

ENGIE SOLUTIONS



Projet de géothermie du Chesnay-Rocquencourt (78)

Réalisation de deux doublets géothermiques au Dogger pour le projet du Chesnay-Rocquencourt (78)

Dossier comprenant deux demandes conjointes d'ouverture de travaux minier et de permis d'exploitation (DAOTM-PEX)



Rapport n°118826/D – Avril 2023



www.anteagroup.fr

Fiche signalétique

Projet du Chesnay-Rocquencourt (78)

Réalisation de deux doublets géothermiques au Dogger pour le projet du Chesnay-Rocquencourt (78)

Dossier comprenant deux demandes conjointes d'ouverture de travaux minier et de permis d'exploitation (DAOTM-PEX)

CLIENT	SITE
Raison Social	ENGIE Solutions
Coordonnées	1 place Samuel Champlain 92930 Paris la Défense
Contacts :	Frédéric BUGAREL frederik.bugarel@ENGIE.com 06.42.35.79.73 Nicolas Monneyron nicolas.monneyron@ENGIE.com 06.30.92.78.75

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Clément Crayssac
Rapport n°	118826
Version n°	D

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Clément Crayssac	Ingénieur de projets géothermie	Avril 2023	
Rédaction	Aimie Roussillon	Ingénieur d'études	Avril 2023	
Rédaction	Nicolas Fréchin	Expert géothermie	Avril 2023	
Approbation	Nicolas Fréchin	Expert géothermie	Avril 2023	

Résumé non technique

Préalablement à ce dossier, ENGIE Energie Services, enseigne ENGIE Réseaux (nouvellement ENGIE Solutions) a obtenu en date du 5 novembre 2020 une autorisation de recherches de gîte géothermique à basse température dite « Grand Parc Nord » sur le territoire des communes du Chesnay-Rocquencourt, Versailles, Bailly, Marly-le-Roi, Louveciennes, Bougival et La Celle-Saint-Cloud.

ENGIE Energie Services, sous sa marque ENGIE Solutions, souhaite réaliser un projet de géothermie basse température pour verdir les réseaux de certaines communes concernées par l'autorisation dite « Grand Parc Nord ».

Dans ce cadre, ENGIE Energie Services sollicite donc deux demandes d'ouverture de travaux minier (DAOTM) et de permis d'exploitation (PEX) d'un gîte géothermique au Dogger pour deux nouveaux doublets. Le présent dossier sera déposé à cet effet en préfecture des Yvelines et sera soumis à une enquête publique.

Conformément à la réglementation en vigueur, la présente double demande conjointe d'ouverture de travaux minier (DAOTM) et de permis d'exploitation (PEX) permettra le forage et la complétion de deux doublets géothermiques et l'exploitation de ceux-ci pour une durée de 30 ans.

Introduction à la géothermie basse température

La géothermie basse température ou basse enthalpie consiste en l'extraction d'une eau à une température comprise entre 60°C et 85°C, à partir de gisements situés entre 1 500 et 2 500 mètres de profondeur. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires comme le Bassin de Paris. L'exploitation de ce type de géothermie repose sur un fonctionnement en doublet :

- Un forage permet de puiser l'eau à grande profondeur, là où elle est naturellement très chaude,
- Ramenée à la surface du sol, par sa pression naturelle ou à l'aide d'une pompe, l'eau est envoyée par une canalisation étanche à une centrale géothermique,
- La production de chaleur a lieu dans la centrale géothermique, au moyen d'un échangeur de chaleur constitué d'une série de plaques en métal inoxydable (titane) assurant une grande surface d'échange. L'eau issue du sous-sol circule d'un côté, l'eau alimentant les installations de chauffage des immeubles circule de l'autre côté. Il n'y a aucun contact direct entre les deux eaux,
- L'eau provenant du sous-sol est renvoyée en profondeur après avoir cédé une part de sa chaleur,
- Un réseau de chaleur permet d'acheminer l'eau réchauffée après passage dans les échangeurs vers les divers immeubles clients.

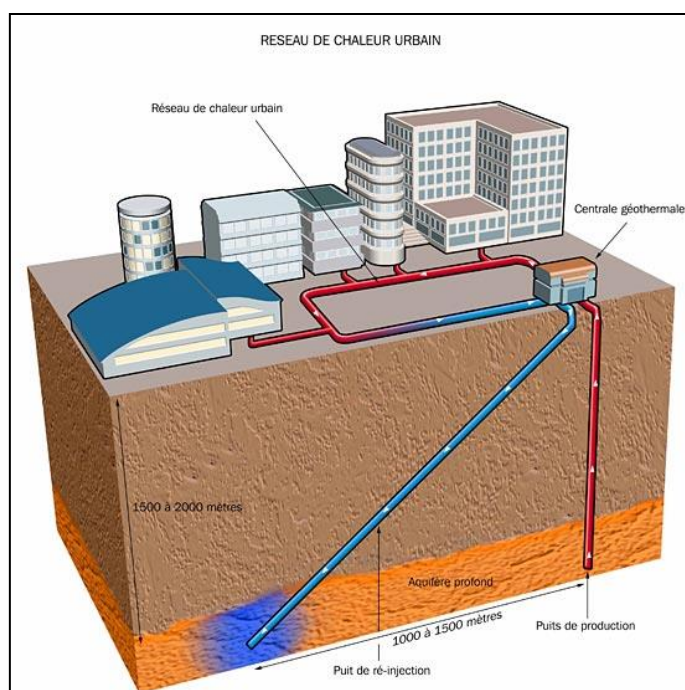


Figure 1 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (source : ADEME/BRGM)

L'Île-de-France est riche d'une cinquantaine d'exploitations géothermiques de ce type, et constitue une région pilote en France (et en Europe). Leurs positions sont rappelées sur la Figure 2.

L'Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG) a édité une étude de marché en 2019 sur la géothermie en France répertoriant 40 réseaux de chaleur exploitant la géothermie au Dogger, sous forme de doublets ou de triplets de forage. Les réseaux de chaleur bénéficiant de la géothermie alimentent près de 210 000 équivalents logements.

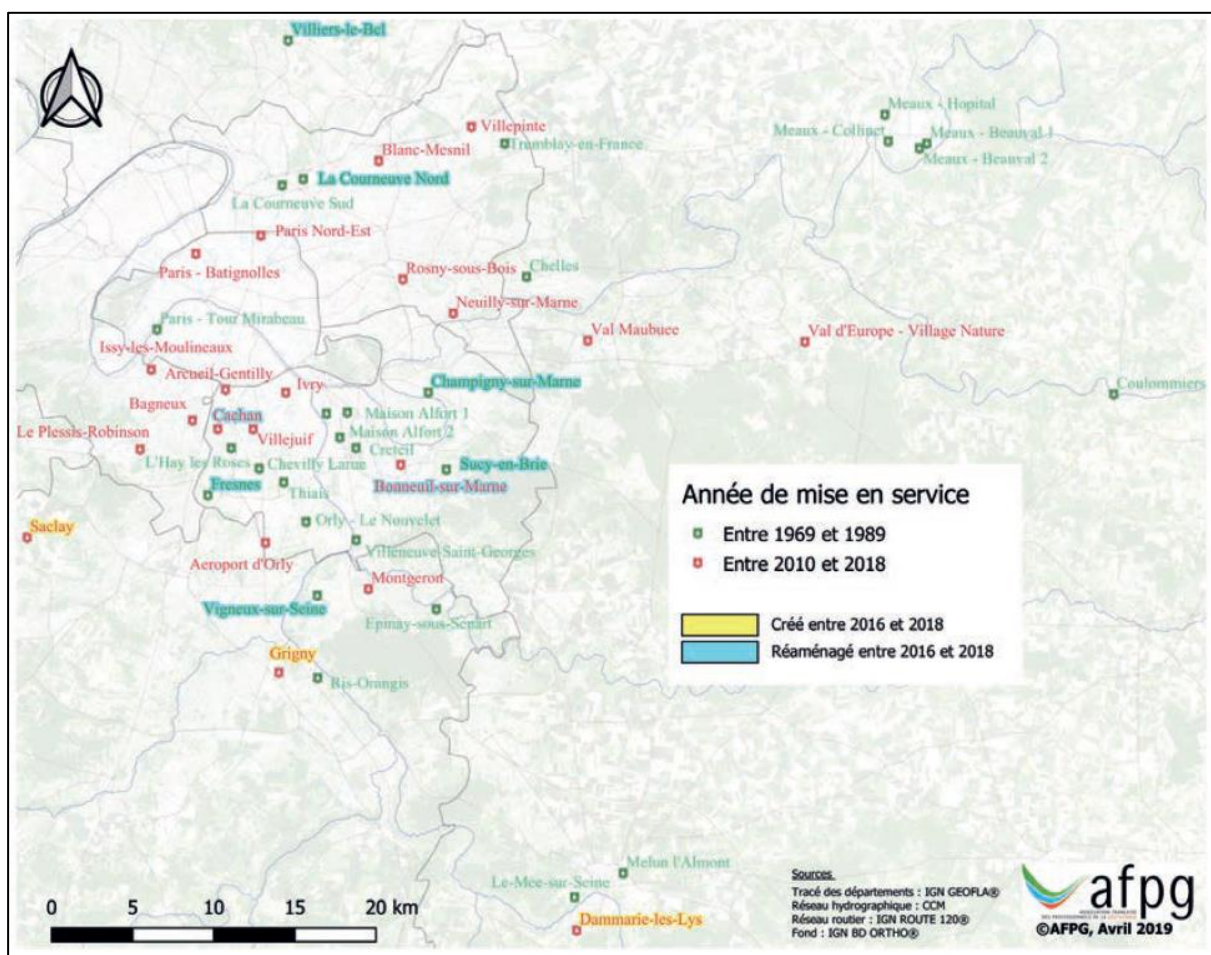


Figure 2 – Réseaux de chaleur géothermiques en Île de France en 2019 (source : étude de marché AFPG 2019)

La DRIEAT met également à disposition du public une carte interactive des réseaux de chaleur en Île-de-France (cf. Figure 3).

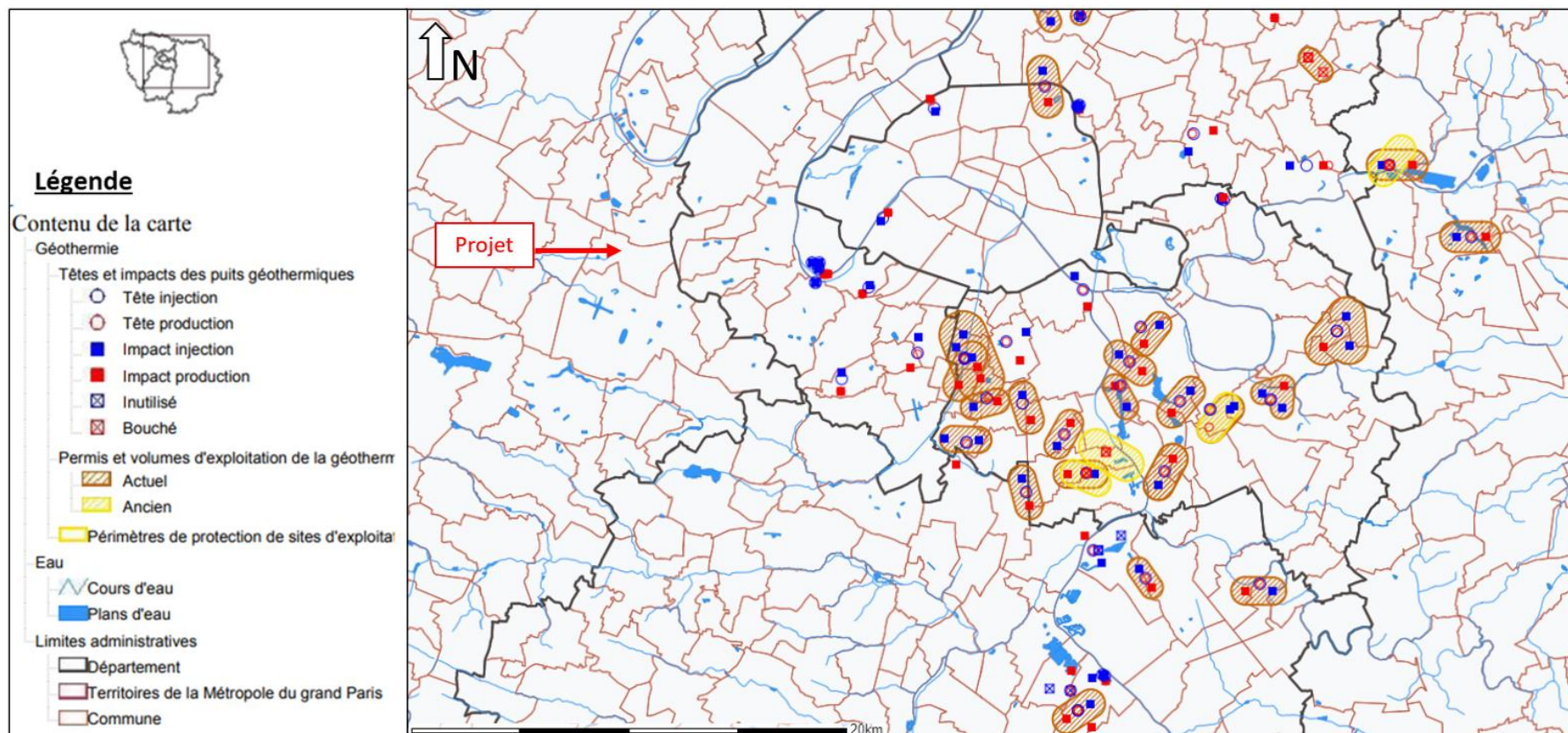


Figure 3 – Forages géothermiques au Dogger en Île-de-France (source : DRIEAT Île-de-France)

Localisation

Les têtes de puits des deux doublets seront implantées sur les boucles ouest et est de la D307 qui rejoint la route de Versailles au nord-ouest de la commune du Chesnay-Rocquencourt (78).

Un bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques sera également construit sur la boucle est.

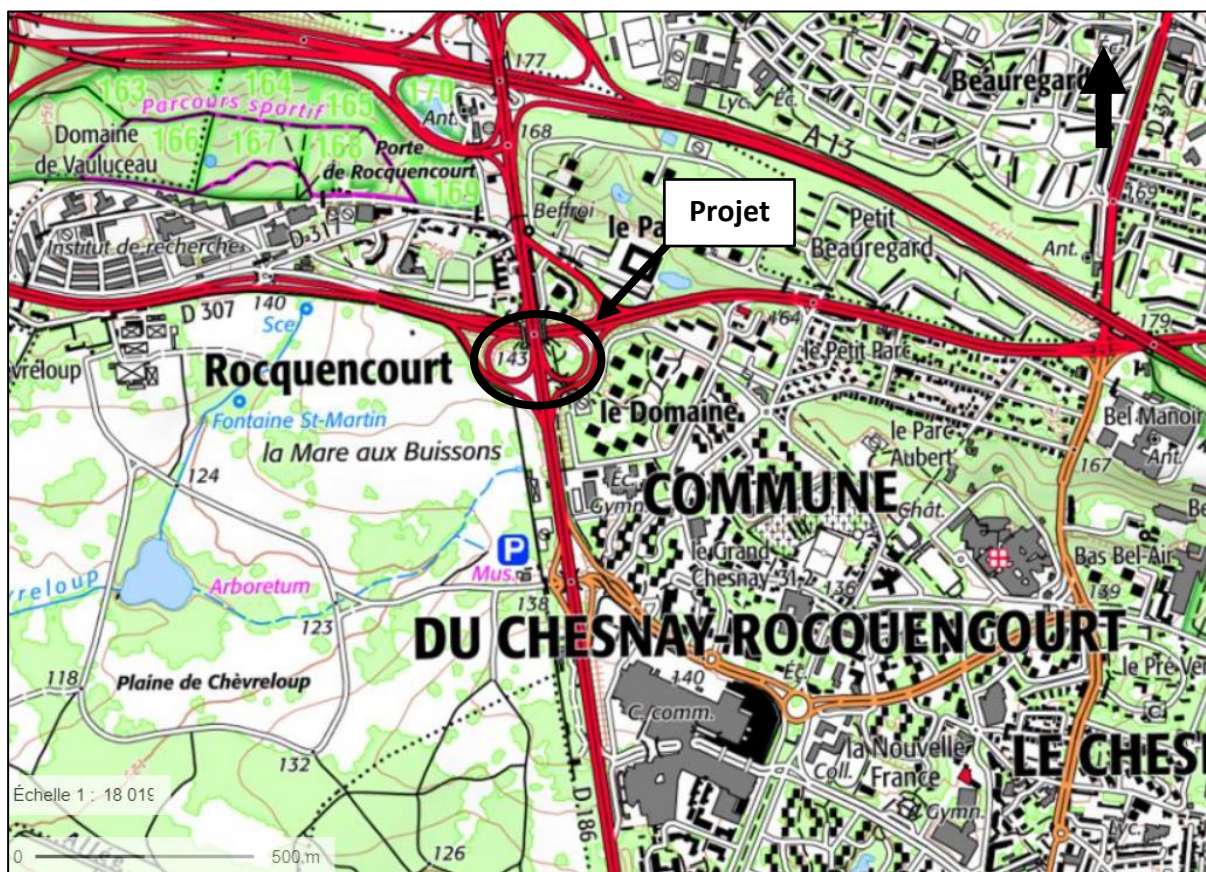


Figure 4 – Zone d'implantation des deux doublets et du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques (Source : www.infoterre.brgm.fr)

Le projet comprend donc deux demandes de permis qui sont visibles sur la figure ci-après.

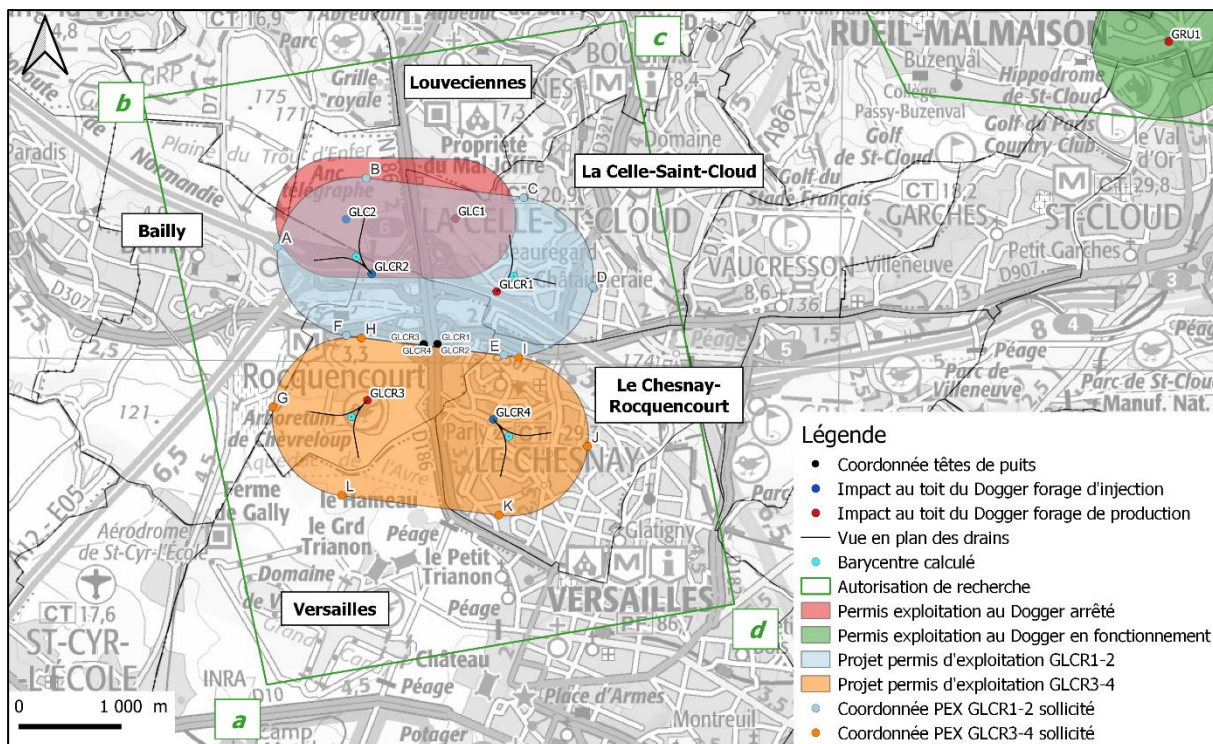


Figure 5 – Permis d'exploitation sollicités pour les demandes n°1 et 2

Les communes concernées par la demande de permis n°1 dit « Grand Parc Nord n°1 » (GLCR1 – GLCR2) sont les suivantes :

- Bailly (Yvelines)
- Louveciennes (Yvelines)
- La Celle-Saint-Cloud (Yvelines)
- Le Chesnay-Rocquencourt (Yvelines)

Les communes concernées par la demande de permis n°2 dit « Grand Parc Nord n°2 » (GLCR3 – GLCR4) sont les suivantes :

- Bailly (Yvelines)
- Le Chesnay-Rocquencourt (Yvelines)
- Versailles (Yvelines)

Travaux de forage projetés

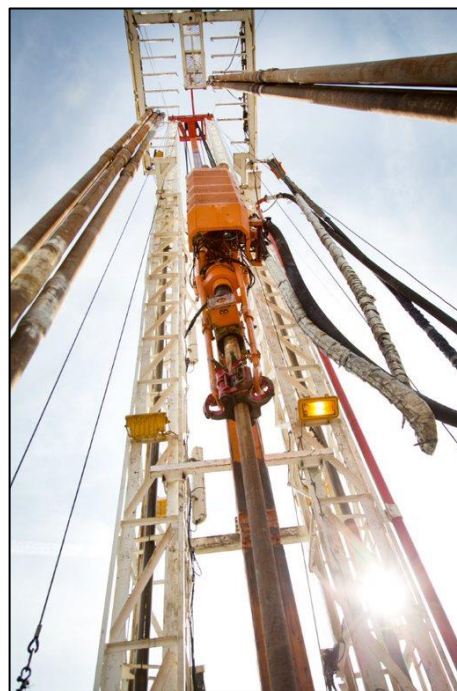


Figure 6 – Exemples d’ateliers de forages géothermiques (Source : ENGIE Solutions)

Les travaux seront réalisés avec un appareil de forage de type pétrolier ayant la capacité de travailler à des profondeurs de l’ordre de 2000 mètres dans un contexte urbain.

Les coupes techniques des futurs ouvrages ont été construites en tenant compte des débits d’exploitation visés (qui conditionnent le diamètre des tubages), des différents aquifères à isoler, et de manière à espacer suffisamment les points d’impact des deux forages au niveau du réservoir (afin de limiter l’impact du recyclage thermique : le fait de pomper de l’eau déjà refroidie par l’exploitation géothermique).

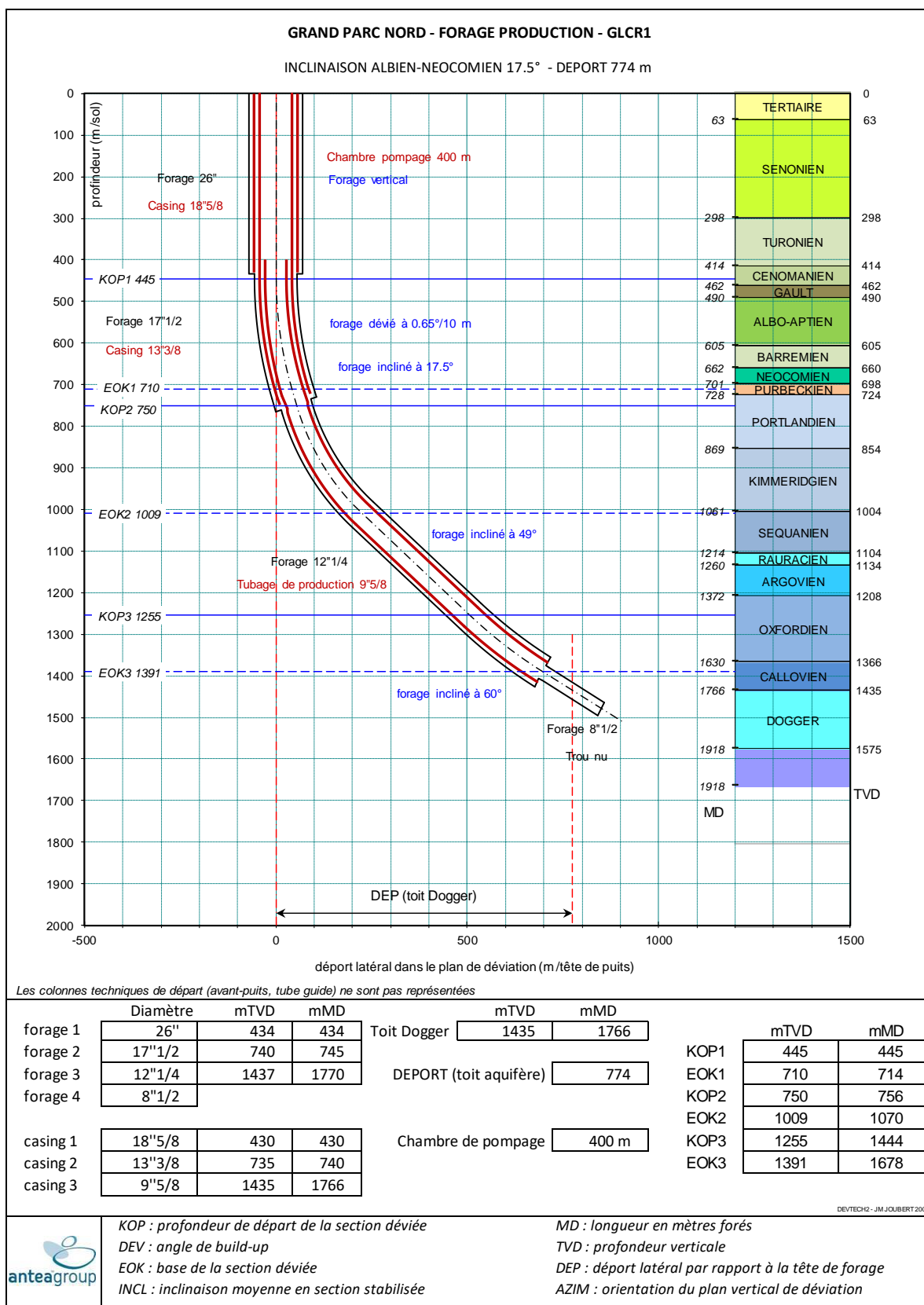


Figure 7 – Coupe prévisionnelle d'un des ouvrages (à titre indicatif)

Une modélisation hydrodynamique et thermique du réservoir du Dogger a été réalisée afin de simuler l'impact sur les niveaux d'eau et l'évolution des températures de l'aquifère. Les principales caractéristiques qui ont été prises en compte dans le dimensionnement du projet géothermique au Dogger pour le projet du Chesnay-Rocquencourt sont les suivantes :

- Température du fluide en surface : moyenne de 60,5°C pour les deux puits de production GLCR1 et GLCR3 ;
- Débit d'exploitation moyen annuel : 272 m³/h pour le doublet GLCR1-2 et 278 m³/h pour le doublet GLCR3-4 ;
- Débit d'exploitation maximal modélisé : 400 m³/h par doublet.

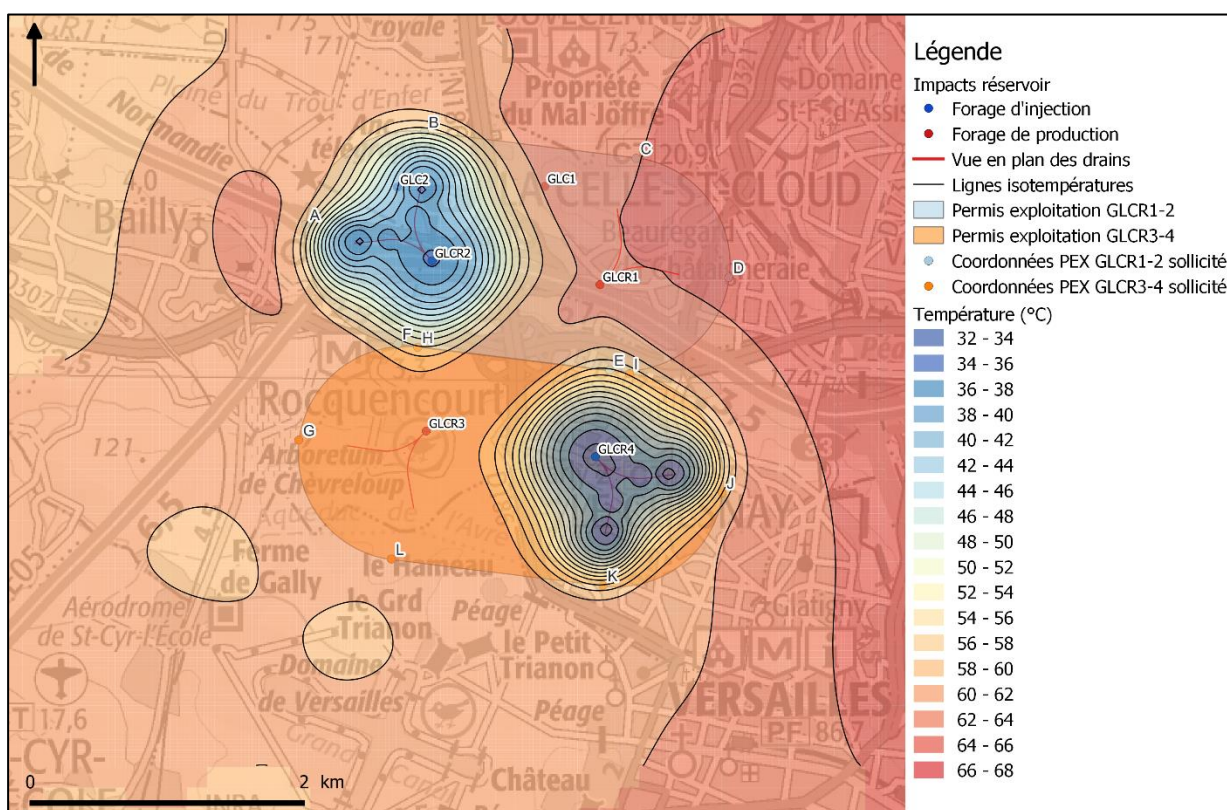


Figure 8 – Panaches de température simulées au niveau des différents puits au Dogger du secteur en 2054

Les résultats des modélisations indiquent un impact très modeste sur les niveaux hydrodynamiques, et nul sur les températures au droit des ouvrages voisins de Vélizy-Villacoublay (doublet le plus proche), Rueil-Malmaison et Meudon.

Evaluation des impacts du projet

Les demandes conjointes d'autorisation de recherche et d'ouverture de travaux minier sont accompagnées d'une étude d'impact environnemental du projet qui concerne les phases de travaux et d'exploitation. L'étude est disponible au chapitre 6.

Tout d'abord, l'analyse de l'état 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.





