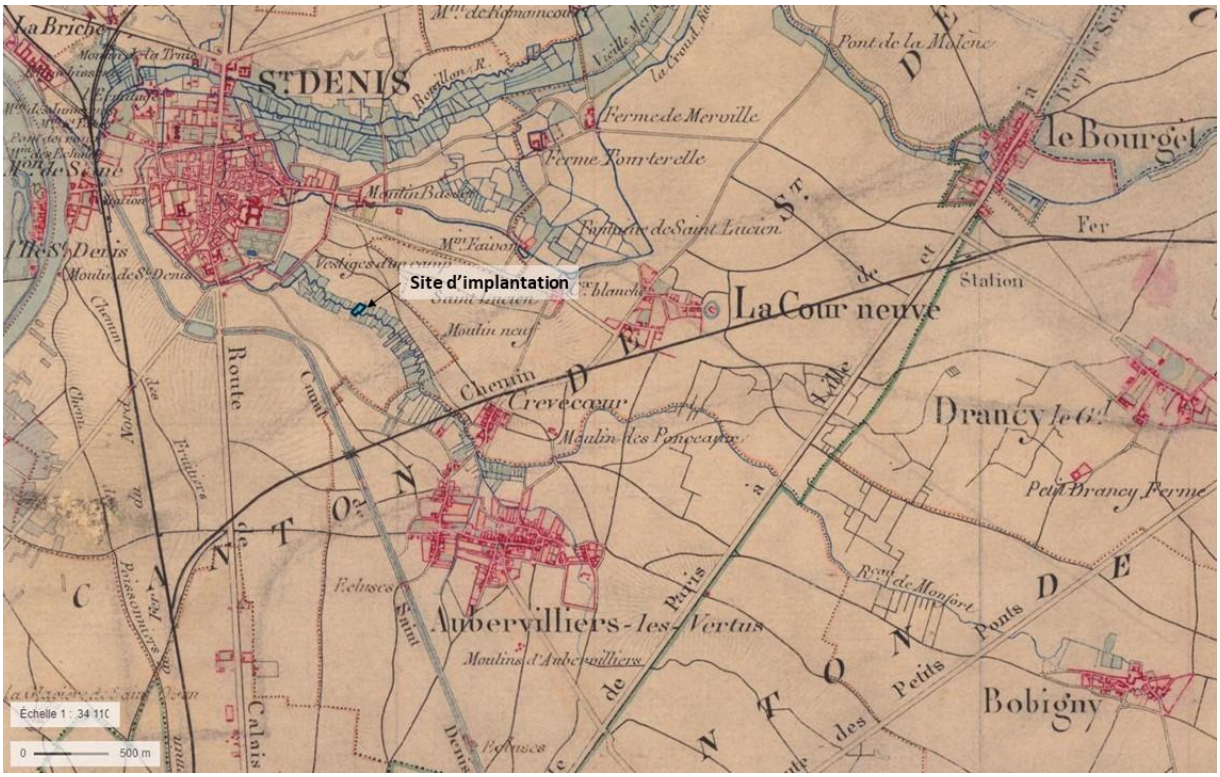


Figure 235: Extrait de la carte de l'état-major (1820-1866) avec le tracé des anciens cours d'eau (Géoportail)

L'ensemble des projets d'aménagement situé sur le territoire du SAGE est concerné par la limitation du ruissellement et la gestion des eaux pluviales.

Le projet d'aménagement de forages géothermiques prévoit une imperméabilisation liée à la construction d'une centrale et à une aire de servicing. Il conviendra donc de limiter l'imperméabilisation des sols et d'utiliser des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales. Le principe de rejet « 0 » pour toutes les pluies, et au minimum pour les pluies courantes doit être la première solution recherchée. La gestion des eaux de pluie doit

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

se faire prioritairement à ciel ouvert. Afin de répondre à l'objection de gestion des pluies courantes, les ouvrages hydrauliques devront être dimensionnés pour permettre une vidange des pluies courantes en 24h maximum.

Le projet a une surface supérieure à 1000 m² (projet + portion de bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet). Il devra alors utiliser au maximum les capacités d'évaporation et d'infiltration, assurer le « zéro rejet » au minimum des pluies courantes et rejet des pluies non infiltrées à débit régulé soit vers les eaux douces superficielles, soit dans les réseaux publics.

Le projet est concerné par le SAGE Croult – Enghien – Vieille Mer.

L'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre du projet de Saint-Denis, l'aquifère visé du Dogger, les dispositions techniques de conception (gestion des effluents et des eaux de ruissellements pendant le chantier de forage, le programme de forage, de cimentation et de boue), le suivi des puits géothermiques (inspections réglementaires) et le principe du fonctionnement en doublet (puits producteur, puits injecteur) permettent de répondre aux enjeux du SAGE Croult-Enghien-Vieille Mer.

Le projet se situe sur une parcelle en partie imperméabilisée. Il conviendra à l'aménageur du site final de limiter l'imperméabilisation des sols et une réflexion sur la désimperméabilisation a été mise en place en amont du projet.

5.17.1.3 *Compatibilité avec le PRGI du bassin Seine-Normandie*

Le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) 2016-2021 du bassin Seine Normandie a été arrêté le 7 décembre 2015 par le préfet coordonnateur du bassin. Il fixe pour six ans les 4 grands objectifs à atteindre sur le bassin Seine-Normandie pour réduire les conséquences des inondations sur la vie et la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'économie. Les 63 dispositions associées sont autant d'actions pour l'État et les autres acteurs du territoire : élus, associations, syndicats de bassin versant, établissements publics, socio-professionnels, aménageurs, assureurs...

1. Réduire les vulnérabilités des territoires : Il faut mesurer la vulnérabilité en évaluant les impacts potentiels de l'inondation et trouver des solutions notamment à l'échelle du quartier, de la commune et des constructions. Ainsi, le PGRI encourage la réalisation de diagnostics de vulnérabilité pour les territoires, les entreprises et le bâti. Il veille également à limiter l'impact des projets sur l'écoulement des crues.

2. Agir sur l'aléa pour réduire le coût des dommages : La préservation du fonctionnement naturel des cours d'eau, des zones humides et des zones d'expansion des crues à l'échelle des bassins versants est à rechercher prioritairement car elle permet de limiter l'ampleur des crues. La mise en place de digues et de barrages pour la sécurité des personnes et des biens, si elle reste nécessaire, ne sera jamais suffisante pour mettre hors d'eau toutes les zones à enjeux et peut aggraver fortement les dégâts en cas de rupture des ouvrages.
   Raccourcir le délai de retour à la normale des territoires sinistrés : La réduction des coûts d'une inondation passe également par la capacité du territoire à retrouver rapidement un fonctionnement normal. Pour cela, le PGRI propose de renforcer la cohérence des dispositifs de préparation à la gestion de crise. Il fixe également l'objectif de maîtrise de l'urbanisation en zone inondable afin de limiter l'augmentation des enjeux exposés aux inondations.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

3. Mobiliser tous les acteurs pour consolider les gouvernances adaptées et la culture du risque : Cela se traduit par le développement, à des échelles adaptées, de gouvernances et de maîtrises d'ouvrages, notamment dans le cadre de la compétence relative à la gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI). Entretenir la mémoire du risque est un facteur essentiel de prévention. Les outils de communication liés à la conscience et à la connaissance du risque d'inondation sont également à promouvoir et à développer.

L'année 2019 marque le début des réflexions pour la mise à jour du PGRI, dans le cadre du deuxième cycle de la Directive Inondation. Ce premier PGRI est donc conçu pour devenir un document de référence de la gestion des inondations sur le bassin Seine-Normandie. Il constitue un socle d'actions qui seront amendées au fil des cycles de gestion successifs (2016-2021, 2022 – 2027, …). Les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) représentent la déclinaison opérationnelle du PGRI (et de la SLGRI le cas échéant) à une échelle locale et doivent être compatibles avec ce document cadre.

Le PGRI et le SDAGE sont deux documents de planification à l'échelle du bassin Seine-Normandie dont les champs d'action se recouvrent partiellement. Le PGRI intervient sur :

- L'aménagement du territoire,
- La réduction de la vulnérabilité au risque inondation,
- L'information des citoyens, la révision et l'alerte des inondations,
- La préparation et la gestion de crise,
- La connaissance des aléas,
- Le diagnostic, et les enjeux soumis aux risque inondation et à leur vulnérabilité.

La plateforme de forage ne se situe pas en zone inondable d'après le PPRI de la vallée de la Seine. En cas de risque avéré d'inondation ou de ruissèlement urbain important, le matériel sensible sera retiré et entreposé sur un autre terrain. Les bungalows, machine de forage et équipements associés dont bacs à boue, etc. resteraient sur la plateforme. Le chantier serait suspendu.

5.17.2 Protection des ressources en eaux au droit du site

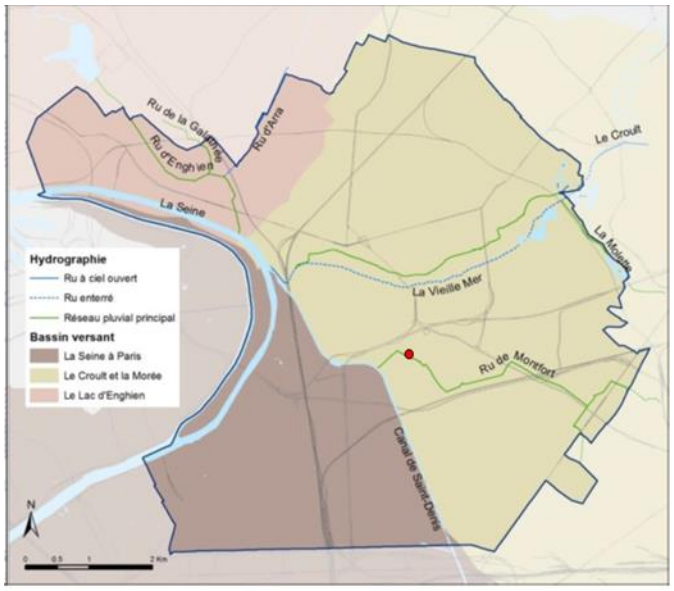
5.17.2.1 *Les eaux de surfaces concernées*

A proximité du site d'exploitation, les cours d'eau identifiés sont (Cf. Figure 112) :

- La Seine (à 2100 m du site d'implantation) ;
- Le canal Saint-Denis (à 440 m du site d'implantation) ;
- Le Croult-Vielle Mer partiellement canalisé (à 1300 m au nord su site).

Le sens d'écoulement des rivières, fleuves et rus suit les lignes topographiques des terrains : il s'effectue d'est en ouest pour le canal de Saint-Denis et le Croult, et du sud vers le nord pour la Seine.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.



Réseau hydrographique de Plaine Commune actuellement

Figure 236 : Réseau hydrographique de Plaine Commune

- Zones humides

Il existe un risque de pollution des eaux superficielles sur le site du fait du projet, soit par déversement de carburant, d'huiles, de produits polluants sur la parcelle ou de fuite d'eau géothermale.

Lors de la phase de travaux, le programme de boue est conçu de manière à limiter les pertes. L'emprise du chantier est aussi ceinturée par un merlon ou un fossé périphérique, de sorte que les eaux de pluie ne puissent entrainer dans le milieu naturel les éventuelles pollutions présentes sur la plate-forme. Elles seront dirigées vers les bacs de collecte ou bourbiers.

La conception des forages, les moyens mis en œuvre lors des travaux et les conditions d'exploitation permettront de respecter les directives visant à la protection des eaux de surfaces.

Un inventaire des zones humides a été réalisé sur l'ensemble du territoire Croult-Enghien-Vieille Mer. Près de 700 secteurs susceptibles d'abriter des zones humides ont été prospectés et 231 nouvelles zones humides (soit 142 ha) ont été délimitées.

Les zones humides, dont la conservation est un des objectifs du SDAGE, sont reportées sur les figures suivantes.

Selon les enveloppes (classe 3 et 5) identifiées, la zone humide suspectée la plus proche se situe à environ 400 mètres à l'ouest du site d'implantation correspondant au canal de Saint-Denis. Compte tenu de la distance qui sépare le site des zones humides ou cours d'eau, ces zones humides ne sont pas susceptibles d'être atteintes par de l'eau géothermale. Le projet n'aura pas d'impact sur la qualité des eaux de surface.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

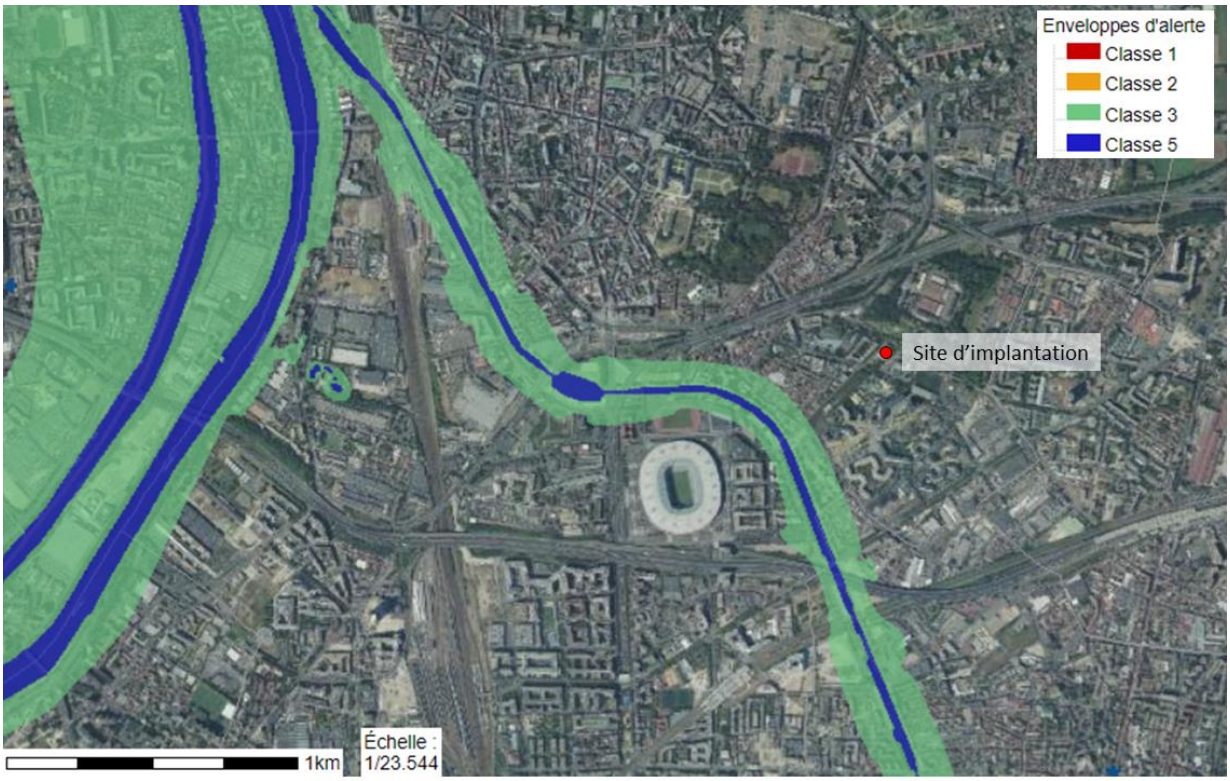


Figure 237: Probabilité de présence de zones humides sur le territoire (DRIEAT IDF)

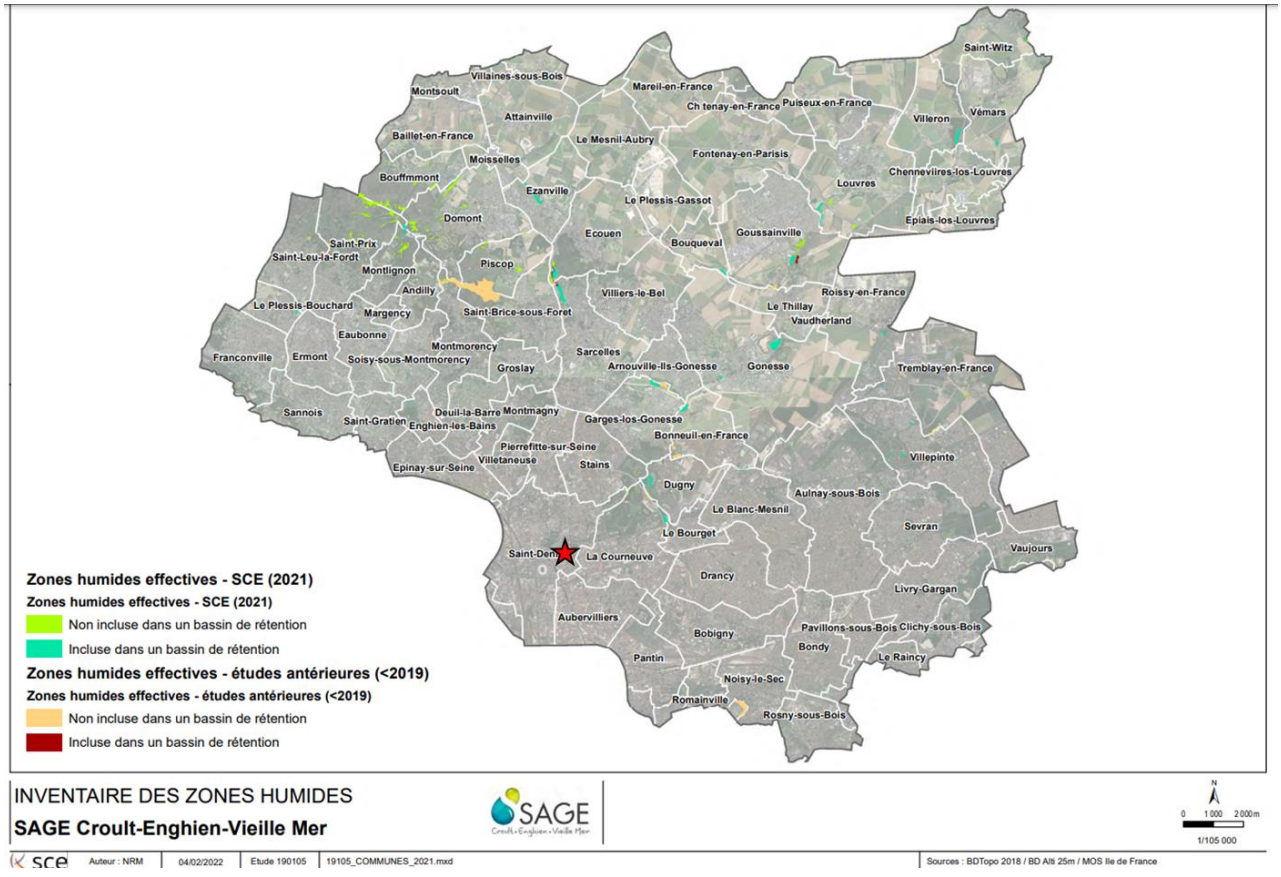


Figure 238 : Inventaires des zones humides sur le territoire du SAGE

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Qualité de l'eau de surface

Le SDAGE réglementairement en vigueur est le SDAGE 2010-2015 suite à l'annulation de l'arrêté du 1er décembre 2015, adoptant le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2016-2021 et arrêtant le programme de mesures (PDM) 2016-2021.

Le SDAGE est un document de planification, qui fixe des objectifs de qualité pour chacune des « masses d'eau » du bassin, qui présentent des similitudes en termes de caractéristiques et de fonctionnement écologique. On y distingue les eaux de surface continentales, les eaux de surface côtières et de transition ainsi que les masses d'eau souterraines.

Au sens de la Directive Cadre sur l'Eau, la qualité des eaux de surface, mesurée par l'Agence de l'Eau, comprend :

- **L'état chimique**, qui correspond 2 classes : bon / non atteint, en fonction de la concentration dans l'eau de 41 substances. Selon le principe du « paramètre déclassant », le dépassement du seuil pour une seule de ces substances entraîne le déclassement de l'ensemble de la station.
- **L'état écologique** (ou le potentiel écologique pour les masses d'eau artificielles ou fortement modifiées), caractérisé par :
  - L'état **physico-chimique**, déterminé à partir de paramètres comparables à l'ancienne grille 1971,
  - L'état **biologique**, qui prend en compte des indicateurs biologiques différents :
    - Les algues avec l'Indice Biologique Diatomées (IBD),
    - Les invertébrés avec l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), remplacé à partir de 2016 par l'Indice Invertébré Multi-Métrique (I2M2),
    - Les poissons avec l'Indice Poisson (IP).

L'état écologique est déterminé ensuite par une méthodologie provenant de la Directive Cadre sur l'Eau. L'Etat écologique comprend **5 classes**, du bleu (très bon état) au rouge (mauvais état). Le vert (bon état) étant l'objectif à atteindre.

En ce qui concerne la **Seine et le Croult-Vieille-Mer** et à proximité du secteur étudié, les stations de mesure de la qualité des cours d'eau sont :

- La station n°03082560 « Seine à Clichy » ;
- La station n°03082781 « Croult à Garges-Lès-Gonesse ».

Ces deux stations suivent la qualité de deux masses d'eau : la station « Seine à Clichy » suit la qualité de la masse d'eau « HR155A – La Seine du confluent de la Marne exclu au confluent du Ru d'Enghien inclus », et la station « Croult à Garges-lès-Gonesse » suit la masse d'eau « HR157B – Le Croult du lac départemental de La Courneuve au confluent de la Seine exclu ».

La qualité écologique en 2019 de ces masses d'eau est donnée dans le tableau suivant :

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Nom de la station de mesure	Station de mesure	Etat Physico-chimique	Etat Biologique	Qualité écologique de la station	Etat polluants spécifiques de la station	Rappel de l'objectif du SDAGE
La Seine à Clichy	03082560	Bon	Moyen	Moyen	Bon	Bon potentiel en 2027
Le Croult à Garges-lès-Gonesse	03082781	Mauvais	Médiocre	Médiocre	Moyen	

Le « bon état », qui se détermine par rapport à des cours d'eau de référence, doit être atteint en 2021. Des dérogations sont prévues pour des motifs de report de délais précis.

Les objectifs d'état global de la masse d'eau sont présentés dans le tableau suivant.

Masse d'eau	Nom de la Masse d'eau	Etat écologique		Etat chimique 2019			Etat chimique
		Etat 2019	Objectif	Sans ubiquiste	Avec ubiquiste	Paramètre déclassant	Objectif
FR HR155A	La Seine du confluent de la Marne exclu au confluent du Ru d'Enghien inclus	Moyen	Bon potentiel en 2021	Bon	Mauvais	Fluoranthène, benzo(ghi)pérylène,	Bon état chimique en 2027 avec ubiquistes
FR HR157B	Le Croult du lac départemental de La Courneuve au confluent de la Seine exclu	Moyen	Bon potentiel en 2027	Bon	Mauvais	Benzo(a)pyrène,	Bon état chimique en 2027 avec ubiquistes

La carte ci-après présente l'état écologique des eaux de surface dans le secteur d'étude. Sur la commune de Saint-Denis, l'état global des eaux superficielles est qualifié de moyen en 2019.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

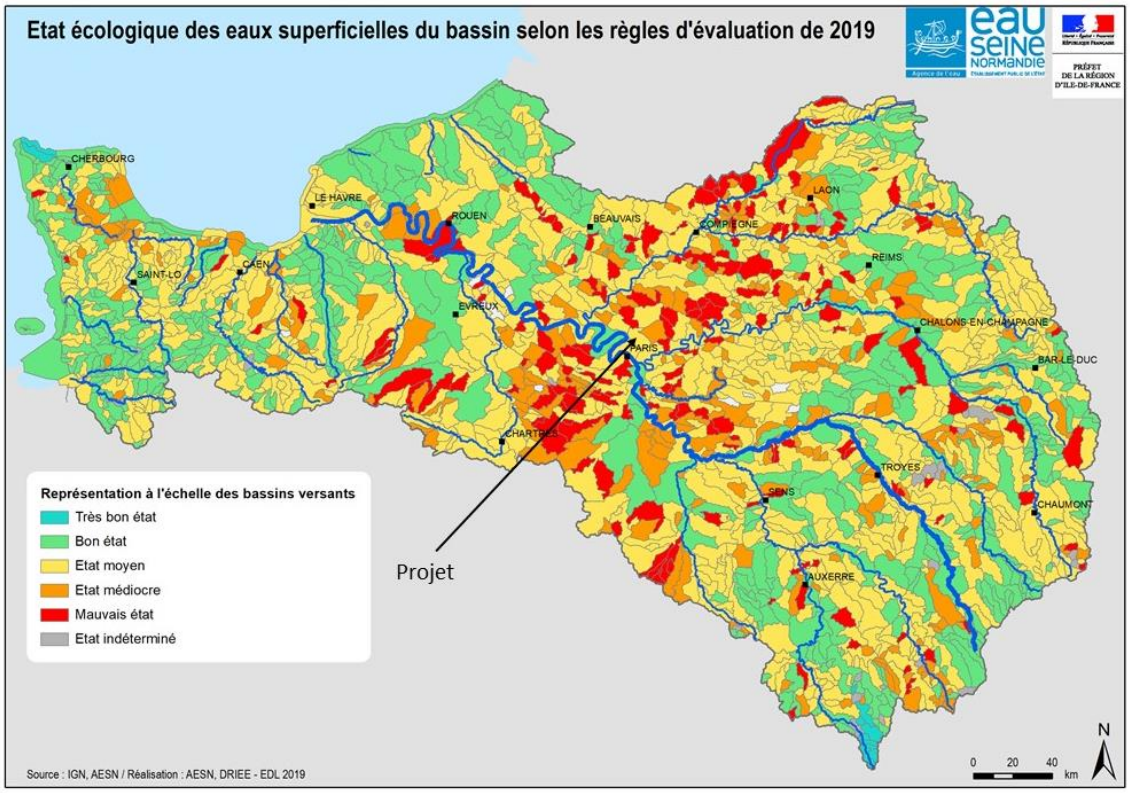


Figure 239 : Etat écologique pour les eaux de surface (rivières, plans d'eau, canaux, eaux côtières et de transition)

5.17.2.2 *Les aquifères concernés*

La BDLISA (Base de Donnée des Limites des Systèmes Aquifères) est un référentiel cartographique du Système d'Information sur l'Eau. Cette base de données classe le sous-sol en entités hydrogéologiques qui sont décrites selon différentes propriétés : aquifère ou imperméable, écoulements libres ou captifs, milieu poreux, fracturé, karstique...