	Enjeu nul ou négligeable
	Enjeu faible
	Enjeu modéré
	Enjeu fort

Tableau 1 – Synthèse des enjeux du projet principales mesures d'évitement, de réduction et de compensation qui seront mises en œuvre

Thème	Constats	Intensité de l'enjeu
Milieu physique		
Climat	Le site d'étude n'est pas situé dans un environnement de conditions climatiques extrêmes.	Faible
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact. Mesures d'évitement : Contrôle réglementaire des pompes à chaleur, recours à des fluides frigorigènes spécifiques de type HFO (hydrofluoroléfine), interdiction de brûler des déchets sur chantier, ... Mesures de réduction : vitesse de circulation limitée sur le chantier, raccordement électrique potentiel de l'appareil de forage, sensibilisation du personnel aux écogestes du quotidien, ... Mesures de compensation : Sans objet		
Qualité de l'air	Le site d'étude est situé dans un environnement où la qualité de l'air est relativement bonne.	Faible
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact. Mesures d'évitement : Sans objet Mesures de réduction : Vitesse réduite des véhicules, arrosage au besoin des zones de terrassement pour limiter l'envol des poussières, entretiens régulier des engins, injection d'eau de javel pour empêcher la diffusion d'H ₂ S pendant les phases de test en forage, contrat anti-éruption en phase exploitation, utilisation de capteurs H ₂ S et disponibilité de masques à cartouches régénérables par le personnel, équipements ARICO pour le personnel, balisage des sorties d'évacuation d'urgence du chantier, etc ... Mesures de compensation : Sans objet		
Sol et sous-sol	Le site d'étude est situé à une altitude d'environ +143 m NGF (boucle est) et +139 m NGF (boucle ouest) et dans une zone urbanisée présentant de nombreuses structures routières. Aucun site BASOL au droit du projet, le site le plus proche est situé à 1,4 km.	Faible

	Aucun site BASIAS n'est référencé au droit du projet mais plusieurs sites sont situés à moins de 1 km du projet. Le site le plus proche est situé à environ 500 m.	
<p>Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.</p> <p>Mesures d'évitement : Mise en place de bacs de rétention adaptés, de surfaces bâchées bétonnées pour le stockage de produits dangereux, les zones d'activités seront étanches, emploi d'huiles végétales et non polluantes pour le décoffrage du béton, sensibilisation du personnel à la préservation de l'environnement, mise en place d'un séparateur à hydrocarbure sur la plateforme de forage, mise en place des réseaux de chaleur selon les règles de l'art, diagnostic amiante en amont de la phase travaux, vérifications régulières de l'étanchéité des réseaux de collecte des eaux usées et pluviales,...</p> <p>Mesures de réduction : Nettoyage des engins de chantier et des voiries souillées, réutilisation d'une partie des terres excavées lors de la réalisation des tranchées, mise en œuvre d'une procédure d'urgence « pollution », ...</p> <p>Mesures de compensation : Sans objet</p>		
Eaux souterraines	Absence de captage d'eau potable communal.	Faible
<p>Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.</p> <p>Mesures d'évitement : idem que pour les sols et sous-sol, mise en place d'une plateforme en béton hydrofuge empêchant l'infiltration dans le sol, pas d'utilisation de « boue à huile » ...</p> <p>Mesures de réduction : Architectures des puits normées, isolement des aquifères par cimentation des annulaires, contrôle périodique des tubages par diagrapie, mise en place d'une double protection au droit de l'aquifère de l'Albien, formulation de boues de forage spécifiques pour éviter les pertes et contaminations, suivi réglementaire pendant toute la durée de vie des ouvrages, contrat anti-éruption en phase exploitation, ...</p> <p>Mesures de compensation : Sans objet</p>		
Eaux superficielles	La commune est traversée par le ru de Chèvrelop mais il n'est pas présent sur le site du projet. L'aqueduc du Chesnay passe au niveau de la boucle ouest de l'échangeur et au sud de la boucle est. Il traverse donc la zone du projet notamment au niveau de l'implantation du doublet GLCR3 – GLCR4 au niveau de la boucle ouest. Un repérage de l'installation a été réalisé sur site.	Fort
<p>Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.</p> <p>Mesures d'évitement : Aucune boue à l'huile ne sera utilisée en phase forage, les zones d'activités du site seront étanches (goudronnées ou bétonnées), stockage des matières polluantes sur des rétentions adaptées, séparateur d'hydrocarbure et rétention au niveau du point de collecte des eaux de ruissellement avant rejet dans le réseau d'eau pluviale, refroidissement à 30°C des eaux avant rejet dans le réseau public d'assainissement, repérage sur de l'aqueduc du Chesnay et marquage du tracé, etc...</p> <p>Mesures de réduction : Architectures des puits normées, formulation de boues de forage spécifiques pour éviter les pertes et contaminations, suivi réglementaire pendant toute la durée de vie des ouvrages, contrat anti-éruption en phase exploitation, vérification régulière de l'étanchéité des réseaux, ...</p> <p>Mesures de compensation : Sans objet</p>		
Paysage	Site visible depuis les routes d'accès, il est constitué actuellement d'un couvert végétal et de quelques arbres.	Modéré
<p>Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.</p> <p>Mesures d'évitement : Les têtes de puits et les réseaux de chaleur ne seront pas visibles en phase exploitation car enterrés, ...</p> <p>Mesures de réduction : éclairages de nuit dirigés vers le chantier, zones de stockage mise en place à l'intérieur du chantier, maintien de l'état de propreté du chantier, nettoyage régulier des voiries, le style architectural et le choix des matériaux seront en adéquation avec l'environnement de la centrale, la volumétrie du bâtiment sera la plus compacte possible, ...</p> <p>Mesures de compensation : Sans objet</p>		

Risques naturel	Le site d'étude n'est pas concerné par un l'aléa du retrait-gonflement des sols argileux. Zone de sismicité 1 (très faible). Site exempté du risque d'inondation par ruissellement. Commune non soumise à un plan de prévention des risques naturels.	Faible
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact. Mesures d'évitement : Réalisation de sondages géotechniques de reconnaissance, cimentation des tubages, ... Mesures de réduction : Constructions réalisées en respectant les « bonnes pratiques », ... Mesures de compensation : Sans objet		
Milieu naturel		
Espaces naturels et continuités écologiques	Aucun site Natura 2000, PNR, RNR, RNN, APPB, ZICO à proximité du projet. La ZNIEFF la plus proche est située à 1 km du projet. Il s'agit de la Forêt de Marly. L'ENS le plus proche du projet est situé à 2,8 km du projet. Il s'agit du domaine départemental du Haras de Jardy. Le site n'est pas identifié comme une zone humide que ça soit sur critère pédologiques à l'issu de sondages à la tarière, ou sur critères floristiques. Le site n'est pas situé dans un réservoir de biodiversités.	Faible
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact. Mesures d'évitement : Le choix définitif du tracé du réseau de chaleur sera fondé sur la volonté d'éviter les zones à enjeux, évitement dans la mesure du possible d'un ou de plusieurs groupes d'arbres dans l'emprise de travaux avec mise en défense des arbres conservés, optimisation de l'emprise de chantier afin de réduire l'emprise de la zone de travaux, réduction de la plateforme à son minimum au cours de la phase d'exploitation... Mesures de réduction : Remise en état des sols par décompactage profond, ... Mesures de compensation : Mise en œuvre d'un programme de replantation, masse arborée, strate haute et basse et prairie rustique suivant le programme d'un paysagiste.		
Faune, Habitats et flores	Quelques espèces protégées au niveau de la commune. Un inventaire faune, flore a été réalisé en janvier 2023 : il a montré que les sites de forage présentent peu d'enjeux pour la faune, la flore et les habitats.	Faible
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact. Mesures d'évitement : Le choix définitif du tracé du réseau de chaleur sera fondé sur la volonté d'éviter les zones à enjeux, ... Mesures de réduction : Sans objet Mesures de compensation : Mise en œuvre d'un programme de replantation, masse arborée, strate haute et basse et prairie rustique suivant le programme d'un paysagiste.		
Milieu humain		
Caractéristiques socio-économiques	Premières habitations situées à 100 m du doublet GLCR1 – GLCR2 et du bâtiment intégrant les deux centrales de géothermie et à 200 m du doublet GLCR3 – GLCR4. Bureaux et commerce présents dans un rayon de 1 km. Des établissements sensibles sont présents dans un rayon d'1 km (une école maternelle, primaire et un lycée situé à 300, 720 et 910 m, des établissements sportifs à 300, 520 et 730 m, une maison de retraite à 320 m, un centre commercial à 700 m, un hôpital privé à 790 m). Projet localisé au niveau de deux échangeurs entre deux routes départementales. Commune soumise au SAGE de la Mauldre.	Modéré
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.		

Mesures d'évitement : Installations des équipements à l'intérieur du bâtiment de géothermie et respect des dispositions constructives en matière d'acoustiques, travaux du bâtiment intégrant les deux centrales réalisés sur des horaires essentiellement diurnes, ...

Mesures de réduction : Limitation des circulations de véhicules et définition des sens de circulation sur le chantier pour limiter l'usage des avertisseurs de recul, éloignement dans la mesure du possible des équipements et activités bruyantes des riverains, placement des pompes, groupes électrogènes au sein d'un capotage à structure rigide permettant un affaiblissement acoustique, mise en place d'écrans acoustiques d'une hauteur de 6 m et de bâches acoustiques proche des équipements bruyants, aménagement des horaires des tâches bruyantes en fonction des riverains, ...

Mesures de compensation : Sans objet

Réseaux et urbanisme	Canalisation de gaz à proximité. Aqueduc souterrain passant sur la boucle ouest et au sud de la boucle est. Nombreux réseaux présents. Présence de servitudes d'utilités publiques. PLU à modifier.	Fort
----------------------	--	------

Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.

Mesures d'évitement : Consultation des gestionnaires de l'ensemble des réseaux avant les travaux de forage, du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et du réseau de chaleur une fois que son tracé définitif aura été acté, conservation d'un périmètre de protection autour de l'aqueduc sur lequel les appuis de l'appareil de forage ne pourront pas être mis en place, dimensionnement du niveau de la plateforme permettant une bonne répartition des charges temporaires qui s'appliqueront au droit de l'aqueduc, réalisation d'une note de conception pour le matériau d'apport qui recouvrira l'aqueduc pour sa protection, ...

Mesures de réduction : Sans objet

Mesures de compensation : Sans objet

Patrimoine culturel et architectural	Projet situé sur le site inscrit « route royale de Versailles » et à proximité du site classé « Ensemble formé par la plaine de Versailles ». Absence de SPR dans le secteur. Présence d'1 monument historique à proximité. Le projet est situé dans 2 périmètres de protection de monuments historiques « Protection ancien château – Parc de Rocquencourt » et « protection domaine national de Versailles et de Trianon ». Absence de vestiges archéologiques au droit du site. Projet situé dans l'emprise surfacique de la zone tampon de protection du Château de Versailles, patrimoine de l'UNESCO.	Fort
--------------------------------------	--	------

Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.

Mesures d'évitement : Le choix définitif du tracé du futur réseau de chaleur et de ses sous-stations sera fondé sur la volonté d'éviter les zones à enjeux, ...

Mesures de réduction : attention particulière portée à la qualité architecturale et à l'insertion paysagère des installations (avis sollicité de l'Architecte des Bâtiments de France), ...

Mesures de compensation : Sans objet

Transport et circulation	Trafic fort des voies de circulation (A13 : 125 000 véh./jour, RD186 entre 19 548 et 55 003 véh./j selon les portions, D307 : 33 590 véh./jour). Les voies d'accès devront être dimensionnées pour les poids-lourds.	Fort
--------------------------	---	------

Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact.

Mesures d'évitement : Le tracé définitif du réseau de chaleur évitera le plus possible les principaux axes de communication des communes concernées, aménagement du raccordement du site à la route de sorte que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans constituer d'obstacles ou de risques vis-à-vis de la circulation, adaptation des horaires de livraison selon le trafic, ...

Mesures de réduction : Un schéma de circulation des engins sera établi, les projecteurs utilisés de nuit seront orientés de manière à supprimer tout risque d'éblouissement, les engins seront équipés d'éclairage suffisant pour assurer les conditions de sécurité lorsque la luminosité naturelle est insuffisante, mise en place de

panneaux routiers de chantier informant les usagers de la route de la sortie d'engins de chantier, contrôle du stationnement des véhicules aux abords du chantier, ...		
Mesures de compensation : Sans objet		
Commodité du voisinage	Présence de réseaux routiers à proximité. L'indice Lden sur une journée au droit du site est élevé du fait la présence de l'A13 à proximité et de la présence d'autres réseaux routiers. Ambiance sonore modérée à forte respectant les réglementations. Pollution lumineuse importante.	Modéré à fort
Mesures complètes décrites dans l'étude d'impact. Mesures d'évitement : Livraison de matériel uniquement en journée pendant le chantier, respect des dispositions constructives en matière d'acoustique, installation des équipements bruyants à l'intérieur du bâtiment en phase exploitation, ... Mesures de réduction : Recours privilégié au raccordement électrique de l'appareil de forage, capotage du treuil et des pompes, les tâches les plus bruyantes comme les cimentations ne seront pas réalisées de nuit, un point de monitoring sera installé sur le chantier pendant toute la phase travaux de forage, limitation des circulations de véhicules et définition des sens de circulation sur le chantier pour limiter l'usage des avertisseurs de recul, éloignement dans la mesure du possible des équipements et activités bruyantes des riverains, mise en place de panneaux avec bâches acoustiques, aménagement des horaires des tâches bruyantes en fonction des riverains, ... Mesures de compensation : Sans objet		

L'impact sur le milieu environnant des doublets géothermiques, des réseaux et des centrales est peu important : le projet se situe au niveau de boucles de voies rapides et ne présente pas une grande sensibilité floristique ou faunistique. Le projet est en dehors :

- D'un parc naturel régional ou national,
- D'une réserve naturelle ou d'un arrêté de protection de biotope,
- De zone d'intérêt communautaire pour la protection des oiseaux (ZICO),
- De zone Natura 2000 (zones de protection spéciale et sites d'importance communautaire),
- De ZNIEFF 1 et 2 (zones d'intérêt écologique, floristique et faunistique),
- De tout périmètre de protection de captages AEP.

Le site du projet est situé dans le périmètre de protection du Domaine national de Versailles et de Trianon ainsi que dans le périmètre de protection du parc de Rocquencourt.

Des démarches sont engagées vis-à-vis des différents services concernés afin d'établir la recevabilité du projet de géothermie par rapport à ces servitudes.

L'Architecte des Bâtiments de France local est informé du projet afin de mener son analyse et d'en valider la conception globale. L'objectif est de faciliter la compréhension du projet et son acceptabilité de par l'environnement patrimonial exceptionnel du Chesnay-Rocquencourt.

Des mesures spécifiques seront prises pour empêcher tout impact du projet sur les **eaux superficielles et souterraines**. Elles comprendront a minima les précautions suivantes :

- Pendant la phase forage, l'atelier de forage est installé sur une plate-forme qui empêche toute infiltration dans le sol. La plate-forme est construite avec un maillage de caniveaux (notamment autour de la foreuse) en légère pente canalisant les eaux de ruissellement du chantier vers un même point.

- Les cuves de fuel alimentant les moteurs diesel sont munies de cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké.
- Un séparateur à hydrocarbures, ainsi qu'une rétention de 10 m³ seront mis en place au niveau du point de collecte des eaux de ruissellement, avant rejet dans le réseau d'eau pluviale.
- Le rejet de l'eau géothermale dans le réseau public d'assainissement ne se fait qu'après refroidissement à 30°C, après autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques par le concessionnaire du réseau, et établissement d'une convention de rejet. Elle sera finalisée et signée par l'entreprise de forages retenue sur appel d'offres.
- Le refroidissement se fera par plusieurs moyens :
 - Passage dans une tour de refroidissement à convection d'air forcé,
 - Passage dans des bacs de stockage, où se fera un échange thermique avec l'atmosphère,
 - Mélange avec de l'eau du réseau (éventuellement, en dernier recours).
- La boue de forage aura toujours une pression de fond maintenue légèrement inférieure à celles des différentes nappes profondes afin d'éviter toutes pénétrations dans ces aquifères.
- En cas de difficultés liées à un éventuel artésianisme, le puits sera maîtrisé avec une saumure. De plus, le foreur mettra en place un Bloc Obturateur de Puits (BOP) permettant de contrôler le forage en toute circonstance.
- Il ne sera pas utilisé de « boues à l'huile » (contenant des hydrocarbures), qui sont parfois utilisées dans des forages pétroliers, notamment pour éviter l'hydratation de certains bancs argileux ou pour réduire le filtrat.

Pour éviter la mise en communication artificielle des niveaux aquifères entre eux, les horizons aquifères seront isolés par tubages cimentés aux terrains, de façon à éviter toutes communications entre les différentes zones perméables régionalement isolées.

Ainsi, les premiers aquifères, les plus vulnérables vis-à-vis d'éventuelles pollutions de surface seront isolés par un télescopage de deux tubages cimentés aux terrains. L'aquifère sensible de l'Albien et du Néocomien sera également protégé par un double tubage (13 ^{3/8} et 9 ^{5/8}), cimenté sous pression.

Une attention particulière sera accordée aux diverses cimentations, qui sont exécutées par des équipes spécialement entraînées. L'annulaire est calculé pour permettre une parfaite circulation du laitier. La cimentation sera contrôlée par un test d'étanchéité et par des diagraphies spécifiques.

Pour améliorer la protection, il sera mis en place des tubages en acier étiré sans soudure, de nuance K55, assemblés par vissage. En outre, l'épaisseur de ces tubages est choisie de manière à leur assurer une durée de vie prolongée.

La corrosion de la face interne des tubages sera ralentie par l'injection d'un inhibiteur. La permanence du film sera vérifiée en continu au moyen d'une sonde de contrôle rétractable dans la centrale géothermale.

La commune du Chesnay-Rocquencourt fait partie du périmètre du SAGE de la Mauldre. Le SAGE de la Mauldre a été approuvé le 4 janvier 2001 puis mis en révision en 2011 afin de se mettre en conformité avec la loi sur l'eau et le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau Côtiers normands.

Au droit du site, il n'y a aucun risque d'inondation, aucune rivière à proximité et aucune zone humide. Il n'y a donc aucun risque de contamination superficielle de la Mauldre.

Le projet est compatible avec le SAGE de la Mauldre et le SDAGE Seine-Normandie. Une procédure est en cours pour le rendre compatible avec le PLU en vigueur.

Enfin, le projet étant proche d'habitations (situées à une distance comprise entre 100 et 200 m), il nécessitera des mesures d'accompagnement spécifiques liées aux nuisances sonores.

Géothermie et risque sismique

Les essais de mise en service du projet, à Vendenheim (67) ont entraîné des séismes, a priori induits, au cours des années 2019 et 2020 (séismes des 28 octobre et 12 novembre 2019 à Strasbourg, des 4 et 25 décembre 2020 à Vendenheim). Il convient de souligner les différences entre ce projet et celui qui fait l'objet de la présente demande d'autorisation.

➔ La géothermie « profonde de socle » ou « haute température » ou encore « haute énergie »

La géothermie « profonde de socle » ou « haute température » ou encore « haute énergie » vise à exploiter des eaux ayant une température généralement supérieure à 150°C et circulant dans des zones où le contexte géologique permet leur remontée à une relative faible profondeur (de 2000 à 5000 m). L'objectif est alors de produire de l'électricité à partir de la chaleur géothermique. La chaleur résiduelle peut aussi faire l'objet d'une valorisation en surface (principe de la cogénération).

Ce type d'opération relève d'une autorisation ministérielle et est traitée dans le Code Minier, dans la catégorie des opérations de puissance supérieure à 20 MW (20 000 kW).

Cette géothermie s'adresse à des sites où des conditions particulières permettant de disposer dans le sous-sol de fluides circulant à haute température. C'est le cas des contextes volcaniques, des contextes à forte activité tectonique passée ou actuelle (systèmes de failles dans le sous-sol, actives ou inactives) ou des systèmes hydrothermaux à forte profondeur (>3000 m). Très souvent à cette profondeur, les débits circulant dans le sous-sol sont faibles et des techniques consistant à injecter un flux d'eau artificiel dans le sous-sol (supérieur à celui naturellement présent) ont été développées, ces techniques étant appelées EGS pour Enhanced Geothermal Systems (Systèmes Géothermiques Améliorés). Ces systèmes supposent des injections d'eau à des pressions importantes, de l'ordre de 100 bars pour permettre la circulation des fluides dans les failles du sous-sol.

Tous les projets de ce type existants en France se trouvent dans le fossé rhénan. Des permis de recherche ont aussi été déposés dans le Massif Central, la Drôme et la région de Pau, mais aucun ouvrage n'a été réalisé à ce jour dans ces dernières régions. On citera aussi la Guadeloupe où, en association avec le contexte volcanique, des eaux entre 250 et 260 °C sont exploitées à des profondeurs comprises entre 500 et 1000 m (champ de Bouillante).

En Métropole, à la frontière entre la France et l'Allemagne, les opérations de géothermie à haute température actuelles sont liées à l'existence d'une zone tectonique très particulière. En effet, le fossé Rhénan, long de 300 km et large de 35 à 50 km, est constitué de compartiments effondrés (grabens) dans un secteur présentant de nombreuses failles. Il correspond à un rift continental.



Figure 9 – Schéma du fossé rhénan (source : Eduterre)

C'est ce système de failles qui permet la circulation d'eaux très chaudes (températures supérieures à 150°C) à de relativement faibles profondeurs (2000 à 5000 m), et qui explique la localisation des opérations de géothermie profonde dans ce secteur : démonstrateur EGS à Soultz-Sous-Forêts, projet d'Electricité de Strasbourg à Illkirch-Graffenstaden, projets Vendenheim et à Eckbolsheim, projet de l'Usine Roquette à Rittershoffen.

Le fossé rhénan est l'une des régions européennes les plus actives naturellement d'un point de vue sismique. Pour autant, les incidents sismiques constatés à Vendenheim correspondent a priori à une sismicité induite par les essais de production, l'injection d'eau à haute pression dans le système de failles facilitant leur relâchement brutal. Cette sismicité induite est un phénomène qui était attendu - et surveillé -, mais dont l'ampleur connue en décembre 2020 a dépassé les prévisions. On notera que par le passé, les projets de Soultz-Sous-Forêts, Landau et Bruchsal en Allemagne ou encore à Bâle en suisse avaient déjà connu des phénomènes sismiques comparables. Généralement, ces phénomènes sont limités dans le temps et se produisent lors de la période de mise en service du système.

➔ **La géothermie « profonde de bassin » à « faible ou moyenne température » ou encore « basse énergie »**

Ce type de géothermie couvre le domaine allant de 0 à 2000 m de profondeur. Ici, il n'est pas recherché de contexte tectonique particulier et ce sont simplement les aquifères présents dans le sous-sol à plus ou moins grande profondeur qui sont exploités, la température de l'eau souterraine augmentant avec la profondeur (en moyenne de 3°C/100 m en France). L'exemple du bassin de Paris est illustré sur la figure ci-dessous.

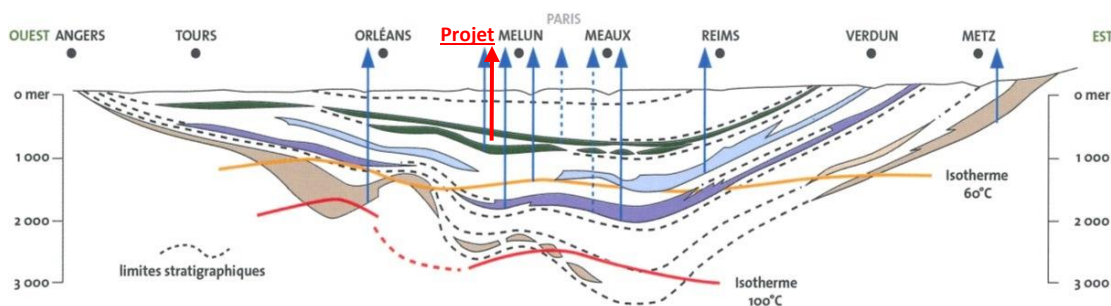


Figure 10 – Schéma du Bassin parisien (source : BRGM).

Ce type d'opérations relève d'une autorisation préfectorale au titre du Code Minier dans la catégorie des opérations de puissance inférieure à 20 MW (20 000 kW).

Dans ce cas, la valorisation en surface est uniquement thermique. Les températures des eaux exploitées dans ces opérations sont comprises entre 15°C et environ 80 °C. Les pressions utilisées pour la réinjection des eaux sont faibles. De nombreux ouvrages fonctionnent simplement par injection gravitaire, à la pression atmosphérique. Toutefois lorsque le niveau de la nappe est élevé, une injection sous pression est nécessaire, mais excède rarement 30 bars.

Les principales opérations existantes sont situées dans les grands bassins sédimentaires (Bassin parisien, bassin aquitain) où l'on peut rencontrer des nappes d'eau souterraine profondes circulant au sein des terrains perméables (sables, calcaires, dolomie), sans que la présence d'un système de failles ne soit nécessaire pour permettre l'écoulement. Cette absence de système faillé, ainsi que les faibles

pressions d'injection utilisées, expliquent qu'aucune sismicité induite n'ait été mise en évidence sur ce type de projets (la géothermie de ce type est exploitée industriellement depuis les années 1970 dans le bassin parisien). Les eaux injectées circulent dans les pores du terrain sans que des phénomènes de réagencement des terrains ne soient produits du fait des faibles forces mises en jeu (pression d'injection limitée).

Actuellement, 47 doublets ou triplets de forages à 1800 m de profondeur exploitent la nappe du Dogger en région parisienne (nappe à environ 70°C, débits supérieurs à 200 m³/h) et une dizaine d'ouvrages en Aquitaine d'une profondeur entre 1000 et 1500 m, existent depuis les années 1980, sans qu'aucun phénomène de sismicité induite n'ait été rapporté.

➔ Conclusion

Ces éléments montrent qu'il est nécessaire de bien faire la différence entre les types de géothermie par rapport au risque de sismicité induite. Si la géothermie à Haute Température est sensible à ce phénomène, ce n'est pas le cas de la géothermie à Basse Température. Les cinquante années de recul disponibles en Île-de-France sur ce type de géothermie apportent une forte garantie en la matière.

Nota : En complément, figure en Annexe 01 le communiqué de presse de l'Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG) qui aborde cette même thématique.

Un mémoire précisant les mesures mises en œuvre et celles envisagées pour connaître la géologie du sous-sol impactée par les travaux et comprendre les phénomènes naturels, notamment sismiques susceptibles d'être activés est disponible en Annexe 02.

Sommaire

1. Objet de la demande	34
2. Description du projet.....	42
2.1. Informations non techniques	42
2.1.1. Renseignements sur le demandeur	42
2.1.2. Maitrise d'œuvre	50
2.1.3. Renseignements sur les auteurs de l'étude d'impact	51
2.1.4. Références réglementaires	52
2.1.5. Justification du projet	55
2.1.6. Etude des besoins de surface.....	56
2.1.7. Budget prévisionnel et financement du projet (Source : ENGIE Solutions)	63
2.1.8. Planning prévisionnel.....	68
2.2. Description du gîte géothermique	70
2.2.1. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du réservoir du Dogger	70
2.2.2. Synthèse sur les propriétés du réservoir	83
2.2.3. Performances prévisionnelles	84
2.3. Description des permis d'exploitation envisagés.....	86
2.3.1. Motivation du choix du site	86
2.3.2. Implantation des forages projetés	86
2.3.3. Description des permis d'exploitations demandés pour deux doublets.....	94
3. Mémoire sur les travaux prévus	99
3.1. Objectifs	99
3.2. Implantation	99
3.3. Emprise du projet	99
3.4. Programmation des phases de travaux.....	100
3.5. Calendriers des travaux.....	100
3.6. Principe du forage pétrolier	101
3.7. Description de l'équipement des forages au Dogger	105
3.7.1. Grand Parc Nord n°1 : Puits de production GLCR1 : coupe technique et géométrie.....	105
3.7.2. Grand Parc Nord n°1 : Puits de production GLCR1 : programme de forage	106
3.7.3. Grand Parc Nord n°1 : Puits d'injection GLCR2 : coupe technique et géométrie	110
3.7.4. Grand Parc Nord n°1 : Puits d'injection GLCR2 : programme de forage	111
3.7.5. Grand Parc Nord n°2 : Puits de production GLCR3 : coupe technique et géométrie.....	115

3.7.6.	Grand Parc Nord n°2 : Puits de production GLCR3 : programme de forage	115
3.7.7.	Grand Parc Nord n°2 : Puits d'injection GLCR4 : coupe technique et géométrique	119
3.7.8.	Grand Parc Nord n°2 : Puits d'injection GLCR4 : programme de forage	119
3.7.9.	Programme des essais et de stimulation du réservoir	123
3.8.	Equipements définitifs	123
3.8.1.	Description des têtes de puits.....	123
3.8.2.	Descriptif de traitement contre la corrosion	126
3.8.3.	Choix du produit inhibiteur de corrosion.....	128
3.8.4.	Dispositif de pompage de production.....	129
3.8.5.	Descriptif des équipements constitutifs de la boucle géothermale	131
3.9.	Ouvrages de génie civil.....	134
3.9.1.	Travaux de terrassement	134
3.9.2.	Equipements des plateformes	134
3.10.	Alimentation du chantier en eau.....	135
3.11.	Forages et opérations annexes	136
3.11.1.	Installation de l'appareil de forage	136
3.11.2.	Activité forage	136
3.11.3.	Activités annexes à l'activité forage.....	143
3.11.4.	Organisation, durée et calendrier des opérations de forage	143
3.11.5.	Le repli de l'appareil de forage	143
3.11.6.	Rapport de fin de forages	143
3.11.7.	Mise en production des ouvrages.....	144
3.12.	Analyse des aléas encourus par le projet.....	144
3.12.1.	Aléas en phase chantier	144
3.12.2.	Aléas en phase d'exploitation	147
3.12.3.	Aléas sismiques	148
3.13.	Mise en place d'un réseau de chaleur.....	149
3.13.1.	Mise en place d'un réseau de chaleur type	149
3.13.2.	Description d'une sous-station type	151
4.	Méthodes d'exploitation envisagées.....	152
4.1.	Installations	152
4.2.	Suivi technique de l'exploitation	154
4.2.1.	L'installation et ses équipements.....	154
4.2.2.	Fluide géothermal	154
4.2.3.	Corrosion.....	155
4.2.4.	Synthèse des contrôles	156

4.3. Modifications.....	157
5. Modélisation numérique du réservoir : Evaluation des interactions des deux nouveaux doublets au Dogger	158
5.1. Modèle conceptuel du réservoir (Dogger)	158
5.1.1. Code de calcul utilisé.....	158
5.1.2. Hypothèses de calcul retenues	158
5.1.3. Extension horizontale du modèle numérique.....	158
5.1.4. Discrétisation horizontale et verticale	159
5.1.5. Conditions hydrauliques initiales	161
5.1.6. Conditions aux limites	161
5.1.7. Perméabilités à l'eau	162
5.1.8. Paramètres thermiques	162
5.1.9. Synthèse – Schéma conceptuel.....	163
5.1.10. Cas spécifique des drains du projet du Chesnay-Rocquencourt	164
5.2. Simulation des évolutions thermiques et hydrodynamiques du secteur passées et futures	166
5.2.1. Conditions thermiques initiales	166
5.2.2. Simulations thermiques de la période 1982 – 2055	167
5.2.3. Principe de la simulation couplée	168
5.3. Scénarii de simulation pour le projet du Chesnay-Rocquencourt	168
5.3.1. Propagation des panaches d'eau froide pour les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement – Scénario 1	169
5.3.2. Evolution des températures aux puits de production pour les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement – Scénario 1	172
5.3.3. Propagation du panache d'eau froide pour un doublet unique en fonctionnement – Scénario 2 et Scénario 3.....	174
5.3.4. Evolution de la température au puits de production pour un doublet unique en fonctionnement – Scénario 2 et Scénario 3	176
5.3.5. Simulation de l'impact hydraulique des nouveaux doublets entre eux.....	178
5.3.6. Simulation de l'impact hydraulique des nouveaux puits sur le doublet actuellement en exploitation de Vélizy-Villacoublay (le plus proche)	180
5.4. Conclusion sur la modélisation numérique du réservoir	181
6. Etude d'impact du projet sur l'environnement.....	182
6.1. Objectif de l'étude d'impact.....	182
6.1.1. Cadre réglementaire : contexte juridique de la présente demande.....	182
6.1.2. Méthode d'évaluation des impacts.....	182
6.1.3. Spécificités liées aux centrales géothermiques et aux réseaux	184
6.2. Analyse de l'état initial du site et de son environnement	187

6.2.1.	Contexte géographique et topographique.....	187
6.2.2.	Contexte climatique	191
6.2.3.	Contexte sur la qualité de l'air	194
6.2.4.	Contexte géologique	197
6.2.5.	Contexte hydrogéologique.....	204
6.2.6.	Contexte hydrographique	215
6.2.7.	Contexte sur la qualité des sols.....	218
6.2.8.	Description du site	222
6.2.9.	Risques naturels	230
6.2.10.	Description de l'environnement naturel.....	232
6.2.11.	Description de l'environnement humain	252
6.2.12.	Risques industriels	254
6.2.13.	Servitudes d'urbanisme	255
6.2.14.	Patrimoine culturel et archéologique	260
6.2.15.	Infrastructures et transports.....	266
6.2.16.	Commodité du voisinage	269
6.2.17.	Situations réglementaires et administratives	279
6.2.18.	Enjeux du site.....	284
6.2.19.	Interrelation entre les milieux.....	286
6.3.	Incidence du projet sur l'environnement.....	287
6.3.1.	Rappel du principe du doublet géothermique	287
6.3.2.	Analyse des effets sur le milieu physique	289
6.3.3.	Analyse des effets sur le milieu naturel	336
6.3.4.	Analyse des effets sur le milieu humain du projet de géothermie	338
6.4.	Analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus	367
6.4.1.	Nouvelle ligne de métro 18 : Aéroport d'Orly > Versailles Chantiers	368
6.4.2.	Création de la ZAC Satory-Ouest à Versailles	369
6.4.3.	Impacts potentiels en fonction de la temporalité des projets	370
7.	Document de santé et de sécurité	371
7.1.	Plan de prévention et de secours.....	371
7.2.	Document de santé et de sécurité afférent aux travaux	372
7.2.1.	Aménagements pour la protection publique	372
7.2.2.	Protection de la santé du personnel sur le chantier	376
7.3.	Document de santé et de sécurité en phase d'exploitation des puits.....	378
7.3.1.	Mesures de sécurité pour la protection publique.....	378
7.3.2.	Mesures de sécurité pour la protection des travailleurs	378
8.	Conditions d'abandon des travaux d'exploitation du gîte géothermique	381

8.1. Remise en état du site	381
8.1.1. Fermeture des puits	381
8.1.2. Remise en état de l'emplacement	381
8.1.3. Coûts de fermeture	382
8.2. Dispositions prises à l'arrêt de l'exploitation géothermique	382

Table des figures

Figure 1 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (source : ADEME/BRGM)	4
Figure 2 – Réseaux de chaleur géothermiques en Île de France en 2019 (source : étude de marché AFPG 2019)	5
Figure 3 – Forages géothermiques au Dogger en Île-de-France (source : DRIEAT Île-de-France)	6
Figure 4 – Zone d'implantation des deux doublets et du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques (Source : www.infoterre.brgm.fr)	7
Figure 5 – Permis d'exploitation sollicités pour les demandes n°1 et 2	8
Figure 6 – Exemples d'ateliers de forages géothermiques (Source : ENGIE Solutions)	9
Figure 7 – Coupe prévisionnelle d'un des ouvrages (à titre indicatif)	10
Figure 8 – Panaches de température simulés au niveau des différents puits au Dogger du secteur en 2054	11
Figure 9 – Schéma du fossé rhénan (source : Eduterre)	19
Figure 10 – Schéma du Bassin parisien (source : BRGM).	20
Figure 11 – Autorisation de recherches obtenue dite " Grand Parc Nord"	34
Figure 12 – Plan de situation générale du projet (Source : www.infoterre.brgm.fr)	38
Figure 13 – Zone d'implantation des deux doublets géothermiques des boucles est et ouest (GLCR1-2 à l'est et GLCR3-4 à l'ouest) et des deux centrales géothermiques (Source : www.geoportail.gouv.fr – ENGIE Solutions)	39
Figure 14 – Implantation chantier doublet GLCR1-GLCR2 – boucle est (Source : SMP)	40
Figure 15 – Implantation chantier doublet GLCR3-GLCR4 – boucle ouest (Source : SMP)	41
Figure 16 - Montage juridique du projet	44
Figure 17 – Sites géothermiques gérés par ENGIE Energie Services en France	47
Figure 18 – Plus de 70 installations de géothermie de surface gérées par ENGIE Solutions	48
Figure 19 – Tracé du réseau de chaleur Parly 2 (réseaux primaire et secondaire) (Source : ENGIE Solutions)	57
Figure 20 – Cartographie globale de la SAS 1 (Source : ENGIE Solutions)	59
Figure 21 – Cartographie globale de la SAS 2 (Source : ENGIE Solutions)	61
Figure 22 - Plafond des aides Fonds Chaleur - Moyens de production EnR&R. (Source : ADEME)	67
Figure 23 – Planning global du projet du Chesnay-Rocquencourt	69
Figure 24 – Transmissivité du Dogger (m ² /s) intégrant le sillon marneux à l'Ouest de l'Île-de-France (Source : www.geothermies.fr)	70
Figure 25 - Points d'impacts au toit du Dogger des forages de production et d'injection des différents doublets les plus proches du projet	72
Figure 26 – Carte de transmissivité du Dogger au droit de l'AR "Grand Parc Nord"	73
Figure 27 – Carte générale de transmissivité (Source : BRGM 30169)	74
Figure 28 – Faciès sismiques identifiés pour le projet de Vélizy-Villacoublay	75
Figure 29 – Faciès sismique dans la zone d'intérêt	76

Figure 30 - Superposition des faciès sismique et du krigeage transmissivité	77
Figure 31 – Carte de profondeur du toit du Dogger (mur du Callovien inférieur)	78
Figure 32 – Corrélation température / profondeur constatée sur 110 forages géothermiques dans le bassin parisien (d’après BRGM 30169)	79
Figure 33 – Carte de température du réservoir du Dogger	80
Figure 34 – Niveaux producteurs observés pour le doublet au Dogger de la Celle-Saint-Cloud	81
Figure 35 – Performances prévisionnelles en production avec une architecture multi-drains dans le secteur du Chesnay-Rocquencourt	84
Figure 36 – Performances prévisionnelles en injection avec une architecture multi-drains dans le secteur du Chesnay-Rocquencourt	85
Figure 37 – Zone d’implantation des deux doublets géothermiques des boucles est et ouest (GLCR1-2 à l’est et GLCR3-4 à l’ouest) et des deux centrales géothermiques (Source : www.geoportail.gouv.fr – ENGIE Solutions)	87
Figure 38 – Implantation prévisionnelle du chantier pour les travaux de forage du doublet GLCR1-GLCR2 – boucle est (Source : SMP)	88
Figure 39 – Implantation prévisionnelle du chantier pour les travaux de forage du doublet GLCR3-GLCR4 – boucle ouest (Source : SMP)	89
Figure 40 – Vues actuelles du site de l’emprise chantier des centrales géothermiques et du premier doublet GLCR1-GLCR2 (boucle est)	90
Figure 41 – Vues actuelles du site de l’emprise chantier du deuxième doublet GLCR3-GLCR4 (boucle ouest)	91
Figure 42 – Localisation des barycentres des niveaux producteurs à la descente et à la remontée pour chaque drain dans un modèle sandwich 3D	92
Figure 43 – Détermination du barycentre global du puits GLCR1 dans un plan unique du modèle sandwich 3D	93
Figure 44 – Périmètre d’exploitation et de recherche envisagé pour la demande « Grand Paris Nord n°1 »	95
Figure 45 - Périmètre d’exploitation et de recherche envisagé pour la demande « Grand Paris Nord n°2 »	97
Figure 46 – Schémas de principe d’un forage de type pétrolier (source documentaire : ADEME/BRGM)	102
Figure 47 – Exemples d’ateliers de forages géothermiques (source documentaire ADEME/BRGM)	103
Figure 48 – Principe de cimentation d’un tubage (source : BRGM)	104
Figure 49 – Coupe technique prévisionnelle du puits de production GLCR1	108
Figure 50 – Trajectoire nominale prévisionnelle du puits de production GLCR1	109
Figure 51 – Coupe technique du puits d’injection GLCR2	113
Figure 52 – Trajectoire nominale du puits d’injection GLCR2	114
Figure 53 - Coupe technique du puits de production GLCR3	117
Figure 54 - Trajectoire nominale du puits de production GLCR3	118
Figure 55 - Coupe technique du puits d'injection GLCR4	121
Figure 56 - Trajectoire nominale du puits d'injection GLCR4	122
Figure 57 – Schéma de principe de la tête du puits de production	124
Figure 58 – Schéma de principe de la tête du puits d’injection	125
Figure 59 – Photo d’un groupe de pompage immergé	129
Figure 60 – Photo de colonne d’exhaure	130
Figure 61 – Coupe schématique du câble d’alimentation de la pompe	130
Figure 62 – Photo du câble d’alimentation de la pompe	130

Figure 63 – Réseau d’eau potable à proximité du site (DT-DICT)	135
Figure 64 – Photo d’un BOP (Hydril) avant montage sur la tête de puits	138
Figure 65 – Schéma type de pose	150
Figure 66 – Exemple de plaque de passage	150
Figure 67 – Exemple d’emprise d’appareil de Work-over sur la parcelle est (Source : SMP)	153
Figure 68 – Extension du modèle numérique du réservoir	159
Figure 69 – Maillage du modèle	160
Figure 70 – Modèle conceptuel et discrétisation verticale adoptée pour le modèle numérique	163
Figure 71 – Vue du dessus des mailles productrices et injectrices pour chaque drain des puits GLCR1-2-3-4	165
Figure 72 – Champ de température simulée en régime permanent (1 ^{ère} couche du réservoir)	167
Figure 73 – Panaches de température simulés en 2023 (couche 8)	170
Figure 74 – Panaches de température simulés en 2024 (couche 8)	171
Figure 75 – Panaches de température simulés en 2054 (couche 8)	172
Figure 76 – Evolution de la température simulée aux puits de production GLCR1 et GLCR3	173
Figure 77 – Panache de température simulé en 2054 avec le doublet GLCR1-2 en fonctionnement (couche 8) – scénario 2	174
Figure 78 – Panache de température simulé en 2054 avec le doublet GLCR3-4 en fonctionnement (couche 8) – scénario 3	175
Figure 79 – Doublet GLCR1-2 en fonctionnement (scénario 2) : évolution de la température simulée au puits de production GLCR1	176
Figure 80 – Doublet GLCR3-4 en fonctionnement (scénario 3) : évolution de la température simulée au puits de production GLCR3	177
Figure 81 – Différence de charge entre les scénarii avec les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement et le doublet GLCR1-2 en fonctionnement à 400 m ³ /h pendant 6 mois	179
Figure 82 – Différence de charge entre les scénarii avec les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement et le doublet GLCR3-4 en fonctionnement à 400 m ³ /h pendant 6 mois	180
Figure 83 – Cartographie globale de la SAS 1 (Source : ENGIE Solutions)	185
Figure 84 – Cartographie globale de la SAS 2 (Source : ENGIE Solutions)	186
Figure 85 – Localisation du site de projet (Source : IGN)	187
Figure 86 – Topographie du territoire de Rocquencourt (Source : PLU commune de Rocquencourt)	188
Figure 87 – Levé topographique de boucle ouest (Source : GTOPO)	189
Figure 88 – Plan de masse du projet – boucle est : implantation du bâtiment intégrant les deux centrales de géothermie et plateforme de forage du doublet GLCR1 – GLCR2 (Source : ENGIE Solution)	190
Figure 89 – Valeurs climatologiques – Températures à Versailles – La Lanterne (période 1991 – 2020) (Source : infoclimat.fr)	191
Figure 90 – Valeurs climatologiques – Précipitations à Versailles – La Lanterne (période 1991 – 2020) (Source : infoclimat.fr)	192
Figure 91 – Rose des vents (Source : PLU Rocquencourt)	193
Figure 92 – Carte de densité de foudroiement en France (Source : Météorage 2011 – 2020)	193
Figure 93 – Qualité de l’air par polluant au Chesnay-Rocquencourt en 2021 (Source : Airparif)	197
Figure 94 – Géologie simplifiée du bassin parisien (Source : Demars, 1994)	198
Figure 95 – Coupe géologique du bassin parisien - Localisation des aquifères (Source : ADEME - BRGM)	198
Figure 96 – Extrait de la carte géologique de Versailles (feuille n°182) au 1/50 000 ^{ème} (Source : infoterre.fr)	200

Figure 97 – Localisation des ouvrages à proximité du site (Source : infoterre.fr)	201
Figure 98 – Coupe du forage BSS000MWNF (Source : infoterre.fr)	202
Figure 99 – Coupe stratigraphique du bassin parisien avec localisation des principaux aquifères (Source : BRGM)	205
Figure 100 – Carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène dans les Yvelines en 1981 (Source : SIGES Seine Normandie)	206
Figure 101 – Carte piézométrique de la nappe du Lutétien hautes eaux en 2014 (Source : SIGES Seine Normandie)	207
Figure 102 – Carte piézométrique de la nappe de l'Yprésien hautes eaux en 2014 (Source : SIGES Seine Normandie)	208
Figure 103 – Localisation de l'ancien puits à l'Albien de l'Arboretum de Chèvreloup (Source : Cahier des Charges de la mission de maîtrise d'œuvre relative aux travaux de fermeture du forage – BRGM)	209
Figure 104 – Localisation des puits à l'Albien à proximité du projet (source : Hydroexpert N°RPP05M003b – 2005)	210
Figure 105 – Forages géothermiques au Dogger et à l'Albien en Île-de-France (source : DRIEAT Île-de-France)	211
Figure 106 – Communes d'Île-de-France comportant un captage d'eau destiné à la consommation humaine (hors captages à l'Albien) (Source : DRIEAT Île-de-France)	212
Figure 107 – Captages et périmètres de protection existant sur le territoire du Chesnay (Source : ARS 78)	213
Figure 108 – Captages et périmètres de protection existant sur le territoire de Rocquencourt (Source : ARS 78)	214
Figure 109 – Réseau hydrographique (Source : Base de données Carthage, Géoportail)	215
Figure 110 – Tracé de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt (Source : Service des fontaines)	216
Figure 111 – Photos de l'état de l'aqueduc réalisée lors d'une visite de site	217
Figure 112 – Localisation des sites et sols pollués BASOL (Source : Géorisques.fr)	218
Figure 113 – Localisation des sites BASIAS à proximité du projet (Source : Géorisques.fr)	220
Figure 114 – Localisation des points de vue autour de la boucle est (Source : google.fr/maps)	223
Figure 115 – Photographies depuis les points de vue identifiés autour de la boucle est (Source : google.fr/maps)	223
Figure 116 – Localisation des points de vue autour de la boucle ouest (Source : google.fr/maps)	225
Figure 117 – Photographies depuis les points de vue identifiés autour de la boucle ouest (Source : google.fr/maps)	225
Figure 118 – Plan d'accès au chantier – boucle ouest – doublet GLCR3-GLCR4 (Source : SMP)	226
Figure 119 – Plan d'accès au chantier – boucle est – doublet GLCR1-GLCR2 (Source : SMP)	227
Figure 120 – Plan d'accès en phase exploitation – boucle ouest : site associé à la maintenance du doublet GLCR3-GLCR4 (Source : ENGIE Solutions)	228
Figure 121 – Plan d'accès en phase exploitation – boucle est : site d'implantation du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et l'emprise associée à la maintenance du doublet GLCR1-GLCR2 (Source : ENGIE Solutions)	229
Figure 122 – Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles (Source : Géorisques.fr)	230
Figure 123 – Zonage sismique de la France (source : planseisme.fr)	232
Figure 124 – Localisation des ZNIEFF à proximité du site étudié (Source : Inventaire National du Patrimoine Naturel)	234
Figure 125 – Carte de localisation des Espaces Naturels Sensibles (ENS) du département des Hauts-de-Seine situés à proximité du projet (Source : Hauts-de-Seine.fr)	237

Figure 126 – Localisation des Parcs naturels régionaux à proximité du site d'étude (Source : Inventaire National du Patrimoine Naturel)	238
Figure 127 – Cartographie des réserves naturelles nationales répertoriées au plus proche du projet (Source : Infoterre)	239
Figure 128 – Identification des enveloppes d'alerte zone humide à proximité du projet (Source : DRIEAT)	243
Figure 129 – Extrait de la carte des composantes de la TVB de la région Île-de-France (Source : SRCE Île-de-France, planche 06 sud-ouest)	245
Figure 130 – Entités paysages de Rocquencourt (Source : Diagnostic état initial environnement – PLU Rocquencourt)	248
Figure 131 – Localisation du Séquoia géant sur le secteur d'étude (Sequoiadendron giganteum) (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingenierie – Annexe 16)	250
Figure 132 – Localisation des principaux ERP (Etablissement recevant du public) à proximité du projet (Source : Géoportail)	253
Figure 133 – Cartes des risques industriels à proximité du site (source : Géorisques.fr)	254
Figure 134 – Plan de zonage de l'ancienne commune de Rocquencourt (Source : P.L.U Rocquencourt)	257
Figure 135 – Extrait du plan des servitudes d'utilité publique de la commune du Chesnay-Rocquencourt (Source : PLU Chesnay-Rocquencourt)	259
Figure 136 – Cartes des sites classés et inscrits à proximité du projet (source : DRIEAT Île-de-France)	261
Figure 137 – Sites patrimoniaux remarquables situés à proximité du projet (Source : Atlas des patrimoines, ministère de la Culture)	262
Figure 138 – Périmètre de protection au titre des abords de monuments historiques - Yvelines (Source : Atlas des patrimoines, ministère de la Culture)	264
Figure 139 - Emprise surfacique des biens et zones tampon des biens classés au patrimoine de l'UNESCO (Source : Atlas des patrimoines, Ministère de la Culture)	265
Figure 140 – Réseau routier à proximité du site du projet (Source : géoportail.gouv.fr)	266
Figure 141 – Extrait de la cartographie des trafics annuels sur les routes Départementales des Yvelines (Source : SIR 2017)	267
Figure 142 – Extrait du plan de transport de la commune du Chesnay-Rocquencourt (Source : Île-de-France Mobilités)	268
Figure 143 – Extrait du plan de transport au droit du site (Source : Île-de-France Mobilités)	268
Figure 144 – Franchissement piétons des routes départementales au droit du projet (Source : PLU de Rocquencourt)	269
Figure 145 – Addition logarithmique des décibels (source : Observatoire du bruit de Paris)	270
Figure 146 – Echelle du bruit (source : ADEME, 2008)	270
Figure 147 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Lden sur une journée complète (Source : https://carto.bruitparif.fr/)	272
Figure 148 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Ln sur la période nuit (Source : https://carto.bruitparif.fr/)	273
Figure 149 – Carte des nuisances sonores sur le territoire de l'ancienne commune de Rocquencourt (Source : PLU de Rocquencourt)	274
Figure 150 – Localisation du projet et des points de mesures (Source : Sixense)	275
Figure 151 – Descriptif des points de mesures (Source : Sixense)	276
Figure 152 – Plage de sensibilité de l'oreille	277
Figure 153 – Carte de pollution lumineuse (Source : avex-asso.org)	278

Figure 154 – Carte des SAGE autour de la zone d'étude (source : https://www.gesteau.fr)	281
Figure 155 – Tracé de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt (Source : Service des fontaines)	283
Figure 156 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (Source : ADEME / BRGM)	288
Figure 157 – Exemple de tour de refroidissement utilisée sur les chantiers de géothermie (Source : SMP)	298
Figure 158 – Etendue de la zone chantier en phase travaux – plateforme boucle ouest (Source : SMP)	310
Figure 159 – Etendue de la zone chantier en phase travaux – plateforme boucle est (Source : SMP)	311
Figure 160 – Photos de deux installations de chantier de forage à Champs-sur-Marne (Novembre 2020) et Vélizy-Villacoublay (Septembre 2021)	312
Figure 161 – Photo aérienne d'une installation de forage à Vélizy-Villacoublay (Septembre 2021)	312
Figure 162 – Vue aérienne en phase exploitation des boucles est et ouest du projet de géothermie	315
Figure 163 – Plan de masse du bâtiment de géothermie et des deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 (Source : ENGIE Solutions)	317
Figure 164 – Boucle est : plan de masse du bâtiment contenant les deux centrales géothermiques (Source : ENGIE Solutions)	318
Figure 165 – Plan de façades du bâtiment contenant les deux centrales géothermiques – élévations nord et sud (Source : ENGIE Solutions)	319
Figure 166 – Plan de façades du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques – élévations est et ouest (Source : ENGIE Solutions)	320
Figure 167 – Insertion paysagère du projet vue n°1 (Source : ENGIE Solutions)	321
Figure 168 – Insertion paysagère du projet vue n°2 (Source : ENGIE Solutions)	322
Figure 169 – Insertion paysagère du projet vue n°3 (Source : ENGIE Solutions)	323
Figure 170 – Vue aérienne du projet angle nord ouest (Source : ENGIE Solutions)	324
Figure 171 – Vue aérienne du projet angle sud est (Source : ENGIE Solutions)	325
Figure 172 – Coupe d'insertion du projet à l'échelle du grand paysage (Source : ENGIE Solutions)	326
Figure 173 – Principes d'aménagement paysager du projet (Source : ENGIE Solutions, janvier 2023)	327
Figure 174 – Parcelle Ouest – Revêtement de sol et infiltration (Source : ENGIE Solutions, janvier 2023)	327
Figure 175 – Coupes d'insertion du projet – Boucle Ouest : altimétrie projet de la plateforme : 140,70 NGF	328
Figure 176 : Parcelle Est – Revêtement de sol et infiltration (source : ENGIE Solutions, janvier 2023)	329
Figure 177 – Coupes d'insertion du projet – Boucle Est : altimétrie projet de la plateforme : 141,90 NGF	329
Figure 178 – Croissance des plantations N+3	330
Figure 179 – Croissance des plantations N+10	330
Figure 180 – Croissance des plantations N+20	331
Figure 181 - Vue du modèle 3D du chantier d'une foreuse type SMP 104 (Source : Sixense)	339
Figure 182 – Carte de bruit du chantier en dB(A) sans optimisation acoustique, calcul à h=1,5 m du sol	340
Figure 183 – Carte de bruit du chantier en dB(A) avec optimisations acoustiques, calcul à h=1,5 m du sol	341
Figure 184 - Vue du modèle 3D du chantier d'une foreuse type SMP 104 (Source : Sixense)	342

Figure 185 – Carte de bruit du chantier en dB(A) sans optimisation acoustique, calcul à h=1,5 m du sol	344
Figure 186 – Carte de bruit du chantier en dB(A) avec optimisations acoustiques, calcul à h=1,5 m du sol	345
Figure 187 – Mur acoustique modélisé pour le premier doublet GLCR1-2 (Source : Sixense)	347
Figure 188 – Mur acoustique modélisé pour le deuxième doublet GLCR3-4 (Source : Sixense)	347
Figure 189 – Illustration d'un mur acoustique type qui pourrait être mis en place pour le projet du Chesnay-Rocquencourt (Source : ENGIE Solutions)	348
Figure 190 – Tracé de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt (Source : Service des fontaines)	363
Figure 191 – Schéma de la dalle béton mise en place pour la mise en protection de l'aqueduc (Source : Sodeba Ginko)	364
Figure 192 – Plan d'implantation de la dalle béton au-dessus de l'aqueduc (Source : Sodeba Ginko)	365
Figure 193 – Plan du projet Métro 18 (Source : ildefrance-mobilité.fr)	368
Figure 194 – Plan directeur (Source : Avis autorité environnementale)	369

Table des tableaux

Tableau 1 – Synthèse des enjeux du projet principales mesures d'évitement, de réduction et de compensation qui seront mises en œuvre	12
Tableau 2 – Coordonnées des sommets délimitant l'autorisation de recherches dite « Grand Parc Nord »	34
Tableau 3 – Livraisons de chaleur annuelles sur le réseau existant (Source : ENGIE Solutions)	57
Tableau 4 – Principales caractéristiques des deux doublets projetés GLCR1-GLCR2 et GLCR3-GLCR4	92
Tableau 5 – Futur périmètre d'exploitation de Grand Parc Nord n°1 (GLCR1-GLCR2)	94
Tableau 6 – Futur périmètre d'exploitation de Grand Parc Nord n°2 (GLCR3-GLCR4)	96
Tableau 7 - Descriptif des équipements de la boucle géothermale du doublet du projet du Chesnay-Rocquencourt	133
Tableau 8 - Niveaux à risques de pertes de boue ou venues d'eau	145
Tableau 9 – Synthèse des contrôles effectués en phase d'exploitation et de leur fréquence	156
Tableau 10 – Exploitations géothermiques intégrées au modèle	159
Tableau 11 – Modélisation de la répartition du débit exploité dans les drains du forage de production GLCR1	164
Tableau 12 – Débits d'exploitation moyens annuels avec les doublets GLCR1-2-3-4 en exploitation (scénario 1)	168
Tableau 13 – Débit d'exploitation moyen annuel avec uniquement doublet GLCR1-2 en exploitation (scénario 2)	169
Tableau 14 – Débit d'exploitation moyen annuel avec uniquement doublet GLCR3-4 en exploitation (scénario 3)	169
Tableau 15 – Services administratifs consultés dans le cadre de l'étude d'impact	183
Tableau 16 – Caractéristiques des ouvrages à proximité du site (Source : infoterre.fr)	201
Tableau 17 – Litho stratigraphie et profondeurs verticales des formations géologiques jusqu'au Dogger pour une altitude de sol de + 139 m NGF	203
Tableau 18 – Liste des sols pollués BASOL dans un rayon de 5 km autour du site du projet (Source : Géorisques.fr)	219

Tableau 19 – Liste des sites inventoriés dans la base de données BASIAS situés dans un rayon de 1 km (Source : Géorisques.fr)	221
Tableau 20 – Classification des zones humides de l’Île-de-France (Source : DRIEAT)	242
Tableau 21 – Synthèse des enjeux écologiques associés à la faune de la zone d’étude en période hivernale (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingenierie – Annexe 16)	247
Tableau 22 – Espèces identifiées au sein de la zone d’étude (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingenierie – Annexe 16)	249
Tableau 23 – Synthèse des enjeux écologiques associés à la flore et aux habitats dans la zone d’étude en période hivernale (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingenierie – Annexe 16)	251
Tableau 24 – Liste des monuments historiques situés sur les communes voisines du Chesnay-Rocquencourt	263
Tableau 25 – Niveaux sonores et effet critique pour la santé (source : OMS)	270
Tableau 26 – Classement sonore des réseaux routier et ferroviaire à grande vitesse (Source : PLU Rocquencourt)	273
Tableau 27 – Niveau de bruit résiduel mesuré (Etat initial) (Source : Sixense)	276
Tableau 28 – Synthèse des enjeux du projet	284
Tableau 29 – Opérations de maintenance lors de l’exploitation d’un doublet géothermique type	350
Tableau 30 – Fréquences d’intervention sur les forages géothermiques	362

1. Objet de la demande

Préalablement à ce dossier, ENGIE Energie Services, enseigne ENGIE Réseaux (nouvellement ENGIE Solutions) a obtenu en date du 5 novembre 2020 une autorisation de recherches de gîte géothermique à basse température dite « Grand Parc Nord » (cf. Figure 11).

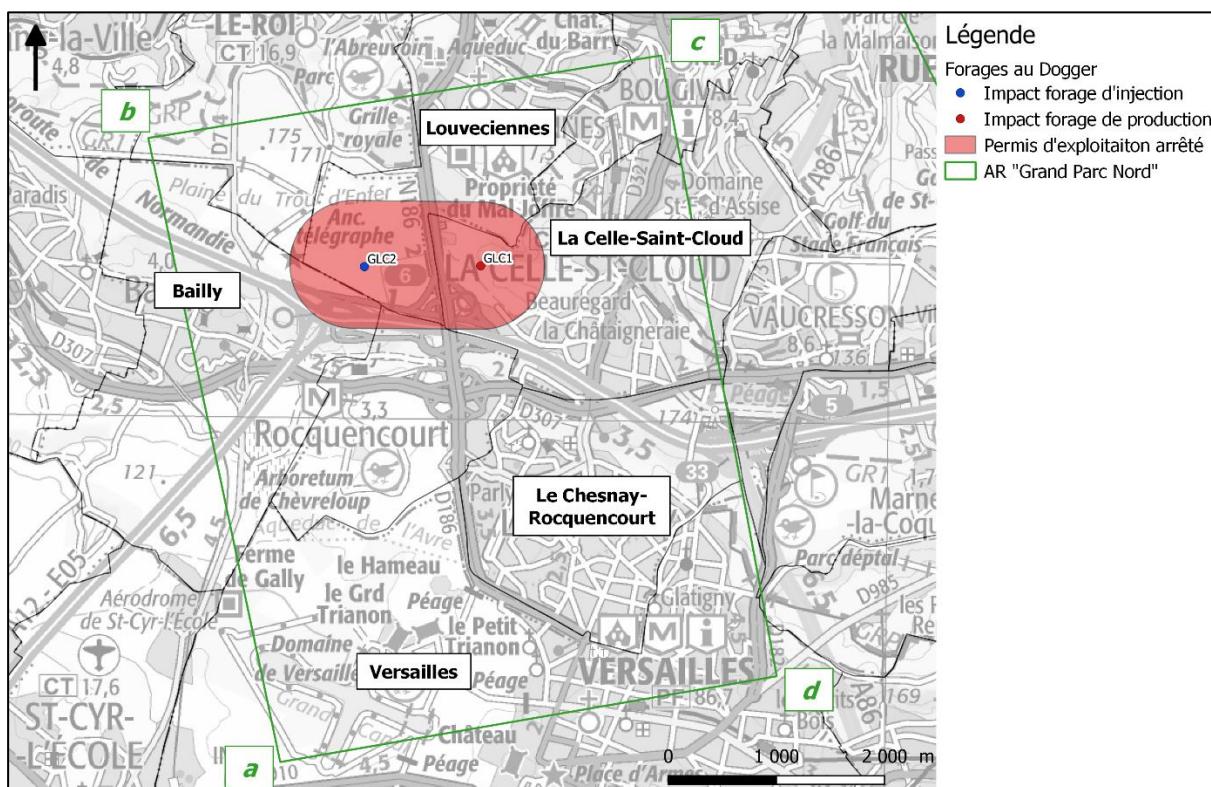


Figure 11 – Autorisation de recherches obtenue dite " Grand Parc Nord"

Les coordonnées en Lambert 93 des sommets de l'autorisation de recherches dite « Grand Parc Nord » sont disponibles dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Coordonnées des sommets délimitant l'autorisation de recherches dite « Grand Parc Nord »

Sommet	X (Lambert 93)	Y (Lambert 93)
Sud-Ouest : a	633 207	6 856 458
Nord-Ouest : b	631 987	6 862 219
Nord-Est : c	636 730	6 862 981
Sud-Est : d	637 799	6 857 250

Le présent dossier regroupe quatre demandes :

- Deux **demandes d'ouverture de travaux minier (DAOTM)** portant chacune sur un doublet géothermique au Dogger, constitué de deux forages déviés, dédiés au pompage (puits producteur) et à la réinjection (puits injecteur) du fluide géothermal.
- Deux **demandes de permis d'exploitation** portant chacune sur un doublet au Dogger.

L'Arrêté Préfectoral n°78-2020-11-05-006 accordait pour une durée de 3 ans une autorisation de recherches dite « Grand Parc Nord » sur le territoire des communes du Chesnay-Rocquencourt, Versailles, Bailly, Marly-le-Roi, Louveciennes, Bougival et La Celle-Saint-Cloud dans le département des Yvelines (78), à la société ENGIE Energie Services, enseigne ENGIE Réseaux (nouvellement ENGIE Solutions). L'Arrêté Préfectoral en question est disponible en Annexe 03.

Pour décider de la réalisation des forages et des demandes d'ouverture de travaux minier associés, cette période de 3 ans devait permettre de réaliser le programme de recherches suivant qui se décompose en quatre grandes thématiques :

- Programme étude sous-sol :
 - Etudes géologiques et horizons producteurs ;
 - Conception des forages et programme de travaux ;
 - Solutions de repli et d'abandon ;
- Programme étude énergie surface :
 - Conception du réseau de chaleur et potentiel client ;
 - Adéquation ressources géologique et besoins énergétiques ;
 - Conception de la boucle géothermale ;
- Programme étude environnement :
 - Implantation des forages ;
 - Sécurité des ouvrages et réduction des nuisances environnementales des travaux ;
 - Etudes d'impacts environnementales ;
 - Analyse des impacts sur les ressources en eaux ;
- Programme juridique et financier :
 - Etude juridique ;
 - Montage financier.

Dans ce cadre, les différentes études menées depuis 2020 ont permis de valider l'opportunité des deux opérations de géothermie au Dogger et conduisent donc à la rédaction de ce dossier de demande d'ouverture de travaux minier.

A date, les dépenses engagées sur le projet s'élèvent à 295 k€ (dépenses externes) incluant les coûts liés au dossier de dépôt des DAOTM-PEX (études de faisabilité, interprétation sismique, architecture des puits, modélisation, étude sur la conception des centrales géothermiques, modélisation du réseau, contraintes de la plateforme, insertion paysagère et patrimoniale...) et 205 k€ en dépenses internes intégrant la gestion du chef de projet, la conception-chiffrage, du projet et la synthèse / accompagnement géosciences, soit un total de 500 k€ qui démontre tout l'engagement financier d'ENGIE Energie Services pour l'obtention des DAOTM-PEX de ce projet (cf. tableau ci-après).

Engagement financier du demandeur	Coûts prévisionnels (études internes)	Coûts prévisionnels (sous-traitance)	Coûts réels (études internes)	Coûts réels (sous-traitance)
Justifications techniques ARBT				
Pré faisabilité Géothermie (déjà réalisée)	10	20	10	20
1. Programme Etude Sous-Sol (ESS)				
Axe 1: Connaissance Géologique et RETEX	5	26	5	25
Axe 2 : Retraitement Lignes Sismiques Anciennes	2	95	2	77
Axe 3 : Modélisation du réservoir	1	10	1	10
Axe 4 : Architecture puits	5	27	5	25
dépenses liées au 2eme projet : mise à jour modèles et architectures				10
Sous-total sous-sol	13	158	13	147
2. Programme Etude Energie Surface (ES)				
Axe 1: Définition des besoins énergétique et des Clients	25	—	35	
Axe 2: Modélisation d'un réseau de chaleur & Appoint	10	25	10	10
Axe 3 :Adéquation ressources et besoins	5	2	5	2
Axe 4: Etude sur la conception de la boucle géothermale	5	5	5	5
ETUDES DES CENTRALES				54
Sous-total surface	45	32	55	71
3. Programme Etudes Environnement (EE)				
Axe 1: Implantation du site yc Etudes foncières terrain	10	16	10	18
Axe 2 : Acceptabilité et plan de rencontre	10	1	10	
Axe 3 : Etude d' Impacts sur l'Environnement	3	12	3	12
Axe 4 : Santé et sécurité du Chantier	4	1	4	1
insertion paysagère				11
Sous-total environnement	27	30	27	42
4. Programme Juridique et Financier				
Axe 1: Etude juridique	20	20	20	20
Axe 2: Optimisation économique & financière	50		70	
Axe 3: Création de la société Production ENR	10	15	10	15
Sous-total juridique et financier	80	35	100	35
Total interne et externe en k€	175	255	205	295
TOTAL Global en k€		430		500
Coûts déjà engagés en 2018 en k€	30			

La situation générale du projet est présentée en Figure 12. La commune du Chesnay-Rocquencourt est située dans le département des Yvelines à environ 10 km à l'ouest de Paris.

Le site est implanté dans le périmètre de l'échangeur entre la départementale D307 et la départementale D186. Plus précisément :

- La boucle est accueillera le bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques semi-enterrées indépendantes ainsi que le premier doublet de forage GLCR1-GLCR2 ;
- La boucle ouest accueillera le deuxième doublet de forage GLCR3-GLCR4.