Les aquifères concernés vont du Quaternaire au Jurassique supérieur. Ils sont considérés comme superficiels par opposition à l'aquifère du Dogger (Jurassique moyen) cible du projet et comme des systèmes aquifères de niveau 2. Les huit aquifères superficiels identifiés sont du haut vers le bas (Cf. Figure 240):

- Les nappes du Bartonien (Eocène moyen – Entité n°113AK - Sables de Monceau, Calcaires de St-Ouen et Sables du Marinésien d'Auvers/Beauchamp),
- La nappe du Lutétien (Eocène moyen – Entité n°113AQ – Calcaire grossier),
- La nappe des sables de l'Yprésien (Entité n°113AV – Sables de Cuise sous couverture des argiles de Laon)
- La nappe de l'Yprésien basal (Eocène inférieur – Entité n°119AC),
- La nappe de la Craie du Sénonien au Turonien (Crétacé supérieur– Entité n°121AP) ;
- La nappe de l'Aptien-Albien (Crétacé inférieur– Entité n°127AA – Sables de la Puisaye, de Frécambault et des Drillons, Argiles de Myennes et de l'Armance et Sables verts de l'Apto-Albien) ;
- La nappe du Néocomien (Crétacé inférieur– Entité n°127AG – Sables et argiles de Wealdien, sables blancs, grès ferrugineux et marnes du Valanginien, calcaires marneux) ;
- La nappe de l'Oxfordien sup au Kimméridgien ou Lusitanien (Jurassique supérieur– Entité n°135AA).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

NB : A noter que malgré la présence des calcaires compacts du Tithonien ou Portlandien au droit du site (Jurassique supérieur– Entité n°131/131AA), la nappe du Tithonien ou entité 131AA97 n'est pas présente en raison de son caractère peu capacitif. Le Tithonien est très peu productif, voire pas du tout, dans le centre du Bassin. Cet aquifère est seulement présent à l'affleurement en bordure du bassin et notamment dans le Pays de Bray, le Berry, l'Yonne et dans la Meuse. Globalement lorsque l'on s'éloigne de ces affleurements, l'intérêt hydrogéologique du Tithonien est extrêmement limité.

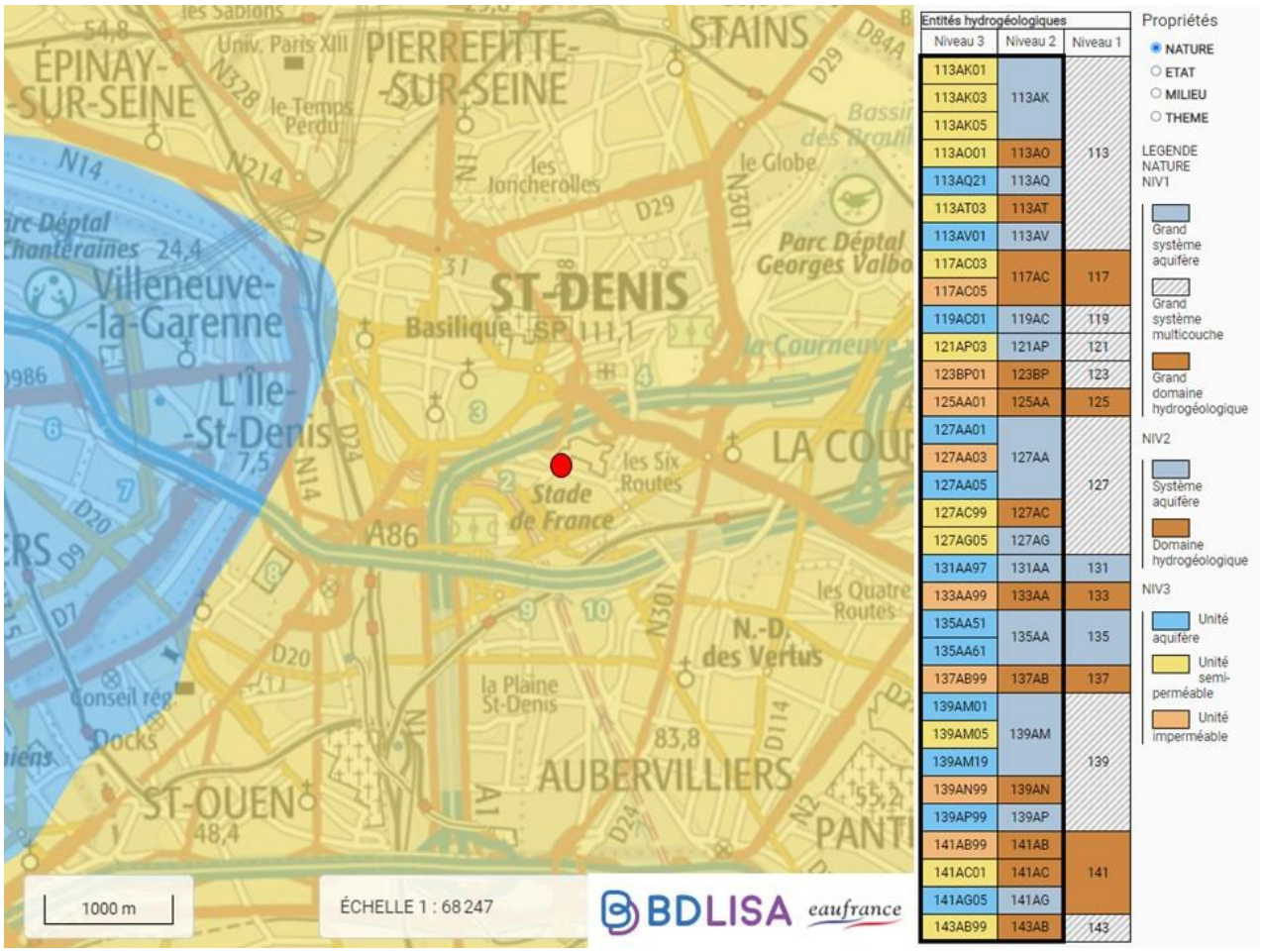


Figure 240 : Log hydrogéologique du secteur (BDLISA)

- Les nappes du Tertiaire

Cette vaste unité hydrographique se situe entre la Marne, au nord jusqu'à Epernay, la Seine, au sud jusqu'à Moret-sur-Loing et s'arrête à l'est par la cuesta d'Ile de France. Elle s'étend dans 7 départements : Aisne (02), Aube (10), Marne (51), Seine et Marne (77), Essonne (91), Seine St Denis (93) et Val de Marne (94). Cette nappe libre, totalement affleurante, à une superficie de 5164 km^2.

Les nappes du Tertiaire se situent dans des couches géologiques de l'ère tertiaire ou Cénozoïque. Elles sont constituées par un ensemble multicouche de formations calcaires séparées localement par des intercalations marneuses ou marno-sableuses. Elles sont encadrées à leur base par la craie du Crétacé supérieur.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les nappes principales sont celle des calcaires de Champigny sur la rive droite de la Seine, tandis qu'à l'aplomb 260 de la fosse de Draveil et dans l'axe du prolongement du synclinal de l'Eure (vallée de l'Yvette), se trouve la nappe captive des formations de l'Yprésien (ou Sparnacien) et du Lutétien.

D'un point de vue hydrogéologique, des nappes phréatiques et circulations d'eaux superficielles sont susceptibles d'être présentes dans les formations au droit du site. Cet empilement est composé du haut vers le bas :

- **Les nappes du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables d'Auvers-Beauchamp (Eocène moyen ou Bartonien)**

Les sables d'Auvers sont grossiers, jaunes et blancs et présentent des stratifications entre croisées, des galets et des fossiles témoignant d'un dépôt de plage.

Les sables de Beauchamp, blancs gris ou verdâtres, présentent de nombreuses intercalations gréseuses.

La puissance des Sables de Beauchamp varie du nord-est (9 m) au sud-ouest (1 m) et il se présente sous un faciès d'argiles sableuses, vertes, entrecoupées de lits millimétriques d'argiles vertes. On y rencontre habituellement des petits niveaux de gypses albatroïde ou saccharoïde.

Le faciès des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables a une épaisseur plus constante, avoisinant les 10-15 m. Les niveaux de gypse saccharoïde ou microcristallin y sont fréquents.

L'alternance de sédiments gypseux, marneux ou argileux rend leur captage et l'obtention de débits très aléatoires. La présence de gypse rend les eaux très minéralisées proches de la saturation en sulfates (1800 à 1900 mg/L).

Les nappes du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables d'Auvers-Beauchamp devraient se rencontrer dans les 26 premiers mètres des forages. Elles seront traversées pendant la pose du tube guide à 20+/- 5m. Elles seront protégées du fluide géothermal du Dogger par un triple cuvelage au niveau de puits d'injection (tubage 18''5/8, 13''3/8 et 9''5/8) et d'un double cuvelage au niveau du puits de production (tubage 9''5/8 découpé sur cette partie pour permettre l'installation de la pompe d'exhaure) (Cf. paragraphe 2.2.2).

- **La nappe du l'Eocène moyen et inférieur (ou Lutétien et Yprésien)**

Ce réservoir est considéré comme un aquifère multicouches car il est constitué par l'ensemble des formations du Lutétien (Eocène moyen) et de l'Yprésien (Eocène inférieur) : les Marnes et Caillasses, les Calcaires grossiers et les Sables de la base de l'Yyprésien.

Cette nappe principale, dans le secteur d'études, comprend deux assises : l'Eocène moyen et inférieur qui sont susceptibles d'être captées pour fournir de l'eau en abondance :

- La première est constituée par les calcaires sableux de la base du Lutétien (Sables d'Auteuil), difficile à différencier de l'ensemble argilo-sableux qui surmonte l'argile plastique. Elle fournit des débits de l'ordre de 50 à 100 m^3/h.
- La seconde est représentée par un dépôt de galets de silex (uniquement dans le secteur de Champigny-sur-Marne/Viry-Châtillon) à la base des sédiments yprésiens, fournit des débits d'exploitation de 200 m^3/h voire de 300 m^3/h.

Ces eaux sulfatées calcaires et magnésiennes sont assez minéralisées (résistivité de 1100 ohm.cm à 20°C), liées à la présence de niveaux gypseux notamment dans le niveau des Marnes et Caillasses.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

NB : La nappe de l'Eocène moyen et inférieur devraient se rencontrer entre 26 et 120 mètres de profondeur. Elles seront protégées du fluide géothermal du Dogger par un double cuvelage (tubage 18''5/8 et 13''3/8) pour le puits producteur et par un triple cuvelage pour le puits injecteur (tubage 18''5/8, 13''3/8 et 9''5/8).

- La nappe de la craie

Cet aquifère correspond à un calcaire blanc, plus ou moins induré, formé de carbonate de chaux presque pur, coupé de lits dolomitiques et des niveaux de silex noirs. Elle affleure en aval de Paris notamment à Issy-les-Moulineaux, Meudon, Rueil-Malmaison. Des phénomènes de fracturation et de karstification dans sa partie sommitale confèrent à la Craie, son caractère aquifère ou lorsque qu'elle affleure, dans la vallée de la seine (boucle de Croissy et Boulogne) ou sous faible recouvrement tertiaire notamment à l'est de Paris (Yvelines et Val d'Oise).

De manière générale, elle se situe en Ile-de-France sous les formations tertiaires, où elle devient captive et peu productive, c'est le cas au niveau du secteur d'étude. Les quelques captages ayant atteint ce réservoir dans le secteur d'étude n'ont pas révélé de potentiel aquifère très intéressant.

Au droit du secteur, le toit de la Craie se trouve à une profondeur prévisionnelle de 120 m/sol.

NB : La nappe de la Craie devrait se rencontrer entre 120 et 490 m/sol. La partie sommitale de la Craie, sera protégée du fluide géothermal du Dogger par un double cuvelage (tubage 18''5/8 et 13''3/8) pour le puits producteur et par un triple cuvelage pour le puits injecteur (tubage 18''5/8, 13''3/8 et 9''5/8).

- La nappe de l'Albien

Les aquifères du Crétacé inférieur constituent une réserve profonde de très grande qualité. Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Seine- Normandie (1996), les identifie comme des nappes d'importance stratégique sur le plan de l'alimentation en eau potable.

Le Crétacé inférieur comprend plusieurs formations sableuses, regroupées en deux ensembles, Albien et Néocomien. Leur imbrication à l'échelle régionale conduit à ne considérer qu'un système hydrogéologique. Compte tenu de leur accessibilité supérieure et de leurs excellentes caractéristiques hydrodynamiques, la nappe des sables de l'Albien est généralement captée seule, et leur productivité suffit habituellement aux besoins tant thermiques (Tour Mirabeau/Cristal (ex AGF), Issy-les-Moulineaux et Le Plessis-Robinson) qu'aux fins d'alimentation en eau potable (La Plaine Saint-Denis, SEDIF à Pantin).

L'Albien est constitué de sables compris entre des niveaux argileux supérieurs (argiles du Gault) et inférieurs (argiles ou marnes de l'Aptien / Barrémien). Le caractère captif de la nappe, associé à une profondeur de 723 mètres dans le secteur de Saint-Denis, lui confère une qualité chimique remarquable à l'échelle régionale. Les eaux sont très peu minéralisées (salinité totale de l'ordre de 235 mg/L), son pH est neutre et sa température (en surface) est de l'ordre de 30°C.

Cette nappe, d'une surface équivalente à 100 000 km^2, se situe sur les deux tiers du bassin de la Seine. Les couches géologiques de cette masse d'eau sont disposées en cuvette. La profondeur de cette nappe augmente des bordures jusqu'au centre pour atteindre 1500 m en son point le plus bas, aux alentours de Coulommiers. Elle est totalement sous couverture sur le territoire de l'Île-de-France. Elle est donc bien protégée des pollutions de surface et des contaminations bactériologiques et chimiques. Son alimentation est assurée essentiellement par drainance des nappes voisines. Sa recharge est faible (0,003% de son volume par an), ce qui la rend très sensible aux prélèvements qui engendrent un affaissement de la piézométrie étendu et durable.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Du point de vue lithologique, la partie albienne de l'aquifère multicouche est constituée de trois formations sableuses séparées par deux niveaux semi-perméables (de haut en bas) :

- Les sables de Frécambault (de 25 à 30 mètres d'épaisseur), grossiers hétérogènes et glauconieux à la base, le sommet est marqué par la présence de grés blancs peu cimentés. Ils contiennent des intercalations argileuses discontinues.
- Les sables de Drillons (de 15 à 20 mètres d'épaisseur), sables fins gris verts, glauconieux et argileux à la base, puis des sables blancs fins à grossiers non cimentés se terminant au sommet par des grès glauconieux.
- Les sables verts (5 mètres d'épaisseur), très glauconieux et mélangés à des argiles vertes, la base étant plus argileuse que le sommet.

L'épaisseur cumulée de ces sables est de l'ordre de 50 à 60 mètres.

Du point de vue de leurs caractéristiques hydrodynamiques, les sables de l'Albien présentent, en région parisienne, des valeurs de transmissivité très élevées (entre 10^{-2} et 10^{-3} m^2/s). Ces caractéristiques très favorables sont liées au faciès des sables, et notamment à leur granulométrie (0,15 à 0,5 mm), mais pas nécessairement à leur épaisseur. Les porosités moyennes mesurées sont fréquemment de l'ordre de 30 %. La productivité des ouvrages captant cet aquifère est excellente et peut dépasser 200 m^3/h par forage.

Au début de son exploitation (1934), la nappe de l'Albien était artésienne. Actuellement, par la suite d'un abaissement régional de sa surface piézométrique, son niveau statique devrait être autour de la cote + 30 m NGF.

Il existe des forages à l'Albien en exploitation aux alentours du secteur d'études. L'ouvrage le plus proche se situe sur la commune de Saint-Denis à environ 2,3 km au sud du site d'implantation (Cf. Figure suivante).

Cet ensemble est séparé des sables du Néocomien où l'on recense 5 à 8 horizons sableux aquifères, par une centaine de mètres d'argiles (complexe argilo sableux aptien-barrémien). La transmissivité des sables du Néocomien serait moins bonne que ceux de l'Albien à environ 5.10^{-4} m^2/s. La position de son niveau piézométrique est relativement incertaine.

Les sables du Néocomien sont moins sollicités et donc moins connus dans le Bassin Parisien. Aucun captage pour l'alimentation en eau potable ne capte le Néocomien en Seine-Saint-Denis.

N.B : Conformément aux prescriptions de la DRIEAT, les nappes de l'Albien-Néocomien seront protégées par un double cuvelage constitué par les tubages 13"3/8 et 9"5/8 des nouveaux forages.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

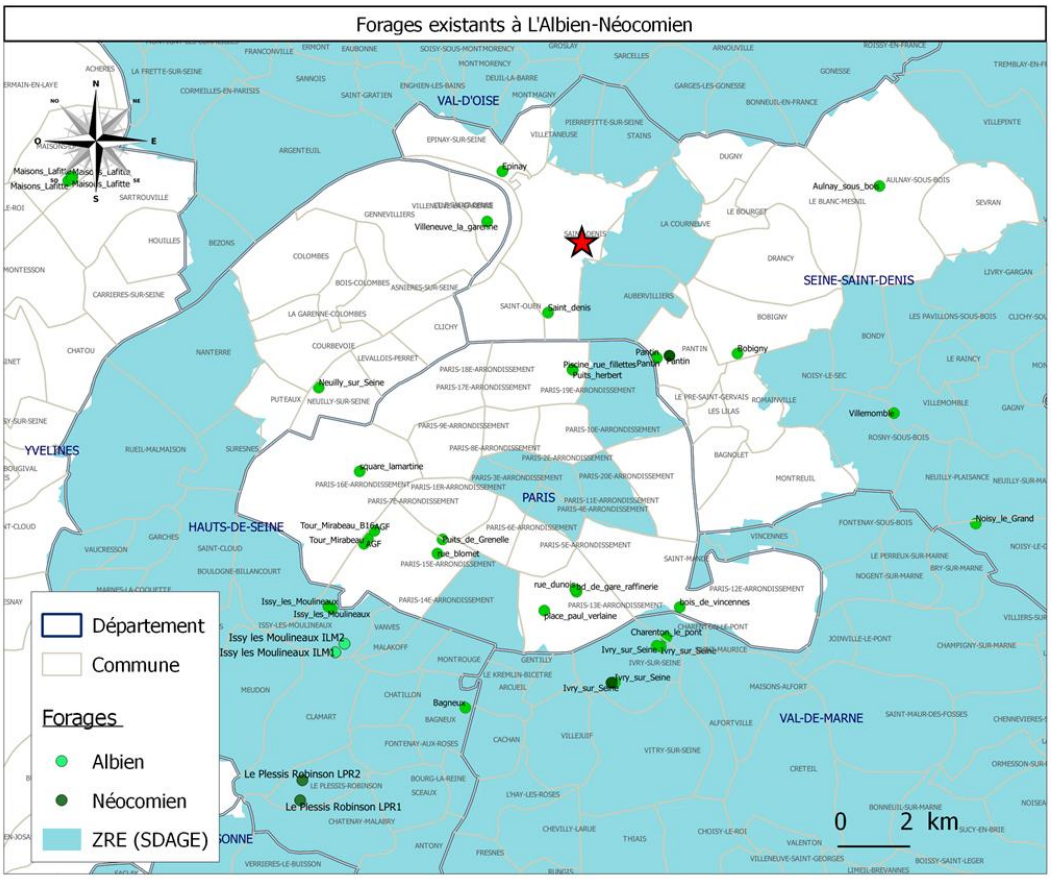


Figure 241 : Carte des forages à l'Albien-Néocomien dans le secteur d'étude

- La nappe du Lusitanien

Le terme de Lusitanien désigne les dépôts essentiellement carbonatés, compris entre les deux séries marneuses du Kimméridgien et de l'Oxfordien et qui renferment des niveaux aquifères. Cette unité est bien individualisée sur la quasi-totalité du Bassin Parisien. Le Lusitanien comprend les sous-étages du Séquanien et du Rauracien.

Les séries géologiques du Lusitanien correspondent à un cycle de sédimentation qui présente de nombreux caractères communs avec celui du Dogger. Pour la majeure partie de cette masse calcaire, la sédimentation s'est effectuée dans des zones calmes, d'où la formation de calcaire fin et compact. En certains endroits, des épisodes correspondent à une sédimentation « active », c'est-à-dire dans des zones de courant ; c'est dans ces conditions que se sont formés les calcaires oolithiques ou graveleux qui offrent une porosité de matrice. On les rencontre surtout au nord-ouest et au centre du Bassin Parisien.

Actuellement aucun ouvrage géothermique, pétrolier ou AEP ne cible cet aquifère, ce qui lui confère un caractère mal connu. Néanmoins sa productivité a été reconnue lors de la réalisation de forage notamment à Orly et à Fresnes et lors de travaux de réhabilitation d'ouvrages au Dogger à Fresnes, Alfortville et Meaux.

La perméabilité ou la transmissivité du réservoir est mal connue mais compte tenu des indices présents autour du secteur d'étude, des débits d'exploitation compris entre 100 et 150 m^3/h sont mobilisables.

Dans le secteur d'étude, la température au toit du réservoir est estimée à 50-55°C.

Les eaux du Lusitanien sont moins minéralisées que celles du Dogger avec une salinité de l'ordre de 9 ± 3 g/L.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

N.B : La nappe du Lusitanien sera isolée du fluide géothermal du Dogger par un simple cuvelage constitué par un tubage en acier 9''5/8 pour les puits producteur et injecteur.

- Données sur les masses d'eaux souterraines

Les données ci-dessous sont issues de la prise en compte du SDAGE pour la période 2016-2021, en application de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE). Certaines masses d'eau sont particulièrement remarquables par leur intérêt économique vis-à-vis de différentes activités : alimentation en eau potable, agriculture, industrie, réserve d'eau stratégique, et pour ces raisons sont fréquemment le siège d'une compétition entre ces usages.

La commune se situe au droit d'une ou de plusieurs masses d'eau souterraine (MESO). Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant.

Code de la masse d'eau souterraine	Nom de la masse d'eau souterraine	Type de masse d'eau	Superficie (km²)		Trans-district
			Totale	Affleurante	
HG001	Alluvions de la Seine moyenne et aval	Dominante alluviale	714	714	Non
HG102	Tertiaire du Mantois à l'Hurepoix	Dominante sédimentaire	2424	2325	Oui
HG104	Eocène du Valois	Dominante sédimentaire	2961	2867	Non
HG218	Albien néocomien captif	Dominante sédimentaire	61010	0	Non

Qualité de la nappe

L'évaluation de l'état des masses d'eau souterraines résulte de la combinaison de critères qualitatifs et quantitatifs. La qualité des nappes est mesurée par les stations de mesure du Réseaux de Contrôle et de Surveillance et du Réseau de Contrôle Opérationnel gérées par l'Agence de l'Eau et le BRGM.

L'évaluation de l'état des nappes est réalisée à partir de la moyenne de 6 années de mesures. Selon le SDAGE 2016-2021, l'état actuel de ces masses d'eau est le suivant :

Le « bon état » sous-entend :

- **Le bon état chimique** atteint si :
  - La masse d'eau respecte des valeurs seuils,
  - La masse d'eau n'empêche pas les masses d'eau superficielles d'atteindre leur objectif,
  - Aucune intrusion d'eau salée due aux activités humaines n'est constatée,
  - **L'inversion de tendances** concernant les concentrations de polluant à la hausse,
- **Le bon état quantitatif** les masses d'eau sont qualifiées en mauvais état si :
  - L'alimentation de la majorité des cours d'eau qui drainent la masse souterraine devient problématique,

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- La masse d'eau présente une baisse tendancielle de la piézométrie,
- Des conflits d'usage récurrents apparaissent.

Nom de la masse d'eau	Code ME	Etat actuel		Commentaires
		Quantitatif	Chimique	
Tertiaire du Mantois à l'Hurepoix	HG102	Bon état	Médiocre	Présence Nitrates et pesticides
Alluvions de la Seine moyenne et aval	HG001	Bon état	Médiocre	Présence tertachloroethylene, ammonium, atrazine, …
Albien-néocomien captif	HG218	Bon état	Bon état	Nappe stratégique dont une partie classée en ZRE
Eocène du Valois	HG104	Bon état	Médiocre	Présence atrazine

Objectif de la qualité de la nappe

Le SDAGE 2016-2021 définit les objectifs de qualité des eaux pour la masse d'eau souterraine concernée :

Nom de la masse d'eau	Code ME	Objectifs d'état retenus	
		Quantitatif	Chimique
Tertiaire du Mantois à l'Hurepoix	HG102	Atteinte en 2015	Objectif Bon état en 2027
Alluvions de la Seine moyenne et aval	HG001	Atteinte en 2015	Objectif Bon état en 2027
Albien-néocomien captif	HG218	Atteinte en 2015	Atteinte en 2015
Eocène du Valois	HG104	Atteinte en 2015	Objectif Bon état 2015

5.17.3 Ouvrages de captage d'eau aux abords du site

A Saint-Denis, les nappes phréatiques superficielles et de profondeur moyenne, fluctuantes et de faible débit, sont vulnérables à la pollution. En revanche les nappes profondes, protégées par des formations imperméables, constituent une ressource importante et exploitée pour l'alimentation en eau potable en Ile-de-France.