Le chantier de la boucle est en phase forage pour le premier doublet GLCR1-GLCR2 occupera une surface d'environ 4000 m² (cf. Figure 14).

Le chantier de la boucle ouest en phase forage pour le deuxième doublet GLCR3-GLCR4 occupera une surface d'environ 4400 m² (cf. Figure 15).

Le bâtiment d'environ 750 m² intégrant les deux futures centrales géothermiques sera construit sur la boucle est de l'échangeur (cf. Figure 13).

In fine, pour chaque doublet, un accès sera conservé à un terrain d'environ 1450 m², centré sur les têtes de puits, pour permettre l'entretien de ces ouvrages.

Ce dossier intègre les dossiers de demande de permis d'exploitation de deux nouveaux doublets.

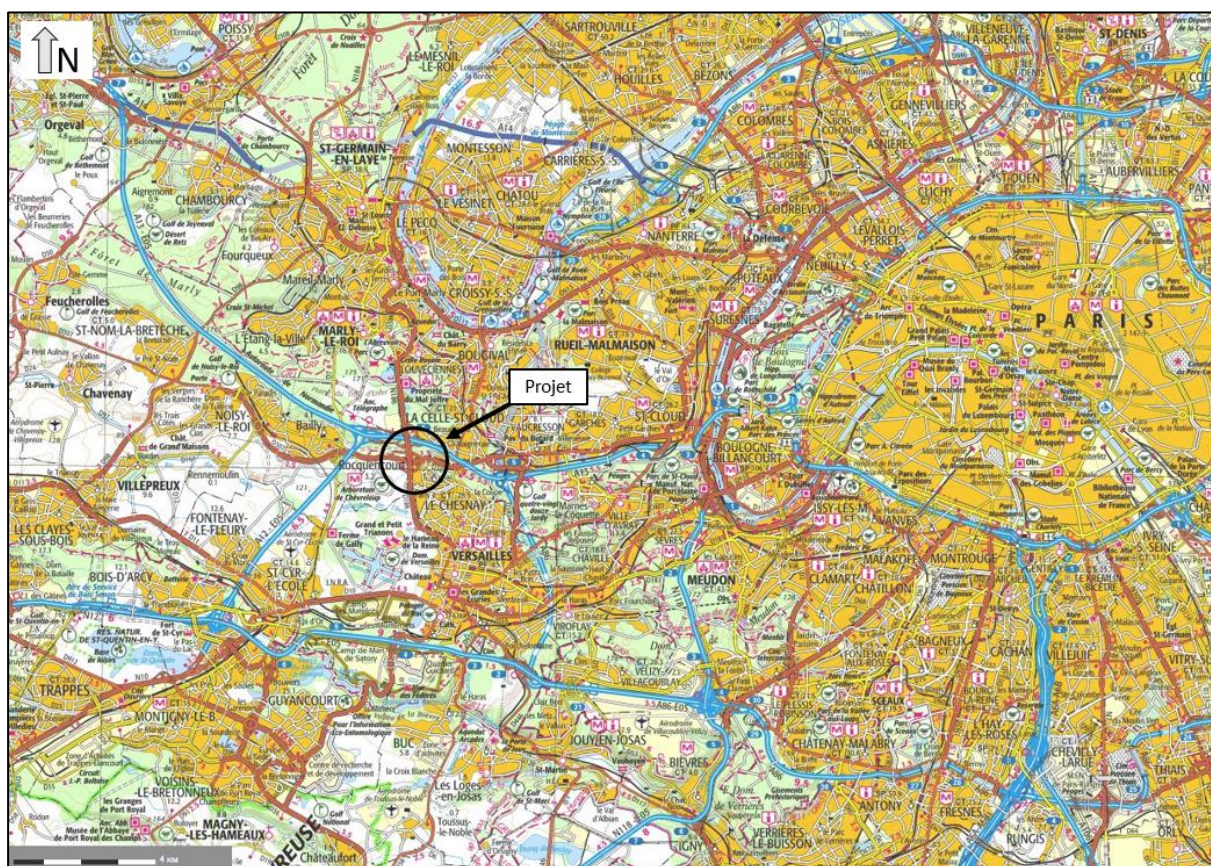


Figure 12 – Plan de situation générale du projet (Source : www.infoterre.brgm.fr)

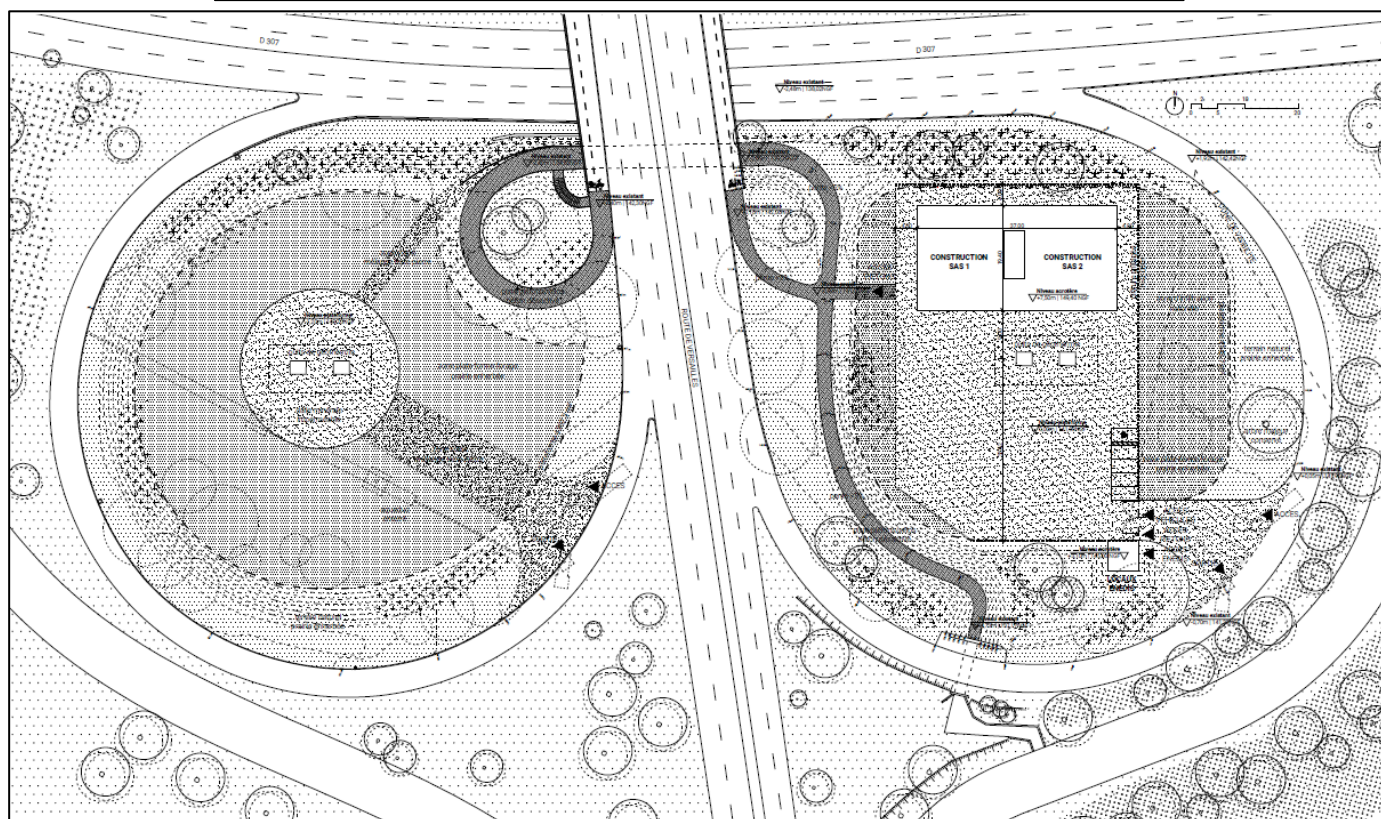
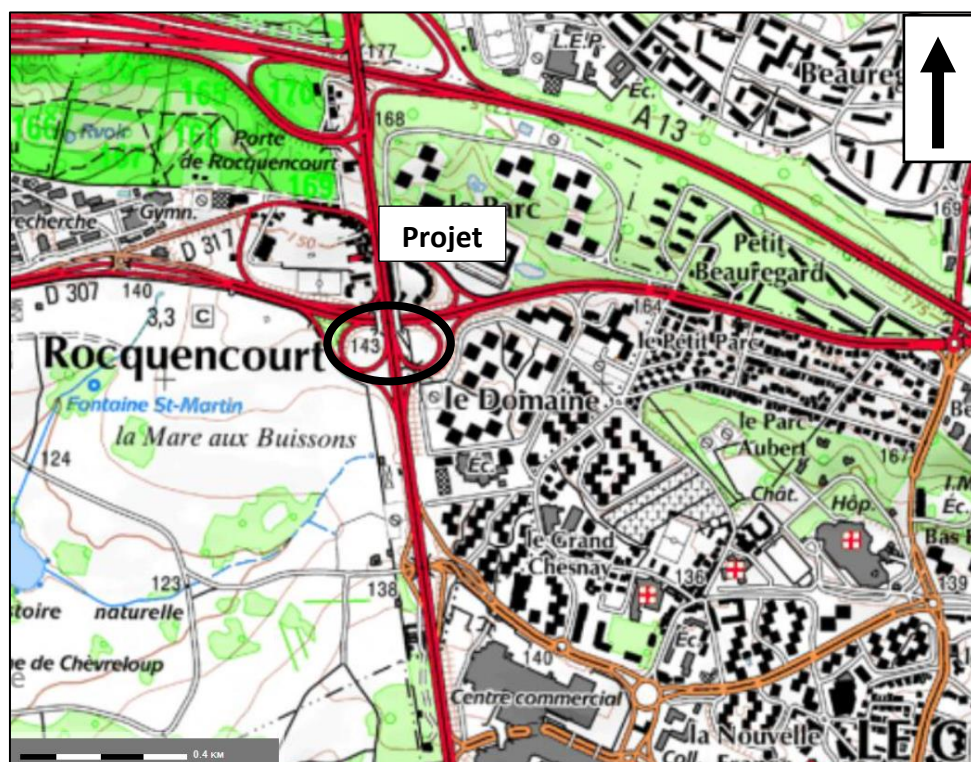


Figure 13 – Zone d'implantation des deux doublets géothermiques des boucles est et ouest (GLCR1-2 à l'est et GLCR3-4 à l'ouest) et des deux centrales géothermiques (Source : www.geoportail.gouv.fr – ENGIE Solutions)

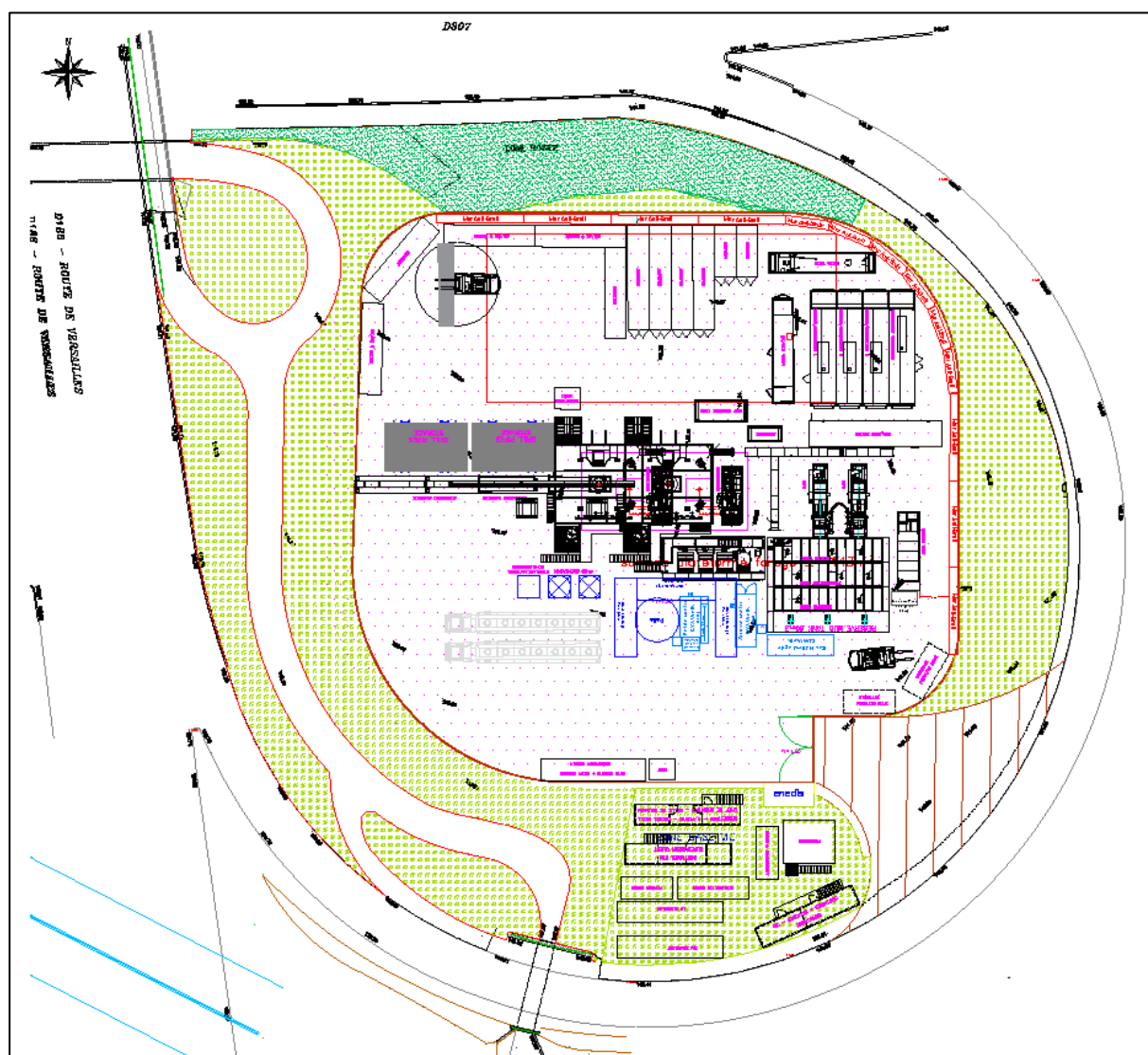


Figure 14 – Implantation chantier doublet GLCR1-GLCR2 – boucle est (Source : SMP)

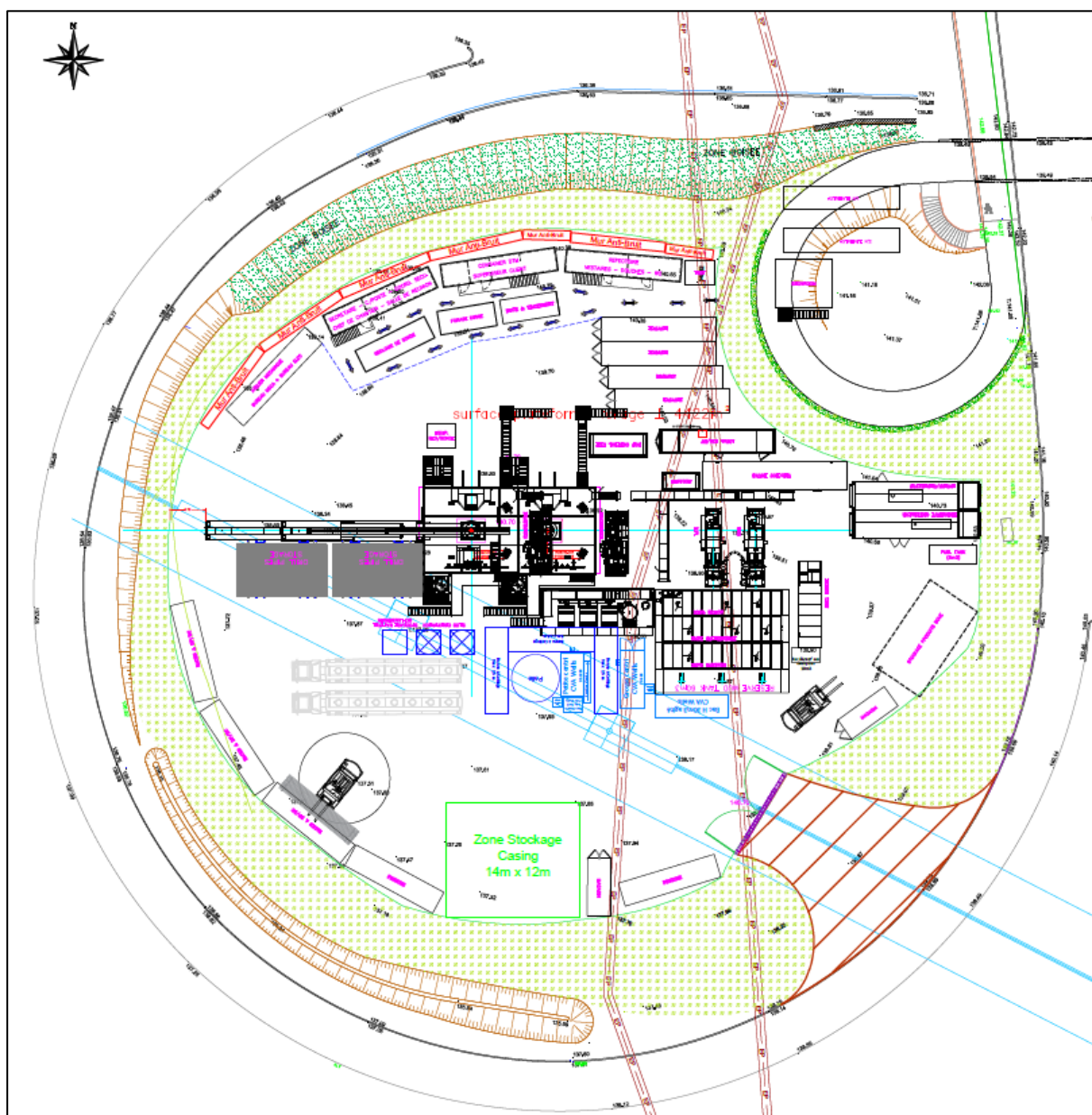


Figure 15 – Implantation chantier doublet GLCR3-GLCR4 – boucle ouest (Source : SMP)

2. Description du projet

2.1. Informations non techniques

2.1.1. Renseignements sur le demandeur

Le maître d'ouvrage et demandeur de la demande conjointe d'ouverture des travaux minier et du permis d'exploitation est ENGIE Energie Services (titulaire de l'autorisation de recherche) sous sa marque ENGIE Solutions, filiale d'ENGIE, pour la production et la distribution de chaleur (avec accord de la commune du Chesnay-Rocquencourt).

2.1.1.1. Qualité du Maître d'Ouvrage

Spécialiste des réseaux de chaleur, ENGIE Energie Services développe, via sa marque ENGIE Solutions, son expertise dans la production et la distribution locale d'énergies renouvelables et de récupération.

ENGIE Energie Services est l'allié durable de ses clients sur la voie de la décarbonation. Elle propose des sources énergétiques et des infrastructures à tous les acteurs, quelle que soit l'échelle, du bâtiment au site industriel, du quartier à la ville.

ENGIE Energie Services conçoit, finance, construit et exploite des réseaux de chaleur et de froid. Partenaire des collectivités, elle accompagne ses clients dans la mise en œuvre de leur transition énergétique en proposant des solutions performantes dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique ; près de 50% de l'énergie distribuée est d'origine locale et renouvelable.

ENGIE Energie Services gère 127 réseaux de chaleur et de froid en France, et compte plus de 15 000 collaborateurs pour un chiffre d'affaires de plus de 5 MDS€.

Depuis le 1er janvier 2020, ENGIE Solutions rassemble sous une marque commerciale unique, toutes les activités de services BtoB du Groupe en France (auparavant ENGIE Réseaux, ENGIE Cofely, ENGIE Ineo, ENGIE Axima et ENDEL).

Une présentation générale d'ENGIE Solutions est disponible en Annexe 04. Une présentation des engagements et missions d'ENGIE Solutions est disponible en Annexe 05.

ENGIE Solutions permet d'accélérer la stratégie du groupe ENGIE pour accompagner ses clients dans leur transition zéro carbone en leur apportant une vision globale et des solutions sur mesure et clés en main. ENGIE Solutions s'engage à leurs côtés pour concilier performance économique et environnementale, avec une garantie de qualité, de coûts et de délais. ENGIE Solutions s'engage en prenant des risques pour ses clients au service de leurs engagements environnementaux.

Le siège social d'ENGIE Energie Services se situe :

Tour T1
1 Place Samuel de Champlain-Faubourg de l'Arche
92930 Paris La Défense

Le directeur du Territoire Ile-de-France et Ouest (ENGIE Solutions Grandes Infrastructures et Mobilité) est :

Jean-Christophe ALLUE

Le maître d'ouvrage et demandeur de l'autorisation de recherche, de la demande d'ouverture des travaux minier et de la demande de permis d'exploiter est ENGIE Energie Services.

2.1.1.2. Philosophie du projet et schéma juridique

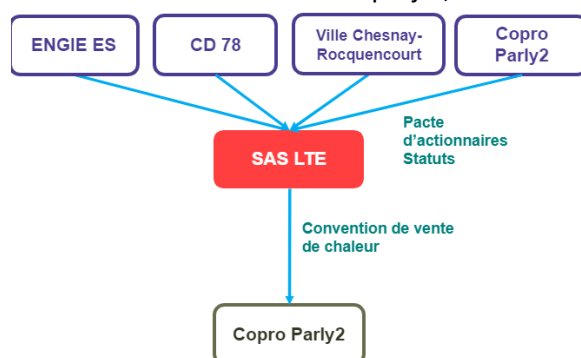
La demande d'ouverture de travaux minier est déposée par ENGIE Energie Services (pour son enseigne ENGIE Réseaux, nouvellement ENGIE Solutions, titulaire du permis de recherche), il est néanmoins important de comprendre la répartition et l'implication des autres acteurs de ce projet.

En effet, dans le cadre de ce projet de géothermie, deux SAS-LTE (Loi de Transition Energétique) sont envisagées. Ces SAS-LTE comprendront à minima deux actionnaires:

- ENGIE Energie Services (majoritaire)
- Collectivités (minoritaire)
- Autres acteurs locaux (minoritaire)

L'objectif de la SAS est de commercialiser, financer, construire et exploiter une unité de production de chaleur d'origine géothermique dans le but d'approvisionner les RCU (Réseaux de chaleurs urbains) existants et à créer sur les territoires des collectivités partenaires.

Le schéma contractuel du 1^{er} projet, GEOMY3 :



La SAS du 1^{er} projet est déjà connue et créée. GEOMY3 rassemble 4 actionnaires : ENGIE ES, le conseil départemental du 78, la ville du Chesnay Rocquencourt et la copropriété de Parly 2.

La SAS du 2^{ème} projet est en cours de création et comptera à minima ENGIE ES et le conseil départemental du 78.

Ensuite, la partie distribution restera du domaine privé pour le projet numéro 1 et du service public pour le projet numéro 2 et n'intégrera donc pas le périmètre du projet (la SAS-LTE fournira indirectement un service aux consommateurs via l'alimentation des réseaux public et privé).

Cela implique par conséquent que les collectivités partenaires de la SAS-LTE devront proposer, le rachat de cette chaleur renouvelable par les délégataires des DSP de réseaux visés. La convention de vente de chaleur est déjà signée pour le projet numéro 1 avec la copropriété de Parly 2, propriétaire du réseau de chaleur correspondant.

Les parties études, conception et mise en service seront réalisées par ENGIE Energie Services, à terme le permis d'exploitation pourra être muté ou amodié en faveur de la SAS-LTE incluant à maxima les acteurs identifiés ci-après.

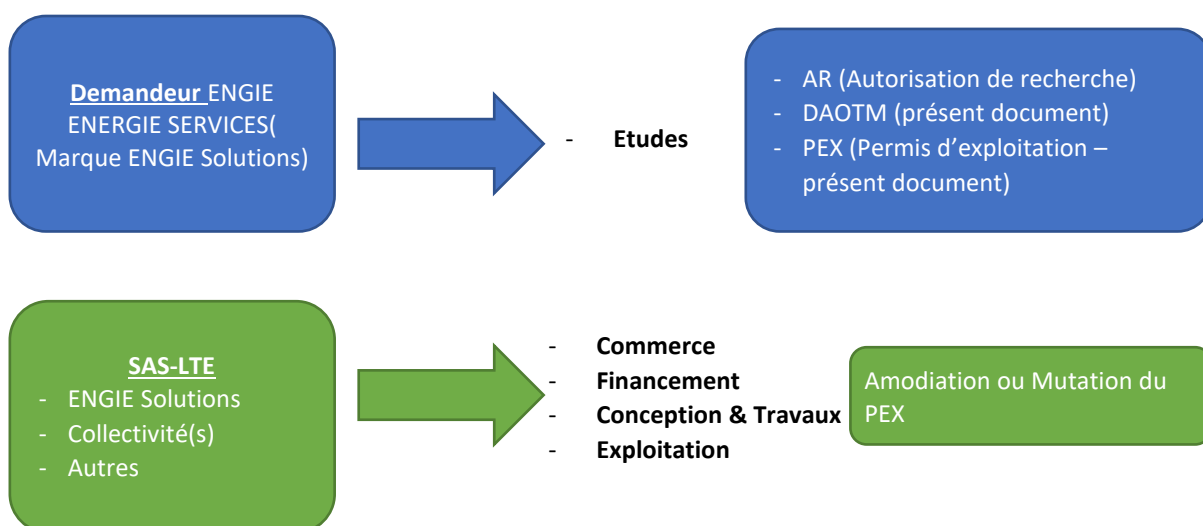


Figure 16 - Montage juridique du projet

2.1.1.3. Capacités financières du Maître d’Ouvrage

Les bilans financiers d’ENGIE Energie Services pour les trois derniers exercices 2019, 2020 et 2021, sont disponibles en Annexe 06 ainsi que le Kbis d’ENGIE Energie Services en Annexe 07. Ils démontrent la capacité financière d’ENGIE Energies Services de mener à bien les études et recherches prévues dans ce dossier.

Ils démontrent également la capacité de financement et d’investissement de l’entité pour réaliser des travaux importants, tels que le requièrent les forages géothermiques, du début à la fin de vie du projet, tout en maintenant l’intégrité de l’environnement à court terme et long terme.

Un rapport du commissaire au compte est émis chaque année pour analyser l’exercice passé. Ces rapports, établis par Ernst & Young, sont présentés en Annexe 08 pour les exercices 2019, 2020 et 2021.

Les investissements totaux pour ENGIE Energie Services sont présentés sur les trois dernières années dans le tableau ci-après :

Année	Total des investissements ENGIE ENERGIE SERVICES
2021	2 726 526 000 €
2020	2 768 495 000 €
2019	2 841 987 000 €

Les éléments concernant les engagements hors bilan de l’entreprise, garanties et cautions consenties par l’entreprise, la présentation des litiges en cours et les risques financiers d’ENGIE Energie Services, ainsi que les garanties et cautions dont bénéficie ENGIE Energie Services sont explicitées dans le même rapport du commissaire aux comptes.

Le tableau ci-après présente les Garanties et Cautions d’ENGIE Energie Services.

Année	Garanties et cautions	Provisions pour risques (dont litiges)	TOTAL ACTIFS net
2019	785 161 000 €	417 846 000 €	4 312 425 000 €
2020	840 936 000 €	419 650 000 €	4 181 361 000 €
2021	818 235 000 €	408 205 000 €	4 380 391 000 €

2.1.1.4. Capacités techniques du demandeur

2.1.1.4.1. Une expérience géothermique reconnu

ENGIE Solutions conçoit, finance, construit et exploite des infrastructures décentralisées de production et de distribution d’énergie par réseau de chaleur, de froid et d’électricité. Partenaire des collectivités, ENGIE accompagne ses clients dans la mise en œuvre de leur transition énergétique en proposant des solutions performantes dans les énergies renouvelables et l’efficacité énergétique.

Près de 50% de l'énergie distribuée est d'origine locale et renouvelable grâce à une expertise reconnue en géothermie, biomasse, éolien, photovoltaïque, hydroélectricité et free-cooling.

ENGIE Solutions gère les grands réseaux de chaleur et de froid d'ENGIE (CPCU, CLIMESPACE, et 48 grands réseaux de chaleur en France) et développe des solutions énergétiques innovantes et sur mesure dans les territoires contraints ou hyper-urbains sur lesquels elle intervient.

Son expertise repose sur des savoir-faire inscrits dans la durée, depuis la fourniture d'énergie jusqu'aux services aux occupants, en construisant des solutions sur-mesure :

- Décarbonées en proposant un mix énergétique diversifié développant de nouvelles énergies locales et renouvelables au service de la croissance verte,
- Décentralisées grâce à un fort ancrage territorial, des équipes de proximité favorisant des relations de confiance dans la durée, garantes de notre excellence opérationnelle,
- Digitalisées en intégrant les nouvelles technologies numériques et les données issues des objets connectés, pour le confort et le bien-être des usagers.

2.1.1.4.2. Des références multiples en géothermie

Sur les sujets liés aux énergies renouvelables et à plus forte raison dans le domaine de la géothermie, ENGIE Solutions est reconnue comme un des acteurs majeurs dans la conception et l'exploitation de réseaux géothermiques.

Depuis près de 40 ans ENGIE Solutions est engagée dans l'utilisation de cette ressource, et à ce titre, assure l'exploitation, en Ile-de-France de 11 doublets et triplets géothermiques délivrant plus de 500 GWh/an à plus de 50 000 équivalents logements (cf. Figure 17). Dans l'agglomération bordelaise il s'agit de 5 réseaux géothermiques en service et un à venir. Une présentation des principales références d'ENGIE Solutions en géothermie profonde est disponible en Annexe 09.

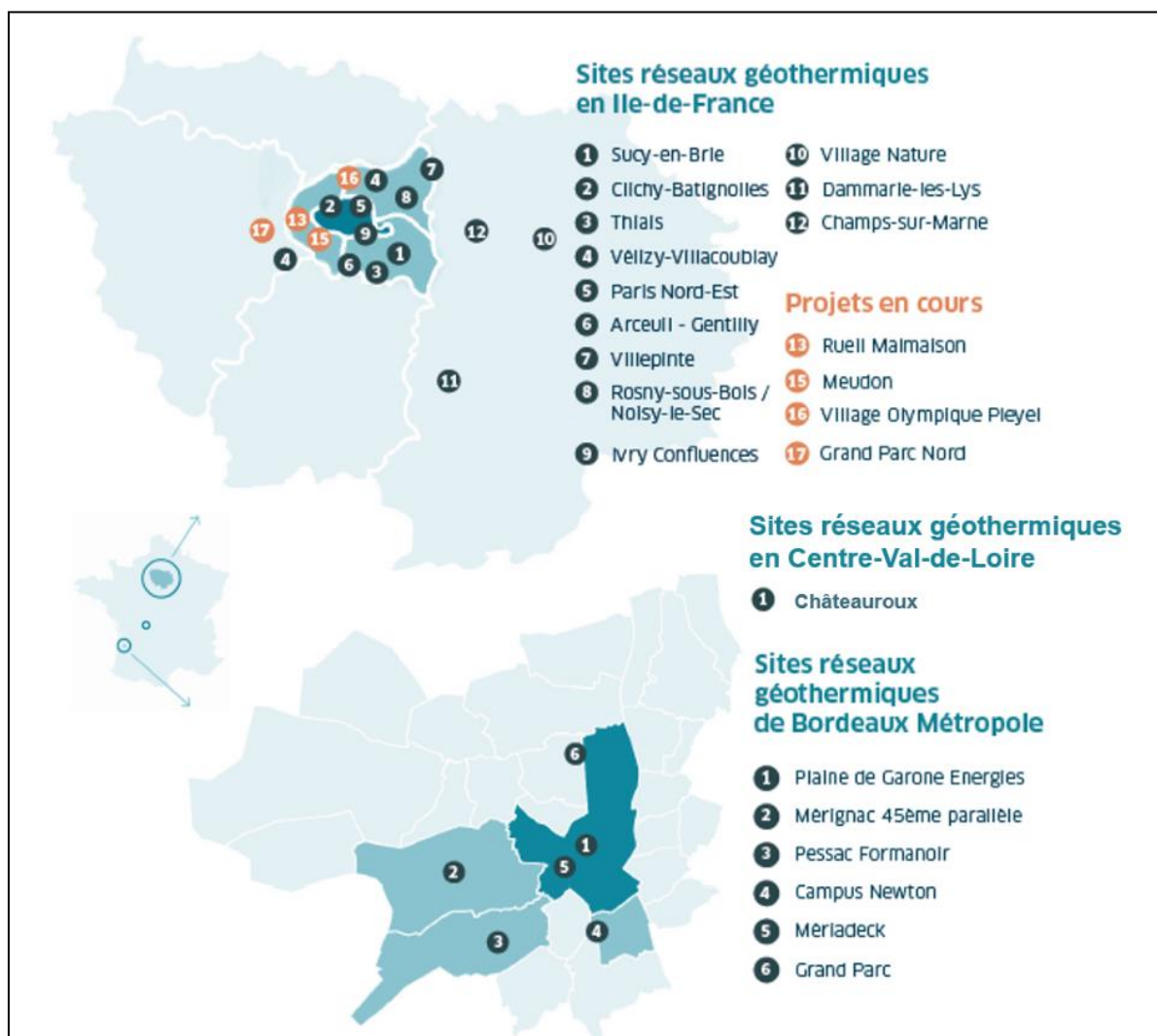


Figure 17 – Sites géothermiques gérés par ENGIE Energie Services en France

ENGIE Solutions exploite également un large portefeuille d'installations de géothermie de surface en France avec plus de 70 installations référencées, dont 70% sur nappe phréatique, sur toutes typologies de projets (tertiaire, industriels, écoquartiers etc.). Aujourd'hui ce parc représente plus de 30 MW de puissance installée dont certains projets emblématiques pour la filière comme le Village Olympique du quartier de Pleyel à Saint-Denis : 11 forages captant la nappe du Lutétien.