Les bases de données souterraines du BRGM (BSS) et ADES témoignent de 6 points d'eau sont répertoriés dans un rayon de 500 m autour du site. Leurs caractéristiques et localisations sont récapitulées dans les éléments suivants.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Distance / site (en m)	Direction /site	Référence BSS	Coordonnées Lambert II étendu		Commune	Nature de l'ouvrage	Etat de l'ouvrage	Utilisation	Profondeur de l'ouvrage (m)	Altitude z (m NGF)	Hauteur d'eau dans l'ouvrage (m)
			X	Y							
83	Ouest	BSS000NFUT	602352	2436730	SAINT-DENIS	FORAGE	TUBE-METAL.	SOL-FONDATION	12,70	32,1	9
220	Sud	BSS000NFVY	602512	2436520	SAINT-DENIS	FORAGE	Non renseigné	SOL-FONDATION	20,00	31,5	2,2
221	Nord-Est	BSS000NFQR	602592	2436881	SAINT-DENIS	FORAGE	Non renseigné	EAU	94,47	34,07	Non renseigné
283	Nord	BSS000NGFX	602372	2436450	SAINT-DENIS	FORAGE	Non renseigné	SOL-FONDATION	20,00	34	2,2
286	Nord	BSS000NGFW	602452	2436440	SAINT-DENIS	FORAGE	Non renseigné	SOL-FONDATION	15,00	33,5	4
363	Nord-Est	BSS000NFQQ	602712	2436961	SAINT-DENIS	FORAGE	Non renseigné	EAU	18,75	33,86	3,1

Figure 242 : Point d'eau BSS présents dans un rayon de 500 m autour du site (Infoterre)

Le site ne dispose pas de piézomètres ou d'ouvrages de surveillance des eaux souterraines. Le point BSS BSS000NFUT, situé à 80 m à l'ouest du site permet d'estimer la profondeur de la nappe à une profondeur comprise entre 8 et 10 m de profondeur qui correspondrait au captage de la nappe du Bartonien.

Aucun ouvrage dans un rayon de 500 m du site d'étude n'a été utilisé pour un pompage d'essai de débit, une détermination de paramètres hydrodynamiques et/ou une analyse de la qualité de l'eau.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les eaux destinées à l'alimentation en potable de la commune sont d'origine superficielle, en provenance de la Seine (Cf. Figure suivante).

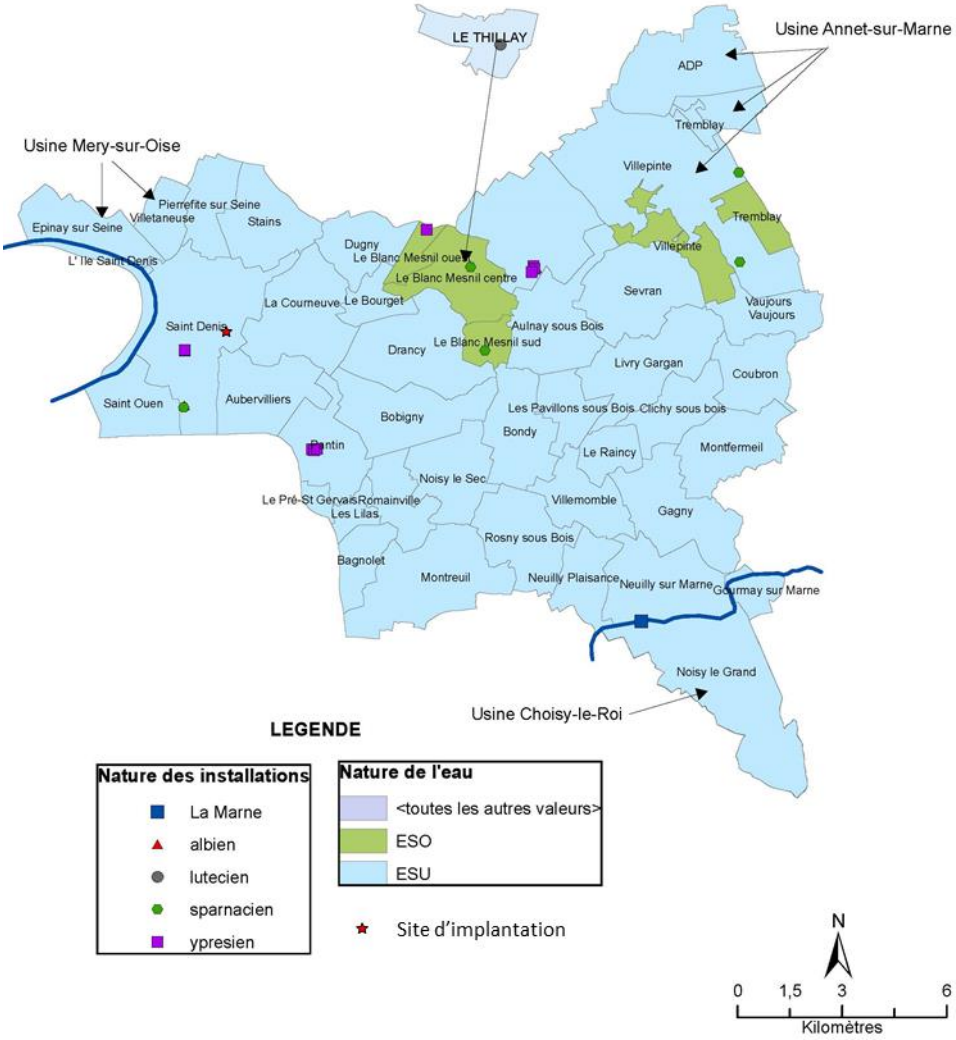


Figure 243 : Origine de l'eau distribuées en Seine-Saint-Denis (ARS)

Les périmètres de protection des captages (PPI - immédiat, PPR- rapproché et PPE - éloigné) mis en place dans le cadre des Déclarations d'Utilité Publique (DUP) visent à protéger la ressource vis-à-vis des pollutions ponctuelles ou accidentelles. Trois périmètres de protection existent :

- Périmètre de protection immédiate (PPI),
- Périmètre de protection rapprochée (PPR),
- Périmètre de protection éloignée (PPE),

Dans l'avis de l'Agence régionale de la Santé d'Ile-de-France, il est décrit les interdictions et restrictions liées à chacun de ces périmètres. L'avis de l'ARS est reporté avec l'ensemble des interdictions et restrictions :

- <u>Concernant le Périmètre de Protection Immédiate :</u>
    - Toutes les activités ou travaux n'entrant pas dans le cadre du fonctionnement de l'usine de traitement d'eau potable, sont interdits dans le périmètre de protection immédiate.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Concernant le Périmètre de Protection Rapprochée :
    - Le périmètre rapproché est destiné à protéger l'eau potable en cas de pollution accidentelle. Il s'agit donc d'une zone dans laquelle tout incident devra être porté sans délai à la connaissance de la mairie et du SEDIF.
    - Parmi les activités interdites, aucune ne devrait impacter le projet de géothermie.
    - Parmi les activités réglementées, les mesures qui pourraient impacter le projet sont :
        - Tout projet sur l'emprise du PPR et nécessitant des terrassements ou des forages en dessous du niveau de la nappe phréatique sera soumis à l'avis du représentant de l'administration en charge de la Police de l'Eau et fera l'objet de prescriptions spécifiques, voire d'un refus de permis, selon le contexte afin d'éviter toute pollution ou mise en communication des différents aquifères.
        - **Tous les ouvrages souterrains existants (puits, forages, et autres) et exploités ou exploitables devront être mis en sécurité dans les règles de l'art de manière à éviter toute intrusion d'eau superficielle. Ils seront également fermés et verrouillés et leur situation administrative devra être régularisée ; les ouvrages qui ne pourront pas être équipés de la sorte devront être inertés par une entreprise qualifiée et selon les règles de l'art afin d'assurer leur étanchéité ; cela sera de même pour les ouvrages abandonnés.**
        - **Tout nouvel ouvrage captant les aquifères de l'Albien, de l'Yprésien ou du Lutétien sera exclusivement réservé au renforcement de l'alimentation en eau potable des collectivités et sera soumis à l'avis de l'administration en charge de la Police de l'Eau.**
        - Toute excavation temporaire (tranchée, fouille) devra être comblée avec des matériaux naturels, sains, inertes, insolubles et non souillés.
        - Lors de la construction ou de la modification de l'utilisation des voies de circulation (routières, ferroviaires, ...), l'impact des travaux ou de l'utilisation de produits devra être examiné avec attention et le devenir des eaux de ruissellement des chaussées ou voies devra être défini de manière à assurer la protection de la ressource en eau. Tout projet de ce type sera soumis pour avis à l'administration en charge de la Police de l'Eau.
        - L'étanchéité de toute conduite souterraine transportant des produits pouvant altérer la qualité des sols ou des eaux (égout, oléoduc, etc.) devra être contrôlée tous les 5 ans et en cas de non-étanchéité, la conduite devra être rendue étanche (réparation ou remplacement/inertage de la conduite incriminée). Toute nouvelle conduite souterraine prévue pour le transfert de produits pouvant altérer la qualité des sols ou des eaux devra faire l'objet d'une épreuve d'étanchéité avant sa mise en fonctionnement.
        - Tout ouvrage de collecte, de transport ou de stockage d'eau, de produit liquide ou gazeux et réservoir aérien ou souterrain contenant des produits pouvant porter atteinte à la qualité des sols ou des eaux situées dans l'emprise du PPR devra être étanche.
        - Toute nouvelle Installation Classée pour la Protection de !'Environnement soumise à autorisation, devra faire l'objet de prescriptions spéciales pour la protection de la qualité de l'eau, si elle présente un risque de pollution pour les sols ou les eaux (en particulier incendie, stockage ou utilisation de produits polluants ou fermentescibles, etc.).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Il n'existe aucune restriction en eau à ce jour sur la commune (données PROPLUVIA qui présente les mesures de suspension ou de limitation des usages de l'eau prises par les préfets pour faire face à une insuffisance de la ressource en eau souterraine et superficielle).

Il existe un risque de pollution des eaux superficielles sur le site du fait du projet, soit par déversement de carburant, d'huiles ou de produits polluants sur la parcelle. Compte tenu de la bonne protection naturelle des nappes exploitées pour l'alimentation en eau potable, qui sont en profondeur, de la distance qui sépare le site de ces captages AEP, le projet n'aura pas d'impact sur la qualité des eaux de la nappe alimentant le secteur en eau potable.

D'après les données de l'ARS de la Seine-Saint-Denis, le projet n'est pas situé dans un périmètre de protection d'un captage AEP superficiel ou souterrain.

Il n'y a pas de captage de nappe d'eau souterraine pour l'eau potable dans un rayon de 2,3 km autour du site d'implantation. Les captages souterrains en AEP les plus proches sont ceux à l'Albien et Sparnacien situés près des voies SNCF au sud de Saint-Denis. Près du Stade de France, les deux captages (F1 et F2 GDF) à l'Yprésien pour l'alimentation en eau potable ne sont plus en exploitation et ont été rebouchés.

La commune de Saint-Denis n'accueille pas non plus d'usine de prélèvement d'Eau Superficielle dans la Seine. La station de prélèvement pour l'Alimentation en Eau Potable la plus proche est située à Suresnes (12 km du site d'implantation), et fait l'objet d'un PPR en amont de la Seine, dont l'emprise ne concerne pas le site d'implantation (Cf. Figure 244).

Le site d'étude n'aura donc pas d'impact sur les captages en eau potable alentours.

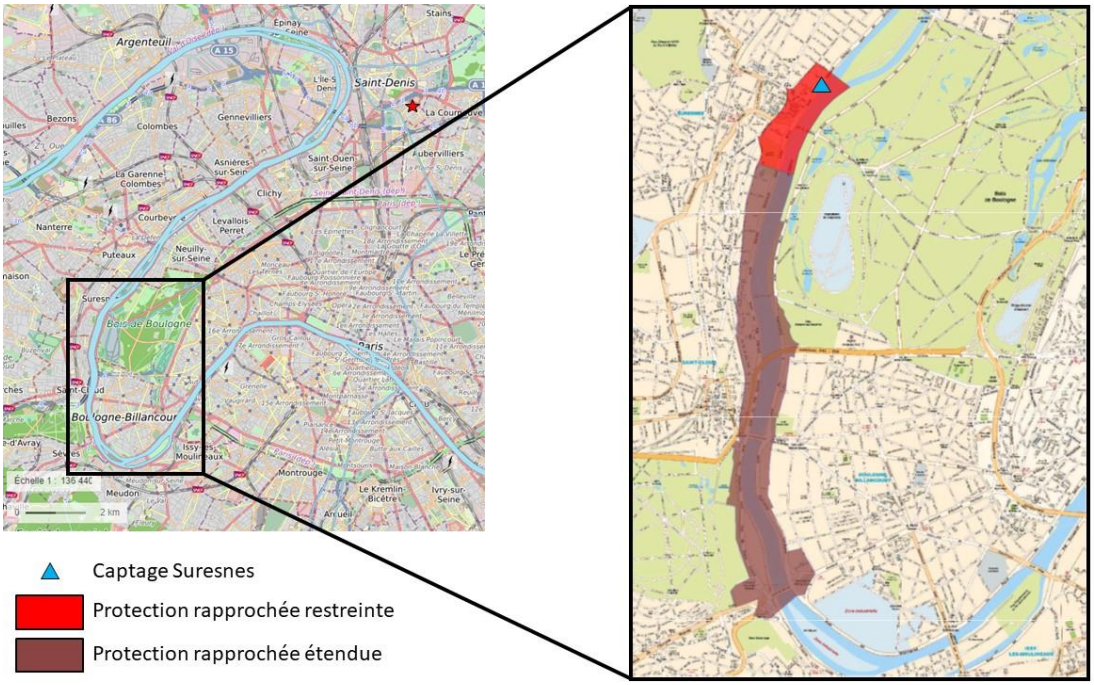


Figure 244 : Périmètre de protection de l'usine de Suresnes de prise d'eau sur Seine (ARS)

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.17.4 Isolement des ouvrages par rapport à l'environnement

Les travaux de forage envisagés permettent d'isoler au maximum les puits de leur environnement immédiat notamment grâce (Cf. Figure 74 et Figure 75) :

- Au double cuvelage au niveau du puits de production et au triple cuvelage au niveau du puits d'injection protégeant les aquifères superficiels du Tertiaire et de la Craie des interactions avec l'eau géothermale du Dogger. Ces aquifères font l'objet d'une surveillance particulière ;
- Au double cuvelage au niveau des deux puits isolant les aquifères de l'Albien et du Néocomien protégés pour l'alimentation en eau potable ;
- Au programme de cimentation qui permet de ne pas mettre en communication ces nappes aquifères cités ci-dessus ;
- Au programme de gestion des eaux géothermales pendant la phase des essais en fin de travaux de forage qui prévoit le stockage de ces eaux dans des bassins étanches et leur traitement avant rejet dans le réseau d'eaux unitaire en respectant les conditions de rejet au réseau d'assainissement. A défaut d'autorisation de rejet, les eaux géothermales seront réinjectées dans le réservoir géothermal à la fin des essais de fin de forage, après traitement par filtration ;
- Au programme de gestion des eaux pluviales qui permet de collecter les eaux de ruissellement autour de la zone imperméabilisées du chantier, de les traiter, les stocker puis les déverser dans le réseau d'eau pluvial en respectant les conditions de rejet au réseau d'assainissement. A défaut d'autorisation de rejet, les eaux pluviales seront collectées, puis envoyées par camion-citerne vers un centre de traitement spécialisé. ;
- Au programme de gestion des boues de forage qui prévoit la séparation des solides au sortir du puits, le recyclage de la partie liquide séparée pour réutilisation pendant le forage du puits et le traitement de la boue en fin de forage pour évacuation des parties solides et liquides vers des centres de traitement spécialisés. A défaut d'autorisation de rejet, les eaux usées seront collectées, puis envoyées par camion-citerne vers un centre de traitement spécialisé.

5.17.5 Incidence sur les ressources en eaux souterraines et superficielles

Le caractère non toxique, mais polluant de l'eau géothermale du Dogger, implique de rechercher quelles nappes et quels puits seraient susceptibles d'être atteints, par une pollution causée par le percement du cuvelage d'un des puits. Ce point est développé dans le paragraphe relatif à l'incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine Normandie.

L'objectif est de conserver la qualité chimique et bactériologique des nappes traversées lors de la réalisation des forages. Il est par ailleurs indispensable d'éviter les communications entre les nappes pour éviter les transferts de pollution d'une nappe à une autre. Cette contrainte est prise en compte dès la conception de l'ouvrage.

Le risque prévisible concernant le sous-sol réside dans la contamination d'un aquifère par de l'eau géothermale à la suite d'un percement du cuvelage. Cet aquifère pourrait devenir impropre à la consommation ou à certaines utilisations. Les mesures prévues pour supprimer, réduire ou éviter la survenance d'un tel accident interviennent à trois niveaux.

- À la conception de l'ouvrage ;
- En cours d'exploitation ;
- Lors des contrôles périodiques réglementaires.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

La ressource visée étant située au Dogger, plusieurs aquifères seront traversés et seront sensibles aux risques éventuels de pollution pendant les travaux. Des mesures seront mises en place pour éviter tout risque de pollution.

5.17.5.1 *Effets temporaires et mesures associées*

La zone du projet est hors périmètre de protection de captage pour l'alimentation en eau potable.

Les travaux situés en zone sujette aux remontées de nappe de sensibilité élevée, un suivi quotidien de la situation vis-à-vis du risque de crue, sera assuré via le service de prévision des crues (Cf. Mesure de Réduction n°20). En cas d'alerte inondation, toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes.

Lors de la phase de travaux, le programme de boue est conçu de manière à limiter les pertes. Lors de l'exploitation, la présence du double ou du triple cuvelage protège les aquifères du Tertiaire des risques de fuites d'eau géothermale. La conception des forages, les moyens mis en œuvre lors des travaux et les conditions d'exploitation permettront de respecter les directives visant à la protection des eaux de surfaces (Cf. paragraphe 5.17.1).

Les eaux géothermales pompées lors des essais de productivité des puits seront rejetées dans le réseau d'assainissement existant (EU). Selon leur qualité, les eaux pourront être traitées de manière adaptée avant rejet au réseau.

Le chantier est susceptible d'engendrer une pollution accidentelle des eaux de surface via les boues de forage, les eaux de ruissellement ou le stockage de produits dangereux ou polluants. Toutes les précautions seront prises pour éviter ce type de pollution.

Le projet vise l'exploitation de la ressource en eau à l'horizon du Dogger, et donc la traversée des aquifères du Tertiaire et du Crétacé. Le déroulement des travaux de forage par phases successives de forage puis de pose de tubages à l'avancement limite les possibilités de mise en communication entre aquifères.

Au droit des formations perméables, il y a la création d'un dépôt à la surface de la paroi du puits (on parle de "cake"). Seule la phase aqueuse de la boue envahit la matrice rocheuse. On estime que cette invasion ne dépasse pas une distance égale à 10 fois le diamètre du trou soit environ 3 mètres pour un forage de diamètre 12"$^{1/4}$.

Dans le cas de terrains à très forte perméabilité, le forage peut connaître des "pertes totales", c'est-à-dire sans retour du fluide injecté, les débits de fuite dans les terrains peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes par heure. En pertes totales, il sera plus économique de forer à l'eau claire que d'utiliser de la boue de bentonite.

D'un point de vue qualitatif, afin d'éviter toute contamination des nappes traversées et la mise en communication des nappes entre elles, <u>les mesures suivantes seront mises en place pendant la réalisation des forages :</u>

- ***Rappel ME23*** *– Contrôle continu des boues : un contrôle continu des paramètres de la boue de forage sera réalisé, de manière à limiter l'intrusion de boues de forage dans les aquifères traversés et à ajuster sa rhéologie. Ce contrôle permettra également une gestion en temps réel des volumes perdus et des venues d'eau. Les boues utilisées pour le forage seront exemptes de tout produit polluant. D'autre part, la densité de la boue sera contrôlée en permanence de manière à contrebalancer la pression des différents niveaux aquifères traversés. Les besoins normaux en eau nécessaire pour fabriquer la boue et compenser les pertes en eau dans les forages sont évalués suivant la nature des terrains traversés. Ces boues sont composées d'un mélange d'eau douce et de bentonite additionné de polymères biodégradables, non toxiques pour l'environnement et la santé. Leur rhéologie est adaptée à la lithologie des terrains traversés dans le but de limiter au maximum les infiltrations de boue dans les terrains*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

traversés. La formulation et la rhéologie des boues (mixte bentonitique et polymères à densité faible) ne présentent aucun danger pour les formations aquifères.

- ***ME25** – Méthodologie du forage : les techniques utilisées dans le projet veilleront à éviter les impacts sur les eaux souterraines, notamment grâce aux dispositions suivantes :*
  - *Afin d'éviter la mise en communication des nappes les unes avec les autres, les puits sont isolés des terrains par des tubages cimentés aux terrains : La réalisation du puits comporte différentes phases de forage. Les aquifères ne sont pas forés au cours d'une même phase mais par phases successives qui permettent l'isolation des différentes formations (pose d'un cuvelage et cimentation puis forage de la formation suivante).*
  - *Les forages des puits seront accompagnés de la pose de plusieurs tubes en acier (colonnes de cuvelage) permanents cimentés sur toute leur hauteur, interdisant toute communication des aquifères entre eux. Ils resteront en place pendant toute la durée de vie du puits et après leur abandon éventuel ;*
  - *Comme cela est détaillé dans le programme prévisionnel de forage, plusieurs cuvelages seront mis en place au cours du forage de chaque puits, pour isoler l'intégralité des terrains traversés. La cimentation de ces différents cuvelages dont le principal but est de faire étanchéité autour d'eux et de les lier aux terrains, est réalisée par des sociétés spécialisées. Les quantités de laitier injecté sont dosées avec précision de manière à assurer une parfaite étanchéité globale de l'ouvrage ;*
  - *Les cimentations annulaires feront l'objet d'une attention particulière. La technique de cimentation, les volumes et le choix du ciment seront adaptés et les contrôles de fin d'opération (CBL et URS-USIT notamment) permettront de vérifier que le ciment mis en place est en parfait contact tant avec les cuvelages qu'avec les terrains et garantiront la qualité des barrières mises en place.*
  - *La réalisation des forages s'effectuera avec le concours de sociétés spécialisées sur la réalisation de forage (en France) sous la supervision du personnel qualifié de CFG dans ce domaine.*
  - *Le cuvelage qui sera descendu sur les 20-25 premiers mètres, réalisé avec un petit appareil de forage sans eau, sera cimenté au terrain jusqu'en surface. Les déblais seront mis en filière adaptée si nécessaire.*

Le chantier est susceptible d'engendrer une pollution accidentelle des eaux de surface. Toutes les précautions seront prises pour éviter ce type de pollution :

- *Via les boues de forage : il s'agit du fluide de forage permettant de remonter les cuttings à la surface. Ces boues peuvent être polluées et ramener des polluants à la surface, qui à leur tour sont susceptibles de contaminer les eaux superficielles via un ruissellement.*
- *Via les eaux de ruissellement : il s'agit des eaux de pluie et des eaux de lavages d'outils et d'engins pouvant être utilisées sur le chantier. Ces eaux peuvent contenir des pollutions susceptibles de contaminer les eaux superficielles.*
- *Via le stockage de produits polluants : le chantier nécessite le recours à des produits polluants tels que du carburant, des huiles, etc. Ces produits étant situés à l'intérieur du chantier, une pollution accidentelle des eaux de surface peut survenir en cas de fuite des contenants.*
- *Via les eaux géothermales.*

Toutes les précautions seront prises pour éviter ce type de pollution, via les mesures suivantes :

- ***Rappel ME07** - Mise en place d'une plateforme en grave béton : la plateforme sera réalisée de manière à éviter les effets sur les eaux superficielles. Aussi, afin d'éviter que les eaux ne ruissellent, la plateforme sera étanche au droit de la zone de fabrication et stockage des fluides de forage et les sites ceinturés*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

d'un merlon, caniveaux ou d'un fossé et connectés à un bac de rétention. Les autres secteurs du chantier seront des bureaux, des lieux de circulation temporaire ou de stock de matériel dans des bungalows.

- ***Rappel ME21** - Stockage des produits polluants : Les citernes de carburant, les barils d'huile et tout autre produit polluant seront stockés dans des bacs étanches de rétention, permettant de recueillir la totalité du volume des contenants en cas de fuite. Les produits de vidange seront évacués dans un site de traitement adéquat. La cuve à fioul disposera d'un système d'étanchéité double enveloppe.*
- ***ME26** – Le circuit boue : le circuit des boues est dédié et « fermé ». La boue va circuler des bacs de fabrication et de stockage, aux pompes, et sera injectée par les tiges de forage dans le puits jusqu'à l'outil de forage (dont le travail va être facilité par l'injection de boue, ce fluide va refroidir l'outil et augmenter la foration). La boue chargée de déblais ressortira du forage et sera filtrée sur les tamis puis la phase liquide sera majoritairement recyclée dans le circuit boue.*
- ***ME27** – Le chantier disposera en permanence d'un stock de sel (>18 tonnes) permettant la fabrication de plus de 80 m^3 à densité 1,15 pour neutraliser l'artésianisme naturel du Dogger. Il sera installé une ligne d'injection de saumure en continu.*
- ***MR34** – Gestion des eaux de ruissellement : un réseau de caniveaux connectés à un bac de rétention sera mis en place. Elles seront récupérées par le biais de ces caniveaux. Un secteur imperméable, au droit du quartier boues, sera spécifiquement isolé du point de vue des écoulements de façon à bien séparer les eaux ruisselant sur ce secteur des autres eaux pluviales de la plateforme. Les secteurs de la cave et du fossé à égouttures étanches permettront de collecter les eaux de ruissellement, pour ensuite pouvoir les évacuer, avec les eaux pluviales, vers un séparateur d'hydrocarbures avant d'être rejetée au réseau d'eau pluviale.*
- ***MR35**– Gestion des effluents de chantier : L'évacuation des effluents issus du déshuilage sera réalisée par camion-citerne vers un centre de traitement adapté, selon la réglementation en vigueur. Les eaux usées des sanitaires et des travaux seront collectées par des installations de traitement mobiles (WC chimiques, fosse septique, bâche imperméable…) et mises en place pour le chantier. Elles seront évacuées par des entreprises spécialisées. Les déblais de forage seront stockés dans la cutting box (ou bourbier) avant d'être évacués en filière de traitement agrée. Certains de ces déblais sont échantillonnés régulièrement pour vérifier la géologie des terrains traversés lors du forage et piloter la réalisation du puits. Au moment des changements de phase de forage (réduction de diamètre après une cimentation), la boue peut être changée. Dans ce cas la « vieille boue » est évacuée en filière de traitement agrée.*
- ***MR36** Stockage des eaux d'essai : Les eaux géothermales seront tranquillisées, refroidies, dégazées et décantées dans les bacs ou bourbier par le système de la ligne d'essai ou de test avant leur rejet au réseau (Cf. Figure suivante) selon la réglementation en vigueur. Un volume d'eau de 5200 m^3 par puits, sera prélevé et non réinjecté dans le milieu d'origine (Cf. paragraphe 5.17.7).*
- ***MR37** – Dépotage des carburants : il sera effectué selon les besoins du chantier, dans le respect de la réglementation en vigueur et des normes de sécurité (sonde de trop plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, rétention…). Rappel : les stockages de produits, boue et hydrocarbures, susceptibles d'altérer la qualité des eaux superficielles, seront sécurisés par l'utilisation de bacs de rétention étanches correctement dimensionnées. Tous ces dispositifs de rétention seront vidangés régulièrement, la fréquence étant augmentée en période de fortes pluies.*

Pendant la phase chantier, l'alimentation en eau du site sera assurée à partir du réseau d'eau potable local. Les besoins en eau seront utilisés pour les sanitaires et les travaux.

Des mesures spécifiques seront prises pour éviter que les véhicules et engins quittant le chantier ne salissent les voiries environnantes (par exemple : lavages de roues, nettoyage des toupies à béton avant départ du site).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Figure 245 : Exemples de bacs étanches utilisés pour la gestion des effluents pendant la fin de forage

5.17.5.2 *Effets permanents et mesures associées*

Les eaux soutirées dans l'aquifère profond du Dogger seront intégralement réinjectées dans leur milieu d'origine, selon le principe de boucle géothermale. Seules les calories de l'eau seront prélevées pour le fonctionnement de la géothermie. La température des eaux rejetées sera au minimum de 25°C. Dans la pratique, la structure du réseau existant et des constructions desservies imposera plutôt une température de réinjection moyenne de 33°C.

D'après les résultats des modélisations numériques de réservoir, l'impact hydraulique du futur doublet est négligeable (inférieur à ± 1 bar) ou globalement favorable sur l'ensemble des puits des exploitations voisines. Seul de doublet de La Courneuve Sud est impacté de manière défavorable et non négligeable au droit de son puits producteur. (Cf. paragraphe 2.4.3).

Le positionnement du nouveau dispositif de Saint-Denis selon l'option retenue permet d'obtenir une décroissance faible au droit du puits producteur (inférieure à 0,5°C après 30 ans d'exploitation à débits moyens).

Sur le plan thermique, l'impact direct du nouveau dispositif géothermique est nul sur les exploitations du secteur. De plus après 30 ans d'exploitation, l'impact hydraulique favorable généré par GSD-1/GSD-2 implique une diminution de la cinétique de recyclage thermique au sein du doublet de Paris-Nord-Est et de La Courneuve Nord.

En phase exploitation, les eaux soutirées seront intégralement réinjectées dans le milieu d'origine. Les constructions étant réalisées de manière à éviter toute communication entre les masses d'eau, l'effet du projet en phase exploitation sur les eaux souterraines est nul.

La boucle géothermale fonctionnera en boucle fermée. Une pollution accidentelle des eaux de surface peut subvenir via les opérations de maintenance ou une fuite accidentelle des eaux géothermales. Les mesures mises en place lors de travaux de forage (stockage des produits polluants dans des bacs de rétention, protections imperméables sous les machines…) permettront d'éviter ce risque.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le phénomène redouté est une mise en communication des aquifères via un écoulement de l'eau d'un aquifère dans un autre pouvant entraîner :

- Une dégradation de la qualité de l'eau dans un des aquifères si l'autre est pollué ou se caractérise par une eau d'une chimie différente ;
- La baisse du niveau piézométrique dans un aquifère pouvant entrainer des assèchements de captages voisins, voire des désordres géotechniques ;
- L'augmentation du niveau piézométrique d'un aquifère superficiel pouvant entrainer une remontée d'eau à la surface.

On se référera au paragraphe pour le détail des mesures de prévention applicables dans le cadre de l'exploitation. Toutefois, il est rappelé que, dans le cadre de son contrat, l'exploitant est tenu de respecter ou de faire respecter l'ensemble des consignes d'exploitation, ainsi que l'entretien et la maintenance des matériels qui lui sont confiés. L'exploitant veillera plus particulièrement au bon fonctionnement des organes d'isolement et de sécurité du site. L'état des tubages est régulièrement surveillé au cours de l'exploitation par :

- Les contrôles règlementaires des paramètres d'exploitation réalisés conformément aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'exploitation (auscultations diagnostic et suivi chimique) ;
- La réalisation des diagraphies des cuvelages tous les trois à cinq ans.

Si lors du suivi ou au cours de travaux sur les ouvrages (work-over, manœuvre d'équipements), il existe un doute sur l'étanchéité du cuvelage, des investigations seront conduites visant à déterminer la localisation et l'intensité de la fuite.

Dans le cas d'interventions programmées, pour supprimer tout impact, des canalisations de collecte des effluents liquides seront prévues et décrites préalablement dans le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé de l'opération (PPSPS). En cas de déversement accidentel ou en cas de fuite importante de fluide géothermal, des mesures ou des moyens d'intervention spécifiques seront définis.

Pour ce qui concerne le contrôle de l'artésianisme, celui-ci sera maîtrisé, lors des travaux, par la boue de forage, constituée d'un mélange d'eau et de bentonite (argile) ou, lors des interventions dans les puits, par injection de saumure. La pression hydrostatique exercée par la boue de forage et la saumure permettent de maintenir en place les fluides présents dans les terrains perméables.

Afin de limiter les risques, les mesures suivantes seront mises en place durant l'exploitation :

- ***Rappel ME17*** *– Contrôle et suivi des installations : Un suivi journalier sera réalisé de manière à prévenir tout dysfonctionnement, notamment de type fuite ou éruptivité avec :*
  - *Observations visuelles des installations de surface et de l'état externe des têtes de puits ;*
  - *Variation de température et débit de production ;*
  - *Variation de pression d'injection ;*
  - *Variation de fréquence de fonctionnement des pompes.*
- ***Rappel ME18*** *– Cave : la cave dans laquelle seront situées les têtes de puits sera cimentée et étanchéisée.*
- ***Rappel ME21*** *– Stockage des produits polluants : le stockage des barils d'huile et de carburant sera effectué dans des bacs de rétention, comme en phase de travaux. Des protections imperméables seront mises en place sous les machines lors des opérations de maintenance.*
- ***ME28*** *– Recours à un traitement inhibiteur de corrosion : compte tenu de la salinité et de la teneur en sulfures naturelle du fluide géothermal, il existe un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages. La mise*

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion est implicite en cas de réalisation de puits en acier. Les deux puits et la canalisation de surface seront traités en boucle fermée par un produit inhibiteur de corrosion. Un spaceur placé sur la tête de puits permettra le passage d'une ligne d'injection jusqu'au sabot du puits producteur. Les additifs de traitement de cette eau injectés en très faible quantité, ne présentent pas de danger direct pour la consommation humaine. Les fiches techniques et toxicologiques des produits utilisés indiquent un danger de pollution écologique du milieu aquatique pour de fortes concentrations. Ces produits, injectés à une concentration d'environ 2 à 5 mg/l, réagissent dans le milieu et leur action neutralise la majeure partie des effets nocifs. Un suivi bi-annuel de l'intégrité du tube de traitement sera réalisé sur l'exploitation.

Rappel : La zone du projet est hors périmètre de protection de captage pour l'alimentation en eau potable. Les travaux situés en zone sujette aux remontées de nappe de sensibilité élevée, un suivi quotidien de la situation vis-à-vis du risque de crue, sera assuré via le service de prévision des crues. En cas d'alerte inondation, toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes.

Les chantiers sont susceptibles d'engendrer une pollution accidentelle des eaux de surface. Un ensemble de mesures sera mis en place de manière à éviter ou limiter les risques de pollution.

En phase exploitation, le projet engendre un rabattement de nappe du Dogger au niveau de GSD-1 et une remontée au niveau de GSD-2 ; le nouveau doublet de Saint-Denis ne remet pas en cause la pérennité des dispositifs voisins, ni d'un point de vue valorisation thermique ni d'un point de vue des rendements hydrauliques.

Les mesures mises en place permettent d'éviter tout effet négatif sur les eaux souterraines, notamment via l'architecture des puits et la mise en place d'un contrôle de différents paramètres. L'intégrité des aquifères est garantie par :

- **la double ou triple protection des tubages cimentées,**
- **le suivi règlementaire de la boucle géothermale et des tubages, effectué pour la DRIEAT, (diagraphies différées d'inspection, traçage à l'eau douce) permet de déceler les indicateurs précurseurs de fuites/venues d'eaux,**
- **l'inhibition chimique anti-corrosion du puits producteur jusqu'au puits d'injection permet de se prémunir contre les dommages causés par la thermochimie corrosive et incrustante hostile du fluide géothermal du Dogger.**

Un risque faible de pollution accidentelle des eaux de surfaces existe en phase exploitation. Des mesures relatives au stockage des produits polluants et à la gestion de ces polluants seront mises en place afin de limiter ce risque.

Les installations du projet ne seront pas de nature à modifier l'état des masses d'eau situées à proximité du site.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

5.17.6 Incidence sur les réseaux d'assainissement et d'eau potable

- Effets temporaires et mesures associées

Les sanitaires et douches des bases de vie du chantier seront alimentées par le réseau d'eau potable de la commune. Les rejets se feront au réseau des eaux usées.

La consommation d'eau potable et les rejets aux réseaux pendant le chantier seront négligeables.

- Effets permanents et mesures associées

Une fois le chantier terminé, il n'y aura pas d'incidence sur les réseaux d'assainissement et d'eau potable, mis à part le ruissellement des eaux pluviales sur la plateforme qui se déverseront dans le réseau public et seront conformes au règlement d'assainissement.

Sur le site alimenté à partir du réseau public d'alimentation en eau potable, les consommations d'eau seront suivies par un relevé régulier du dispositif totalisateur. Les utilisations de l'eau sur le site, en conditions normales, seront les suivantes :

- Alimentation en Eau Potable et usages sanitaires ;
- Nettoyage des sols et appoint du réseau.

Les consommations en eau sont évaluées sur les bases suivantes :

- Eaux sanitaires : 10 m^3/an,
- Usage process : 5 m^3/an pour l'eau d'appoint réseau et 5 m^3/an pour l'eau de lavage et entretien.

Ainsi la consommation est estimée à 20 m^3/an.

Le réseau d'alimentation en eau est protégé par un système de déconnexion permettant d'éviter tout retour de produit non compatible dans le réseau.

Les réseaux de collecte des eaux seront conçus de manière à être étanches et à résister dans le temps, aux actions physiques et chimiques des effluents ou produits susceptibles d'y transiter. Le SMIREC s'assurera régulièrement par des contrôles appropriés et préventifs de leur bon état et de leur étanchéité.

Les eaux usées seront issues principalement des installations sanitaires du site et du nettoyage des sols.

Ces effluents ne seront pas rejetés directement dans le milieu naturel. Ils seront traités par un dispositif de traitement externe au site (réseau public).

Les eaux pluviales de voiries sont traitées par un séparateur d'hydrocarbures avant rejet dans le réseau d'eau pluviale communal. Le séparateur d'hydrocarbures est de classe 1 avec un seuil de rejet des hydrocarbures à 5 mg/l.

Le site stockera des produits dangereux (inhibiteur de corrosion, huiles…), celui-ci sera stocké dans le local de stockage sur une rétention. Il est à noter que toutes les surfaces du site susceptibles d'être exposées à des déversements accidentels seront étanchéifiées et non concernées par le risque d'inondation.

Une borne incendie est présente en face du complexe sportif du Franc-Moisin sur l'avenue du Franc-Moisin.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Le site sera raccordé aux réseaux publics. Une convention de rejet temporaire en cas de travaux de maintenance lourd ou travaux exceptionnels sur les puits sera demandée auprès des services d'assainissement de la commune.

5.17.7 Incidence des rejets d'eaux géothermales

Il s'agit des eaux pompées lors des essais de productivité des puits, sur une durée maximale de 10 jours (5 jours par puits). Le volume maximal d'eau rejetée est estimé à environ 10 000 m^3 avec un débit maximal autorisé de 100 à 150 m^3/h.

Des analyses d'eau seront réalisées lors des phases de pompage pour caractériser les rejets et décider de leur destination.

- ***Rappel MR19*** *– Mise en place d'une Convention de rejet temporaire : une convention de rejet est en cours de rédaction avec le gestionnaire du réseau de la commune. Ce document spécifie les exigences en matière d'analyses d'eau et de conditions de rejet qui considère généralement les eaux telluriques (eaux provenant de forages géothermiques) comme des eaux usées autres que domestiques.*
- ***Rappel MR36*** *– Stockage des eaux géothermales d'essai : un bassin ou bourbier destiné à recueillir ces eaux sera installé à proximité de la plateforme. Les eaux y seront dégazées, décantées et analysées.*
- ***MR38*** *– Traitement éventuel des eaux géothermales : compte tenu de la température des eaux produites, elles seront refroidies dans des tours de refroidissement afin de faire baisser leur température sous les 30°C, puis stockées et décantées temporairement dans des bacs avant d'être évacuées dans le réseau d'eaux pluviales/usées à proximité du chantier. En fonction des caractéristiques géochimiques (ex : Teneurs en chlorures, DBO, DCO…) mesurées, une dilution ou oxygénation avec de l'eau de ville pourra être appliquée.*

Les seuils d'exigence pour un rejet aux réseaux publics seront soumis à autorisation pour les paramètres suivants : DBO_5, DCO, métaux lourds, MES, azote et phosphore. Il fixe également une température maximale de rejet de 30°C. Le projet prévoit de rejeter des eaux qui respecteront ce seuil. Pour rappel, l'eau est prélevée à une température d'environ 57 +/- 1°C.

Cette eau issue de l'aquifère pourra être diluée avec une eau moins minéralisée et le gestionnaire sera, en plus de la convention de rejet, prévenu 7 jours avant le relargage dans le réseau d'assainissement.

Ces mesures pourront également être mises en place lors de travaux de maintenance lourds sur les puits (ex suite à un curage ou rechemisage des tubages).

Les eaux géothermales seront stockées pour être caractérisées puis traitées de manière adéquate puis rejetées au réseau unitaire de la commune. Une convention de rejet temporaire est en cours de rédaction en adéquation avec les exigences du gestionnaire du réseau.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

BILAN DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT ET ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

6 BILAN DES EFFETS DU PROJETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET MESURES PRISES

6.1 Synthèse des effets du projet sur l'environnement

Le projet s'installe sur le site de production du Fort de l'Est, dédié à la production de chaleur depuis 1963. Aujourd'hui, la chaleur est produite par une chaufferie biomasse qui alimente le réseau actuel de Plaine Commune Energie (PCE). Le projet de forage du nouveau doublet GSD-1 / GSD-2 permettra de maintenir le taux d'énergies renouvelables à 50% dans l'ensemble du réseau de chaleur PCE.

Le chantier de forage des deux puits géothermiques est prévu à l'horizon début 2023 pour une durée de 4 mois environ. Un aménagement préparatoire et une dépollution du site sera nécessaire avant le démarrage de tous travaux.

Le bâtiment de la future centrale géothermique s'intégrera dans le paysage de la zone d'aménagement concerté Bel-Air nord / Franc-Moisin et fera l'objet d'un permis de construire et d'un porté à connaissance. Les travaux de construction se dérouleront après les travaux de forage terminés.

Les travaux d'extension sur le réseau de chaleur ont commencé en 2020 et s'étaleront jusqu'en 2023.

Les chaufferies classées ICPE, fonctionnant au gaz et biomasse, sur le site du Fort de l'Est existent déjà et sont exploitées actuellement par Plaine Commune Energie dans le cadre de leur contrat DSP. Les impacts de ces deux unités de production en phase d'exploitation sont donc inexistants.

Les tableaux suivants reprennent pour chaque thème environnemental, les impacts attendus en phase chantier et en phase d'exploitation sur l'environnement selon la légende suivante.

Incidence positive
Incidence nulle
Incidence faible
Incidence négative

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

L'étude d'impact montre que le projet n'engendrera pas d'effets notables sur l'environnement. Les effets représentatifs sont essentiellement attendus en phase chantier. Les effets en phase d'exploitation sont réduits. Les effets attendus en phase chantier, pour les travaux de forage, la construction de la centrale géothermique ou l'extension du réseau de chaleur, seront caractéristiques de périodes de travaux et de courte durée :

- Nuisances visuelles et sonores dues au mat de forage, engins de chantier et aux travaux de manière générale,
- Émissions dans l'air de poussières et de gaz d'échappement et géothermaux,
- Perturbations sur les voies de communications dues au trafic du personnel et des engins de chantier,
- Production de déchets de tout type ; ordures, dangereux ou non, déblais et eau géothermale,
- Vibrations dues aux engins de chantier et aux travaux de manière générale,
- Perturbations sur le sol dues aux terrassements et l'aménagement de la plate-forme,
- Risques de pollutions accidentelles,
- Risques liés aux inondations, tempêtes et événements climatiques extrêmes.

A noter que les émissions de gaz à effet de serre inhérentes au trafic de véhicules et d'engins de chantier seront réduites par le respect de bonnes pratiques (coupures moteurs, plans de circulation, entretien régulier des engins de chantier…). Les effets négatifs résiduels de la phase travaux seront compensés par les impacts positifs de la phase d'exploitation du projet.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effets de la géothermie en phase chantier	Incidence
Urbanisme	Le chantier s'inscrit dans la ZAC Bel Air /Franc Moisin et le cours du ru de Montfort utilisé comme voies piétonnes et terrains de loisirs. Des conventions d'accès et de mise à disposition du terrain seront nécessaires. Le chantier aura un impact positif sur le dynamisme économique de l'agglomération (restauration, hotellerie).	Aucune
Trafic	La fluidité du trafic local sera altérée par le passage des camions. Les riverains seront tenus informés et un plan de circulation mis en place aux abords du chantier. Un total de 430 camions est attendu pour le forage du doublet.	Négative
Impact visuel	La machine de forage d'une hauteur de 40 m environ génèrera des nuisances visuelles temporaires de courte durée.	Faible
Bruit	Les travaux respecteront les zones d'émergences règlementées en matière de bruit. Le projet prévoit la mise en place d'un mur anti-bruit, une isolation des moteurs et des groupes électrogènes ou éléments bruyants, une disposition particulière des bungalows et des mesures de bruit pendant le chantier.	Négative
Air	Le passage des engins de chantier et les machines pourront émettre des poussières. Le projet prévoit la mise en place d'une plateforme en grave ciment perméable et le maintien de la propreté du chantier. Le trafic routier et le forage du doublet engendreront des émissions de CO2 évaluées à 1048 tonnes eq.Carbone.	Négative
Déchets	Les travaux seront générateurs de déblais de forage et de terrassement. Les terres polluées autour des caves de puits et la future centrale seront enlevées et envoyées en ISDND ce qui aura un impact positif sur l'état final du site. Le projet prévoit le traitement des boues de forage, le traitement en filière agréée ainsi que le tri sélectif. Le personnel de chantier sera sensibilisé et formé. Les déchets dangereux feront l'objet d'un bordereau de suivi. La gestion des déchets garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique.	Faible
Risques naturels	Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes Vigicrue ainsi qu'une mesure du vent pour anticiper si besoin le repli des engins voire l'arrêt du chantier.	Faible
Risques technologiques	Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence de la chaufferie ICPE à proximité et des canalisations enterrées. Les accès aux installations de la chaufferie seront conservées sans co-activité et les réseaux existants préservés. Un gaz dangereux (H2S) pourra être émis lors des essais de fin de forage. Le projet prévoit la mise en place de plusieurs dispositifs de sécurité, de circulation et d'organisation sur le chantier (détecteur, PPSPS, BOP...) et à la conception du doublet (forage à l'avancement, tubage par phase, contrôle boue...).	Faible
Patrimoine	Le chantier n'entrainera pas un phénomène de covisibilité avec certains monuments historiques à proximité, notamment via le mât de forage.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le chantier ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées. L'emprise du chantier renferme une faune et une flore commune des zones fortement anthropisées et donc adaptées au milieu urbain. Les platanes remarquables seront conservés aux abords du chantier. Le chantier sera toutefois source d'arrachage de végétation (13 arbres abattus et 14 arbres transplantés). Aucun espace naturel sensible n'est déclaré dans les environs du chantier. Après les travaux, les arbres abattus et transplantés seront replantés et les espaces en terre remis en état.	Faible
Sol	A noter qu'en phase préparatoire du chantier, les terrains pollués du site seront retirés et envoyés en centre de traitement adapté. L'architecture des forages et l'organisation du chantier permettra d'éviter tout transfert de pollution vers le sol. Un bloc d'obturation des puits au niveau des têtes des puits et des kits antipollution seront prévus afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle. Les travaux de terrassements nécessaires auront un impact négligeable. Le site et ses accès seront remis en état à l'identique à l'issue des travaux.	Faible
Santé et sécurité	Les rejets de polluants dans l'air seront négligeables par rapport à ceux actuellement générés dans la zone d'étude (autoroute). L'accès au chantier sera interdit au public et éclairé 24h/24. Les travaux de forage ne seront pas émetteurs de vibrations intenses. Des dispositifs de sécurité et un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé seront mis en place et les riverains seront informés. Le projet n'engendrera pas de chaleur, radiation, vibrations et d'émissions lumineuses significatives sur le milieu extérieur.	Aucune
Climat et énergie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables. Le projet prévoit une surveillance des alertes Vigicrue et des épisodes de pluies intenses.	Faible
Eau	Le site est situé hors périmètre de protection de captage AEP. La consommation d'eau potable et les rejets aux réseaux pendant le chantier seront négligeables. La ressource visée étant située à l'horizon du Dogger, plusieurs aquifères seront traversés et seront susceptibles d'être pollués. Le projet mettra en place une méthodologie de forage, un contrôle continu des boues de forage et une gestion des eaux de ruissellement afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle des eaux souterraines. Le chantier pourra engendrer une pollution accidentelle des eaux de surface via les boues de forage, les eaux de ruissellement, géothermales ou des produits polluants. Le projet mettra en place le stockage des produits dangereux sur rétention, le stockage des boues en bacs étanches, la gestion des eaux de ruissellement via une plate-forme ceinturée par un dispositif de caniveaux ou merlon qui collectera les eaux de ruissellement. La totalité de ces eaux sera dirigée vers le bassin de décantation via un déshuileur / débourbeur. Les eaux géothermales pompées lors des essais des puits seront rejetées au réseau d'eaux usées et seront autorisées par une convention de rejet temporaire.	Faible
Cumul avec d'autres projets	En phase chantier, des effets cumulés avec les travaux réalisés sur le réseau de chaleur pourront se cumuler. Les effets seront ceux sur le sol, l'air, les nuisances sonores, sur le trafic et la circulation des engins de chantier et la production de déchets de chantier. Des mesures adaptées seront prises pour compenser ces effets, telles que l'information des riverains, la mise en place de plans de sécurité et de circulation et de traitements des déchets.	