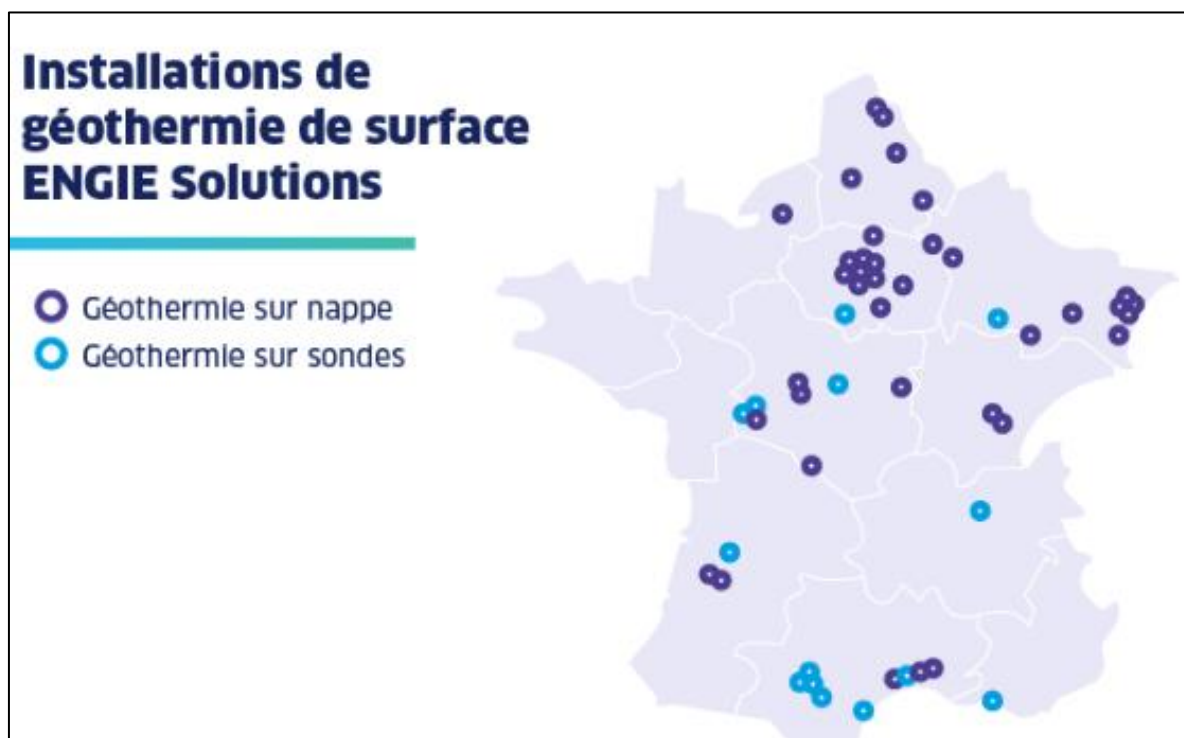


Figure 18 – Plus de 70 installations de géothermie de surface gérées par ENGIE Solutions

2.1.1.4.3. Démarche d'exploration géothermique d'ENGIE Solutions

ENGIE Solutions inscrit sa stratégie exploratoire dans une méthodologie de « dérisquage ».

ENGIE Solutions dérisque ses projets par l'analyse en détail des données existantes (mesures de surface, géophysiques et de puits) locales et régionales mais aussi et surtout en adaptant les technologies les plus modernes venant de l'industrie pétrolière (pré-études, mesure de surface, forage, diagraphies, complétions...). Ceci est possible en partie grâce à un transfert technologique et méthodologique des filières matures : reproductibilité des bonnes pratiques minières et pétrolières mais aussi grâce à une analyse des retours d'expérience en géothermies.

L'exploration géothermique comporte une analyse de la ressource en 2 aspects :

- L'existence et la qualification d'une ressource à court terme (débit – température),
- La durabilité des ressources à long terme sur l'exploitation (percée thermique, hydraulique, filtration).

Bien que l'existence et la qualité de la ressource géothermale à court terme concentre les attentions, il est primordial d'impliquer dès le début du projet les contraintes d'exploitation afin de concevoir et adapter un projet industriel réaliste.

Pour réaliser ces études et dérisquer les projets, ENGIE Solutions s'entoure de bureaux d'études, spécialisés en acquisition, traitement et interprétation sismique et de sociétés d'ingénierie et de services spécialisées en géothermie industrielle. Ce projet est accompagné par ANTEA Group, référence française dans l'accompagnement de projets géothermiques.

2.1.1.4.4. Conduite d'opérations de forages

De par ces réalisations, ENGIE Solutions a développé une organisation dédiée aux projets de géothermie. Elle intègre des partenariats fournisseurs, contrats cadres, procédures de travaux et de réduction des nuisances spécifiques aux projets de géothermie.

Considérant la spécificité des procédés mis en œuvre tant sur la conduite que sur l'exploitation des installations, ENGIE Solutions dispose des structures expertes en la matière, techniciens et ingénieurs reconnus depuis de nombreuses années pour leur niveau élevé d'expertise dans le domaine qu'ENGIE Solutions mobilise au travers :

- Du Club Géothermie piloté par le Responsable d'activité Géothermie qui permet de :
 - Capitaliser les expériences et pratiques dans une démarche d'amélioration continue,
 - Rechercher des partenariats basés sur l'innovation,
 - Diffuser le savoir et la connaissance.
- Du Groupe Rex Géothermie piloté par le Responsable Production Géothermie dans l'objectif de :
 - Standardiser les choix techniques et définir les clauses de garanties et de performances,
 - Maîtriser et sécuriser les budgets et réduire les coûts des dépenses OPEX.

En outre ENGIE Solutions participe à l'animation de la filière AFGP, SER, SAF-Environnement (assurance) et favorise des partenariats industriels :

- Partenariat avec un fournisseur de pompe exhaure pour sécuriser l'approvisionnement, le stockage des pièces détachées ;
- Contrat multi opérations avec une entreprise de forage pour sécuriser les coûts d'opération, les plannings de réalisation des forages et l'amenée en temps voulu de la machine de forage.

ENGIE Solutions s'entoure également de maîtrises d'œuvre hautement spécialisées en géothermie. En interne le département sous-sol suit les opérations de forage grâce à son expertise spécifique dans ce domaine :

- Relecture des contrats autour des activités de forage,
- Accompagnement des chefs de projet réalisation,
- Pilotage de rédaction des demandes d'autorisation de travaux miniers,
- Vérification du bon suivi des cahiers des charges,
- Suivi et accompagnements des contracteurs de forage,
- Assistance à la maîtrise d'ouvrage,
- Groupe de travail avec les maîtrises d'œuvre.

2.1.1.4.5. Expertise métiers

Une équipe de projet a été constituée au sein d'ENGIE Solutions. Elle comprend des cadres et ingénieurs recouvrant différents pôles d'expertise :

- Géoscientifiques et experts en géothermie ;
- Experts en forage ;

- Experts en réseaux électriques, de chaleur et froid ;
- Environnementalistes ;
- Economistes ;
- Chefs de projet ;
- Etc.

La direction Géothermie d'ENGIE Solutions se compose d'un panel d'experts regroupant l'ensemble des compétences requises pour mener à bien un projet de géothermie de l'expression du besoin à la réalisation des forages puis à la mise en service de l'installation. Les étapes clefs de la chaîne de valeur d'un projet peuvent être couvertes par ces experts et collaborateurs. Les principaux CV sont fournis en Annexe 10.

ENGIE Energie Services est donc une société qui regroupe toutes les compétences techniques, juridiques et financières nécessaires aux opérations de géothermie profonde.

2.1.2. Maitrise d'œuvre

2.1.2.1. Maitrise d'œuvre surface

En ce qui concerne les travaux de surface, études, conception et suivi des travaux de réalisation, ENGIE Energie Services s'appuiera sur un bureau d'étude surface afin de compléter ses compétences propres. Le bureau d'étude qui interviendra n'a pas encore été défini à ce stade.

2.1.2.2. Maitrise d'œuvre sous-sol

ENGIE Energie Services a fait appel au bureau d'études Antea Group pour les études et le suivi des travaux de la partie sous-sol du projet de géothermie.

Entité : Antea Group

Adresse du siège social : 803 Boulevard Duhamel du Monceau ZAC du Moulin, 45166 Olivet

N°SIRET : 393 206 735 00598

Code APE : 7112B

N°RCS : Orleans B 393 206 735

Antea Group est une société internationale d'ingénierie et de conseil en environnement, implantée en Europe, en Amérique, en Asie ainsi qu'en Afrique et Amérique Latine via des filiales ou des succursales.

En France, les équipes sont composées de 850 collaborateurs et réparties dans 26 implantations en métropole et 5 en Départements d'Outre-Mer. Elles interviennent au cœur des territoires et aux côtés des acteurs locaux en France métropolitaine, dans les DOM et à l'international.

Antea Group France accompagne collectivités et industriels dans les secteurs de l'environnement, de l'eau, des infrastructures et de la gestion des données environnementales à travers 4 marques principales :

- **Antea Group** pour l'ensemble de nos activités ;

- **IRH Ingénieur Conseil**, filiale d'Antea France depuis 2015, spécialisée dans la gestion et le traitement de l'eau ;
- **ICF**, marque commerciale dédiée à l'ingénierie environnementale en Ile-de-France et aux activités de due diligence ;
- **Géo-Hyd**, marque commerciale regroupant tout notre savoir-faire en gestion de la donnée environnementale.

Antea Group est l'un des seuls acteurs en mesure de proposer des approches de compétences combinées sur l'ensemble de la problématique d'ingénierie environnementale, grâce à la diversité de ses équipes et à un très haut niveau d'expertise.

Antea Group propose de nombreuses prestations dans le domaine de la géothermie : conseil et expertise, étude, pré-étude, audit et diagnostic, assistance à maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre de conception, maîtrise d'œuvre de réalisation, clé en main et travaux, suivi réglementaire...

Antea Group est qualifié par l'OPQIBI (Organisme Professionnel de la Qualification de l'Ingénierie, Infrastructure-Bâtiment-Industrie) dans une quarantaine de domaines relatifs à la géothermie, l'eau, à l'environnement, à la géotechnique et aux infrastructures (qualifications délivrées sur la base de certificats clients).

2.1.3. Renseignements sur les auteurs de l'étude d'impact

Diverses personnes ont pris part à la réalisation des études préalables et du présent dossier de demande d'autorisation de recherche et d'ouverture de travaux minier. Les références Antea Group et les CV de ses intervenants sont présentés en Annexe 11.

- Chef de projet : Nicolas FRECHIN
- Rédacteurs : Aimie ROUSSILLON, Clément CRAYSSAC, Nicolas FRECHIN

2.1.4. Références réglementaires

2.1.4.1. Contexte législatif et réglementaire

Un gîte géothermique est considéré comme une mine et est régi par le Code Minier (notamment le titre V "*Des gîtes géothermiques à basse température*").

Les textes applicables sont :

- Le décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie (version consolidée du 30 décembre 2019),
- Le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines (version consolidée du 28 novembre 2022),
- Le décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières (version consolidée du 28 novembre 2022),
- L'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substance minière, fixant les conditions et les modalités d'applications des dispositions du décret n°2006-649 du 2 juin 2016 et du décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 (version consolidée du 11 octobre 20218).

Il est à noter que ce dispositif sera complété par le décret 2023-13 relatif à l'autorisation environnementale des travaux miniers, qui doit entrer en vigueur le 1er juillet 2023.

Le contenu de l'étude d'impact est détaillé dans l'article R122-5 du Code de l'Environnement (version du 29 décembre 2022). Celle-ci comprend :

1. Un résumé non technique des informations prévues ci-dessous
2. Une description du projet
3. Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, 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 à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles
4. Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage
5. Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant
6. Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence

7. Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine
8. Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage
9. Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées
10. Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement
11. Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation
12. Lorsque certains des éléments requis ci-dessus figurent dans l'étude de maîtrise des risques pour les installations nucléaires de base ou dans l'étude des dangers pour les installations classées pour la protection de l'environnement, il en est fait état dans l'étude d'impact.

Toute demande d'autorisation au titre du décret 2006-649 vaut également demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement (Loi sur l'eau). Il n'y a pas de double procédure.

En ce qui concerne le Code l'Environnement, les doublets de forages sont concernés par les rubriques suivantes de l'article R214-1 :

- **Rubrique 1.1.1.0** concernant la réalisation de **forages** ("Sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau"). Le projet, au titre de cette rubrique, est soumis à **déclaration**. On veillera en particulier à démontrer la compatibilité du projet avec chacun des points de l'arrêté du 11 septembre 2003 fixant les prescriptions générales applicables aux sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain relevant de la rubrique 1.1.1.0.
- **Rubrique 1.1.2.0 1°** concernant les **prélèvements** d'eaux souterraines, ("Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé : Capacité totale maximale des installations de prélèvement supérieure ou égale à 200 000 m³/an"). Le projet, au titre de cette rubrique, est soumis à **autorisation**.
- **Rubrique 5.1.1.0 1°** Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors des travaux de génie civil, la capacité totale de réinjection étant supérieure ou égale à 80 m³/h. Le projet, au titre de cette rubrique, est soumis à **autorisation**.
- **Rubrique 5.1.2.0.** Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques. Le projet, au titre de cette rubrique, est soumis à **autorisation**.

Les forages doivent respecter les dispositions locales de protection des aquifères. En application, notamment, du décret 2006-880 du 17 juillet 2006, ils doivent être compatibles avec le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ou le Schéma d'Aménagement de Gestion de l'Eau (SAGE).

La LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets s'applique également au présent dossier. Cette loi modernise le droit minier, favorise la création de projets de géothermie et requiert de nouvelles garanties financières.

2.1.4.2. Procédure pour exploiter un gîte géothermique

La procédure pour exploiter un « gîte géothermique » dont la puissance prélevée dans le sous-sol est inférieure à 20 MW est la suivante :

- Dépôt d'un **dossier de demande d'autorisation de recherche**. Celui-ci délimite une zone à l'intérieur de laquelle seul le titulaire peut effectuer des forages de recherche. L'autorisation est accordée par le préfet après enquête publique et passage au CODERST (Conseil Départemental de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques). L'enquête publique concerne toutes les communes contenues totalement ou partiellement dans le périmètre du permis sollicité. L'autorisation de recherche a une durée de validité de trois ans.
- Dépôt d'un **dossier de demande « d'ouverture de travaux miniers »**, pour la réalisation des forages. L'autorisation est également accordée par le préfet après enquête publique et passage au CODERST. Les demandes d'autorisation de recherche, d'ouverture des travaux miniers, de permis d'exploitation et l'étude d'impact peuvent être déposées en même temps.
- **Demande de permis d'exploitation** accordé par le préfet (cette fois sans nouvelle enquête publique, si la demande est déposée pendant la durée de validité de l'autorisation de recherche et qu'elle ne comporte pas de modification significative du projet. Seul le titulaire du permis de recherche peut obtenir le permis d'exploitation. Celui-ci se situe à l'intérieur du permis de recherche. Il est accordé pour une durée maximale de trente ans mais peut être prolongé par périodes n'excédant pas 15 ans. Le permis exclusif d'exploitation correspond à un volume clairement déterminé (un périmètre et deux profondeurs : toit et mur du réservoir).

Dans le cas du présent dossier les demandes d'ouverture de travaux miniers et les permis d'exploitation sont déposés simultanément.

2.1.4.3. Durée du titre sollicité

Conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche a été sollicité et accepté pour une durée maximale de 3 ans à compter du 05 novembre 2020. Les présentes demandes conjointes d'ouverture de travaux miniers et de permis d'exploitation permettront le forage/complétion de deux doublets géothermiques de forage urbain et l'exploitation de ceux-ci pour une durée de 30 ans.

Ces demandes sont faites sur la base du programme visé par l'enquête publique de la demande conjointe DAOTM-PEX et sans modifications de ce dernier. Il est entendu qu'à ce stade, les données prévisionnelles d'exploitation (débits, températures, puissance thermique, position des puits et des impacts, volume d'exploitation) pourront faire l'objet d'ajustement, une fois les données exactes connues après la réalisation des forages.

2.1.5. Justification du projet

La création de doublets géothermiques basse énergie captant le Dogger permettra d'alimenter en partie les réseaux de chaleur.

Les nombreux doublets géothermiques présents en Île-de-France (environ une cinquantaine en activité à ce jour) ont permis de démontrer l'efficacité technique et économique du système.

Les atouts de la géothermie dans ce contexte sont les suivants :

- Une énergie renouvelable et non polluante qui n'émet pas directement de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et qui contribue donc à l'amélioration de la qualité de l'air en Île-de-France. Les émissions de CO₂ sont considérablement réduites par rapport à une solution gaz.
- Une énergie économique qui s'affranchit des fluctuations des prix du marché des énergies fossiles.
- Une énergie qui engendre peu de nuisances en phase exploitation : en comparaison par exemple avec une centrale biomasse qui génère un fort trafic de camion et émet des particules fines.
- Une énergie disponible toute l'année et indépendante des conditions climatiques (en comparaison avec l'énergie éolienne ou solaire).
- Une énergie garantie et maîtrisée, faisant intervenir des technologies éprouvées par de nombreux projets de ce type réalisés en Île-de-France depuis une trentaine d'années.
- Une énergie économique où les investissements conséquents sont amortis par des coûts d'exploitation et d'approvisionnement faibles et maîtrisés sur le long terme, et dont le prix est peu soumis aux évolutions de prix des énergies traditionnelles.

2.1.6. Etude des besoins de surface

La géothermie est la principale énergie renouvelable identifiée sur le territoire. Le territoire ne compte pas de source de chaleur fatale. Le plan d'action du schéma directeur énergie de la commune du Chesnay-Rocquencourt réalisé en octobre 2022 par CEDEN est disponible en Annexe 12.

2.1.6.1. **Projet SAS 1**

D'après la priorisation des EnR indiquée par la méthode "EnRChoix" de l'ADEME, la géothermie est à privilégier sur le territoire du Chesnay-Rocquencourt car il n'existe ni chaleur fatale industrielle ou issue d'un incinérateur de déchets à interconnecter, ni réseaux de chaleur à proximité (ou dans des communes limitrophes) délivrant une puissance assez suffisante pour les besoins exprimés par le projet.

Le schéma directeur des énergies de la Ville du Chesnay Rocquencourt retient la géothermie profonde comme ressource pour le verdissement du réseau de chaleur existant de Parly 2

Avec le réseau historique de Parly 2, l'infrastructure réseau est déjà grandement opérationnelle ce qui permettra à cette géothermie de s'y intégrer facilement. Le réseau dessert la copropriété de Parly 2 ainsi qu'un hôpital et quelques bâtiments publics se trouvant le long du tracé.

A ce jour le réseau possède une puissance installée de 87 MW, alimente 35 sous-stations et s'étend sur une longueur totale de 7,2 km (cf. Figure 19). Il n'existe pas de puissances souscrites pour les sous-stations de la copropriété Parly 2, mais seulement pour les abonnés Tiers. Les puissances souscrites par les Tiers sont de 4 650 kW.

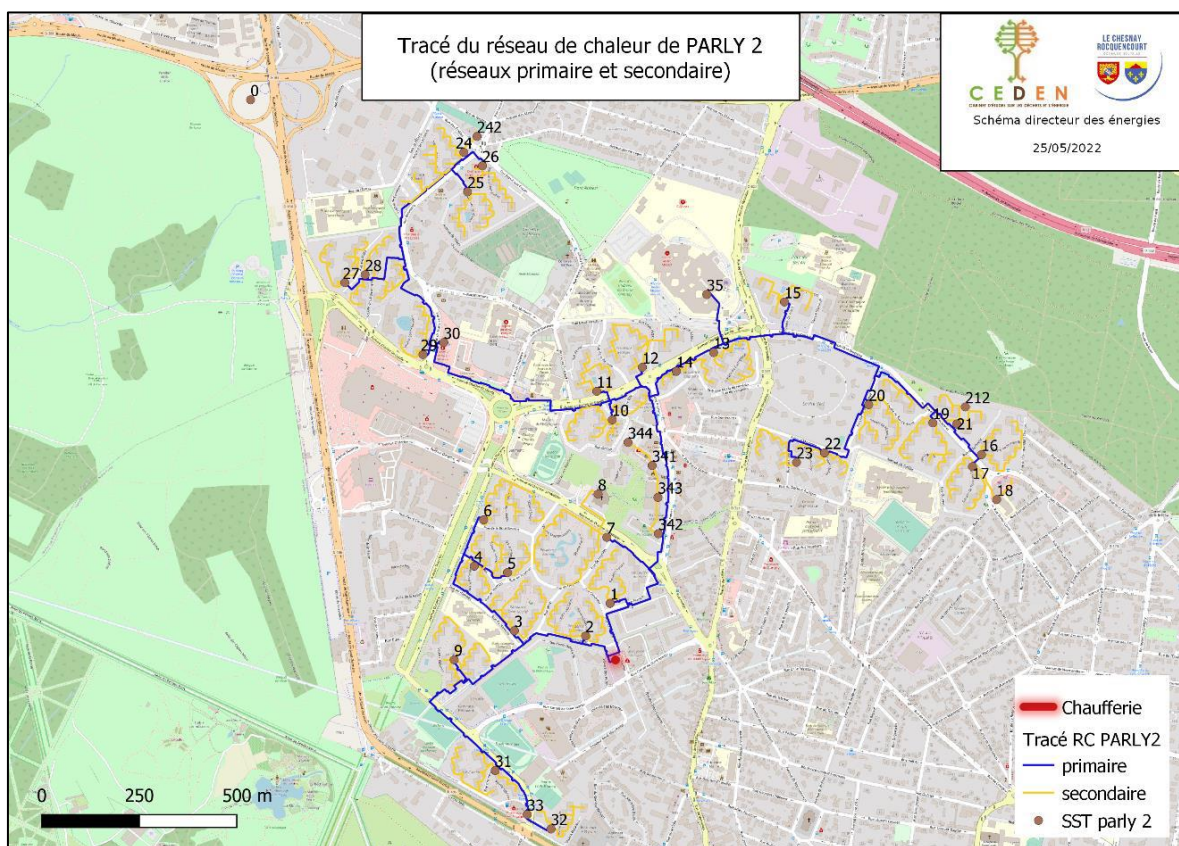


Figure 19 – Tracé du réseau de chaleur Parly 2 (réseaux primaire et secondaire) (Source : ENGIE Solutions)

Tableau 3 – Livraisons de chaleur annuelles sur le réseau existant (Source : ENGIE Solutions)

Type d'abonnés		2018	2019	2020
PARLY 2	MWh	72 535	72 880	70 349
	%	85%	84%	83%
Tiers	MWh	13 032	13 695	14 650
	%	15%	16%	17%
Total		86 036	86 203	84 999

Le schéma directeur de la ville du Chesnay-Rocquencourt établit les perspectives suivantes pour le réseau de chaleur de Parly 2 :

- Au niveau des abonnés existants du réseau, une baisse du besoin a été considérée afin d'anticiper de potentiels objectifs de réduction des consommations de la copropriété Parly 2 ;
- Concernant les moyens de production EnR&R, l'étude sur les potentiels EnR&R a mis en valeur les ressources énergétiques du territoire et leur intérêt économique. Il ressort en priorité l'intérêt de valoriser la chaleur géothermale disponible sur le territoire ;

- A propos du développement du réseau, il est envisagé une extension du service privé de la chaleur, à proximité immédiate du réseau mais également son extension, notamment sur la partie nord de la Ville. Une première investigation a permis d'identifier un potentiel de développement de 53 GWhu/an (dont 22 GWhu/an à proximité immédiate du réseau), ce qui représente 57% des livraisons actuelles.

Ainsi, le projet SAS 1 intègre :

- Une centrale géothermique semi-enterrée indépendante (inclue dans le même bâtiment que celle pour le projet SAS 2) ;
- Le raccordement entre le doublet au Dogger (plateforme est) et la centrale géothermique ;
- Le raccordement entre la centrale géothermique et la chaufferie Parly 2 qui sera rénovée pour constituer l'appoint gaz du réseau de chaleur (le cheminement du réseau et les choix associés à la rénovation de la chaufferie Parly 2 seront affermis par le délégataire) ;
- Des tronçons de réseaux qui seront créés pour augmenter le nombre d'entités raccordées (le choix final sur le raccordement de tel ou tel entité et les moyens mis en œuvre reviendra à la copropriété de Parly2).

La Figure 20 permet de rendre compte de l'ensemble des éléments constitutifs du projet présentés précédemment.

Le tracé du réseau de chaleur, les raccordements et les travaux de chaufferie sont en cours d'élaboration. Les options de déploiement de ce futur réseau ne sont pas affermies : elles le seront par le délégataire qui sera associé au projet.

Les impacts associés au déploiement des réseaux seront abordés de manière générale.

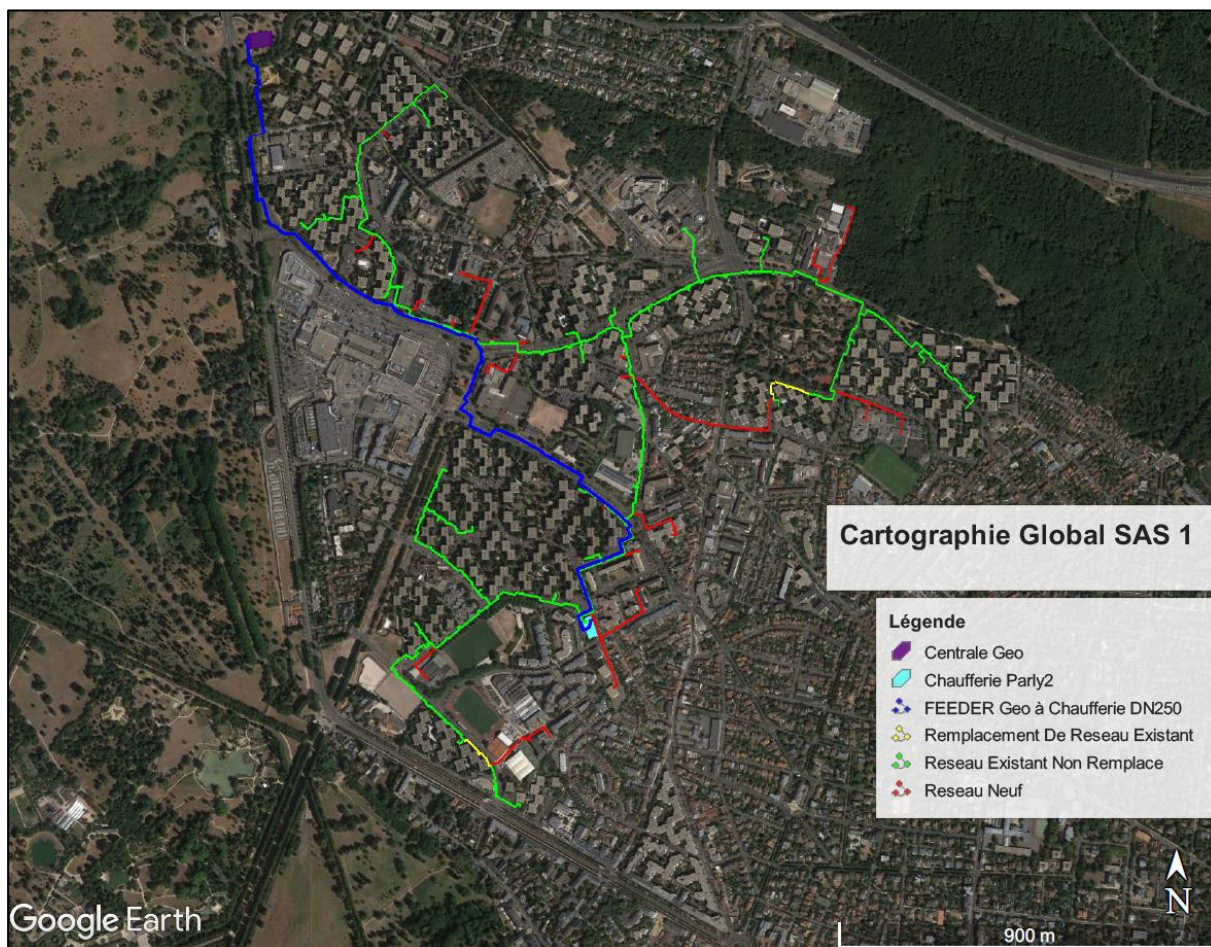


Figure 20 – Cartographie globale de la SAS 1 (Source : ENGIE Solutions)

Les futures installations géothermiques contribueront à l'alimentation du réseau existant.

Dans le cadre de la SAS 1, deux pompes à chaleur en ligne seront installées et permettront, à partir de l'eau géothermale, de remonter la température de l'eau du réseau avant de l'envoyer dans les réseaux de chaleur des chaufferies correspondantes.

Les caractéristiques techniques précisés ci-après sont issues des études de projets similaires. Le Maître d'œuvre surface devra consolider/ adapter/ valider ces données dans le cadre de ses études pour un objectif de fonctionnement optimal des installations.

Les données techniques indicatives des PAC sont :

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| • Nombre de PAC : | 2 en ligne |
| • Température sortie PAC : | entre 65 et 80°C |
| • Température retour réseau : | entre 40 et 57°C |
| • Débit réseau max : | 473 m ³ /h |
| • Puissance aux évaporateurs : | 11 MW |
| • Puissance aux condenseurs : | 13 MW |

2.1.6.2. **Projet SAS 2**

5 communes des Yvelines ont la possibilité de créer une infrastructure énergétique commune, afin d'alimenter les zones urbaines en chaleur grâce à un réseau de distribution.

Les besoins en chaleur sur le territoire sont estimés entre 120 et 130 GWh annuels :

- Le Chesnay-Rocquencourt (13 GWh/an)
- La Celle-Saint-Cloud (72 GWh/an)
- Bailly (10 GWh/an)
- Noisy le Roi (21 GWh/an)
- Bougival (21 GWh/an)

La densité prévisionnelle du réseau est de 4,85 MWh/ml.

Par ailleurs, très peu de point de consommation sont à connecter du fait de la présence de nombreux "mini-réseaux" déjà présents au sein des copropriétés existantes ou bailleurs du territoire :

- Sur la ville de Bailly : copropriétés Le Clos du Cernay et Harmonie ;
- Sur la ville de Noisy-le-Roi : copropriétés l'Orée de Marly et la Gaillarderie ;
- Sur la ville de la Celle-Saint-Cloud : bailleur ELOGIE-SIEMP (résidence Beauregard), copropriétés Elysée 1 et 2.

Un schéma directeur sera établi par l'Agglomération Versailles Grand Parc afin de décrire les besoins en énergies sur l'ensemble du périmètre.

Ainsi, le projet SAS 2 intègre :

- Une centrale géothermique semi-enterrée indépendante (inclue dans le même bâtiment que celle pour le projet SAS 1) ;
- Le raccordement entre le doublet au Dogger (plateforme ouest) et la centrale géothermique ;
- Le raccordement entre la centrale géothermique et une chaufferie d'appoint qui constituera l'appoint gaz du réseau de chaleur (le cheminement du réseau et les choix associés à la création de la chaufferie d'appoint seront affermis par le délégataire) ;
- Le réseau de chaleur qui serait créé sur les communes du Chesnay-Rocquencourt, La Celle Saint Cloud, Noisy, Bailly et Bougival.. (le choix final sur le raccordement de tel ou tel entité et les moyens mis en œuvre reviendrait au futur délégataire).

La Figure 21 permet de rendre compte de l'ensemble des éléments constitutifs du projet présentés précédemment.

Le tracé du réseau de chaleur, les raccordements et les travaux de chaufferie sont en cours d'élaboration. Les options de déploiement de ce futur réseau ne sont pas affirmées : elles le seront par le délégataire qui sera associé au projet.

Les impacts associés au déploiement des réseaux seront abordés de manière générale.



Figure 21 – Cartographie globale de la SAS 2 (Source : ENGIE Solutions)

Il est à souligner que le tracé du réseau est uniquement indicatif, ENGIE Solutions n'est pas le délégataire de ce futur réseau, celui-ci sera désigné lors d'un appel d'offre qui sera lancé en 2023, la première version du réseau sera connue suite à l'émission du cahier des charges établi par les délégués.

Les futures installations géothermiques contribueront à l'alimentation du réseau.