Tableau 62 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effets de la boucle géothermale en phase d'exploitation	Incidence
Urbanisme	Une zone interdisant toute construction sera garantie autour des puits. Les têtes de puits seront délimitées au sol et une zone de servicing de l'ordre de 1100 m² figée autour des puits. Le projet n'aura pas d'impact permanent sur la population.	Aucune
Trafic	En phase exploitation le projet n'aura pas d'impact significatif sur les voies de communication. Le trafic routier lié à la livraison, l'expédition de matériaux produits sur site sera limité aux activités de l'exploitant et de la future centrale. Les travaux de maintenance seront ponctuels et limités dans le temps et ne seront pas susceptibles de perturber le trafic.	Aucune
Impact visuel	Le projet aura une intégration paysagère similaire à l'existant et respectera la vocation récréative du site. Les têtes de puits et les canalisations n'entraineront pas d'effets de covisibilité et seront enterrées.	Aucune
Bruit	Le projet ne constitue pas de source de bruit en phase d'exploitation car les ouvrages seront enterrés. Les travaux de maintenance occasionnels et de courte durée respecteront les zones à émergences règlementées et les horaires de chantier en journée et hors w-e.	Aucune
Air	La fraction gazeuse de l'eau du Dogger est présente en quantités constantes et faibles. La boucle fonctionnera de manière fermée à une pression supérieure au point de bulle de l'eau pour éviter tout dégazage. Les travaux de maintenance engendreront un trafic routier faible et de courte distance. Le projet n'aura pas d'effet significatif sur la qualité de l'air en phase exploitation.	Aucune
Déchets	En phase exploitation, le projet génèrera principalement des déchets non dangereux et des rejets ponctuels d'eau géothermale au réseau. Les déchets des opérations de maintenance seront envoyés vers des filières de traitement appropriées.	Faible
Risques naturels	En cas d'alerte inondation notamment par remontée de nappe, toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes. La localisation enterrée de la boucle géothermale rend le projet non vulnérable aux phénomènes climatiques extrêmes comme les canicules ou les épisodes de grand froid. Les installations enterrées ou les têtes de puits sont étanches et résistantes à toute submersion.	Aucune
Risques technologiques	Des risques technologiques existeront via les fluides géothermaux. Le projet prévoit la mise en place de dispositifs de contrôle et de sécurité d'exploitation.	Aucune
Patrimoine	En phase exploitation, le projet n'aura pas d'impact négatif sur le patrimoine culturel et archéologique ni avec des monuments inscrits ou classés au titre des monuments historiques.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le projet n'entraine pas de consommation d'espaces naturels compte tenu de l'état initial du site. Les arbres et espaces en terre/sable enlevés pendant le chantier de forage seront replantés ou réhabilités. Les effets du projet en boucle fermée sont nuls sur les espaces naturels.	Aucune
Sol	Le projet n'aura pas d'effet sur le sol et le sous-sol en phase exploitation. L'emprise au sol sera réduite à l'existant à une surface permettant les opérations de maintenance. Pendant la maintenance, des mesures de protection des sols seront mises en place de manière à éviter toute pollution accidentelle due au stockage de matériaux dangereux et polluants, telles que le stockage des produits polluants sur rétention et la mise en place de bâche géotextile.	Aucune
Santé et sécurité	Les accès aux têtes de puits seront contrôlés et réservés au personnel habilité. L'entretien et le suivi des ouvrages seront réalisés dans le respect des règles de sécurité. Le projet n'engendrera pas de chaleur, radiation, vibration et d'émission lumineuse significatives sur le milieu extérieur.	Aucune
Climat et énergie	En phase exploitation, le projet permettra de limiter les coûts d'énergie via l'utilisation d'une ressource renouvelable et locale. La production géothermale à Saint-Denis permettra de nouveaux raccordements et garantira sur le long terme la réduction des émissions de gaz à effets de serre dues au chauffage. Les puits et la canalisation étant en souterrain, le projet sera peu vulnérable au changement climatique en phase exploitation.	Positive
Eau	Le site est alimenté en eau potable et les eaux de ruissèlement collectées dans le réseau d'eaux pluviales de la ville. Les eaux soutirées seront intégralement réinjectées dans le milieu d'origine. L'architecture des forages assurera leur étanchéité et les ouvrages feront l'objet d'une surveillance de manière à éviter tout risque de pollution vers le milieu extérieur. Pour contrer tout risque de pollution accidentelle des eaux de surface pendant les opérations de maintenance et par les eaux géothermales, des mesures de contrôle continu et de stockage des produits polluants sur rétention et des bâches seront mis en place. Pendant les phases de maintenance, de l'eau géothermale pourra être rejetée au réseau d'eau usée mais respectera la convention de rejet et les prescriptions du gestionnaire du réseau.	Faible
Cumul avec d'autres projets	En phase exploitation, le fonctionnement du doublet aura des effets cumulés avec ceux de la centrale et du réseau de chaleur.	

Tableau 63 : Synthèse des effets sur l'environnement de la boucle géothermale en phase d'exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet de la centrale géothermique en phase chantier	Incidence
Urbanisme	La centrale sera construite aux normes pour respecter le PLU en vigueur. Celle-ci reposera sur un dessin simple de ses volumes et de ses matériaux. Afin de limiter les impacts visuels du projet, l'emploi de matériaux nobles, sains et durables est privilégié qui auront l'avantage de perdurer dans le temps. Le bâtiment sera discret pour un usage collectif. Un local sera dédié au public pour des ateliers et des expositions.	Aucune
Trafic	Pendant les travaux de la centrale, la fluidité du trafic local sera altérée par le passage de camions et de véhicules de chantier. Les riverains seront tenus informés et un plan de circulation mis en place aux abords du chantier.	Faible
Impact visuel	La centrale atteindra 6,5 m de haut. Des engins de chantier, bras grue, chariot élévateur seront présents pendant les travaux.	Faible
Bruit	Les travaux seront sources d'émissions sonores ponctuelles qui ne dépasseront pas les niveaux d'émergence admissibles. Les nuisances seront limitées dans le temps. La limitation des horaires de travail en journée et hors week-end sera imposée.	Faible
Air	Le trafic routier et les engins engendreront des émissions de poussières et de gaz d'échappement. En phase travaux, les chaussées et les déblais pourront être arrosés pour limiter l'envol de poussières. Le chantier sera balayé et nettoyé régulièrement.	Faible
Déchets	La gestion des déchets sur chantier garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique. Tous les déchets produits lors du chantier seront triés, collectés et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et informé.	Faible
Risques naturels	Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes Vigicrue et de pluies exceptionnelles ainsi qu'une mesure du vent pour anticiper si besoin le repli des engins voire l'arrêt du chantier. Une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles sera réalisée avant la construction des fondations de la centrale.	Faible
Risques technologiques	La construction du bâtiment ne présente aucun risque technologique. Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence d'ICPE à proximité et le poste GRT Gaz. Les accès à la chaufferie du Fort de l'Est seront conservés de manière à ne pas créer de co-activité avec le chantier de la centrale.	Faible
Patrimoine	La zone du projet est hors secteur sauvegardé et aucun monument historique classé n'est à proximité. Il n'y aura pas de co-visibilité entre les monuments et le projet notamment avec les engins et grue de chantier.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le site ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées. Aucun espace naturel sensible ni espèces remarquables ne sont déclarés dans les environs.	Aucune
Sol	La réalisation d'une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 et mesures de portance pour la future centrale sont en cours. Lors du raccordement hydraulique des nouveaux puits, une canalisation enterrée sera réalisée. Une détection des réseaux existant sur le site a déjà été réalisée. Toutes les mesures de sécurité seront prises pour éviter tous risques de pollution accidentelle.	Faible
Santé et sécurité	Des dispositifs de sécurité et un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé seront mis en place et les riverains seront informés. Le projet n'engendrera pas de chaleur, radiation, vibrations et d'émissions lumineuses significatives sur le milieu extérieur.	Aucune
Climat et énergie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur ou de gaz à effet de serre générées par les engins sur le chantier seront négligeables.	Faible
Eau	Le chantier sera alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable et relié au réseau EP pour les eaux de ruissèlement. Le chantier n'atteindra pas les nappes d'eaux superficielles ou souterraines.	Faible
Cumul avec d'autres projets	Les travaux de la centrale géothermique (bâtiment, process..) n'auront pas d'effets cumulés avec les travaux de forage car ils auront lieu après. Toutefois des effets cumulés avec les travaux réalisés sur le réseau de chaleur pourront se cumuler.	

Tableau 64 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux de la centrale en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet de la centrale géothermique en phase d'exploitation	Incidence
Urbanisme	Le projet du SMIREC s'inscrit dans la ZAC Bel-Air nord dans laquelle sont présent des équipements d'enseignement et des habitations. Depuis 1963, le site de production du Fort de l'Est est dédié au chauffage urbain. Une partie du site du cours du ru de Montfort sera dédié à la centrale géothermique mais gardera sa vocation d'origine récréative, de loisirs et ses voies piétonnes. Le bâtiment sera discret pour un usage collectif. Un local sera dédié au public pour des ateliers et des expositions.	Aucune
Trafic	Le trafic lié au fonctionnement du site est celui du personnel de la chaufferie, des entreprises extérieures et des visiteurs. Le site est déjà desservi par un accès et un réseau routier existant et suffisamment dimensionné.	Aucune
Impact visuel	La centrale atteindra 6,5 m de haut. Afin de limiter les impacts de la future centrale, l'architecture simple et l'emploi de matériaux nobles, sains et durables a été privilégié. Le choix des couleurs et sujétions de façades sont encore à discuter avec la municipalité.	Négative
Bruit	Les chaudières, les pompes et les échangeurs sont implantés à l'intérieur des bâtiments. La future centrale fera l'objet d'une étude acoustique spécifique qui validera les dispositions constructives qui permettront de respecter les niveaux de bruit et émergence autorisés : dimensionnement des silencieux et niveaux d'affaiblissement acoustique des matériaux.	Aucune
Air	La géothermie est privilégiée et les chaudières gaz sont utilisées en complément de la géothermie (lorsque la géothermie ne répond pas aux besoins en totalité). Aucun rejet dans l'atmosphère ne sera imputable à la centrale géothermique. Les rejets des chaufferies existantes sont déjà contrôlés dans le cadre de la réglementation ICPE.	Aucune
Déchets	Les déchets issus du site sont essentiellement de type déchets banals et ordures ménagères. Les opérations de maintenance ou de modernisation des équipements peuvent générer des déchets dangereux. Les déchets sont traités en filière agréée en fonction de leur typologie.	Faible
Risques naturels	Le site est exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Tous les équipements seront sécurisés vis-à-vis du risque inondation. Une étude de portance et de structure pour les tassements différentiels des sols et le bâti aura été réalisée en amont de la construction.	Aucune
Risques technologiques	Compte-tenu des dispositions constructives et mesures de prévention / protection prévues, aucune mesure compensatoire supplémentaire n'est nécessaire pour éviter tout effet sur le voisinage en cas d'accident.	Aucune
Patrimoine	Aucun monument historique n'étant implanté dans un rayon de 500 m autour du site, il n'y a pas de risque de co-visibilité avec les monuments historiques.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Le site ne représente pas une zone favorable d'habitat ou de nidification pour les espèces protégées ou menacées. Aucun espace naturel sensible ni espèces remarquables ne sont déclarés dans les environs.	Aucune
Sol	Toutes les mesures de sécurité sont prises pour éviter toute éventuelle pollution ou accident par des matériaux dangereux sur le site.	Aucune
Santé et sécurité	Des plans de prévention et de sécurité seront mis en place sur l'installation et des mesures de contrôles seront faites régulièrement. Les accès aux locaux techniques sont contrôlés et réservés au personnel habilité.	Aucune
Climat et énergie	L'alimentation du réseau de chaleur en ENR atteint environ 70% et permet d'éviter 7500 tonnes de CO_2 par an.	Positive
Eau	Le site est alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable. Son fonctionnement sera à l'origine : -d'une consommation en eau pour les besoins sanitaires et de lavage -des rejets suivants : *eaux pluviales de toiture rejetées au réseau public d'eaux pluviales, *eaux pluviales de voiries traitées par séparateur d'hydrocarbures et rejetées au réseau public d'EP, *eaux usées sanitaires et de lavage rejetées au réseau public d'EU. Aucun rejet n'ira directement dans le milieu naturel.	Faible
Cumul avec d'autres projets	En phase exploitation, le fonctionnement de la centrale géothermique aura des effets cumulés avec ceux du doublet géothermique et du réseau de chaleur.	

Tableau 65 : Synthèse des effets sur l'environnement de la centrale en phase d'exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet du réseau de chaleur sur l'environnement en phase chantier	Incidence
Urbanisme	Le projet s'inscrit dans le projet urbain de Plaine Commune et permettra de raccorder au réseau de chaleur le centre-ville d'Aubervilliers et les ZAC Port Chemin Vert et du Fort d'Aubervilliers.	Positive
Trafic	Le projet implique la réalisation d'un linéaire important de réseaux sous voirie. Il reste aujourd'hui environ 5 km de réseaux à créer. Un schéma de circulation des engins de chantier est prévu pour s'adapter aux différentes phases des travaux et limiter au mieux la gêne sur la circulation automobile. Le trafic routier supplémentaire lié à la livraison et l'expédition des matériaux sur chantier restera limité.	Négative
Paysage et impact visuel	Le projet prend place dans un secteur fortement urbanisé. Le temps de travaux, les barrières de chantier, engins, remblais et matériel impacteront le paysage et la qualité de vie des riverains.	Faible
Bruit	Les nuisances sonores seront limitées dans le temps. Les horaires de chantier seront limitées en journée et en semaine. Aucun travaux ne sera réalisé en période nocturne et en fin de semaine et jours fériés. La gestion du bruit sera mise en place avec une programmation des engins les plus bruyants, des horaires aménagés et une réduction du temps d'utilisation des équipements bruyants.	Faible
Air	Les travaux sur les tranchées ou chaussées génèreront des poussières et les engins de chantier des gaz d'échappement. L'arrosage et l'humidification des déblais et le balayage permettront de limiter l'envol de poussières.	Faible
Déchets	La gestion des déchets, en phase travaux garantira le respect de l'hygiène, la sécurité et la protection de la santé publique. Tous les déchets produits lors de la phase chantier seront triés, collectés régulièrement et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et formé. Les déchets dangereux feront l'objet d'un bordereau de suivi.	Faible
Risques naturels	Le projet sera réalisé selon les prescriptions constructives applicables à chaque zone. Le plan de prévention des risques de mouvements de terrains sera respecté et notamment les zones délimitées par les poches dissolution du gypse anté-ludien. En cas de pluies intenses ou d'alerte inondation par remontée de nappe, les tranchées seront remblayées et toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes.	Faible
Risques technologiques	Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence de nombreuses canalisations enterrées (électricité, assainissement et de gaz….). Les demandes de renseignements DT DICT ont été réalisées et les précautions seront prises pour ne pas endommager les réseaux existants.	Faible
Patrimoine	La zone du projet est hors du secteur faisant l'objet du plan de sauvegarde et de mise en valeur. Certains tronçons seront concernés par les périmètres de protection de monuments historiques classés ou sites remarquables d'Aubervilliers (Eglise Notre Dame des Vertus et Ancienne Manufacture d'allumette).	Faible
Faune et Flore et zones naturelles	Le tracé retenu est en zone urbaine uniquement, il n'y aura pas d'impact sur la flore et les habitats naturels.	Aucune
Sol	Le projet du réseau ne constitue pas une source de pollution de sols. Toutes les mesures de sécurités seront prises pour éviter toute éventuelle pollution accidentelle. Les sols seront modelés et excavés le temps des travaux. Les voiries et les chaussées seront ensuite remises en état.	Faible
Santé et sécurité	Des plans de prévention, de sécurité et de circulation seront mis en place. Les chantiers seront balisés et leur accès interdit au public et riverains.	Aucune
Climat et Energie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur ou de gaz à effet de serre générées par les engins sur le chantier seront négligeables.	Faible
Eau	Le projet sur le réseau n'atteindra pas les nappes d'eaux souterraines (faible profondeur d'enfouissement). Toutefois l'infiltration des eaux de pluie dans le sol sera modifiée par l'ouverture des tranchées. Sur la commune d'Aubervilliers, aucun captage pour l'alimentation en eau potable n'est présent.	Faible
Cumul avec d'autres projets	La réalisation du réseau de chaleur sera établie en plusieurs tranches après les travaux d'aménagements des différentes ZAC dans la zone du projet. Les travaux s'étendront jusqu'à fin 2023 et des effets pourront se cumuler soit avec les travaux réalisés sur les puits de géothermie soit les travaux de construction de la centrale.	

Tableau 66 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Effet du réseau de chaleur sur l'environnement en phase d'exploitation	Incidence
Urbanisme	S'agissant d'ouvrages enterrés ne donnant pas lieu à la mise en place de servitudes d'utilité publique, aucun effet sur l'urbanisme n'est attendu. Outre les routes et accès de domaine public, certains tronçons seront en domaine privé.	Aucune
Trafic	Des travaux de maintenance pourront être réalisés sur le réseau pendant son exploitation de manière très ponctuelle. Le trafic routier supplémentaire lié à la maintenance restera limité. Les canalisations et équipements étant enterrés, aucun effet sur le réseau routier n'est attendu en phase de fonctionnement.	Aucune
Paysage et impact visuel	Le projet prend place dans un secteur fortement urbanisé. Les canalisations sont enfouies, il n'aura aucun impact visuel. Les revêtements des surfaces respecteront le cadre réglementaire et auront été remis en état.	Aucune
Bruit	Aucun effet sur les niveaux sonores n'est attendu en phase de fonctionnement du réseau.	Aucune
Air	Le projet de réalisation du réseau de chaleur, via la mise en place de canalisations enterrées de transport d'eau chaude, ne sera pas à l'origine d'émissions atmosphériques.	Aucune
Déchets	Aucun déchet n'est attendu en phase de fonctionnement du réseau.	Aucune
Risques naturels	En cas d'alerte inondation notamment par remontée de nappe, toutes les mesures seront prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes. La localisation enterrée du réseau rend le projet non vulnérable aux phénomènes climatiques extrêmes comme les canicules ou les épisodes de grand froid. Les installations enterrées sont étanches et résistantes à toute submersion.	Aucune
Risques technologiques	Des risques technologiques existeront lors de fuites d'eau sur le réseau. Le projet prévoit la mise en place de dispositifs de contrôle et de sécurité d'exploitation.	Aucune
Patrimoine	Aucun impact n'est attendu sur le patrimoine culturel ou historique pendant la phase de fonctionnement. Le réseau étant souterrain, il n'y aura pas de co-visibilité entre les monuments historiques et le projet.	Aucune
Faune et Flore et zones naturelles	Aucun effet sur le patrimoine naturel n'est attendu en phase de fonctionnement.	Aucune
Sol	Aucune surface imperméabilisée supplémentaire ne sera créée par rapport à la situation existante. Les tranchées réalisées pour la mise en place du réseau de chaleur ne modifieront pas la topographie des sites traversés et seront remises en état.	Aucune
Santé et sécurité	Aucun effet sur les populations et leur santé n'est attendu en phase de fonctionnement.	Aucune
Climat et Energie	L'alimentation du réseau de chaleur en ENR atteint environ 70% et permet d'éviter 7500 tonnes de CO_2 par an. Les abonnés bénéficieront de tarifs préférentiels pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.	Positive
Eau	S'agissant de canalisations enterrées sous des surfaces déjà imperméabilisées pour la plupart, aucun impact n'est attendu sur l'écoulement et la qualité des eaux pluviales.	Aucune
Cumul avec d'autres projets	En phase exploitation, le fonctionnement du réseau de chaleur aura des effets cumulés avec ceux du doublet géothermique et de sa centrale de production.	

Tableau 67 : Synthèse des effets sur l'environnement des travaux sur le réseau en phase exploitation

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

6.2 Analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus

6.2.1 Le nouveau métro du Grand Paris

Le réseau du Grand Paris Express (GPE) est un réseau de lignes de métro automatique qui vise à améliorer les dessertes entre les villes de la Métropole du Grand Paris. L'EPT Plaine Commune sera traversé essentiellement par trois lignes (Cf. Figure 246) :

- La ligne 15 est entre Saint-Denis Pleyel et Centre d'exploitation Rosny ;
- La ligne 16 entre Saint-Denis Pleyel et Noisy-Champs ;
- La ligne 17 entre Saint-Denis Pleyel et Le Mesnil-Amelot.

La ligne 15 est assurera, avec la ligne 16, la desserte et la mise en réseau des territoires de l'Est francilien. Elle améliorera l'accessibilité aux emplois, aux universités et à de grands équipements régionaux comme l'hôpital Avicenne, la préfecture de la Seine-Saint-Denis, le Stade de France … La mise en service de la ligne 15 est prévue à l'horizon 2030.

La ligne 16, essentielle au développement de l'est de la métropole, irriguera la Seine-Saint-Denis jusqu'aux frontières de la Seine-et-Marne. En traversant des territoires aujourd'hui mal desservis, elle améliorera le quotidien de nombreux habitants de l'est francilien. La mise en service de la ligne 16 est prévue en trois temps : en 2024 entre Saint-Denis Pleyel et Le Blanc Mesnil, en 2025 jusqu'à Clichy-Montfermeil et en 2028 jusqu'à Noisy-Champs.

D'une longueur de 26,5 km, la ligne 17 s'étend sur 13 communes et concernera près de 565 000 habitants. Nouvel axe stratégique pour le Grand Paris avec de nombreuses correspondances, elle renforce ainsi le développement de pôles économiques franciliens majeurs. La mise en service de la ligne 17 est prévue en trois temps : en 2024 entre Saint-Denis Pleyel et le Bourget RER, en 2027 jusqu'au Triangle de Gonesse, puis en 2030 jusqu'à la gare Le Mesnil-Amelot.

Sur la commune de Saint-Denis, deux nouvelles gares seront construites : celle de Saint-Denis Pleyel qui sera mise en service en 2024 au cœur du quartier Pleyel, et la gare Stade de France, qui sera mise en service à l'horizon 2030, à côté de la gare actuelle du RER B.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

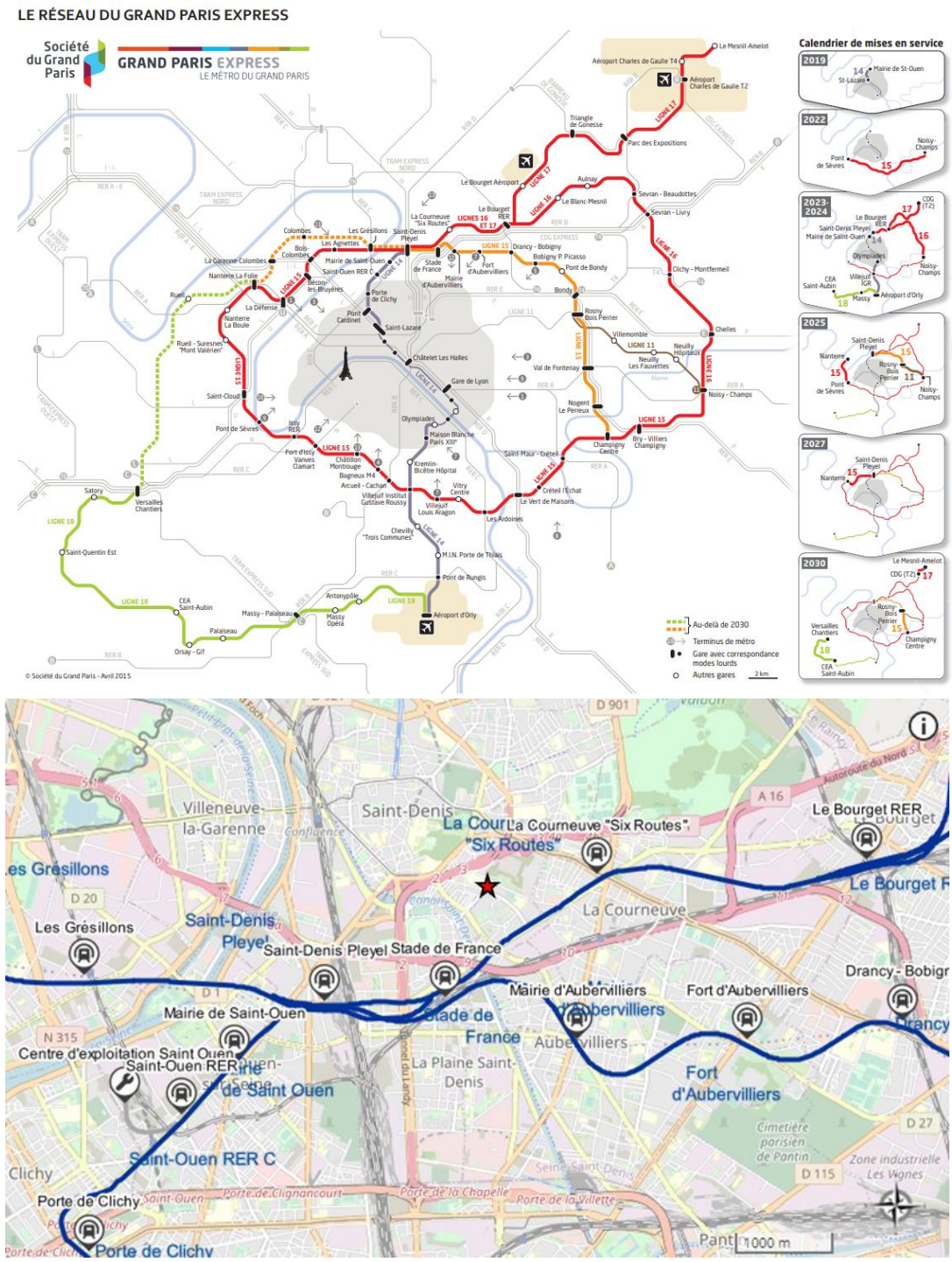


Figure 246 : Nouvelles lignes et gare du projet de métro du Grand Paris (source Grand Paris Express)

6.2.2 Le projet CDT « Territoire de la Culture et de la Création »

Depuis 2014, Saint-Denis fait partie du **Contrat de Développement Territorial (CDT) « Territoire de la Culture et de la Création »**. Le CDT réunit les communes de Saint-Ouen, Aubervilliers, La Courneuve, Saint-Denis, L'Ile-Saint-Denis, Stains, Pierrefitte-sur-Seine, Villetaneuse et Epinay-sur-Seine.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

A proximité du secteur d'étude, le CDT envisage de nombreux projets, notamment dans le quartier Pleyel, le secteur des Six routes de La Courneuve, le centre historique de Saint-Denis et le centre d'Aubervilliers.

Le secteur est également riche en projets d'infrastructures de transports : 5 nouvelles gares du réseau du Grand Paris Express, prolongation des lignes 14, 12 et 7 du métro, modernisation des RER B, D et E, réalisation d'une ligne tangentielle, prolongation des lignes de tramway T8, T1 et T5.