Dans le cadre de la SAS 2, trois pompes à chaleur en ligne seront installées et permettront, à partir de l'eau géothermale, de remonter la température de l'eau du réseau avant de l'envoyer dans les réseaux de chaleur des chaufferies correspondantes.

Les caractéristiques techniques précisées ci-après sont issues des études de projets similaires. Le Maître d'œuvre surface devra consolider/ adapter/ valider ces données dans le cadre de ses études pour un objectif de fonctionnement optimal des installations.

Les données techniques indicatives des PAC sont :

- Nombre de PAC : 3 en ligne
- Température sortie PAC : entre 69 et 76°C
- Température retour réseau : entre 51 et 61°C
- Débit réseau max : 1252 m³/h
- Puissance aux évaporateurs : 14,6 MW
- Puissance aux condenseurs : 18 MW

2.1.7. Budget prévisionnel et financement du projet (Source : ENGIE Solutions)

2.1.7.1. Estimation des investissements et des coûts d'exploitation

L'investissement total initial représente :

- 32 885 000 € pour le projet lié au 1^{er} doublet ;
- 34 768 000 € pour le projet lié au 2nd doublet.

Les coûts d'exploitation totaux estimés sont de 4 930 000 € par doublet par an, en prenant en compte des prix de l'énergie à fin 2022.

2.1.7.2. Géothermie – Installations sous-sol (Source : ENGIE Solutions)

Les coûts d'investissement sont semblables sur les deux doublets géothermiques soit environ 13,780 millions d'euros par doublet (cf. tableau ci-après – Source : ENGIE Solutions) :

<u>CAPEX Sous-sol (€)</u>	<i>Date de valeur Janvier 2023 – CAPEX</i>
<u>Plateforme et préparation forage</u>	
Génie CIVIL	1 092 000,00 €
Avant puits	242 000,00 €
Bâches et suivi acoustiques,	16 000,00 €
Mur antibruit	158 000,00 €
Gardiennage	64 000,00 €
Sous-total	1 572 000,00 €
<u>Forage</u>	
Amenée / Montage / Démontage / repli matériels / aménagement de la PTF	661 000,00 €
Ripage appareil et dotation de puits à puits	29 000,00 €
forfait appareil et dotation	2 285 000,00 €
Electricité et GNR machines	420 000,00 €
Outils de forage	139 000,00 €
Fluides de forage	571 000,00 €
Evacuation / Traitement déblais et effluents	951 000,00 €
eau	74 000,00 €
Forage dirigé	632 000,00 €
Géologie de sonde mud logging	257 000,00 €
Diagraphies différées (CH et OH)	517 000,00 €
Tubages	1 155 000,00 €
Levage / Manutention tubages	63 000,00 €
Vissage tubages / Service clé/équipements tubage	300 000,00 €
Cimentations	905 000,00 €
Air Lift (location compresseur)	70 000,00 €
Stimulations acides	277 000,00 €
essais	47 000,00 €
Têtes de puits SIP	66 000,00 €
Management	389 000,00 €
Multidraîns en régie	2 400 000,00 €
Sous-total	12 208 000,00 €

Les frais annexes intégrant les aléas, la MOE, les assurances, la SAF-E et les frais liés aux titres miniers sont estimés à 2 900 000 €.

L'équipement des puits est estimé à environ 600 000 € par doublet en intégrant la pompe, la colonne d'exhaure, les têtes de puits, la station de traitement et la mise en place de l'ensemble.

2.1.7.3. Géothermie – Installations de surface

Les dépenses prévues liées aux installations de surface du premier doublet sont :

			COUTS (€ HT)
1	Centrale géothermie	Construction de la centrale + boucle géothermale + PACS	13 088 000 €
2	Réseaux	Liaison centrale / chaufferie	4 539 000 €
	SOUS TOTAL		17 626 000 €
3	Aléas (production + réseaux) --> 3,8%		681 000 €
	SOUS TOTAL		681 000 €
4	AMO --> 3 %		533 000 €
5	MOE --> 5,6%		982 000 €
6	Etudes générales --> 2,1%		374 000 €
7	Assurances --> 0,8%		156 000 €
	SOUS TOTAL		2 045 000 €
	TOTAL FINAL		20 352 000 €

Les dépenses prévues liées aux installations de surface du second doublet sont :

			COUTS (€ HT)
1	Centrale géothermie	Construction de la centrale + boucle géothermale + PACS	16 075 000 €
2	Réseau	Liaison centrale / chaufferie	2 815 000 €
	SOUS TOTAL		18 890 000 €
3	Aléas (production + réseaux) --> 4,5%		845 000 €
	SOUS TOTAL		845 000 €
4	AMO --> 3,6 %		691 000 €
5	MOE --> 6,9%		1 295 000 €
6	Etudes générales --> 1,7%		321 000 €
7	Assurances --> 1,0%		193 000 €
	SOUS TOTAL		2 500 000 €
	TOTAL FINAL		22 235 000 €

2.1.7.4. Coûts d'exploitation du doublet géothermique et des installations de surface

Les coûts annuels, hors frais financiers, liés à l'exploitation d'un doublet géothermique constitué de deux puits déviés et multi drain en acier sont estimés à partir des trois postes suivants :

- Consommables (charge P1) ;
- Conduite, suivi réglementaire et petit entretien (charge P2) ;
- Gros entretien et renouvellement (charge P3), provisions pour travaux lourds sur les puits et la boucle géothermale (charge P'3).

Le montant total des charges P1 intègre :

- La consommation d'électricité de pompage ;
- La quantité de produit inhibiteur injecté annuellement ;

- La consommation en eau ;

Le montant total des charges P2 comprend :

- Le suivi réglementaire réalisé par une entreprise spécialisée assurant le suivi et le contrôle des installations géothermiques (caractéristiques chimiques de l'eau géothermale, paramètres hydrodynamiques des puits, paramètres électromécaniques de fonctionnement des équipements, indicateurs de corrosion, filtration et traitement) ;
- Les diagraphies différées d'inspections réglementaires du puits d'exhaure et du puits d'injection réalisées par une entreprise spécialisée afin de s'assurer de l'intégrité des cuvelages, de l'absence de risque de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, et de contrôler l'épaisseur des dépôts à la surface des parois ;
- Le petit entretien de la boucle géothermale par du personnel d'exploitation qualifié.

Le montant annuel total des charges P3 de gros entretien et de renouvellement des équipements de la boucle géothermale intègre :

- Le remplacement du dispositif de traitement d'inhibiteur de corrosion (tous les 10 ans) ;
- Le renouvellement de la station de traitement (tous les 10 ans) ;
- Le remplacement des groupes électropompe d'injection (tous les 15 ans) ;
- Le remplacement du groupe électropompe immergé de production (tous les 4 ans) ;
- Le renouvellement des variateurs (injection et production) tous les 15 ans ;
- Le renouvellement des têtes de puits (tous les 10 ans) ;
- Les tuyauteries et robinetteries (tous les 10 ans) ;
- Les autres charges de gestion et d'assurance.
- Le coût des opérations de stimulation
- Le coût des opérations de réparation (workover) des puits
- Les autres charges.

	Coût annuel HT
SURFACE	3 662 000 €
Electricité	3 168 000 €
Personnel de maintien	93 000 €
Charges de maintenance	83 000 €
Personnel & Fournitures	64 000 €
Renouvellement des équipements	149 000 €
Autres charges (Redevance, garanties, assurances ...)	105 000 €
SOUS-SOL	1 270 000 €
P1 Géothermie sous-sol	886 000 €
P2 Géothermie sous-sol	152 000 €
P3 Géothermie sous-sol	232 000 €
TOTAL OPEX ANNUEL (€ HT)	4 932 000 €

2.1.7.5. Financement du projet et garanties

Les objets qui devront être financés dans le cadre de ce projet pour chaque SAS sont les suivants :

- Les nouveaux puits GLCR1-2 / 3-4 ;
- La construction de la centrale géothermique (intégrant la boucle géothermale)

Le financement du projet se fera par emprunt à hauteur de 70 % et par fonds propres à hauteur de 30 %.

Tout ou partie de ces travaux sont éligibles aux subventions du fond chaleur. Les demandes correspondantes seront formulées par la société de production de chaleur.

Les investissements réalisés pour l'ensemble du projet (forage, surface, workover, ...) ont, entre autres, les objectifs suivants : permettre d'atteindre à terme un taux de couverture en ENR de 75% pour le réseau de Parly2 et de 80% (prévisionnel) le nouveau réseau, grâce à la géothermie, et garantir la compétitivité et la stabilité du prix de la chaleur pour les abonnés des réseaux.

2.1.7.5.1. Le Fonds Chaleur

Le Fonds Chaleur Renouvelable est l'une des mesures majeures issues du Grenelle de l'Environnement en faveur du développement des énergies renouvelables, pérennisé par la loi sur la transition énergétique de 2015.

L'objectif du Fonds Chaleur est de permettre aux installations produisant de la chaleur à partir d'énergies renouvelables d'être économiquement compétitives par rapport aux installations utilisant une énergie conventionnelle.

La spécificité des opérations de géothermie sur aquifère profond – notamment le volet sous-sol –, leur variété, conduit à proposer une instruction des projets de géothermie sur aquifère profond au cas par cas dans le cadre d'une analyse du coût de revient de la chaleur renouvelable produite par l'installation, en comparaison avec une solution de référence fossile.

Les plafonds de subventions sont les suivants (d'après la fiche Fonds Chaleur – Secteur Géothermie sur aquifère profond de 2020), en fonction de la chaleur renouvelable valorisée sur une durée d'exploitation de 20 ans :

Technologie	Plafond d'aide €/MWh EnR (sur 20 ans)
Géothermie profonde sans recours à une pompe à chaleur	7
Géothermie profonde avec recours à une pompe à chaleur	14

Figure 22 - Plafond des aides Fonds Chaleur - Moyens de production EnR&R. (Source : ADEME)

Cette aide est conditionnée à l'adhésion au Fonds de garantie Géothermique (géré par la SAF-Environnement).

2.1.7.5.2. Couverture du risque géologique

La couverture du « risque géologique » est un enjeu majeur pour le développement de la géothermie. Les étapes en amont de l'exploration et de l'accès à la ressource ont des coûts élevés, sans garantie de retrouver une ressource exploitable. Pour baisser cette barrière significative à l'entrée pour de nouveaux investisseurs, un schéma de couverture du risque géologique par mutualisation a été mis en place en France dans les années 80. Le « fonds de garantie géothermie », géré par la SAF-Environnement (société auxiliaire de financement, filiale de la Caisse des dépôts et des consignations), sur la base d'une convention avec l'ADEME, permet d'assurer les investisseurs contre le risque géologique moyennant une cotisation. Il est destiné à l'élaboration d'installations géothermiques à fort investissement et avec une réussite liée aux caractéristiques de la ressource géothermale exploitée.

La SAF-Environnement gère :

- Le fonds de garantie long terme. Il s'agit d'une garantie de pérennité couvrant le risque de détérioration de la ressource ou de dommages aux installations en cours d'exploitation ;
- La garantie SAF-E court terme qui couvre le risque d'échec consécutif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante pour le fonctionnement des installations prévues, ainsi que le risque de diminution ou de détérioration de la ressource durant les dix premières années d'exploitation.

2.1.8. Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel ci-après intègre les démarches administratives (DAOTM, PEX), les études d'avant-projet et de projet, les travaux de forage, jusqu'à la mise en service de l'exploitation. Il est également disponible en Annexe 13.

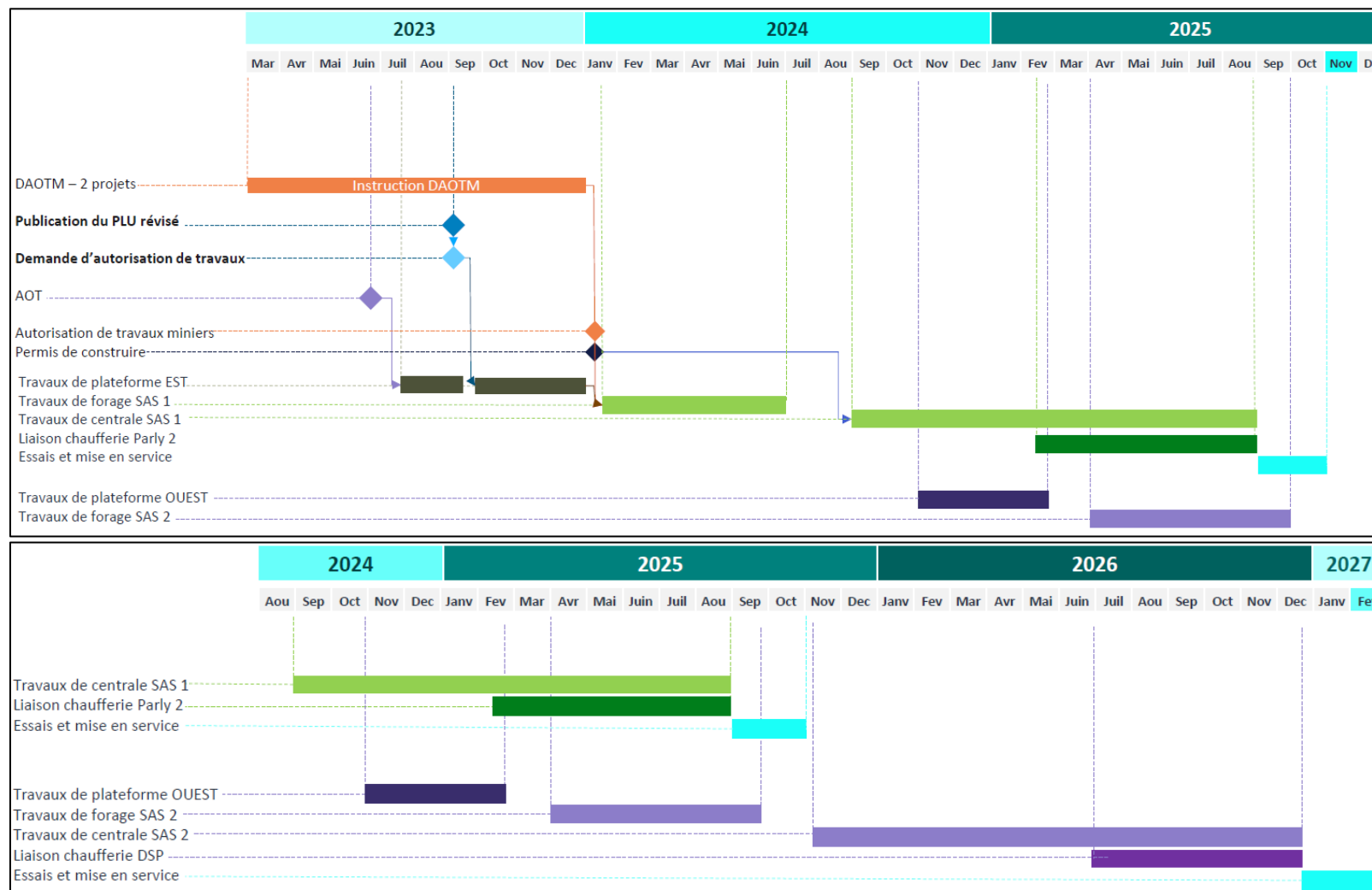


Figure 23 – Planning global du projet du Chesnay-Rocquencourt

2.2. Description du gîte géothermique

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX)

2.2.1. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du réservoir du Dogger

2.2.1.1. Le Dogger : une ressource géothermale bien connue

Les calcaires du Dogger constituent une réserve d'eau chaude, exploitée depuis les années 80 pour la géothermie, au droit de la région parisienne et de l'Île-de-France et l'alimentation de réseaux de chaleur urbains.

Ils doivent cette particularité à deux caractéristiques :

- Une température élevée,
- Des débits possibles souvent importants.

La température élevée est liée essentiellement à la profondeur de la formation.

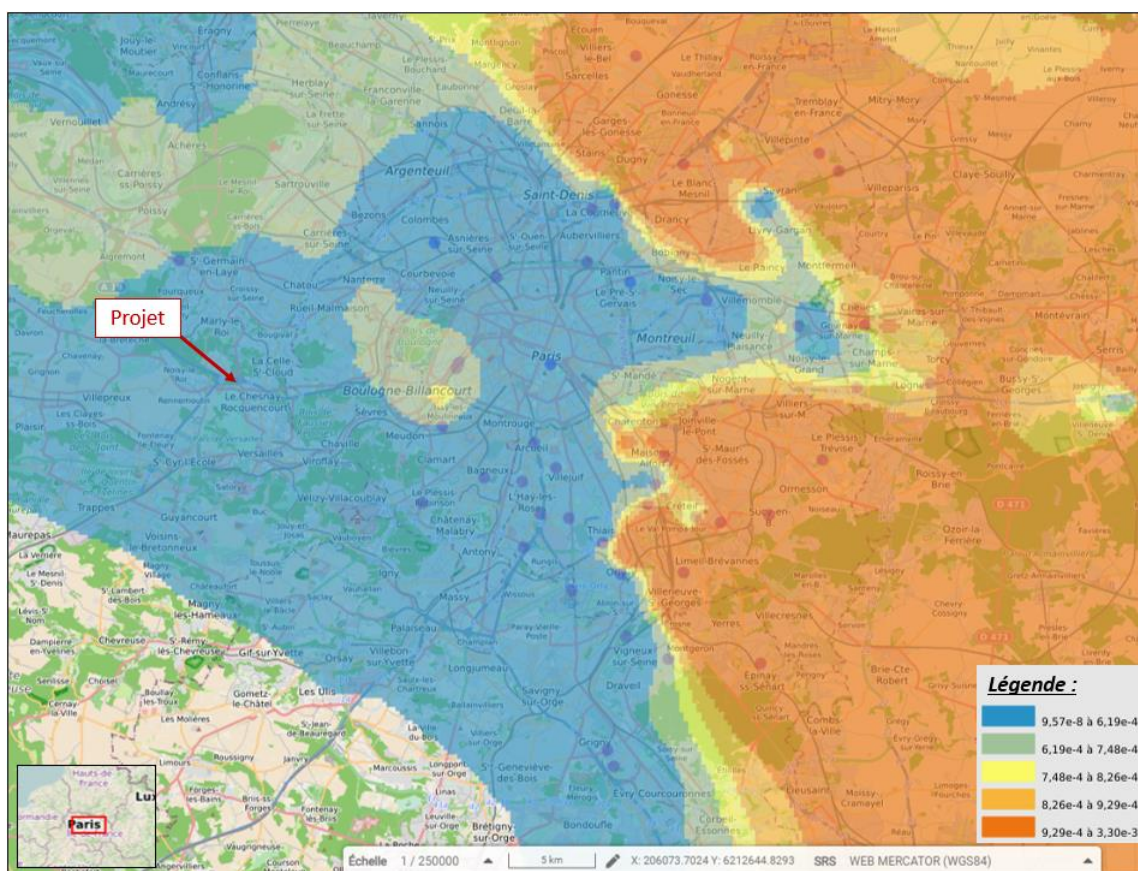


Figure 24 – Transmissivité du Dogger (m^2/s) intégrant le sillon marneux à l'Ouest de l'Île-de-France (Source : www.geothermies.fr)

En effet, le bassin parisien comprend un empilement de couches sédimentaires dont la partie la plus profonde se situe en Île-de-France (plus précisément dans la région de Meaux-Coulommiers) alors que sur les bordures, en Normandie, en région Centre ou en Bourgogne, ces couches remontent et affleurent. Le gradient géothermique est en moyenne de 3°C/100 m, un peu plus en Île-de-France avec 3,6°C/100 m.

Selon les secteurs, la perméabilité des calcaires permet d'obtenir des débits compris entre 100 et plus de 360 m³/h à partir d'un forage.

La formation du Dogger couvre environ 15 000 km², soit la quasi-totalité du bassin parisien. L'alimentation de la nappe se fait essentiellement sur les bordures qui constituent les zones principales de recharge hydraulique de ce réservoir géothermal.

C'est une formation qui bénéficie d'une très bonne connaissance, liée à la recherche pétrolière et à l'exploitation géothermique pour laquelle plus d'une centaine de forages ont été réalisés depuis les années 80.

Les zones les plus productives en eau ont surtout été mises en évidence dans le secteur délimité par un quadrilatère dont les sommets sont approximativement Fontainebleau, Cergy-Pontoise, Creil et Meaux. Cette zone se caractérise par une forte densité d'habitat avec présence de réseaux de chaleur, ce qui explique le développement local de la géothermie : la plus importante de France et l'une des plus importantes d'Europe.

Cet aquifère présente en effet des variations spatiales de ses caractéristiques intrinsèques (nature lithologique, porosité, perméabilité et épaisseur...). Des hétérogénéités de productivité peuvent donc exister localement.

2.2.1.2. Lithologie du Dogger

L'aquifère est essentiellement constitué de calcaires oolithiques du Jurassique moyen (Dogger), d'âge Bathonien supérieur à Callovien inférieur.

On y distingue :

- À la base, une alternance de marnes et de calcaires, peu productive ;
- En partie médiane, un ensemble oolithique et calcarénitique de porosité élevée, admettant entre 4 et 7 horizons producteurs. L'ensemble oolithique est le plus productif (environ deux tiers des débits). Il appartient à la formation du Comblanchien et au sommet de l'Oolithe Blanche ;
- Au sommet, un ensemble (la Dalle Nacrée du Callovien inférieur) avec une porosité matricielle importante, qui peut fournir un complément de débit.

2.2.1.3. Les autres opérations géothermiques dans le secteur

Localisé à proximité immédiate de l'ancien doublet de La Celle-Saint-Cloud exploité dans les années 80, le projet bénéficie d'une connaissance géologique fiable et du retour d'expériences de l'exploitation du Dogger qui a été fortement développée. Dans un rayon d'environ 10 km se trouvent deux doublets géothermiques récents : Rueil-Malmaison au nord-est et Vélizy-Villacoublay au sud-est.

La Figure 25 montre l'implantation des ouvrages de pompage et d'injection des différents doublets au Dogger dans le secteur, y compris celle du projet. Les positions indiquées pour les forages sont celles des points d'impact au toit (sommet) du Dogger, et non celles des têtes de puits des forages qui peuvent être décalées de plusieurs centaines de mètres, les forages étant déviés en profondeur.

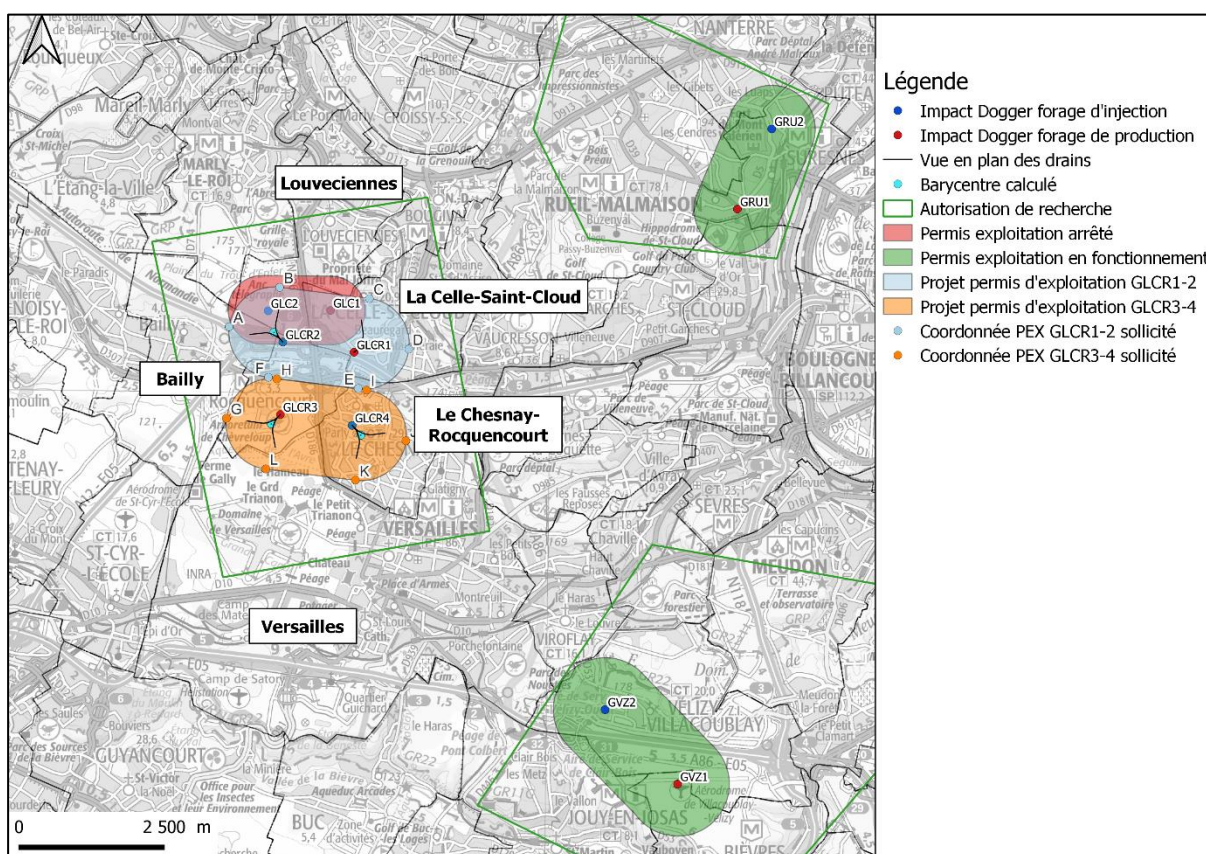


Figure 25 - Points d'impacts au toit du Dogger des forages de production et d'injection des différents doublets les plus proches du projet

2.2.1.4. Caractéristiques principales du Dogger au droit du projet

2.2.1.4.1. Transmissivité du réservoir du Dogger

La transmissivité traduit la capacité du réservoir à transmettre le fluide qu'il contient.

Pour évaluer la transmissivité du Dogger au droit du projet, un traitement géostatistique (méthode de krigeage) a été opéré sur les données de transmissivité disponibles dans le secteur où peu de points de contrôle existent (les données récentes du doublet de Vélizy-Villacoublay ont été intégrées).

Au niveau local, la transmissivité du réservoir serait légèrement inférieure autour du site de forage, par rapport aux valeurs constatées lors de la réalisation du doublet de la Celle-Saint-Cloud. En outre, les valeurs seraient plutôt meilleures vers l'est, ce constat étant en phase avec la dégradation des propriétés du Dogger caractérisé par la présence du « sillon marneux » non perméable au sud-ouest du secteur (cf. Figure 27).

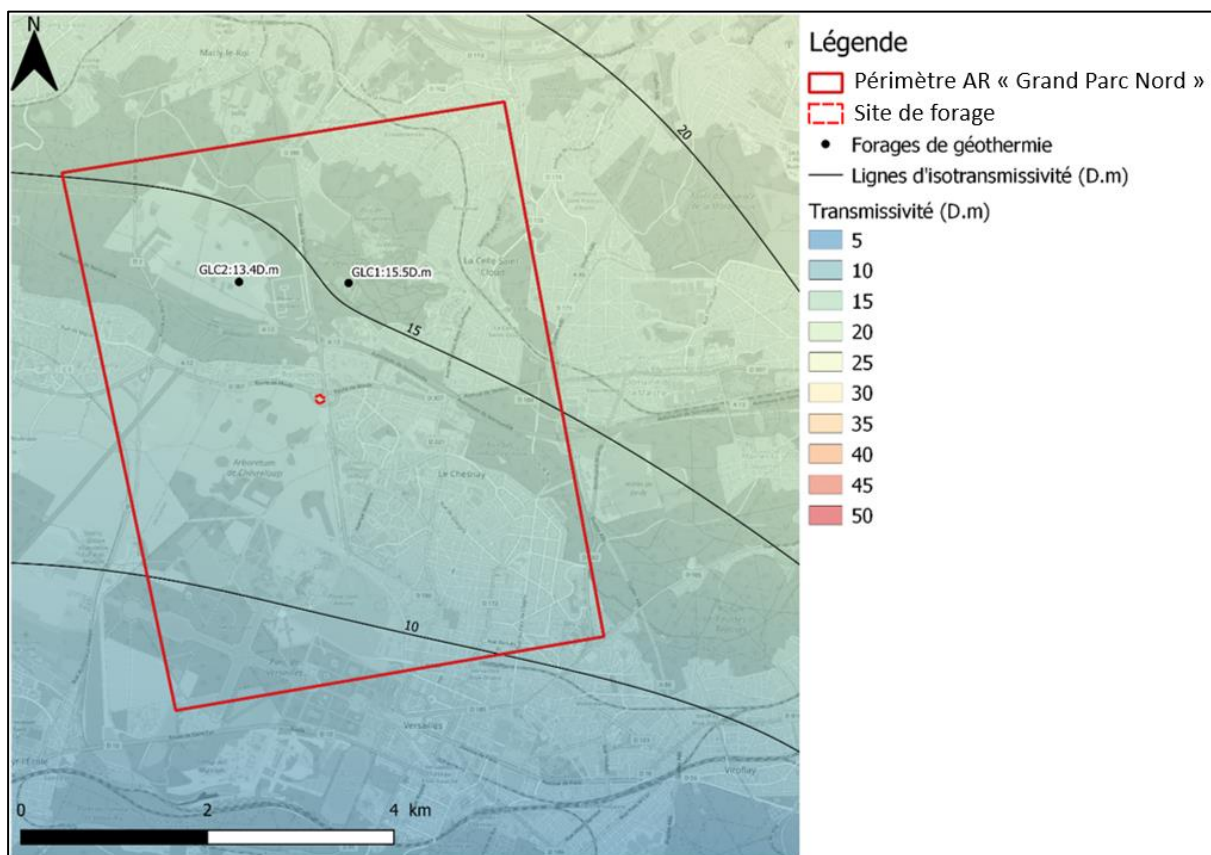


Figure 26 – Carte de transmissivité du Dogger au droit de l'AR "Grand Parc Nord"

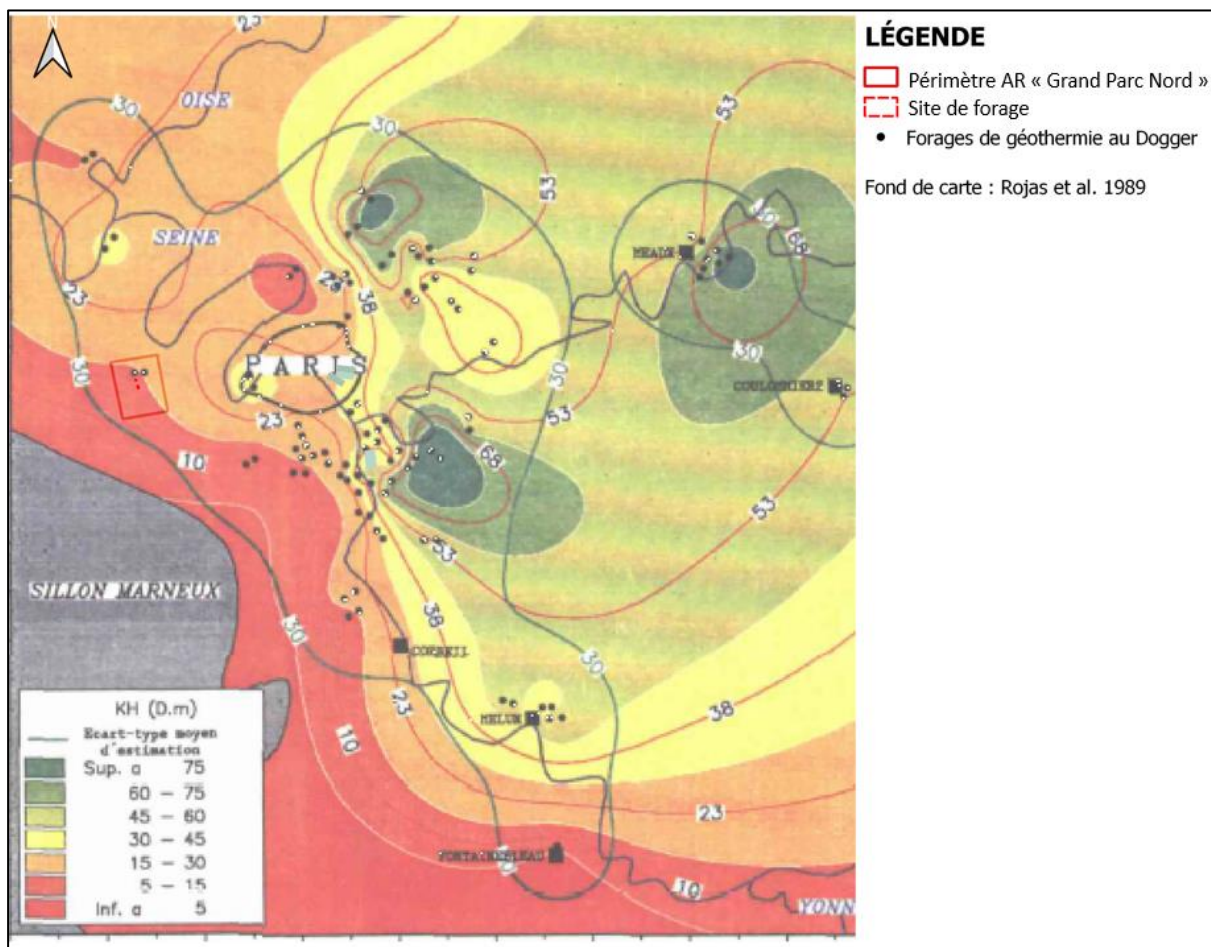


Figure 27 – Carte générale de transmissivité (Source : BRGM 30169)

Une tentative d'exploitation des faciès sismiques a été menée, en intégrant le retour d'expérience des études récentes menées pour le doublet de Vélizy-Villacoublay.