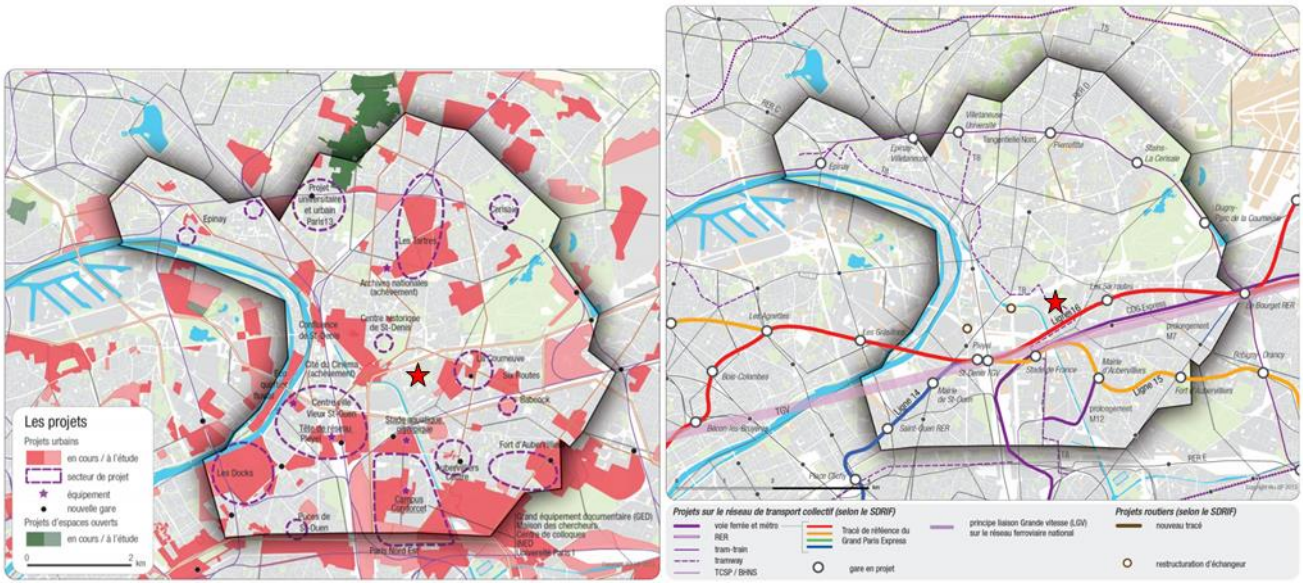


Figure 247 : Localisation des projets emblématiques du CDT Territoire de la Culture et de la Création (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme Ile-de-France)

Le prolongement de la ligne de tramway T8 depuis Saint-Denis Porte de Paris jusqu'à Rosa Parks desservira le sud Saint-Denis avec 10 nouvelles stations.

Le prolongement de la ligne de tramway T8 est aujourd'hui en cours de déclaration de projet (Déclaration d'Utilité Publique) suite à l'enquête publique finalisée fin 2021. Les travaux devraient avoir lieu en 2024-2025 à l'issue des Jeux Olympiques pour une mise en service à l'horizon 2030. Les travaux devraient donc commencer après les travaux de forage, de la centrale et du réseau.

Il permettra de desservir le quartier de la ZAC Bel-Air Nord, en passant par l'avenue du Franc-Moisin à proximité du projet de géothermie du SMIREC (Cf. Figure suivante).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

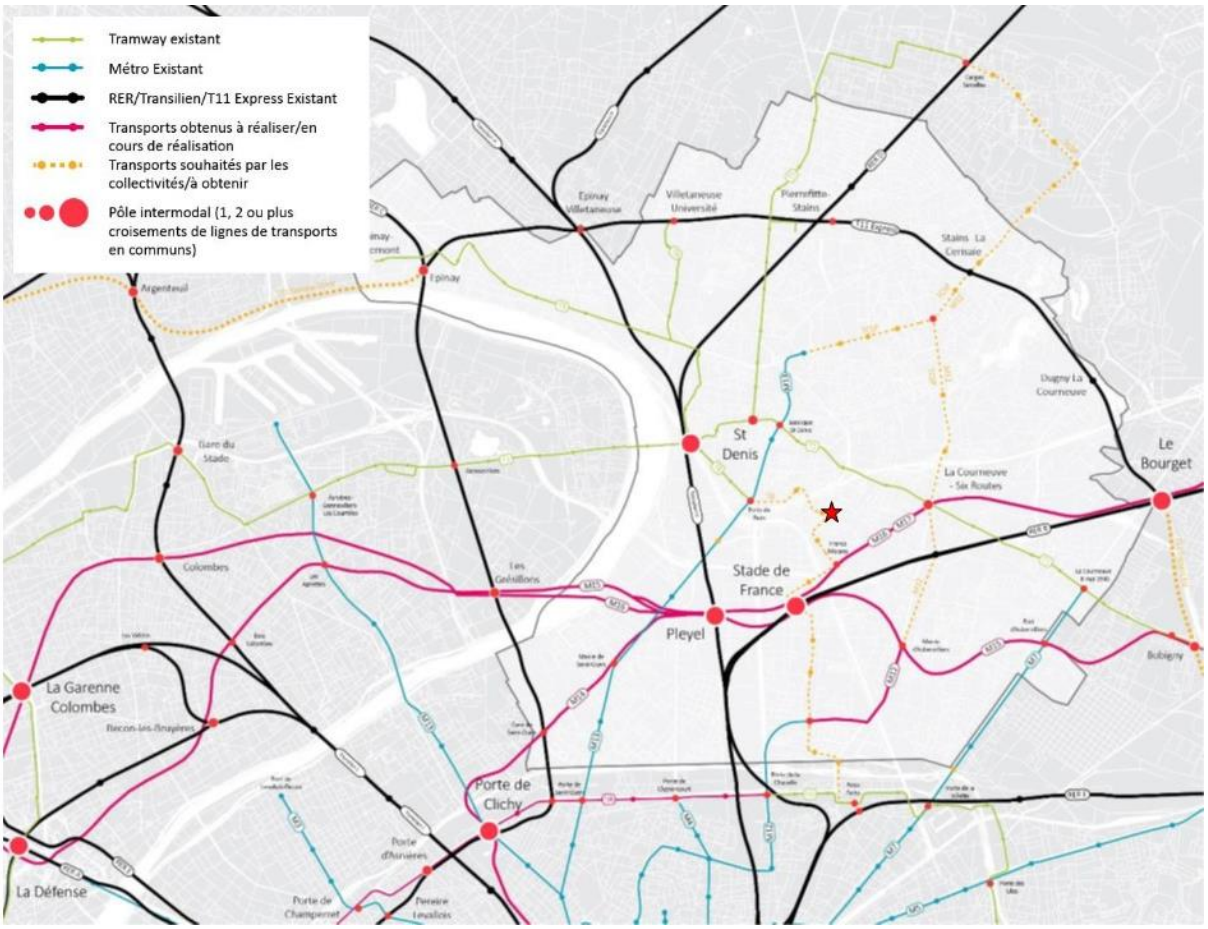


Figure 248 : Schéma de référence pour l'évolution du réseau de transport collectif à court terme (PLUi)

6.2.3 Les projets de ZAC

Le projet de création d'un doublet géothermique alimentera le projet de développement d'une Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) Port Chemin Vert à Aubervilliers. Ce projet comprend notamment la création :

- D'un groupe scolaire devant accueillir 600 écoliers sur 24 classes ;
- De 800 logements en accession à la propriété et sociaux ;
- De 72 logements étudiants ;
- De services, équipements de proximité et commerces en rez-de-chaussée d'immeubles ;
- De locaux destinés aux habitants et associations ;
- D'une mosquée ;
- D'espaces publics, dont la moitié en espaces verts, en lien avec ceux existant dans l'environnement du projet ;
- De 890 places de stationnement privé pour les logements et 104 places sur voierie.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

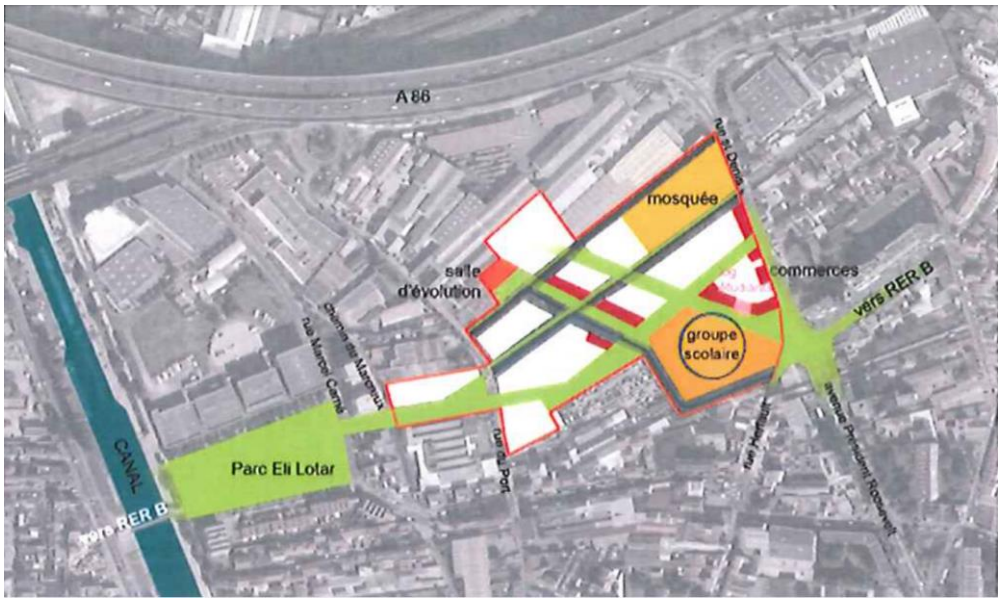


Figure 249 : Programme d'aménagement de la ZAC Port Chemin Vert

Dans la commune de Saint-Denis, trois projets ont été validés par le Nouveau Programme de Renouvellement Urbain (NPNRU) : Franc Moisin, Centre-ville – Basilique et Floréal – Saussaie – Courtilles.

Dans le cadre du NPNRU, la requalification du quartier Franc Moisin / Bel Air se poursuit avec comme priorité la diversification de son habitant, tout en permettant aux habitants actuels d'y rester, et son désenclavement avec le prolongement du tramway T8 vers la future gare du Grand Paris Express *La Plaine Stade de France* et vers Paris.

Bien qu'importantes, les différentes opérations menées depuis les années 1990 n'ont pas permis de modifier la structure globale de la cité Franc-Moisin. Ce nouveau projet vise donc une transformation plus ambitieuse tout en maintenant la vocation populaire du quartier. Celui-ci prévoit de nouvelles réalisations sur les secteurs Bel Air et Franc-Moisin.

<u>Sur le secteur Franc-Moisin :</u>

- Création de nouvelles voies pour mieux relier le quartier à ses alentours
- Embellissement des espaces extérieurs
- Rénovation des espaces publics
- Réorganisation du stationnement
- Réhabilitation des logements conservés et création d'une nouvelle offre diversifiée
- Développement des services et des équipements
- Restructuration de l'offre commerciale par la reconstruction du pôle commercial existant

<u>Sur le secteur Bel Air :</u>

- Création d'un équipement de à vocation associative et culturelle
- Réhabilitation du square Casanova
- Aménagement de passages sous l'autoroute

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Rénovation des parkings et des espaces extérieurs des résidences Suger et Monfort
- Réhabilitation de la résidence du Clos Saint-Quentin
- Création de nouvelles opérations immobilières et de nouveaux espaces public

Les chiffres clés de ce projet NPNRU sont :

- 507 logements démolis
- 579 logements créés
- 1359 logements réhabilités
- Plus de 70 000 m² d'espaces publics rénovés ou neufs

Le calendrier prévisionnel du projet est le suivant :

- 2015 -2016 : élaboration et signature du protocole de préfiguration
- 2017-2018 : mise en œuvre des études et organisation de la co-construction avec les habitants
- 2019 : rédaction et signature de la convention de rénovation urbain et du calendrier provisionnel
- 2020 – 2024 première phase de démolition (essentiellement au sud-ouest du quartier), début des constructions et interventions sur les espaces publics.
- 2025 – 2030 : nouvelle phase de démolition (essentiellement au nord-ouest du quartier) constructions et interventions sur les espaces publics.

Figure 250 : Projet NPNRU et orientations d'aménagement du quartier Franc-Moisin

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

6.2.4 Effets cumulés lies à d'autres projets

L'évaluation environnementale des projets est une démarche d'intégration de l'environnement dans la conception d'un projet. Elle vise à :

- Améliorer les projets et les planifications en prévenant les conséquences environnementales,
- Faciliter l'information et la participation du public à l'élaboration des projets qui le concernent,
- Éclairer la décision publique,
- Assurer la prise en compte des questions environnementales en lien avec les autres thématiques pour garantir un développement équilibré et durable des territoires.

En fonction du type de projet, plan ou programme, l'autorité environnementale peut être le ministre en charge de l'environnement, le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD), le préfet de région ou de département, ou encore le préfet coordonnateur de bassin.

Le Code de l'environnement prévoit que les études d'impact prennent en compte les autres projets qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- Ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;
- Ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Au regard des projets soumis à l'avis de l'Autorité Environnementale, répertoriés sur le portail administratif de la Préfecture de Seine-Saint-Denis, de la MRAE d'Ile-de-France et du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD), **le projet de Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) Port Chemin Vert situé sur la commune d'Aubervilliers** se situe à proximité du secteur d'étude. Cependant, le projet de création d'un doublet de géothermie profonde au Dogger à Saint-Denis s'inscrit dans le projet de ZAC à Aubervilliers. En effet, la géothermie permettra d'alimenter à 50% le réseau de chaleur d'Aubervilliers. Les travaux d'extension du réseau de chaleur ont débuté en 2020 et se termineront en 2023, ils interfèreront donc avec les travaux de forage ou de construction de la centrale.

Le projet de prolongement de la ligne T8 du tramway entre Saint-Denis Porte de Paris et Paris Gare Rosa Parks se situe également à proximité du secteur d'étude. Le tracé de cette ligne desservira le quartier Franc Moisin et passera à proximité du site d'implantation. Le calendrier prévisionnel de ce projet vient de terminer l'enquête publique et les études de projet en 2021. Les travaux devraient avoir lieu en 2024-2025 à l'issue des Jeux Olympiques pour une mise en service à l'horizon 2030. Les travaux devraient donc commencer après les travaux de forage, de la centrale et du réseau.

En phase exploitation, le projet n'est pas de nature à avoir des effets cumulés avec les projets précédemment cités. En effet, le projet n'aura pas d'effet significatif sur l'environnement en exploitation. Au vu des distances du projet de Saint-Denis avec d'autres projets de géothermie au Dogger, il est jugé qu'il n'y aura pas d'impact cumulé (Cf. Tableau ci-dessous).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Nom de l'établissement	Activité	Distance du site de Saint-Denis	Localisation
SIPPEREC	Géothermie	4 km	Pantin Les Lilas
Coriance	Géothermie	11 km	Aulnay-sous-Bois
EPCG	Géothermie	15 km	Champigny-sur-Marne
SMAG	Géothermie	17,5 km	Alfortville

Tableau 68 : Projets au Dogger envisagés en Ile de France

6.3 Synthèse des effets cumulés

Les travaux de forage et de remise en état du site s'étaleront sur une période de 5 mois à partir de février 2023.

Les travaux de construction de la centrale seront entrepris sur une période de 9 mois environ l'été 2023 et au printemps 2024. Les travaux d'équipements à l'intérieur de la centrale, de process et de raccordement hydrauliques des puits auront lieu après les travaux de forage et de construction de la centrale.

Les futurs raccordements sous voiries ou trottoirs ont déjà commencé depuis 2020 et s'étaleront jusqu'en 2023.

Lorsqu'au moins deux des volets du projet présentent des impacts similaires sur la même zone et durant la même phase, leurs effets sur l'environnement peuvent se cumuler. En phase chantier, seuls les effets des chantiers de forage ou de construction et d'équipement de la centrale géothermique pourront se cumuler avec les travaux sur le réseau de chaleur.

Le chantier de la centrale géothermique n'ayant pas lieu en même temps que le chantier des puits de géothermie, les effets de la phase chantier de la géothermie et de la centrale ne se cumuleront pas sur la zone.

Les effets pouvant se cumuler sont donc :

- **Phase chantier : géothermie ou construction centrale avec ceux du réseau de chaleur,**
- **Phase d'exploitation : géothermie, centrale/chaufferie et réseau de chaleur**.

Le niveau d'impact indiqué pour chaque volet est déterminé après mesures d'évitement ou de réduction.

Les tableaux suivants permettent d'analyser le niveau d'impact cumulé en phase chantier et en phase d'exploitation.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

En phase chantier :

- **Le projet global aura une incidence réduite et de courte durée sur son environnement,**
- **Les effets cumulés seront liés aux thèmes suivants :**
  - **« Trafic » : altération de la fluidité du trafic près du chantier.**
  - **« Impact visuel » : nuisances dues au mat, aux engins de chantier et aux travaux de manière générale ;**
  - **« Bruit » : nuisances sonores dues aux engins de chantier et aux travaux de manière générale.**
  - **« Air » : émissions de poussières et gaz à effet de serre,**
  - **« Déchets » : déchets produits ou à envoyer en centre agréés,**
  - **« Risques naturels » : inondation, tempête, évènements climatiques extrêmes,**
  - **« Risques technologiques » : canalisations/réseaux enterrées et chaufferie existants,**
  - **« Sols » : travaux en sous-sol et risque de pollution accidentelle,**
  - **« Climat et énergie » : vulnérabilité aux conséquences du changement climatique,**
  - **« Eau » : rejets au réseau d'assainissement de la ville.**

En phase exploitation :

- **Le fonctionnement du doublet géothermique, de la centrale et du réseau de chaleur auront des effets cumulés sur l'Environnement.**
- **Le projet aura une incidence réduite cumulée sur la production de déchets et d'eaux à traiter par le réseau public ou les filières de traitement.**
- **Les effets positifs sont attendus sur le climat et l'énergie où la géothermie sera privilégiée et les consommations en énergie et émissions de gaz à effet de serre réduites.**

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Géothermie ou boucle géothermale (phase chantier)	Incidence	Centrale géothermique (phase chantier)	Incidence	Réseau de chaleur (phase chantier)	Incidence	Impact cumulé
Urbanisme	-		-		Le projet permettra de raccorder de nouveaux quartiers au réseau.		NON
Trafic	La fluidité du trafic local sera altérée par le passage des camions. Les riverains seront tenus informés et un plan de circulation mis en place.		Pendant les travaux la fluidité du trafic local sera altérée aux abords du site.		Le projet implique la réalisation d'un linéaire important de réseaux sous voirie.		**OUI**
Paysage Impact visuel	La machine de forage d'une hauteur de 40 m environ génèrera des nuisances visuelles temporaires de courte durée.		Des engins de chantier et bras grue pourront générés de faibles nuisances visuelles de courte durée.		Le temps de travaux, les barrières de chantier, engins, remblais et matériel impacteront le paysage.		**OUI**
Bruit	Le projet prévoit la mise en place d'un mur anti-bruit, une isolation des moteurs et des groupes électrogènes, une disposition particulière des bungalows et des mesures de bruit		La limitation des horaires de travail en journée et hors week-end sera imposée.		La limitation des horaires de travail en journée et hors week-end sera imposée.		**OUI**
Air	Le passage des engins de chantier et les machines pourront émettre des poussières. Le trafic routier et le forage du doublet engendreront des émissions évaluées à 1048 tonnes eq.Carbone.		Le trafic routier, les engins et le personnel engendreront des émissions de gaz d'échappement et des poussières.		Le trafic routier, les engins et le personnel engendreront des émissions de gaz d'échappement et des poussières.		**OUI**
Déchets	Les travaux seront générateurs de déblais de forage et de terrassement. Le projet prévoit le traitement en filière agréée ainsi que le tri sélectif. Les déchets dangereux feront l'objet d'un bordereau de suivi.		Tous les déchets produits lors du chantier seront triés, collectés et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et informé.		Tous les déchets produits lors du chantier seront triés, collectés et traités dans des filières agréées. Le personnel de chantier sera sensibilisé et informé.		**OUI**
Risques naturels	Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes alertes inondation et du vent pour anticiper si besoin le repli des engins voire l'arrêt du chantier.		Le chantier sera exposé aux phénomènes de remontée de nappe, d'inondation ou de tempête. Le projet prévoit la surveillance des alertes inondation et du vent. Une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 pour les constructions nouvelles sera réalisée avant la construction des fondations de la centrale.		Les prescriptions constructives applicables à chaque zone seront respectées. En cas de pluies intenses ou d'alerte inondation par remontée de nappe, les tranchées seront remblayées et des mesures prises afin de préserver l'environnement, les biens et les personnes.		**OUI**
Risques technologiques	Un gaz dangereux (H2S) pourra être émis lors des forages notamment lors des essais. Le projet prévoit la mise en place de plusieurs dispositifs de sécurité, de circulation et d'organisation sur le chantier (détecteur, PPSPS, BOP...) et à la conception du doublet (forage à l'avancement, tubage par phase, contrôle boue...).		Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence d'ICPE à proximité et le poste GRT Gaz. Les accès à la chaufferie du Fort de l'Est seront conservés de manière à ne pas créer de co-activité et le chantier de la centrale.		Les risques technologiques pendant les travaux seront amplifiés par la présence de nombreuses des canalisations enterrées Les précautions seront prises pour ne pas endommager les réseaux existants.		**OUI**
Patrimoine	-		-		Certains tronçons seront concernés par les périmètres de protection de monuments historiques classés ou sites remarquables d'Aubervilliers		**NON**
Impact faune flore	Les platanes remarquables seront conservés. Le chantier sera toutefois source d'arrachage de végétation (13 arbres abattus et 14 arbres transplantés). Après les travaux, les arbres abattus et transplantés seront replantés et les espaces en terre remis en état.		-		-		**NON**
Sol	A noter qu'en phase préparatoire du chantier, les terrains pollués du site seront retirés et envoyé en centre de traitement adapté. L'architecture des forages et l'organisation du chantier permettra d'éviter tout transfert de pollution vers le sol. Un bloc d'obturation des puits au niveau des têtes des puits et des kits antipollution seront prévus afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle. Le site et ses accès seront remis en état à l'identique à l'issue des travaux.		La réalisation d'une étude géotechnique conforme à la norme NF P94 500 et mesures de portance pour la future centrale seront réalisées. Lors du raccordement hydraulique des nouveaux puits, une canalisation enterrée sera réalisée. Toutes les mesures de sécurité seront prises pour éviter une éventuelle pollution.		Les sols seront modelés et excavés le temps des travaux. Toutes les mesures de sécurités seront prises pour éviter toute éventuelle pollution accidentelle. Les voiries et les chaussées seront ensuite remises en état.		**OUI**
Santé	-		-		-		
Climat et énergie	Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables. Le projet prévoit une surveillance des alertes inondations et des épisodes de pluies intenses.		Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables.		Le chantier n'aura pas d'effet significatif sur le climat mais sera vulnérable aux tempêtes et inondations, amenées à être plus fréquentes avec le changement climatique. Les émissions de chaleur générées par les engins sur le chantier seront négligeables.		**OUI**
Eau	La consommation d'eau potable et les rejets aux réseaux seront négligeables. Le projet met en place une méthodologie de forage, un contrôle continu des boues de forage et une gestion des eaux de ruissellement afin de maîtriser tout risque de pollution accidentelle des eaux souterraines. Le projet mettra en place le stockage des produits dangereux sur rétention, le stockage des boues en bacs étanches, la gestion des eaux de ruissellement via une plate-forme ceinturée par un dispositif de caniveaux ou merlon via un déshuileur / débourbeur. Les eaux géothermales pompées lors des essais de productivité des puits seront rejetées au réseau d'eaux usées et autorisées par une convention de rejet temporaire.		Le chantier sera alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable et relié au réseau EP pour les eaux pluviales et de ruissèlement. Le chantier n'atteindra pas les nappes d'eaux superficielles ou souterraines.		Le projet sur le réseau n'atteindra pas les nappes d'eaux souterraines (faible profondeur d'enfouissement). Toutefois l'infiltration des eaux de pluie dans le sol sera modifiée par l'ouverture des tranchées.		**OUI**

Tableau 69 : Effets cumulés du projet en phase chantier

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Géothermie/boucle géothermale (phase exploitation)	Incidence	Chaufferie/Centrale (phase exploitation)	Incidence	Réseau (phase exploitation)	Incidence	Impact cumulé
Urbanisme	-		-		-		
Trafic	-		-		-		
Paysage Impact visuel	-		La centrale atteindra 6,5 m de haut. Afin de limiter les impacts de la future centrale, l'architecture simple et l'emploi de matériaux nobles, sains et durables a été privilégié.		-		**NON**
Bruit	-		-		-		
Air	-		Aucun rejet dans l'atmosphère ne sera imputable à la centrale géothermique. Les rejets des chaufferies existantes sont déjà contrôlés dans le cadre de la réglementation ICPE.		-		
Déchets	Le projet ne génèrera que des rejets ponctuels d'eau géothermale au réseau. Les déchets des opérations de maintenance seront envoyés vers des filières de traitement appropriées.		Les déchets issus du site sont essentiellement de type déchets banals et ordures ménagères. Les opérations de maintenance peuvent générer des déchets dangereux. Les déchets sont traités en filière agréée en fonction de leur typologie.		-		**OUI**
Risques naturels	-		-		-		
Risques technologiques	-		-		-		
Patrimoine	-		-		-		
Faune et Flore et zones naturelles	-		-		-		
Sol	-		-		-		
Santé et sécurité	-		-		-		
Climat et énergie	Réduction des émissions de gaz à effets de serre dues au chauffage. Projet souterrain peu vulnérable au changement climatique.		Les chaudières gaz sont utilisées en complément de la géothermie, ce qui permettra une rationalisation des consommations énergétiques. Limitation des coûts d'énergie et utilisation d'une ressource renouvelable et locale et génératrice d'activités et d'emplois.		Les abonnés bénéficieront de tarifs préférentiels pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.		**OUI**
Eau	Les eaux de ruissellement seront collectées dans le réseau d'eaux pluviales de la ville. Les eaux soutirées seront intégralement réinjectées dans le milieu d'origine. L'architecture des forages assurera leur étanchéité et les ouvrages feront l'objet d'une surveillance de manière à éviter tout risque de pollution vers le milieu extérieur. Des mesures de contrôle continu et de stockage des produits polluants sur rétention et des bâches seront mis en place. Pendant les phases de maintenance, de l'eau géothermale pourra être rejetée au réseau d'eau usée mais respectera la convention de rejet et les prescriptions du gestionnaire du réseau.		Le site est alimenté par le réseau public d'adduction en eau potable. Son fonctionnement sera à l'origine : -d'une consommation en eau pour les besoins sanitaires et de lavage -des rejets suivants : *eaux pluviales de toiture rejetées au réseau public d'eaux pluviales, *eaux pluviales de voiries traitées par séparateur d'hydrocarbures et rejetées au réseau public d'EP, *eaux usées sanitaires et de lavage rejetées au réseau public d'EU.		-		**OUI**

Tableau 70 : Effets cumulés du projet en phase exploitation

Rapport 21 CFG 85 /VA
Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.
MD 01 VE_Rapport_Note Technique

6.4 Mesures compensatoires destinées à supprimer, atténuer ou compenser les effets négatifs

Pendant la période des chantiers, dont la durée est estimée à 5 mois pour la préparation de la plateforme, 4 mois environ pour le forage (installation machine, forages, ripage et repli machine), à 1 mois pour la remise en état du site et 9 mois pour la construction de la nouvelle centrale, les travaux peuvent avoir un impact environnemental.