Trois faciès sismiques avaient été relevés à proximité de Vélizy-Villacoublay. L'hypothèse était émise que le faciès le plus différencié correspondait aux meilleures perméabilités (le bleu sur la figure ci-après).

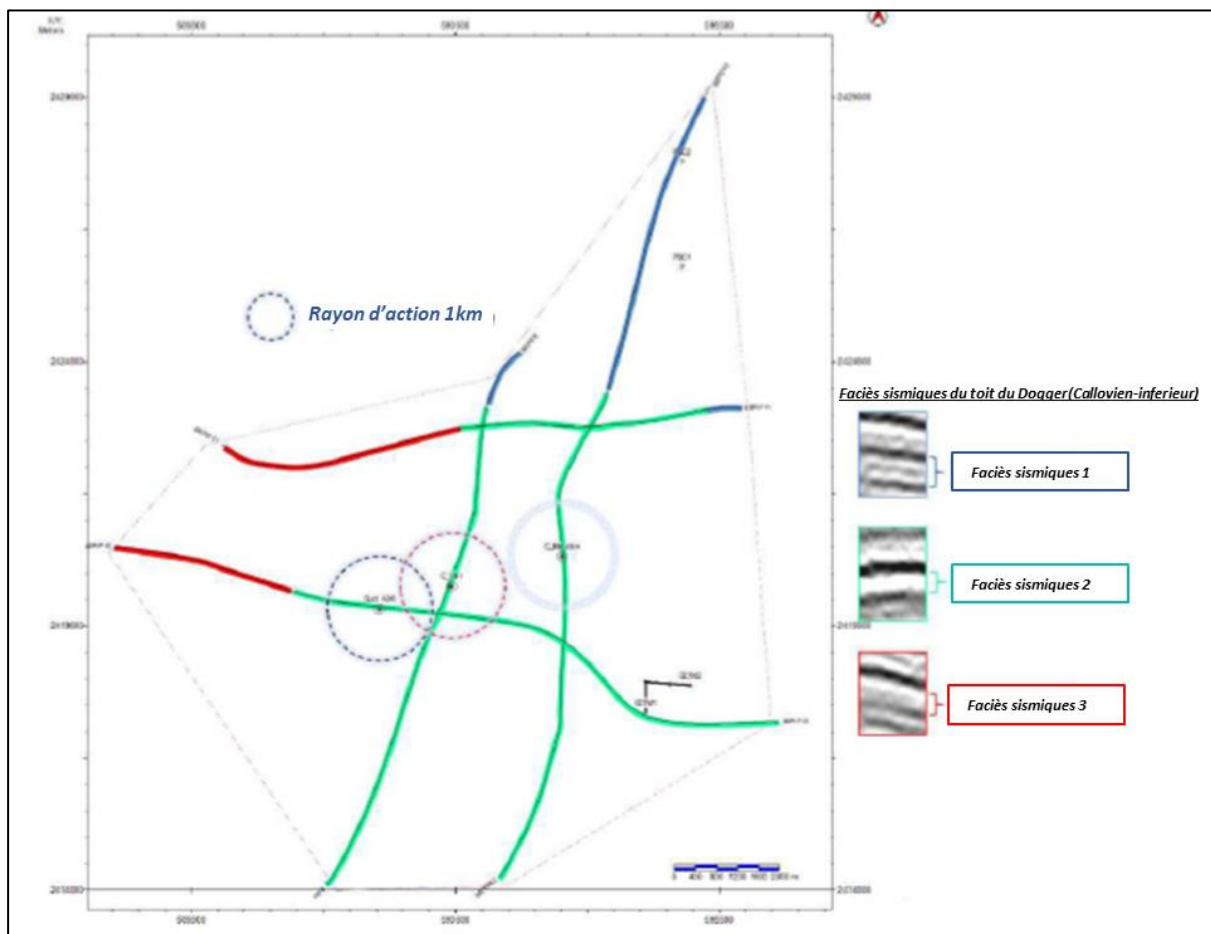


Figure 28 – Faciès sismiques identifiés pour le projet de Vélizy-Villacoublay

Le forage de production coïnciderait avec le faciès vert, le forage de réinjection avec le rouge. En matière de transmissivité, on aurait donc la hiérarchie suivante : bleu > vert > rouge.

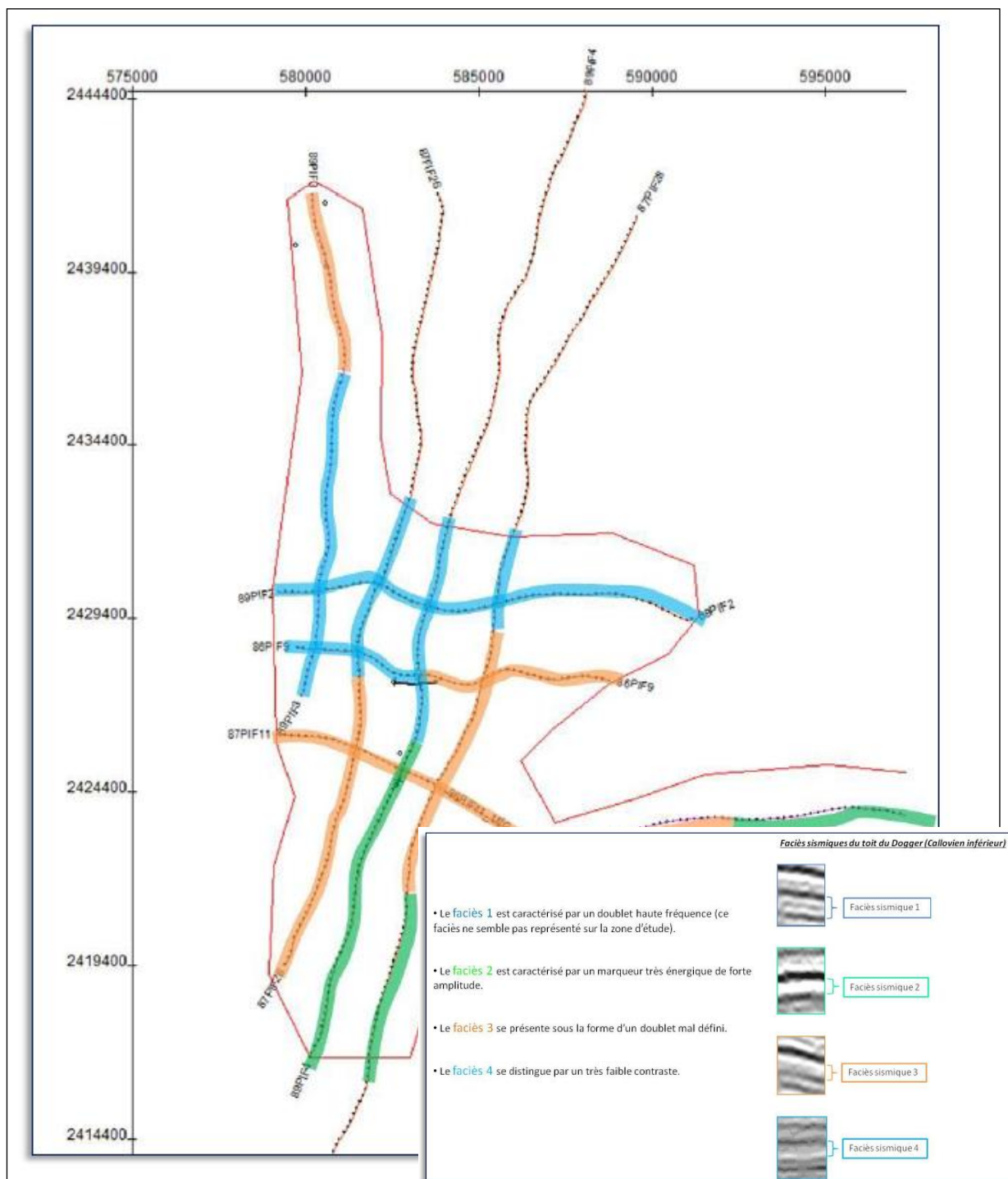


Figure 29 – Faciès sismique dans la zone d'intérêt

La faciès 1 (Porte de Saint-Cloud, a priori le plus favorable) n'est pas été retrouvé dans la zone d'intérêt.
 Le faciès 2 (forage de production de Vélizy-Villacoublay) est largement représenté.

Pour GLC1 et GLC2, deux faciès distincts sont observés alors que les transmissivités observées sont très voisines, ce qui tend à invalider cette approche reposant sur les faciès sismiques.

Le faciès 3 présent sur les deux zones étudiées correspond à des transmissivités relativement distinctes (de l'ordre de 5 D.m au niveau de GVZ2, de l'ordre de 15 D.m au niveau de GLC1).

Cette interprétation des données sismiques tendrait toutefois à montrer une relative stabilité en matière de transmissivité autour du site de forage N°2.

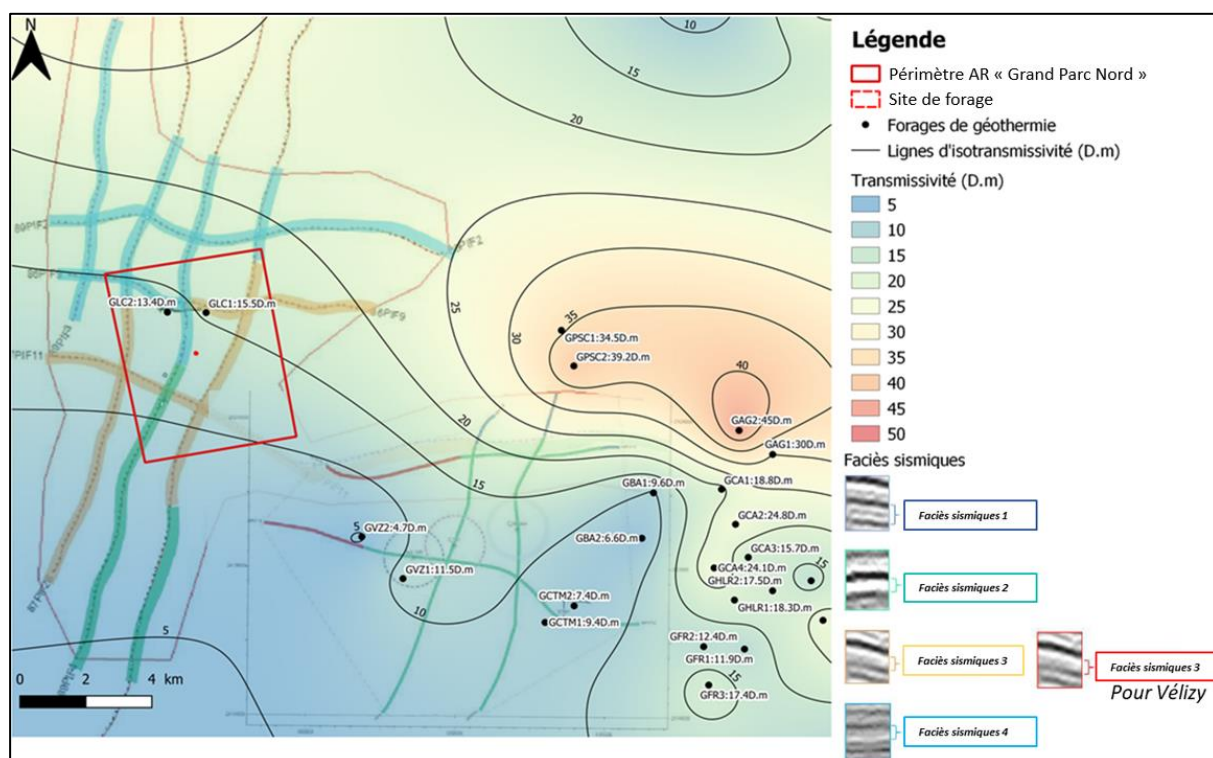


Figure 30 - Superposition des faciès sismique et du krigeage transmissivité

En conclusion sur la transmissivité du Dogger, il semble raisonnable de définir des valeurs prévisionnelles pour le projet comprises entre 10 et 15 D.m.

L'exploitation des faciès sismiques sur ce sujet ne semble pas directement concluante.

2.2.1.4.2. Profondeur du toit du Dogger

La Figure 31 rend compte de la variation spatiale de la profondeur du toit du Dogger calcaire (correspondant à la base (ou mur) des marnes du Callovien inférieur) dans le secteur du projet. Cette figure combine les données extraites des forages alentours et de l'interprétation des données sismiques produite par la société spécialisée CDP Consulting.

La Figure 31 permet d'estimer le toit du Dogger à une cote d'environ -1280 m NGF \pm 30 m au niveau du projet, soit une profondeur verticale de 1 420 m environ pour une cote topographique du secteur de l'ordre de + 140 m NGF.

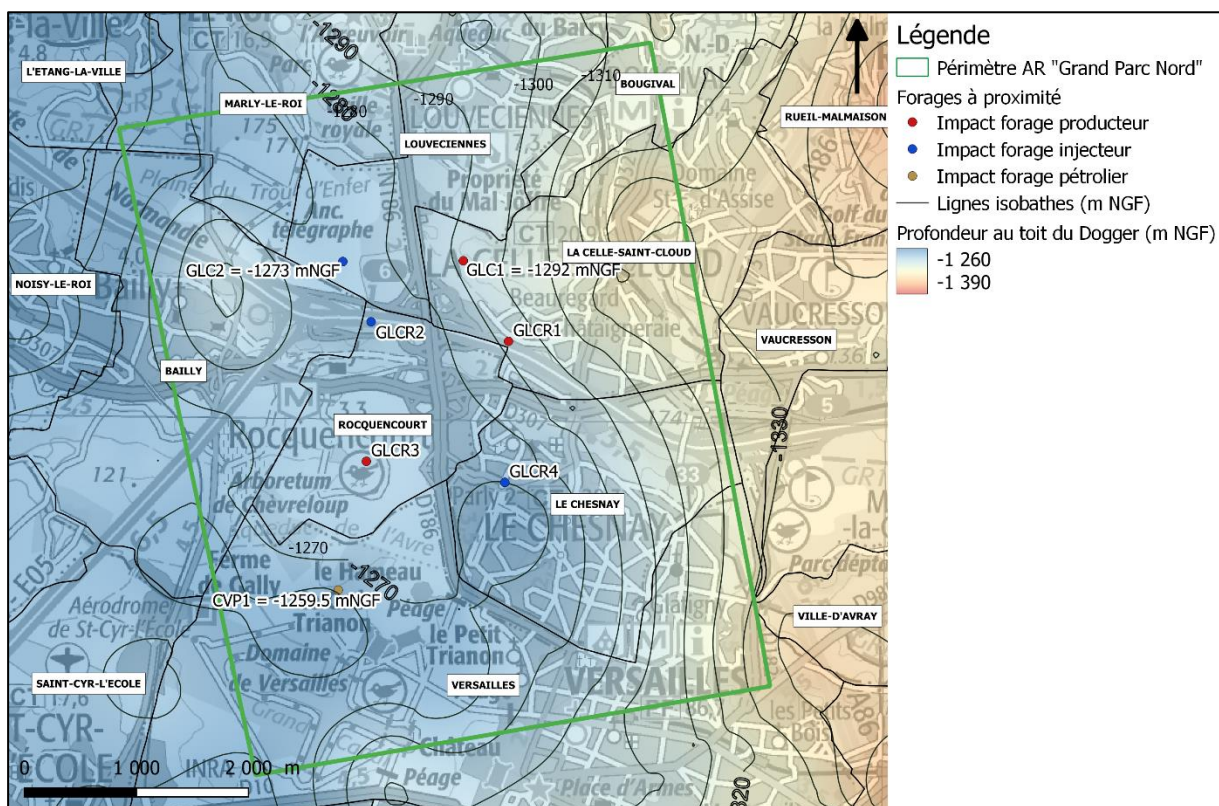


Figure 31 – Carte de profondeur du toit du Dogger (mur du Callovien inférieur)

2.2.1.4.3. Température de l'eau géothermale du Dogger

La zone étudiée offre peu de points de repère sur la température du réservoir, si bien que les tentatives de krigeage aboutissent à des résultats peu réalistes.

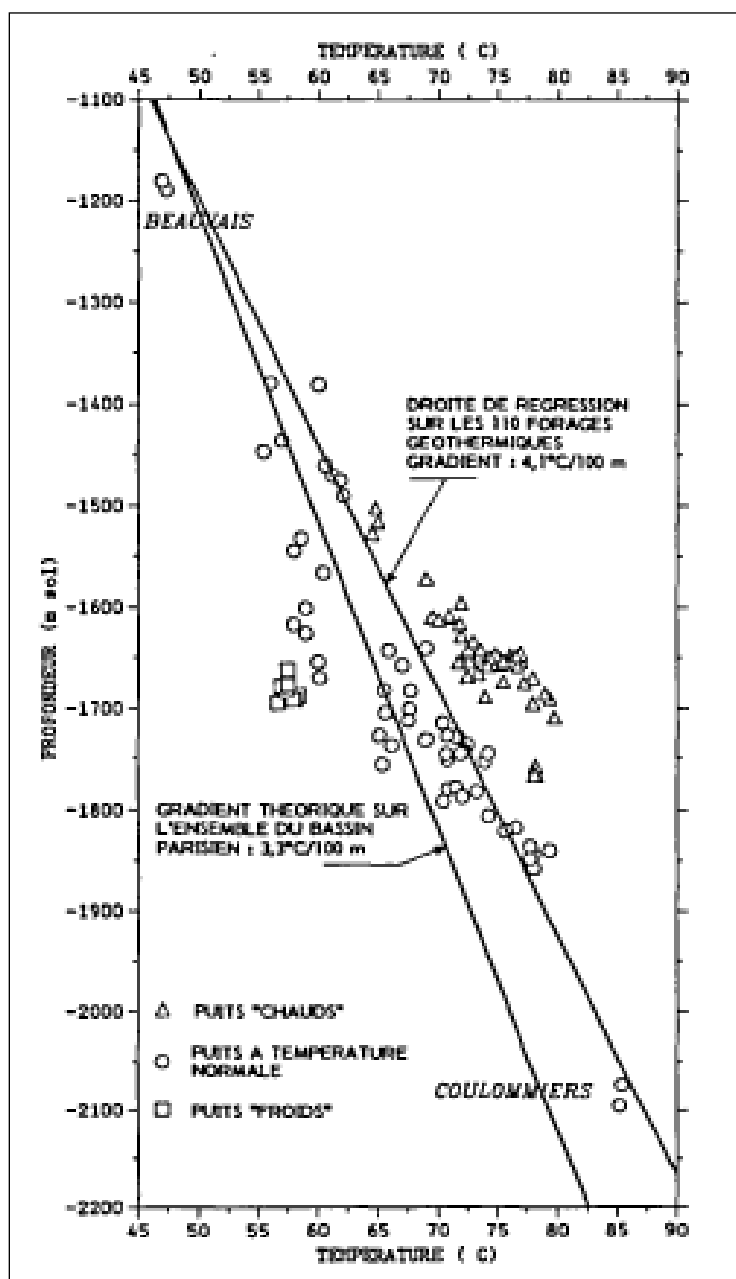


Figure 32 – Corrélation température / profondeur constatée sur 110 forages géothermiques dans le bassin parisien (d'après BRGM 30169)

Une autre approche est donc proposée, reposant sur la relation profondeur / température habituellement constatée dans le Bassin parisien, aboutissant à la figure suivante.

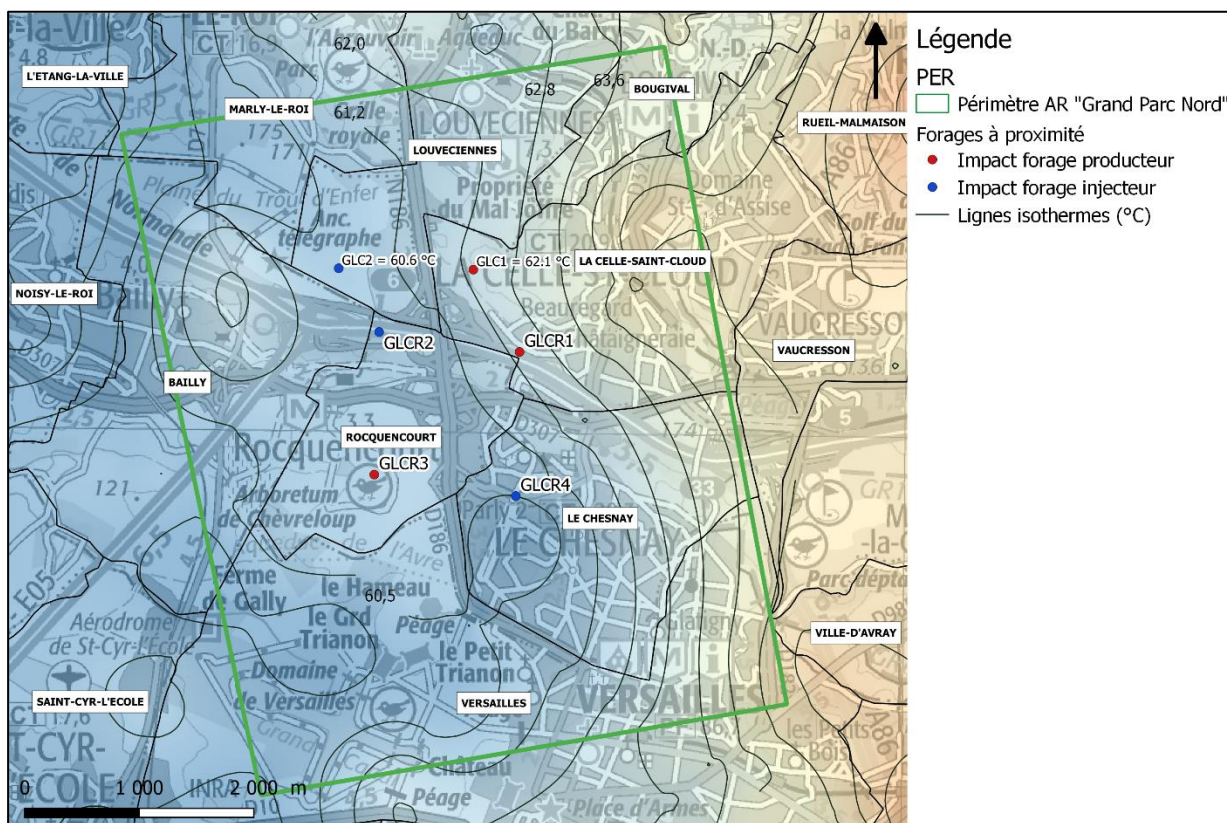


Figure 33 – Carte de température du réservoir du Dogger

On note que la température sur le site retenu pourrait être comprise entre 60 et 62°C au niveau du réservoir. Le gradient de température semble s'orienter de l'ouest vers l'est.

2.2.1.4.4. Localisation des niveaux producteurs du Dogger

L'ancien doublet de la Celle-Saint-Cloud, situé à proximité immédiate du projet, constitue la meilleure référence disponible sur la position prévisionnelle des niveaux producteurs dans le réservoir (Dogger) : il y apparaît une bonne corrélation entre les deux forages. Les niveaux qui produisent sont relativement concentrés dans la partie haute du réservoir (sur les deux puits, ils sont concentrés sur les 55 premiers mètres verticaux).

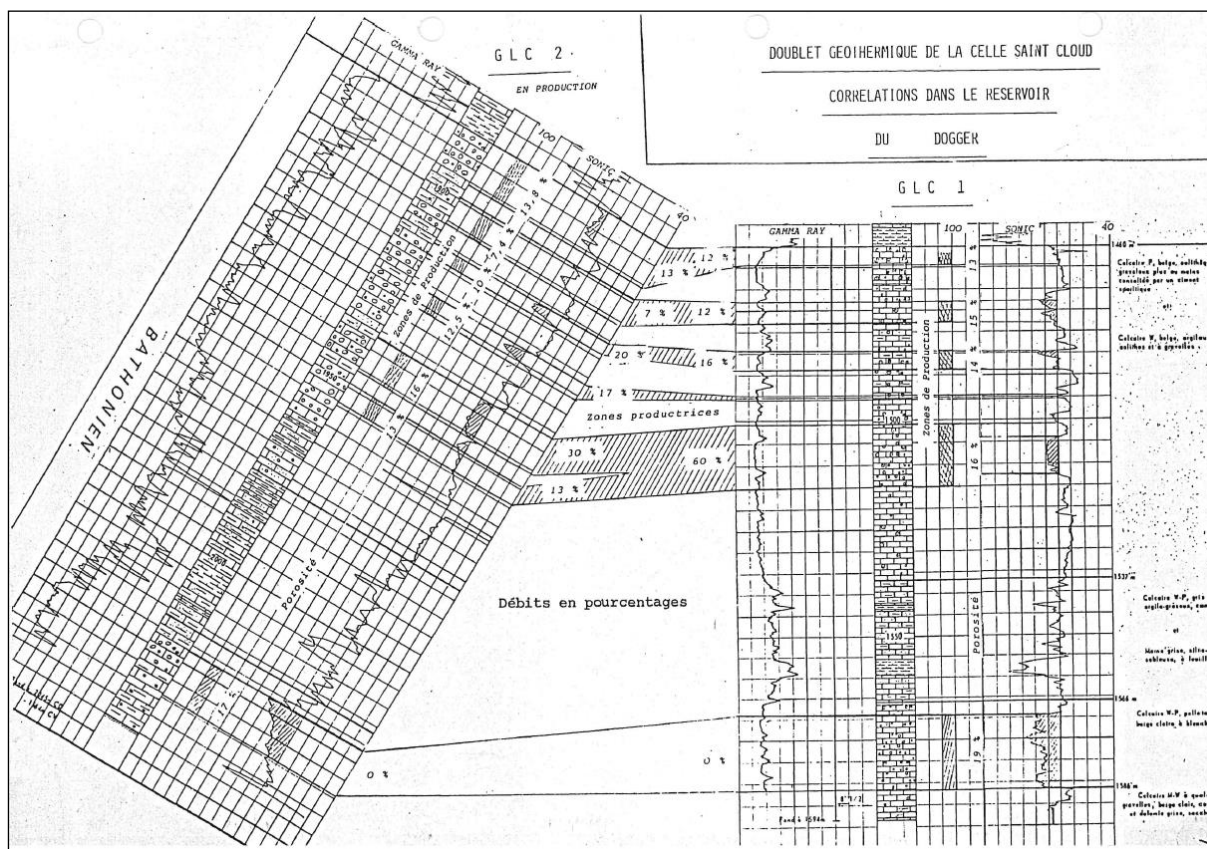


Figure 34 – Niveaux producteurs observés pour le doublet au Dogger de la Celle-Saint-Cloud

2.2.1.5. Caractéristiques chimiques de l'eau du Dogger

Les eaux du Dogger sont ici minéralisées, avec une salinité totale attendue au droit du projet estimée à 11 g/L (valeurs de référence de 10,8 g/L sur le puits GLC1 de la Celle-Saint-Cloud et 11,6 g/l sur les puits de Vélizy-Villacoublay). Cette salinité est essentiellement chlorurée sodique.

Le fluide ne peut convenir à aucun autre usage que l'exploitation de la chaleur. Il ne peut être rejeté dans le milieu naturel superficiel et doit donc impérativement être réinjecté dans son aquifère d'origine.

Cette eau peut contenir des sulfures à faible concentration a priori (mais pouvant être très variable selon le débit). Les sulfures sont susceptibles de générer la précipitation de sulfures métalliques, de favoriser la corrosion et la prolifération de bactéries du soufre (sulfato-réductrices, thiosulfato-réductrices). Ces risques sont actuellement bien maîtrisés sur la plupart des doublets du bassin parisien par l'injection d'inhibiteurs de corrosion et de bactéricides en pied du forage de production. L'injection est effectuée en continu lors de l'exploitation.

Les eaux du Dogger contiennent des gaz (dioxyde de carbone, méthane, azote...) qui donnent au fluide un caractère acide (pH d'environ 6 en général au niveau du réservoir), le milieu est donc corrosif vis-à-vis des aciers au carbone. L'eau est un peu sulfatée avec des concentrations correspondantes comprises entre 750 et 850 mg/L.

Les gaz dissous peuvent générer des dégradations des équipements de surface de la boucle géothermale (filtres, échangeurs, pompes) si une pression de consigne n'est pas respectée. Cette pression de consigne est maintenue supérieure à la pression de dégazage du fluide (« point bulle »). Un point de bulle de l'ordre de 7 bars est généralement constaté.

2.2.2. Synthèse sur les propriétés du réservoir

Les paramètres retenus pour caractériser le Dogger au niveau de la zone d'étude sont :

- Profondeurs au toit du Dogger :
 - > Pour GLCR1 (producteur) : -1293 m NGF \pm 10 m, soit une profondeur verticale de 1 435 m TVD environ pour une cote topographique du site n°1 de + 142 m NGF ;
 - > Pour GLCR2 (injecteur) : - 1276 m NGF \pm 10 m, soit une profondeur verticale de 1 418 m TVD environ pour une cote topographique du site n°1 de + 142 m NGF ;
 - > Pour GLCR3 (producteur) : - 1278 m NGF \pm 10 m, soit une profondeur verticale de 1 419 m TVD environ pour une cote topographique du site n°1 de +141 m NGF ;
 - > Pour GLCR4 (injecteur) : - 1270 m NGF \pm 10 m, soit une profondeur verticale de 1 411 m TVD environ pour une cote topographique du site n°1 de +141 m NGF ;
- Transmissivité : entre 10 et 15 D.m ;
- Température comprise entre 60 et 62°C au niveau du réservoir.

2.2.3. Performances prévisionnelles

Les performances prévisionnelles en production et injection dans la zone du Chesnay-Rocquencourt ont été estimées pour trois hypothèses de transmissivités : 10 ; 12,5 et 15 D.m pour des ouvrages de type multi-drains.

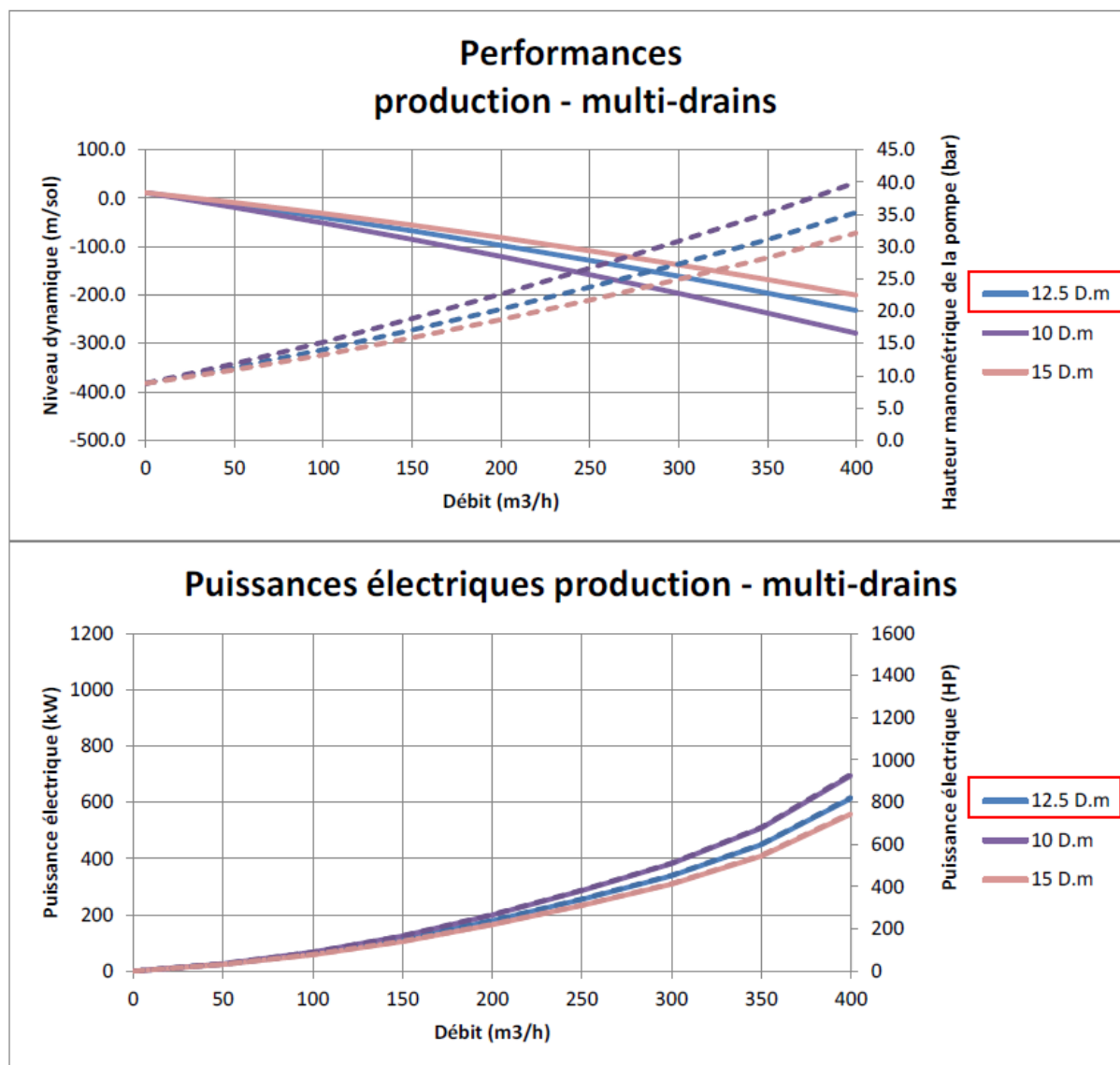


Figure 35 – Performances prévisionnelles en production avec une architecture multi-drains dans le secteur du Chesnay-Rocquencourt

Ces résultats montrent qu'avec une architecture multi-drains, des débits de production de l'ordre de 350 m³/h peuvent être atteints, à condition que la transmissivité soit d'au moins 12,5 D.m.