La phase d'exploitation engendre très peu d'effets négatifs et de faible ampleur compte tenu de l'avancée et la distance des travaux de raccordements au réseau de chaleur et l'existence des installations ICPE du Fort de l'Est.

Le maître d'ouvrage mettra en œuvre des mesures techniques et organisationnelles visant à réduire ou à supprimer l'impact des travaux au voisinage du site. Les mesures d'évitement et de réduction sont résumées dans les tableaux suivants.

A noter que certaines mesures s'appliquent à plusieurs thématiques pendant les chantiers ou en phase d'exploitation.

A titre indicatif, la méthodologie et les mesures de réduction des impacts pendant les travaux de forage représentent un montant estimé à environ **3 240 k€ HT**.

Les mesures de réduction des impacts en cours d'exploitation sont estimées à **100,5 k€ HT** par an (Cf. Tableau 73).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Mesures d'Evitement - ME		
N°		Phase
1	Balisage de l'appareil de forage	C
2	Insertion paysagère	E
3	Limitation des livraisons/activités bruyantes en phase nocturne	C
4	Disposition des bungalows de chantier	C
5	Confinement des équipements en centrale	E
6	Respect des horaires d'intervention	C+E
7	Mise en place d'une plateforme en grave ciment/béton	C
8	Pot catalytique ou filtres	C
9	Mise en place de détecteurs H2S	C+E
10	Mesures de sécurité	C+E
11	Tête de puits équipée de BOP	C
12	Zone étanche pour le stockage des déchets	C+E
13	Respect de la coactivité des chantiers et maintien des accès	C+E
14	Norme de construction de la centrale	C+E
15	Localisation des commandes électriques	E
16	Télégestion et suivi en temps réel des installations et réseau	E
17	Contrôle et suivi réglementaire des installations	E
18	Cave en béton	C+E
19	Cuvelage de l'avant-trou	C+E
20	Cimentation adaptée au terrain	C+E
21	Stockage des produits polluants	C+E
22	Confinement des matériaux pollués	C
23	Contrôle continu des boues et des paramètres de forage	C
24	Dispositifs sécurité des têtes de puits	E
25	Méthodologie du forage	C
26	Circuit boue	C
27	Stock de sel	C
28	Traitement anti-corrosion des puits et canalisation de surface	E

Tableau 71 : Mesures d'évitement (ME) mises en place pendant la phase chantier (C) et d'exploitation (E)du projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Mesures de réduction - MR		
N°		Phase
1	Communication et information des riverains	C
2	Plan de circulation ou de coordination des chantiers	C+E
3	Nettoyage des véhicules/voiries et réhabilitation	C
4	Limitation de l'envol de poussières	C
5	Organisation et rangement des chantiers	C+E
6	Respect norme anti-bruit en vigueur	C+E
7	Mur anti-bruit	C
8	Insonorisation ou capotage des équipements bruyants	C
9	Etude sur la faisabilité d'électrification du rig de forage	C
10	Dispositif d'atténuation des nuisances acoustiques en centrale	E
11	Dispositif d'atténuation des vibrations des bâtiments	E
12	Arrosage du chantier	C
13	Propreté du chantier	C+E
14	Limitation de vitesse aux abords des chantiers	C
15	Neutralisation et inhibition du H2S	C
16	Traitement des boues de forage	C
17	Tri sélectif	C+E
18	Suivi des déchets dangereux	C+E
19	Mise en place d'une convention de rejet	C+E
20	Surveillance des alertes Vigicrue	C+E
21	Mesure du vent	C+E
22	Pompe vide cave	E
23	Limitation de la prolifération des espèces invasives	C
24	Remise en état final du site et réintroduction des arbres	C
25	Bâches étanches sous les équipements	C
26	Kits antipollution	C+E
27	Contrat anti-éruption d'intervention d'urgence	E
28	Equipements des travailleurs (EPI,Masque,ARI et extincteurs…)	C
29	Mise en place d'un Plan PPSPS	C+E
30	Sécurité et accès restreint sur le chantier	C
31	Cheminement et sécurisation pour les travailleurs	C
32	Accès sécurisé et signalétique	C
33	Bip de recul des engins de chantier	C
34	Gestion des eaux de ruissellement	C
35	Gestion des effluents	C
36	Stockage des eaux géothermales	C+E
37	Dépotage des carburants	C
38	Traitement éventuel des eaux géothermales	C+E

Tableau 72 : Mesures de réduction (MR) mises en place pendant la phase chantier (C) et d'exploitation (E)du projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Thème	Mesures d'évitement et de réduction	Coûts indicatifs (en € HT)
Environnement naturel	*MR12 Arrosage du chantier*	NE
	MR23 Limitation de la prolifération des espèces invasives	NE
	MR24 Remise en état et replantation des arbres	>100 000
Circulation et cadre de vie	*MR02 Plan de circulation ou de coordination des chantiers*	20 000
	MR32 Accès sécurisé et signalétique	
	MR03 Nettoyage des véhicules/voiries	Inclus MR24
	MR04 Limitation de l'envol de poussières	NE
	MR14 Limitation de vitesse aux abords des chantiers	Sans surcoût
Urbanisme et cadre de vie	*ME01 Balisage de l'appareil de forage*	Sans surcoût
	ME02 Insertion paysagère de la centrale	NE
	MR05 Organisation et rangement des chantiers	Sans surcoût
	MR10 Dispositif d'atténuation des nuisances acoustiques des bâtiments	NE - inclus au marché centrale
	MR11 Dispositif d'atténuation des vibrations des bâtiments	
	MR13 Propreté du chantier	Inclus au marché forage
Santé et sécurité	*MR01 Communication et information des riverains*	Sans surcoût / Inclus MR32
	ME10 Mesures de sécurité et nomination HSE	Inclus au marché forage
	MR28 Equipements des travailleurs (EPI,Masque,ARI et extincteurs…)	Exigence réglementaire
	MR29 Mise en place d'un Plan PPSPS	Exigence règlementaire
	MR30 Sécurité et accès restreint sur le chantier	Exigence règlementaire
	MR31 Cheminement et sécurisation pour les travailleurs	Inclus au marché forage
	MR33 Bip de recul des engins de chantier	Sans surcoût
	ME23 Contrôle continu des boues et des paramètres de forage	270 000
	ME09 Mise en place de détecteurs H2S	Inclus au marché mud-logging et forage
	ME24 Dispositifs sécurité des têtes de puits	150 000
Nuisances sonores	*MR06 Respect norme anti-bruit en vigueur*	Exigence réglementaire
	MR07 Mur anti-bruit	150 000
	MR08 Insonorisation ou capotage des équipements bruyants	Inclus au marché forage
	MR09 Etude sur la faisabilité d'électrification du rig	Inclus au marché forage
	ME03 Limitation des livraisons/activités bruyantes nocturnes	Sans surcoût
	ME04 Disposition des bungalows de chantier	Inclus au marché forage
	ME05 Confinement des équipements en centrale/chaufferie	Exigence règlementaire
	ME06 Respect des horaires d'intervention	Exigence réglementaire
Qualité de l'air	*MR15 Neutralisation et inhibition du H2S*	7 500
	ME07 Mise en place d'une plateforme en grave ciment/béton	600 000
	ME08 Pot catalytique ou filtres	NE
Déchets	*ME11 Tête de puits équipés de BOP*	55 000
	MR16 Traitement des boues de forage	680 000
	MR17 Tri sélectif	NE
	MR18 Suivi des déchets dangereux	Exigence réglementaire
	MR19 Mise en place d'une convention de rejet	Sans surcoût - Négociation avec la commune
	ME12 Zone étanche pour le stockage des déchets	Inclus dans le génie civil plate-forme ME07
Risques naturels et technologique	*MR20 Surveillance des alertes Vigicrue*	NE
	MR21 Mesure du vent	Inclus au marché forage
	MR22 Pompe vide cave et équipements cave de puits	55 000
	ME13 Respect de la coactivité des chantiers et maintien des accès	Sans surcoût
	ME14 Norme construction centrale géothermique	Exigence réglementaire
	ME15 Localisation des commandes électriques	Exigence réglementaire
	ME16 Equipement de suivi en temps réel des installations - Télégestion	60 000
Sols	*ME17 Contrôle et suivi réglementaire des installations*	55 000 /an
	MR25 Bâches étanches sous les équipements	NE
	MR26 Kits antipollution	Inclus au marché forage
	MR27 Contrat anti-éruption d'intervention d'urgence	5 500 /an
	ME18 Cave en béton	Inclus dans ME19 - Avant trou
	ME19 Cuvelage et forage de l'avant-trou	150 000
	ME20 Cimentation adaptée au terrain	900 000
	ME21 Stockage des produits polluants avec signalisation	25 000
Eaux et réseaux	*ME22 Confinement des matériaux pollués*	6 000
	ME25 Méthodologie du forage	Inclus au marché forage
	ME26 Circuit boue	35 000
	ME27 Stock de sel	10 000
	ME28 Traitement anti-corrosion des puits et canalisation	40 000 /an
	MR34 Gestion des eaux de ruissellement	40 000
	MR35 Gestion des effluents	Inclus dans MR16 - Traitement boue forage
	MR36 Stockage des eaux géothermales	20 000
	MR37 Dépotage des carburants	NE
	MR38 Traitement éventuel des eaux d'essai	22 500

NE : Non Estimé

Tableau 73 : Coûts des mesures mises en place pendant la phase chantier et d'exploitation du projet

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

6.5 Evolution probable par rapport au scénario de référence

L'article R122-5 du Code de l'Environnement stipule que : « 3° Une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement, dénommée "scénario de référence", et de leur évolution **en cas de mise en œuvre du projet** ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence **de mise en œuvre du projet**, dans la mesure où les changements naturels par rapport au scénario de référence peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ».

Ici, le scénario de référence correspond à l'état actuel du site et de son environnement. Le site de production du Fort de l'Est est en partie dédié au chauffage urbain avec une chaufferie biomasse qui alimente le réseau actuel de Plaine Commune Energie (PCE).

Le bâtiment de la future centrale géothermique s'intégrera dans le paysage urbain de la ZAC Bel-Air Nord et fera l'objet d'une demande de permis de construire.

L'impact des unités de production et notamment les rejets dans l'atmosphère sont existants et sont déjà canalisés et surveillés afin de ne pas dépasser les valeurs seuils.

En l'absence de mise en œuvre du projet de boucle géothermale, les effets négatifs suivants seraient évités :

Tous les impacts de la phase chantier :

- Bruit généré par les engins de chantier et les travaux de forage ;
- Emissions de gaz d'échappement et de poussières ;
- Perturbation du trafic ;
- Nuisances visuelles générées par la machine de forage ou engins de chantier ;
- Vibrations générées par les engins de chantier et les travaux de forage ;
- Production de déchets de chantier de type déblais, boues de forage etc. ;
- Production d'eau de ruissèlement et d'eau géothermale dans les réseaux existants.

Toutefois, les mesures mises en place permettent à ces impacts d'avoir des effets résiduels faibles et surtout limités dans le temps.

La phase d'exploitation engendre très peu d'effets négatifs et de faible ampleur.

En l'absence de mise en œuvre de la nouvelle boucle géothermale, de la centrale géothermique et de l'extension du réseau de chaleur PCE à la ville d'Aubervilliers, la garantie d'une énergie compétitive et l'interconnexion des réseaux seraient compromis.

L'effet positif suivant serait donc également évité : soit le recours à une énergie renouvelable et locale pour l'approvisionnement du réseau de chaleur sur le long terme.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

DOCUMENT DE SECURITE ET DE SANTE

SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE

Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

7 DOCUMENT DE SECURITE ET SANTE

Le maître d'ouvrage élaborera un Plan de Prévention et de Secours (P.P.S) pour la période des travaux puis d'un P.P.S spécifique à la phase d'exploitation. Ce document fixera les principes et l'organisation relative à la sécurité et à la santé conformément au Code Minier, au Code du Travail, au Code de l'Environnement. Le maître d'ouvrage prendra toutes les dispositions nécessaires pour organiser la mission de coordination de la sécurité et de la santé sur le site.

Les P.P.S. seront constitués des Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S.) de chacune des entreprises intervenant sur le site en phase travaux ou en phase d'exploitation. Ils définiront :

- Les intervenants,
- L'organisation des travaux,
- L'impact sur l'environnement,
- Les règles de sécurité,
- L'analyse et la prévention des risques.

Le maître d'œuvre vérifiera l'existence de ces documents et le maître d'ouvrage ou son ayant droit veillera à leur application.

Un exemplaire du Plan de Prévention sera communiqué avant le début des travaux aux administrations concernées.

En outre, l'exploitant[3] doit appliquer les dispositions en matière de sécurité et de protection de la santé prises en application de l'article 28 du décret 2006-649 modifié par le décret 2016-1304 qui stipule que : « Tout exploitant établit et tient à jour un document de sécurité et de santé dans lequel sont déterminés et évalués les risques auxquels le personnel est susceptible d'être exposé. Ce document précise en outre les mesures prises en ce qui concerne la conception, l'utilisation et l'entretien des lieux de travail et des équipements afin de garantir la sécurité et la santé du personnel. ».

A noter que le SMIREC dispose déjà de PPS sur ces installations existantes de La Courneuve (Cf. Annexe 8.11). Son délégataire PCE dispose également d'un Plan de Prévention sur les installations de la chaufferie du Fort de l'Est (Cf. Annexe 8.12). Ces documents devront être respectés pendant la phase des travaux et en exploitation et seront adaptés lorsque les installations géothermales de Saint-Denis seront mises en service.

[3] Est réputé exploitant, au sens de l'article 26 du chapitre II du décret n°2006-649 du 2 juin 2006, relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains, le titulaire ou l'un des cotitulaires, nommément désigné, d'un titre minier ou d'un titre de stockage souterrain ou, en l'absence d'un tel titre, la personne qui entreprend les travaux ou utilise les installations mentionnées à l'article 25 de ce décret.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

7.1 Document de sécurité et de santé durant les travaux

7.1.1 Sécurité du public

Préalablement aux travaux, des actions d'informations destinées au public et aux riverains seront mises en place. Une réunion publique d'information sur le projet pourra être organisée, de préférence avant l'enquête publique. Le contenu de cette réunion aura pour but de présenter le projet ainsi que les impacts de ce dernier sur la vie des habitants (plan de circulation, bruits, impacts paysagés…).

Le terrain concerné par les travaux sera balisé, clos et interdit d'accès au public.

Lors des travaux, le public pourra être exposé à des risques liés principalement :

- À une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier ;
- À une augmentation du niveau sonore liée aux opérations de forage qui se dérouleront en continu, 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24 ;
- À une production d'eau géothermale avec émanations de gaz ;
- Au stockage de produits divers sur la plate-forme ;
- Au mât de l'appareil de forage.

Les mesures compensatoires prises pour prévenir ces risques sont résumées ci-après.

7.1.1.1 *Accès au site*

- Accès des personnes non autorisées

Le chantier interdit au public, avec des panneaux le signalant, sera balisé et clos (grillage ou bardage périphérique de 2 mètres de hauteur). L'entrée du chantier sera équipée d'un portail disposant d'un système de fermeture agrée. Le chantier sera fermé à clef avant l'arrivée du matériel, après son départ et lors des interruptions de travaux.

Cependant, compte tenu du fonctionnement continu du chantier et de la présence permanente de personnels et de superviseurs, le risque d'intrusion sera minime.

- Sécurité des visiteurs autorisés

Un parking visiteur pourra être crée à l'extérieur de la plateforme de travail. Les visiteurs autorisés seront obligatoirement accompagnés par un responsable du chantier (entreprise ou maître d'œuvre) et informés des consignes de sécurité. Ils ne pourront se déplacer que dans les secteurs autorisés.

7.1.1.2 *Circulation des véhicules*

- Accès au chantier

Des panneaux routiers temporaires de chantier informeront les usagers des voies de circulation de la sortie d'engins de chantier. Etant donné la proximité du site avec des habitations, des limitations de vitesse (30 km/h) ou des ralentisseurs devront également être installés aux alentours du chantier.

Le stationnement des véhicules aux abords du chantier sera contrôlé pour ne pas entraver la circulation sur les voies d'accès.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Un contrôle de résistance à la charge à l'essieu du chemin d'accès sera effectué par l'entreprise de forage, avant l'amenée de l'appareil de forage. Des aménagements pourront y être réalisés au moment des travaux de génie civil de la plateforme.

Le raccordement du site à la voie de circulation sera aménagé pour que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans gêne pour la circulation ou constituer un risque.

- Importance du trafic en relation avec les travaux

L'amenée et le repli de l'appareil de forage s'effectueront par convois exceptionnels.

En dehors de ces phases, il est à noter que le trafic engendré par l'activité sur le chantier sera différent selon les phases de travaux (tubage, cimentation, etc.). Il est possible de considérer une circulation moyenne de 4 camions par jours au cours des 91 jours environ de chantier. Les phases d'installation et de repli du chantier, de livraison des tubages, d'évacuation des déblais, de tubage des puits, de cimentation et de diagraphie des puits auront une circulation moyenne de 7 camions par jours.

Un trafic de véhicules légers sera induit par les rotations de personnel de l'entreprise de forage et de service (10 à 15 rotations par jour).

- Circulation sur la plateforme

Pour ce qui concerne la circulation des véhicules sur la plate-forme, à l'exception des autorités administratives compétentes et des forces de police, l'accès du chantier au public sera réglementé et soumis à l'accord préalable du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre.

Les véhicules légers habilités pourront accéder à la plateforme. Ils seront soumis à un contrôle d'accès pour éviter l'engorgement de l'espace.

Seuls les engins de manutention, spécifiques du chantier, et les véhicules de livraison de matériels ou de combustibles seront autorisés à circuler sur l'aire de travail.

Une aire, dans l'enceinte du chantier, sera réservée à la manœuvre des véhicules. Elle leur permettra de faire demi-tour avant de sortir du chantier.

Les engins de manutention seront équipés de dispositifs de sécurité sonores et lumineux. Le dispositif sonore pourra être désactivé de nuit pour ne pas gêner le voisinage.

7.1.1.3 *Infrastructures de chantier*

L'appareil de forage de 40 m peut constituer un obstacle aérien. Il est peint et balisé (éclairage de nuit) et sa mise en place fera l'objet d'un accord préalable des autorités compétentes.

Pour ce qui concerne la prise au vent du mât de forage, il faut noter que les vents dominants soufflent de l'ouest ou du sud-ouest (surtout en hiver et en automne). Il ne s'agit bien souvent que de phases très temporaires (avant une perturbation).

L'Ile de France est exposée à de fortes rafales en toute saison en raison de la quasi-absence de reliefs et de la position assez proche des influences maritimes. Les orages peuvent également occasionner de puissantes rafales, notamment l'été.

Il faut noter que l'Ile de France est l'une des régions où les tornades sont les plus fréquentes. Les vastes plaines agricoles favorisent les conflits de masses d'air. On peut par exemple citer la tornade du 10 septembre 1896,

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

celle du 10 juin 1926, du 8 octobre 1929. D'une façon générale, les vents les plus forts ont été mesurés lors de la tempête du 26 décembre 1999.

Le tableau ci-dessous présente les vitesses de vent mesurées en Ile de France et les périodes moyennes de retour.

Vitesse du vent	Période moyenne de retour
119 km/h	5 ans
126 km/h	10 ans
140 km/h	25 ans
151 km/h	50 ans

Tableau 74: Vitesse de vent et période moyenne de retour en Ile de France (Source : www.meteo-paris.com)

Ces données seront utilisées lors de l'étude d'avant-projet pour calculer la résistance au vent du mât de la tour de forage et des sous structures.

7.1.1.4 *Bruits de chantier*

Le bruit occasionné par le matériel de forage est soumis aux réglementations suivantes :

- Réglementation du bruit des matériels et engins de chantier (décret n°69-380 d'avril 1969 relatif à l'insonorisation des engins de chantier) ;
- Consignes de sécurité forage (Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production en Pétrole et Gaz Naturel).

L'ensemble du personnel appelé à travailler sur le site sera donc amené à respecter les dispositifs de prévention et de protection individuels prévus dans ces textes.

Afin de respecter les normes en vigueur et afin de ne pas gêner les riverains, les dispositions générales suivantes seront prises

- Limitation des circulations de véhicules,
- Recours privilégié à l'alimentation électrique du réseau local chaque fois que possible ;
- Aucune livraison de matériel ou de produits en période nocturne. Les transports de nuit seront ceux des véhicules légers du personnel,
- Recommandations données au personnel afin d'éviter au maximum le choc entre des pièces métalliques lors de leur manutention.

7.1.1.5 *Stockage de produits divers*

Sur le chantier, les carburants et les huiles seront stockés conformément à la législation en vigueur ; les huiles de vidange des moteurs seront récupérées et évacuées pour être traitées par des organismes spécialisés.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les cuves à fuel alimentant les moteurs diesel seront munies de cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké. Le dépotage s'effectuera par camion -citerne selon les besoins du chantier et dans le respect des normes de sécurité (sonde trop-plein, raccords, rétention….).

Le stockage ou la manipulation des produits polluants est interdit en dehors des emplacements prévus à cet effet : bacs, aire étanche, citerne à double enveloppe etc ;

Les produits de vidange ou issus de fuites seront pompés et évacués par un prestataire agréé. Pour tous déchets dangereux ou toxiques, l'entreprise fournira les Bordereaux de Suivi des Déchets Dangereux (BSDD) qui suivront le déchet jusqu'à son traitement final.

7.1.1.6 *Risque minier ou géologique*

Un gîte géothermique est assimilable à un gîte minier. Cependant, il n'y pas ici d'enlèvement de matériaux assez conséquent par créer un risque lié à une excavation (effondrement, tassements différentiels…).

7.1.1.7 *Production d'eau ou de gaz géothermaux*

La substance exploitée est un fluide (chaud et salé), qui ne possède pas de propriétés d'inflammation ou d'explosion.

L'eau géothermale contient majoritairement des traces de méthane, de CO2 et d'azote. Les concentrations de ces gaz sont trop faibles (de l'ordre de 0.1 à 0.2 pour un volume d'eau), pour constituer un risque de contamination ou d'intoxication ou explosion et cela même à l'exutoire du fluide.

Le seul risque concernant la sécurité des populations est l'émanation d'H2S, contenu à faible dose dans l'eau géothermale, notamment lors des opérations de stimulation du réservoir en fin de forage. En cause le pH du milieu et une réaction chimique avec l'acide et les sulfures de fer présents dans l'eau géothermale.

L'H_2S n'est pas inflammable dans les conditions habituelles de chantier (la limite d'inflammabilité dans l'air est de 4-46 % volume d'air, sa température d'auto-inflammation étant de 250 °C). Ce gaz est susceptible d'incommoder les populations par son odeur d'œuf pourri. A fortes doses, il est imperceptible et entraine des lésions des centres nerveux et respiratoires.

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) présente deux risques pour l'homme (Fiche sécurité en Annexe 8.13) :

- Incendie : c'est un gaz extrêmement inflammable, ses limites d'explosivité, en pourcentage de volume dans l'air, sont comprises entre 4 % et 6 % ;
- Pathologie : les effets observés sont principalement liés à ses propriétés irritantes et anoxiantes.

Ce gaz a toutefois la particularité de s'accumuler dans les points bas, compte tenu de sa densité 1.19, ou les milieux confinés. En cas de fuite non maîtrisée, le « nuage » d'H2S qui pourrait s'accumuler se fera essentiellement à proximité des puits et dans les milieux bas confinés notamment les caves enterrées. Le gaz sera ensuite dilué et ventilé avec l'air ambiant.

Le tableau suivant détaille le seuil des effets sur la santé en fonction de la concentration et la durée d'exposition au gaz (source INERIS).

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Concentration en H_2S		Durée d'exposition	Effets sur l'homme
ppm	mg / m³		
0,0005 - 0,13	0,0007 – 0,2	< 1 min	Seuil olfactif
10,5 - 21	16 - 32	6-7 h	Seuil d'irritation oculaire
50 - 100	75 - 150	> 1 h	Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires
150 - 200	225 - 300	2-15 min	Seuil de perte de l'odorat

Tableau 75 : Effets sur l'homme en fonction de l'exposition à l'H2S (INERIS)

La nocivité du sulfure d'hydrogène pour l'homme dépend du temps d'exposition de l'individu et de la concentration en H_2S dans l'air (Cf. Tableau ci-dessus). L'intoxication humaine a lieu essentiellement par voie respiratoire.

Il existe actuellement en France soit des valeurs dont le respect est obligatoire, soit des valeurs (Cf. tableau ci-dessous) qui fixent des objectifs de prévention. Les valeurs limites de court terme (VLCT) sont des valeurs mesurées sur une période de référence de 15 minutes. Elles sont destinées à éviter les effets toxiques dus à des pics d'exposition (exposition sur une courte durée). Les valeurs limites d'exposition sur 8 heures (VLEP 8h) sont destinées à protéger les salariés des effets différés des polluants.

Une VLEP 8 h peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLCT correspondante si elle existe pour le produit.

En cas de dépassement d'une valeur limite d'exposition professionnelle :

- Le dépassement d'une valeur contraignante doit entraîner l'arrêt du travail aux postes de travail concernés, jusqu'à la mise en œuvre des mesures propres à assurer la protection des salariés ;
- Le dépassement d'une valeur indicative doit amener à procéder à une nouvelle évaluation des risques, afin de déterminer des mesures de prévention et de protection adaptées.

VLEP selon le pays	Moyenne (sur 8 heures)		Court terme (15 min)	
	ppm	mg/m³	ppm	mg/m³
France (VLEP indicatives-circulaire)	5	7	10	14

Tableau 76 : Valeurs limite d'exposition professionnelles indicatives selon l'INRS (2009)

Pour rappel, vis-à-vis du risque H2S, les dispositions et consignes de chantier sont précises et rigoureuses :

- Installation de capteurs à différents emplacements stratégiques – planchers, pompes, bacs, flowline reliés à une centrale ;
- Réglage des alarmes visuelles (gyrophare) et sonore (klaxon) aux seuils de 5 et 10 ppm ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Port de masques et de bouteilles d'oxygène (assistance respiratoire) si besoin ;
- Port de capteurs individuels par le personnel d'encadrement (chef de chantier, chef de poste, intendant, superviseur).

Les émanations les plus importantes seront liées aux phases de dégorgement artésien et/ou air lift lors des essais, Elles seront effectuées suivant des horaires appropriés, et seront précédées obligatoirement d'une réunion de sécurité du personnel.

D'autre part, en vue d'atténuer sinon d'éradiquer les odeurs, il sera procédé à l'injection d'hypochlorite de soude. Ces dispositions, au demeurant, procèdent d'une pratique courante par la profession et ces opérations feront appel à un personnel expérimenté.

En phase d'exploitation, la pression du fluide géothermal doit être maintenue constamment au-dessus du point de bulle afin d'éviter tout dégazage conformément aux prescriptions du futur permis d'exploitation.

Des appareils ou dispositifs (fixe ou portatif) permettant de détecter d'éventuelles émissions d'H2S seront installés sur le chantier et par l'exploitant et sont déclenchés au seuil alerte de 10 ppm, afin de détecter la présence de ce gaz et y remédier. En cas de perception d'odeur, l'exploitant sera tenu d'assurer une ventilation et de procéder à des mesures des concentrations.

7.1.1.8 *Stockage de produits divers*

Aucun produit toxique ne sera utilisé sur le chantier. Les fluides de forage (boues) seront élaborés à partir d'eau douce additionnée de bentonite (argile naturelle) et de polymères biodégradables.

Sur le chantier, les carburants et les huiles seront stockés conformément à la législation en vigueur. Les huiles de vidange des moteurs seront récupérées et évacuées pour être traitées par des organismes spécialisés.

Le fuel sera stocké dans un réservoir aérien, soit équipé d'une double paroi, soit doté d'un bac de rétention en béton de capacité au moins équivalente. L'approvisionnement s'effectuera par camion-citerne selon les besoins du chantier, dans le respect des normes de sécurité (sonde de trop-plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, bac de rétention…).

7.1.1.9 *Risques sur les ressources en eau*

Les aquifères utilisés ou visés ou l'exploitation d'eau potable seront préservés de l'eau géothermale du Dogger par la pose de tubages cimentés au terrain empêchant toute communication entre aquifères. L'eau exploitée sera réinjectée en totalité dans sa formation d'origine et ne sera pas en communication avec le milieu naturel superficiel.

7.1.2 Protection de la santé du personnel sur le chantier

7.1.2.1 *Les mesures de prévention générales*

- Registre de sécurité

Pendant la durée des travaux de forage, un registre de sécurité, consultable à tout moment par l'Administration, sera tenu à jour. Les notices d'utilisation des engins présents sur le chantier, ainsi que leurs certificats de conformité et leurs rapports de révision, seront inclus dans le registre de sécurité.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Les administrations et services suivants seront informés de l'existence du chantier et prévenus du démarrage des travaux, au moins une semaine avant la date du démarrage :

- DRIEAT Ile de France ;
- Ville de Saint-Denis ;
- Préfecture et sous-préfecture de La Seine-Saint-Denis ;
- Police et gendarmerie locale ;
- Pompiers ;
- Services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
- Gestionnaires des réseaux d'assainissement ;
- Médecins et pharmaciens les plus proches.

- Consignes de sécurité

Une information, sur les règles de sécurité habituelles devant être respectées pendant les horaires de travail, sera dispensée par le chef de chantier forage ou le superviseur de forage. Cette information sera obligatoirement donnée à tout le personnel intervenant sur le chantier. Ces informations porteront à minima sur les consignes de sécurité ci-après :

- Consignes en cas d'incendie ;
- Consignes en cas de venue ou de perte du fluide de forage ;
- Consignes en cas d'accident grave ;
- Consignes en cas de présence de sulfure d'hydrogène ;
- Consignes pour les essais des obturateurs du puits.

Le port du harnais sera obligatoire pour les travaux en hauteur (sur le mât des engins). Il sera interdit, à toute personne non autorisée par le superviseur de forage ou le chef de chantier, de se servir d'un véhicule ou d'un appareil de levage dans l'enceinte du chantier.

Lors de la circulation sur la plate-forme et sa voie d'accès, la réglementation routière devra être respectée et la vitesse réduite afin de limiter les risques d'accident et les nuisances pour les riverains et les autres usagers (visibilité réduite, bruits, poussière…)

L'affichage des consignes de sécurité s'adressera en priorité au personnel présent sur le site.

Les documents suivants seront affichés dans le bureau du Chef de chantier :

- Un plan de masse de l'appareil de forage ;
- Le plan des têtes de puits ;
- La pression maximale admissible dans l'espace annulaire ;
- La pression maximale de refoulement des pompes de forage selon les diamètres des chemises ;
- Un plan des moyens de lutte contre l'incendie ;
- La liste des noms, avec leurs numéros de téléphones, des personnes et des services à contacter en cas d'accident :
    - Les pompiers ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Les services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
- Les Préfets ;
- La DRIEAT ;
- Les services du maître d'œuvre ;
- Les services du maître d'ouvrage ou de son concessionnaire ;
- Les services de l'Entrepreneur ;

- Un plan des issues de sécurité en cas de venue de sulfure d'hydrogène.

Un affichage spécifique sera mis en place pour interdire l'accès du site aux personnes non autorisées et pour informer la population sur la durée et l'objet des travaux.

Au moins un titulaire d'un brevet de secourisme sera présent sur le chantier de forage pendant toutes les périodes d'activité.

Un secouriste titulaire d'une attestation de secouriste du premier degré sera présent sur chaque atelier de forage ; si possible il y en aura un par équipe. Le chantier sera muni de trousses de secours.

Les formations du personnel intervenant sur le chantier seront contrôlées.

7.1.2.2 *Protection contre l'incendie*

Le chantier sera doté du matériel destiné à pouvoir lutter rapidement et efficacement contre tout début d'incendie. L'entretien de ce matériel sera assuré par une entreprise agréée ou par un agent spécialisé du service de sécurité de l'entreprise de forage. On trouvera notamment :

- Des extincteurs à poudre polyvalente ;
- Des extincteurs à poudre de carbone ;
- Une couverture anti-feu.

L'accès des emplacements de ce matériel sera aisé et bien signalé.

Une aire de stockage des produits inflammables, avec des bacs de rétention, sera délimitée en un lieu sûr, avec une signalisation appropriée et en particulier l'interdiction de fumer à proximité.

Les Pompiers interviendront selon leurs procédures.

7.1.2.3 *Protection contre le sulfure d'hydrogène*

En phase chantier, pour éviter toute éruption ou déversements accidentels d'eau chaude ou de gaz, la tête de puits sera équipée en permanence d'obturateurs de sécurité (Bloc d'obturation de puits - BOP) permettant une fermeture d'urgence du puits en toutes circonstances. La pression nominale des BOP est de plus de 200 bars alors que la pression en têtes de puits n'excèdera pas 10 bars.

Les volumes des bacs à boue seront contrôlés en permanence. Conformément à la législation, des détecteurs de gaz seront installés, par la société de forage ou de contrôle de la boue, sur le circuit de boue, à la sortie du puits, pour identifier immédiatement toute émanation de gaz ou de venues d'eau.

En cas de fuite de fluide, après fermeture de l'obturateur annulaire, l'artésianisme du puits pourra être contrôlé par injection de boue sous pression, ou de saumure de densité appropriée, par un piquage latéral de la tête de puits maintenu en permanence en état de fonctionnement.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Ce gaz étant soluble dans l'eau, le travail à la boue limite ses émanations lorsqu'il est en faible concentration, ce qui est le cas dans l'eau du Dogger.

D'autre part, le sulfure d'hydrogène reste dissous dans la boue en milieu basique (pH>8), ce qui sera le cas pendant les phases de forage, sauf venue d'eau géothermale importante.

La toxicité de l'H2S implique que sa présence soit contrôlée et que les mesures préventives suivantes soient impérativement respectée :

- Un appareil de détection, en continu, du sulfure d'hydrogène comprenant au moins 3 capteurs fixes reliés à des alarmes sonores et visuelles sera installé sur le site, en tenant compte de la configuration des lieux et de la zone spécifique de danger (précisée dans le PPSPS). Le seuil d'alarme sera fixé sur 10 ppm (Valeur VLCT).
- Des appareils portatifs (réglés à 10 ppm) seront également portés par le personnel.
- Des masques à gaz individuels, munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène, seront disponibles en permanence sur le chantier.
- Deux appareils respiratoires autonomes avec bouteille de rechange seront à la disposition du personnel.
- Une manche à air sera mise en place en un lieu visible de tous les points du chantier.
- Le personnel et les riverains seront informés, au début des travaux, des risques liés au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas d'éruption de sulfure d'hydrogène. Des exercices d'alerte seront réalisés pendant la durée du chantier.
- Au cas de venue d'un bouchon gazeux, le puits serait immédiatement fermé (obturateur), et la société de forage procéderait à son évacuation contrôlée à très faible débit.
- Pour limiter les odeurs et risques d'intoxication, une chaîne de neutralisation de l'H_2S sera mise en place et assurera la neutralisation de l'H_2S par injection d'un oxydant puissant, type Eau de Javel ou équivalent, en éliminant les nuisances olfactives. L'oxydant sera injecté à la sortie du puits, par les vannes situées sous le BOP ou sur la ligne d'essai.
- L'aération constante du site permettra d'empêcher toute concentration du gaz. Pendant la phase de test et de stimulation du réservoir, le personnel sera interdit de circuler à proximité des têtes de puits et de la cave enterrée.

7.2 Document de sécurité et de santé durant l'exploitation d'un gîte géothermal

Il est rappelé que, dans le cadre de son contrat, l'exploitant est tenu de respecter ou de faire respecter l'ensemble des consignes d'exploitation, ainsi que l'entretien et la maintenance des matériels qui lui sont confiés.

L'exploitant veillera plus particulièrement au bon fonctionnement des organes d'isolement et de sécurité du site.

L'installation industrielle qu'est l'exploitation de deux puits géothermiques a une obligation de surveillance, d'inspection et de contrôle de l'état de ses installations.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Un suivi en continu des données d'exploitation (pression en tête, mesure du débit, température, etc.), des inspections réglementaires (diagraphies, essais périodiques, suivi géochimique du fluide, etc.) ainsi que des dispositifs d'intervention d'urgence (vannes manuelles, vannes de tuage des puits, commandes automatisées) sont mis en place sur les puits. Les paramètres électriques de fonctionnement des pompes (tension, intensité, fréquence) doivent également faire l'objet d'un contrôle régulier.

L'inspection des abords des têtes de puits et la vérification que toutes les précautions sont prises pour éviter les dommages que pourrait causer une éruption d'eau géothermale sont organisées par l'exploitant (mesures de protection des têtes de puits et d'autres éléments de la boucle contre d'éventuelles agressions mécaniques).

7.2.1 Mesures pour la protection du public

Les têtes de puits seront installées, signalées et conçues de façon à n'être accessibles que par le personnel qualifié chargé d'intervenir.

L'exploitant délimite une zone autour des têtes de puits à l'intérieur de laquelle les risques inhérents à d'éventuelles ruptures d'équipements sont susceptibles de donner lieu à des fuites incontrôlées à une température pouvant occasionner des brûlures aux personnes et interdit l'accès à cette zone à toute personne non autorisée. Il en est de même lors de travaux.

7.2.2 Mesures pour la protection du personnel

Les risques induits par l'exploitation du doublet géothermique sont principalement de deux types :

- Risques de fuite ou d'éruption géothermale ;
- Risques liés à la manipulation de produits toxiques ;
- Risques liés à la présence d'H2S en milieu confiné ou enterré.

Des séances de formation du personnel seront dispensées lors de sa prise de fonction et renouvelées régulièrement ainsi qu'à l'occasion de modifications des installations ou de l'usage d'un nouveau type de produit.

Elles auront pour but d'informer le personnel des risques résultants de la mise en place, de la manipulation des produits ainsi que les mesures d'urgence à prendre en cas d'incident ou d'accident.

7.2.3 Mesures de sécurité en cas de fuite

Les consignes particulières relatives aux fuites ou aux éruptions géothermales sont légèrement différentes.

Une fuite géothermale est l'apparition d'une fuite d'eau sur la boucle de surface au-dessus des vannes maîtresses de la tête de puits.

A l'inverse, une éruption est une fuite non contrôlée, apparaissant sur ou sous les vannes maîtresses de la tête de puits, avec un débit supérieur à la capacité maximale d'évacuation des pompes vide cave.

7.2.3.1 *Scénario de fuite par percement d'un cuvelage en exploitation*

L'eau du Dogger, très corrosive, peut endommager les tubages en acier. C'est pourquoi, l''état des tubages est régulièrement surveillé au cours de l'exploitation par :

- Les contrôles règlementaires des paramètres d'exploitation réalisés conformément aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'exploitation (auscultations diagnostic et suivi chimique) ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- La réalisation des diagraphies des cuvelages nominalement tous les trois ans pour le puits injecteur et tous les cinq ans pour le puits producteur.

Si lors du suivi ou au cours de travaux sur les ouvrages (work-over, manœuvre d'équipements), il existe un doute sur l'étanchéité du cuvelage, des investigations seront conduites visant à déterminer la localisation et l'intensité de la fuite.

Les méthodes classiquement utilisées sont soit indirectes, comme le traçage à l'eau douce, ou les tests de pression par paliers de débit, soit elles nécessitent la descente d'instruments dans les puits : débitmétrie, diagraphies (ABI, CBL, VDL, multi bras…).

Si ces investigations mettent en évidence l'exposition des aquifères à une contamination, une méthode de mise en sécurité est choisie, selon la fonction du puits, dans l'attente des travaux provisoires ou définitifs de réhabilitation du tubage :

- Dans le cas d'un puits d'injection, un bouchon de saumure empêchant l'eau géothermale du Dogger de remonter dans le puits et de s'épancher dans les aquifères supérieurs, est mis en place ;
- Dans le cas d'un puits producteur, la pression à l'intérieur du puits est abaissée par le maintien d'un débit de production pour que la pression hydrostatique soit inférieure, dans le puits, à celle de l'aquifère.

L'impact de la fuite sur la formation réceptrice peut, le cas échéant, être modélisé afin de prévoir l'étendue de la pollution et sa progression.

Il est à noter que dans le cas d'un puits d'injection, le délai de mise en œuvre des moyens d'investigations est relativement court de 2 à 3 jours environ, du fait de l'absence d'équipement de pompage dans le puits.

Pour le puits de production, la mise en œuvre des moyens d'investigations nécessite, au préalable, le relevage des équipements de pompage d'exhaure et du dispositif de traitement de la chambre de pompage soit, au minimum, 3-4 jours.

La réparation, à la suite des investigations et des éventuelles mesures de mise en sécurité, visera à rétablir l'étanchéité du tubage vis-à-vis des terrains encaissants par injection de ciment.

La durée d'une telle opération dépendra de la disponibilité d'un appareil de work-over et de la gravité de la perforation. On peut estimer à 1 ou 2 semaines la durée de ce type d'opération.

Après réparation, la qualité de la cimentation sera contrôlée par diagraphie CBL/VDL et une diagraphie de calibrage, de référence, du tubage sera réalisée.

7.2.3.2 *Cas d'une fuite géothermale*

En cas d'apparition d'une fuite d'eau géothermale sur la boucle de surface entre les vannes maîtresses des puits de production et de réinjection, l'exploitant appliquera les consignes générales et déclenchera la procédure décrite ci-après :

- Fermeture de vannes maîtresses et arrêt des pompes ;
- Évaluation de la gravité de l'incident établie de façon à mettre en œuvre les moyens d'intervention adaptés ;
- Avant toute intervention de réparation, l'Exploitant devra :
    - Arrêter la production géothermale ;
    - Consigner les variateurs de production et de réinjection et leur protection électrique ;

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

- Fermer les vannes maîtresses des puits dans les caves pour isoler la partie en surface de la boucle géothermale ;
- Si les vannes sont inaccessibles, l'exploitant essaiera d'isoler les conduites fuyardes à l'aide des vannes situées en centrale et procèdera aux mesures du paragraphe suivant.

L'exploitant veillera à tenir à disposition les équipements nécessaires à la réalisation de ces opérations ainsi que les équipements de protection individuels appropriés.

7.2.3.3 *Cas d'une éruption*

Une éruption non contrôlée des puits se produit si une fuite apparaît sur ou sous les vannes maîtresses, avec un débit supérieur à la capacité maximale des pompes vides cave de l'ordre de 30 m^3/h.

Dans ce cas, le maître d'ouvrage doit contracter une entreprise spécialisée, possédant les moyens nécessaires au contrôle d'une éruption accidentelle des puits géothermaux, pouvant intervenir sur site dans un délai inférieur à 8 heures.

Cette entreprise a la capacité de :

- Stocker et entretenir le matériel d'intervention ;
- Maintenir en régime d'astreinte 4 personnes expérimentées ;
- Mettre en œuvre les moyens de pompage et, si nécessaire, le traitement des eaux géothermales avant rejet à l'égout ;
- Assurer l'ensemble des interventions pour stopper l'éruption.

Couramment, pour les installations géothermales du Dogger en Ile de France, le prestataire retenu est l'entreprise qui assure le suivi de la boucle géothermale. En raison de sa connaissance du fonctionnement générale des installations, du détail des éléments sensibles (vannes, brides, piquages…)

L'exploitant doit maintenir à disposition et en état sur le site :

- Des tuyaux et des colliers de réparation d'urgence ;
- Des tenues d'intervention pour son personnel (équipement de protection individuel) ;
- Du matériel d'urgence et de premiers soins (armoire à pharmacie) ;
- Une pompe vide cave dans chaque cave (~ 30 m^3/h).

Les actions à mener dépendent de l'importance du débit de la fuite de fluide géothermal. Quelle que soit l'importance de la fuite, l'eau géothermale présente dans la cave devra être soit, évacuée par la pompe vide-cave soit, pompée par un équipement spécifique avant toute intervention sur la tête de puits.

- Cas où le débit de fuite est inférieur à 5 m^3/h, quel que soit la nature du puits

Le débit d'eau géothermale de la fuite dans la cave pourra être évacué par simple pompage à l'aide de la pompe vide-cave. L'eau sera soit, réinjectée dans les autres puits du doublet, soit rejetée à l'égout après avoir été refroidie et diluée par mélange avec de l'eau douce.

- Cas où le débit de fuite est supérieur à 5 m^3/h au puits de production

Généralement, la fuite est observée en fond de cave lors d'un arrêt d'exploitation, programmé ou en cas de panne du groupe de pompage immergé. Dans ce cas, la tête de puits est en pression.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Lorsqu'il s'agit d'un arrêt programmé, la remise en fonctionnement de la boucle géothermale permet de rabattre le niveau d'eau dans le puits, avec pour effet d'arrêter l'écoulement de la fuite, ce qui permet de travailler à sa réparation.

Dans le cas d'une panne du groupe électropompe immergé, le débit de fuite est provoqué par l'artésianisme du puits, son importance dépendant de la dimension de la perforation. Dans un premier temps, il sera indispensable de refroidir le fluide géothermal et la tête de puits ainsi que d'évacuer l'eau présente dans la cave vers le réseau d'assainissement avec les moyens du site (pompe vide-cave et pompe complémentaire). Dans la mesure du possible, une vanne latérale, équipée d'un flexible d'évacuation de l'eau géothermale vers le réseau d'assainissement, sera ouverte pour diminuer la pression au point de fuite. Un ajout d'eau froide (prélevée sur le réseau de distribution) pourra être effectué pour abaisser la température et diluer le fluide géothermal.

L'entreprise chargée de réparer la fuite interviendra avec les moyens appropriés. Après installation de la pompe à saumure et de la citerne de saumure, la vanne latérale de la tête de puits sera fermée. Sa ligne d'évacuation sera utilisée comme conduite de refoulement de la pompe à saumure. Le puits sera mis sous saumure.

En fonction du débit de fuite et des difficultés rencontrées :

- Un autre camion de saumure pourra être approvisionné ;
- Les pompes vide-caves pourront permettre de réalimenter la citerne par la reprise, dans la cave, du mélange eau géothermale saumure venant de la fuite ;
- L'intervention de colmatage de la fuite sera effectuée une fois l'artésianisme contrôlé ; selon l'ampleur des dégâts, la réparation sera provisoire ou définitive.

A noter que le SMIREC dispose d'un contrat anti-éruption avec la société Géofluid qui intervient en cas de fuites d'eau géothermale non maitrisée et en cas de non-fonctionnement des sécurités sur les installations géothermales de La Courneuve (Cf. Annexe 8.14). **Il en sera de même pour l'installation de Saint-Denis.**

Le délai d'exécution de la société Geofluid, basée à Roissy Charles de Gaulle, est au maximum de 4h, pour constater et évaluer les moyens à mettre en œuvre. Après constat des moyens à utiliser, l'entreprise dispose d'un délai maximum de 8 h pour acheminer sur site le matériel et réaliser l'intervention.

7.2.4 Mesures de sécurité contre le sulfure d'hydrogène

Au cours de l'exploitation du doublet, la boucle géothermale constitue un circuit fermé sans échange avec l'atmosphère. Le fluide géothermal extrait, au niveau du réservoir, circule dans le puits producteur, puis dans les canalisations de surface et les échangeurs, avant d'être réintroduit dans le réservoir par le puits injecteur.

En phase d'exploitation, la pression du fluide géothermal sera maintenue constamment au-dessus du point de bulle afin d'éviter tout dégazage conformément aux prescriptions du futur permis d'exploitation.

L'étanchéité de ce système est contrôlée en permanence, ce qui permet d'éviter toute émanation de gaz en surface donc toute nuisance olfactive pour la population riveraine.

Ponctuellement, le circuit pourra être ouvert sur des périodes très courtes, en cas de purge des échangeurs par exemple. Dans ce cas, les nuisances olfactives seront extrêmement réduites.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

Des appareils ou dispositifs (fixe ou portatif) permettant de détecter d'éventuelles émissions d'H_2S seront par l'exploitant et sont déclenchés au seuil alerte de 10 ppm, afin de détecter la présence de ce gaz et y remédier. En cas de perception d'odeur, l'exploitant est tenu d'assurer une ventilation et de procéder à des mesures des concentrations.

Les têtes de puits seront équipées d'un système d'étanchéité pour prévenir une éruption d'eau géothermale, ainsi que d'un flexible installé et branché sur une conduite latérale qui permet en cas de nécessité de neutraliser la pression en tête de puits par injection de saumure.

A chaque intervention sur les puits pendant des travaux ou des inspections réglementaires, les risques d'éruption ou de présence éventuelle d'H_2S sont pris en compte dans un Plan de Prévention de Secours (PPS) et sont transmis à la DRIEAT au moins un mois avant le début des travaux.

7.2.5 Cas des travaux de maintenance

Les interventions que l'exploitant sous-traitera à une entreprise extérieure sur les puits sous la supervision d'un maitre d'œuvre sont les suivantes :

- Manœuvre et remplacement du groupe de pompage immergé sur le puits producteur,
- Manœuvre et remplacement du système de traitement en fond de puits sur le puits producteur,
- Réalisation des diagraphies réglementaires,
- Travaux lourds de maintenance ou de réparation (work-over).

Pour ces interventions, un document de sécurité spécifique sera établi par l'entrepreneur en charge des travaux décrivant le programme technique et l'ensemble des mesures et moyens mis en œuvre pour assurer la sécurité des biens et des personnes pendant l'intervention (PPSPS).

Lors des interventions dans les puits, l'artésianisme sera toujours contrôlé, par injection de saumure, avant dépose de la tête de puits. Pendant les interventions, le niveau statique, sera contrôlé au moins 2 fois par jour. En cas de remontée de ce niveau, un volume de saumure pourra être approvisionné rapidement et injecté dans le puits.

En cas d'abandon des puits ou à la fin de la validité du titre minier, le transfert à l'état de la surveillance des puits et de la prévention des risques ne comprend pas de dispositions particulières.

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

ANNEXES

SYNDICAT MIXTE DES RÉSEAUX D'ÉNERGIE CALORIFIQUE

Chauffer durable et solidaire

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.

8 ANNEXES

8.1 Bilans et résultats financiers du SMIREC – 2018 – 2019 - 2020

8.2 Courrier d'engagement du SMIREC

8.3 Références techniques PCE

8.4 Références CFG pour la maîtrise d'œuvre sous-sol

8.5 Liste des abonnés au réseau de chaleur Plaine Commune Energie

8.6 Arrêté préfectoral n°2016-2291 – Réglementation ICPE

8.7 Mémoire justificatif – Prévention du risque sismique

8.8 Description des ZNIEFF présentes dans le département

8.9 Diagnostic de pollution des sols – Bureau Véritas

8.10 Communication AFPG

8.11 Plan de prévention et sécurité sur les installations du SMIREC

8.12 Plan de prévention et sécurité sur les installations de Plaine Commune Energie

8.13 Fiche toxicologique H2S

8.14 Contrat anti-éruption sur les installations du SMIREC

Ce document est la propriété de CFG et ne peut pas être reproduit, copié ou divulgué sans autorisation préalable.