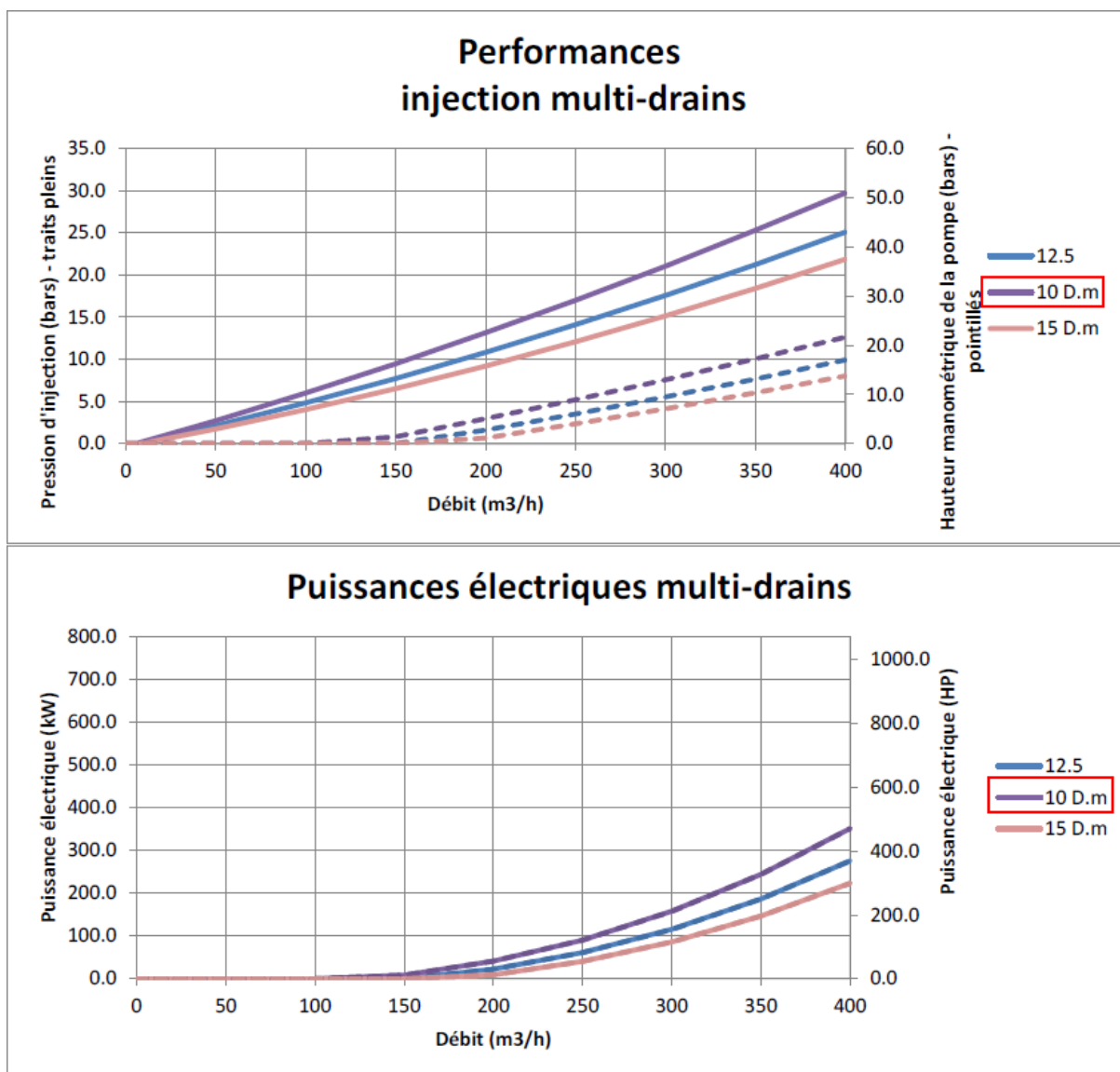


Figure 36 – Performances prévisionnelles en injection avec une architecture multi-drains dans le secteur du Chesnay-Rocquencourt

Ces résultats montrent qu'avec une architecture multi-drains, des débits d'injection de l'ordre de 350 m³/h peuvent être atteints, à condition que la transmissivité soit d'au moins 10 D.m.

2.3. Description des permis d'exploitation envisagés

2.3.1. Motivation du choix du site

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX)

Le choix du site d'implantation des forages prend en compte les critères suivants :

- Le choix d'exécuter un bâtiment unique pour les deux centrales géothermiques permet d'optimiser les coûts des travaux et de raccordement au bâtiment de géothermie ;
- L'emprise minimale des plateformes nécessaires aux travaux est de l'ordre de 4 000 m², hors accès et zone de stationnement ;
- L'emplacement choisi permet un accès facilité aux plateformes de forage ;
- La proximité des forages avec la future chaufferie associée ;
- La disponibilité foncière des terrains ;
- L'absence d'interaction avec un autre doublet géothermique au Dogger.

2.3.2. Implantation des forages projetés

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX)

La situation générale du projet est présentée en Figure 37. La commune du Chesnay-Rocquencourt est située dans le département des Yvelines à environ 10 km à l'ouest de Paris.

Le site est implanté dans le périmètre de l'échangeur entre la départementale D307 et la départementale D186. Plus précisément :

- La boucle est accueillera le bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques semi-enterrées indépendantes ainsi que le premier doublet de forage GLCR1-GLCR2 ;
- La boucle ouest accueillera le deuxième doublet de forage GLCR3-GLCR4.

Le chantier de la boucle est en phase forage pour le premier doublet GLCR1-GLCR2 occupera une surface d'environ 4000 m² (cf. Figure 38).

Le chantier de la boucle ouest en phase forage pour le deuxième doublet GLCR3-GLCR4 occupera une surface d'environ 4400 m² (cf. Figure 39).

Des vues actuelles des sites qui accueilleront les plateformes de forages et à terme le bâtiment des deux centrales géothermiques indépendantes sont disponibles en Figure 40 et Figure 41.

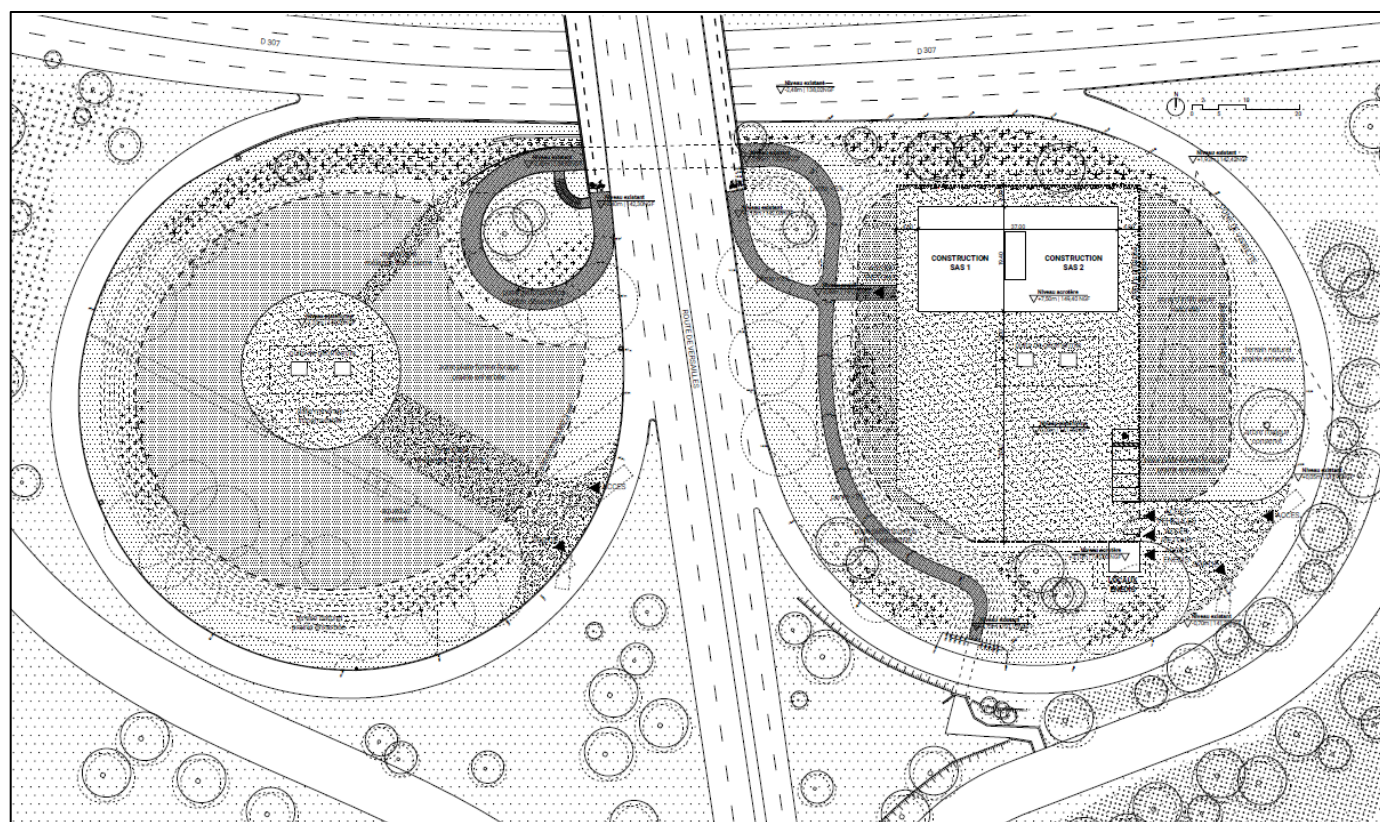
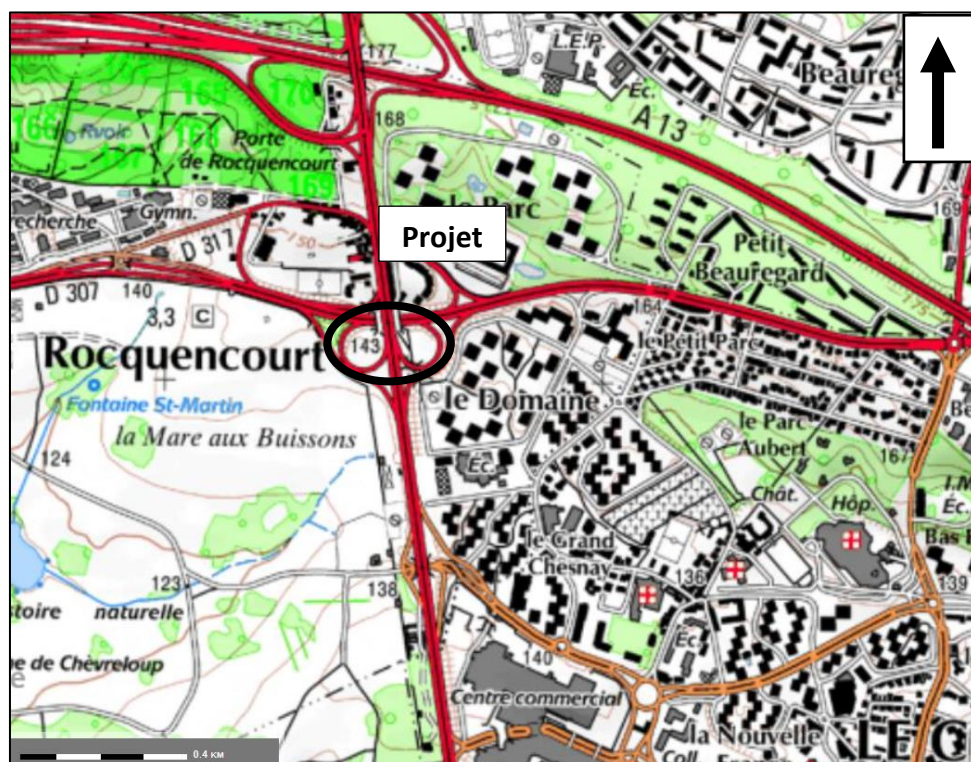


Figure 37 – Zone d'implantation des deux doublets géothermiques des boucles est et ouest (GLCR1-2 à l'est et GLCR3-4 à l'ouest) et des deux centrales géothermiques (Source : www.geoportail.gouv.fr – ENGIE Solutions)

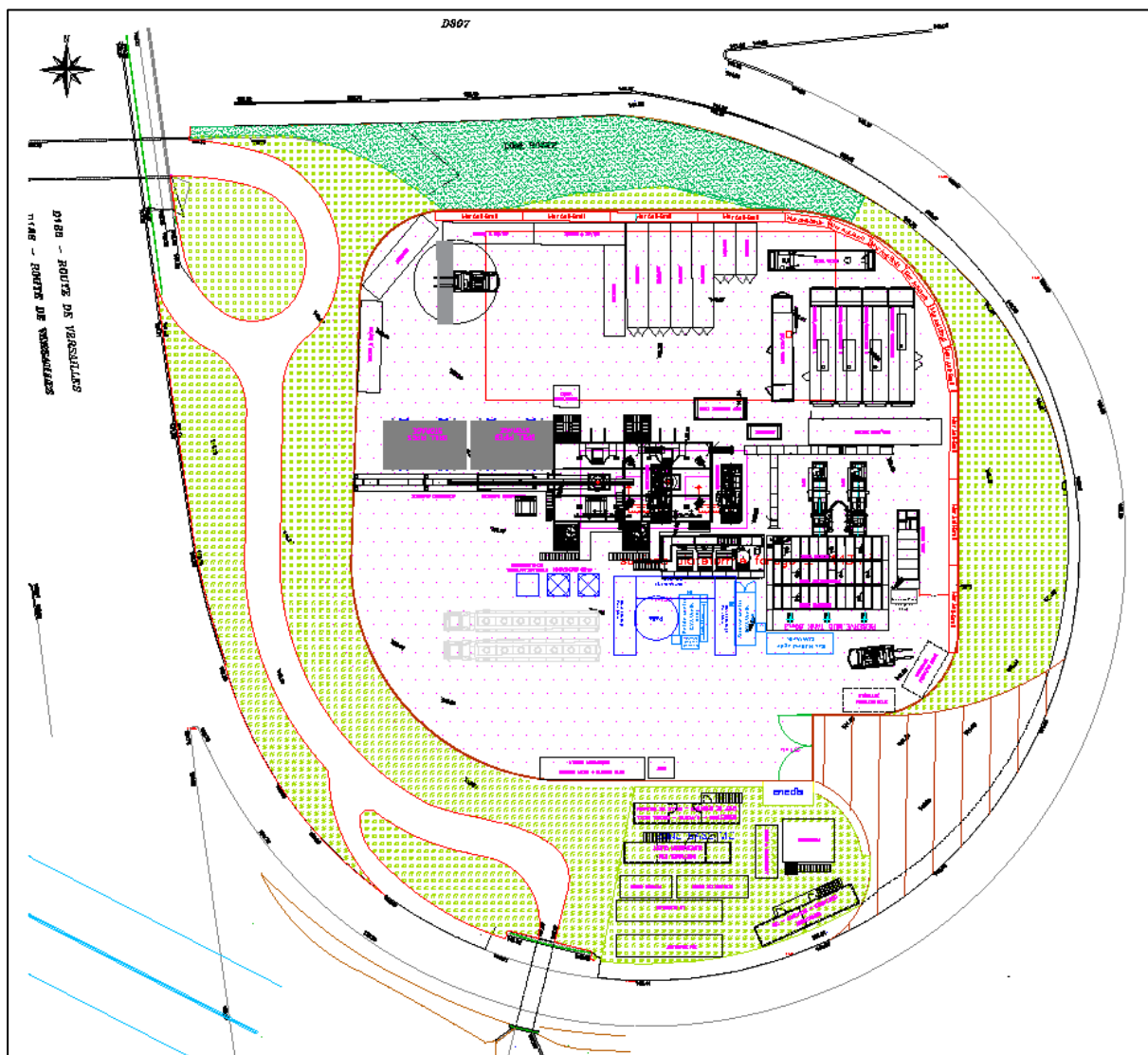


Figure 38 – Implantation prévisionnelle du chantier pour les travaux de forage du doublet GLCR1-GLCR2 – boucle est
 (Source : SMP)

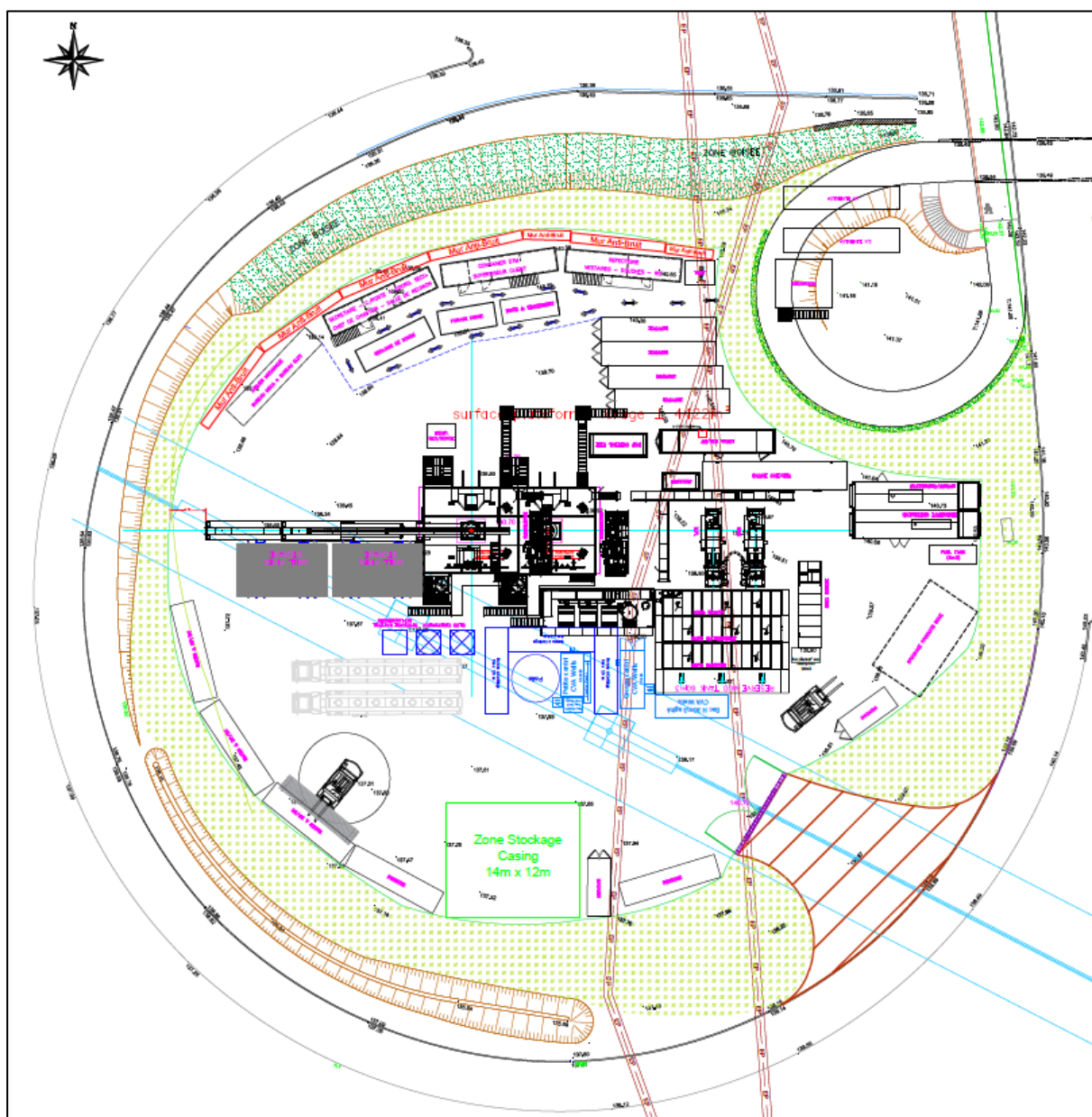


Figure 39 – Implantation prévisionnelle du chantier pour les travaux de forage du doublet GLCR3-GLCR4 – boucle ouest
 (Source : SMP)

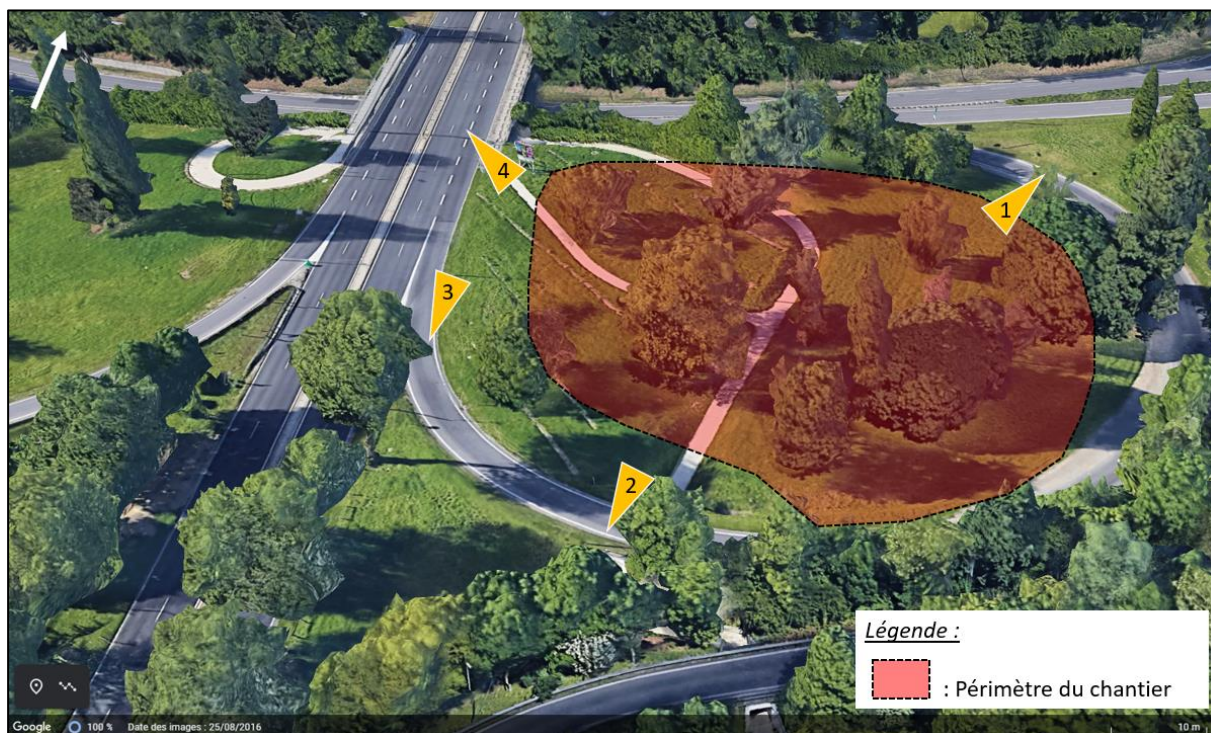


Figure 40 – Vues actuelles du site de l’emprise chantier des centrales géothermiques et du premier doublet GLCR1-GLCR2 (boucle est)



Figure 41 – Vues actuelles du site de l’emprise chantier du deuxième doublet GLCR3-GLCR4 (boucle ouest)

Le Tableau 4 présente les principales caractéristiques des deux doublets projetés GLCR1-GLCR2 et GLCR3-GLCR4.

Tableau 4 – Principales caractéristiques des deux doublets projetés GLCR1-GLCR2 et GLCR3-GLCR4

Forage	GLCR1	GLCR2	GLCR3	GLCR4
Localisation	Boucle Est		Boucle Ouest	
X tête de puits (Lambert 93)	634887 +/-15	634879 +/-15	634745 +/-15	634753 +/-15
Y tête de puits (Lambert 93)	6859807 +/-15	6859807 +/-15	6859805 +/-15	6859805 +/-15
Z sol (m NGF)	142	142	141	141
X toit Dogger (Lambert 93)	635465	634239	634196	635432
Y toit Dogger (Lambert 93)	6860321	6860496	6859253	6859065
Profondeur toit Dogger (m/sol)	1435	1418	1419	1411
Azimet dévié	48	317	225	143
Déport latéral au toit du Dogger (m)	773	940	779	1004
Ecart au toit du Dogger (m)	1238		1250	
X Barycentre Dogger (Lambert 93)	635632	634087	634039	635584
Y Barycentre Dogger (Lambert 93)	6860471	6860663	6859091	6858898
Z Barycentre Dogger (Lambert 93)	1463	1446	1447	1439
Déport latéral au barycentre du Dogger (m)	997	1167	1005	1231
Ecart au barycentre du Dogger (m)	1557		1557	

La position du barycentre globale pour chaque puits a été déterminé de la façon suivante :

- En considérant un modèle sandwich 3D, les barycentres des niveaux producteurs à la descente puis à la remontée ont été localisés pour chaque drain (cf. Figure 42) ;
- La répartition des débits entre les niveaux producteurs étant pour l'instant inconnue, la position du barycentre globale pour chaque puits a été déterminée en considérant les coordonnées X/Y dans un plan unique qui se trouve au centre du modèle sandwich 3D (cf. Figure 43).

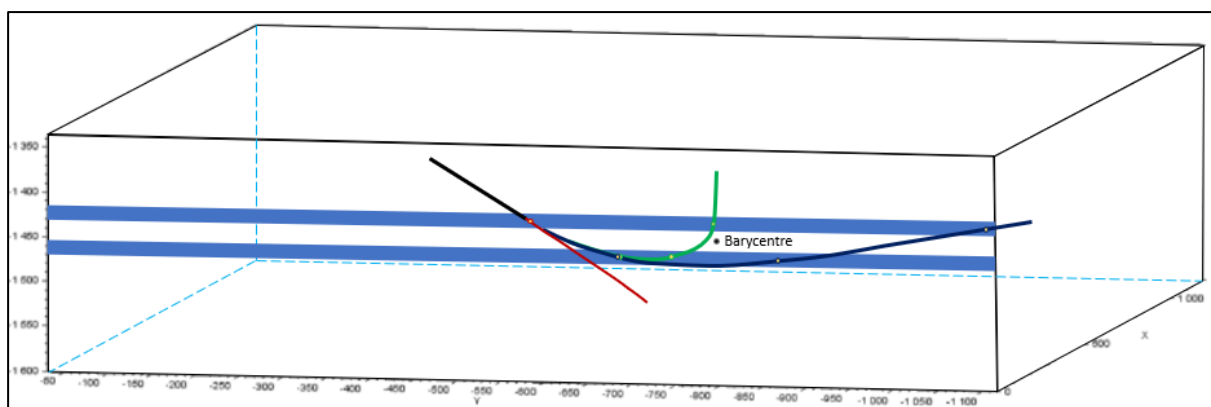


Figure 42 – Localisation des barycentres des niveaux producteurs à la descente et à la remontée pour chaque drain dans un modèle sandwich 3D

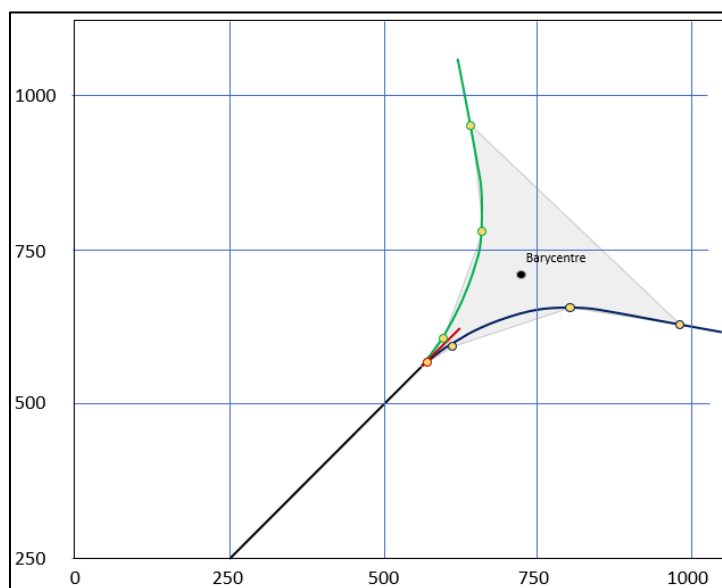


Figure 43 – Détermination du barycentre global du puits GLCR1 dans un plan unique du modèle sandwich 3D

2.3.3. Description des permis d'exploitations demandés pour deux doublets

2.3.3.1. Description du permis d'exploitation n°1 envisagé dit « Grand Parc Nord n°1 »

2.3.3.1.1. Volume d'exploitation envisagé

Le volume d'exploitation correspond à la partie de l'aquifère du Dogger d'où sera extraite la chaleur géothermale sur la période voulue (30 ans, renouvelable éventuellement par période de 15 ans).

Le périmètre définissant le volume d'exploitation a ici la forme d'une gélule (ou de stade).

La projection sur un plan horizontal du volume d'exploitation a la forme suivante :

- La partie centrale est un carré de côté d , d étant la distance horizontale entre le barycentre des niveaux réservoirs des forages de production et d'injection,
- Les parties latérales sont représentées par l'enveloppe convexe de 2 cercles centrés sur chacun des impacts et de rayon $d/2$.
- L'axe principal du périmètre passe par les impacts.

Le périmètre d'exploitation, **Grand Parc Nord n°1**, envisagé est présenté ci-après, les coordonnées des 6 points qui caractérisent la projection en surface du volume d'exploitation sont renseignées dans le Tableau 5, en projection Lambert 93.

Tableau 5 –Futur périmètre d'exploitation de Grand Parc Nord n°1 (GLCR1-GLCR2)

Angle du permis d'exploitation envisagé	Coordonnées en Lambert 93 (m)		Commune
	X	Y	
A	633313,9	6860759,6	Bailly
B	634182,8	6861436,0	Louveciennes
C	635728,1	6861243,4	La Celle-Saint-Cloud
D	636404,5	6860374,4	La Celle-Saint-Cloud
E	635535,5	6859698,1	Le Chesnay-Rocquencourt
F	633990,2	6859890,7	Le Chesnay-Rocquencourt

Le périmètre d'exploitation s'étendra sur les quatre communes des Yvelines (78) suivantes : Bailly, Louveciennes, la Celle-Saint-Cloud, le Chesnay-Rocquencourt.

Ce périmètre d'exploitation envisagé est inclus dans le périmètre associé à l'autorisation de recherche accordée par l'arrêté préfectoral n°78-2020-11-05-006. Le périmètre d'exploitation sera précisé à l'issue de la phase travaux et fera l'objet d'un porté à connaissance qui intégrera les paramètres réels du réservoir et des ouvrages réalisés.

Le périmètre de permis et le périmètre d'exploitation envisagé pour le nouveau doublet n'intercepte pas les doublets des permis d'exploitation les plus proches.

La partie de l'aquifère du Dogger sollicitée est constituée par les horizons géologiques compris entre les cotes 1 408 m TVD (correspond au toit du réservoir rencontré le plus haut entre les deux forages du doublet en conservant une incertitude de +/- 10 m) et 1 585 m TVD (correspond au mur du réservoir

rencontré le plus bas entre les deux forages du doublet en conservant une incertitude +/- 10 m), soit une hauteur de 177 mètres.

Le scénario met en jeu le doublet au Dogger GLCR1 – GLCR2. Le volume exploité projeté correspond à la gélule qui présente une distance (d) entre leurs points d'impact de 1557 m sur une épaisseur d'aquifère de 177 m, soit :

$$(1557^2 + \pi \times (1557/2)^2) \times 177 = 766\,100\,199 \text{ m}^3$$

Aucun périmètre de protection n'est demandé dans le cadre de l'exploitation du nouveau doublet.

2.3.3.1.2. Débit calorifique dont l'extraction est envisagée

L'extraction du doublet est envisagée à un débit maximal de 400 m³/h.

Ainsi, pour le doublet GLCR1-GLCR2, avec une température en tête de puits de production de 62°C et une température minimale de réinjection de 24°C, le débit calorifique maximal est de :

$$400 \times (62 - 24) = 15\,200 \text{ thermies/heure soit } 17,64 \text{ MW.}$$

$$Q_{\text{Calorifique}} = 1.161 * Q_{\text{max}}(T_{\text{maxprod}} - T_{\text{mininj}})$$

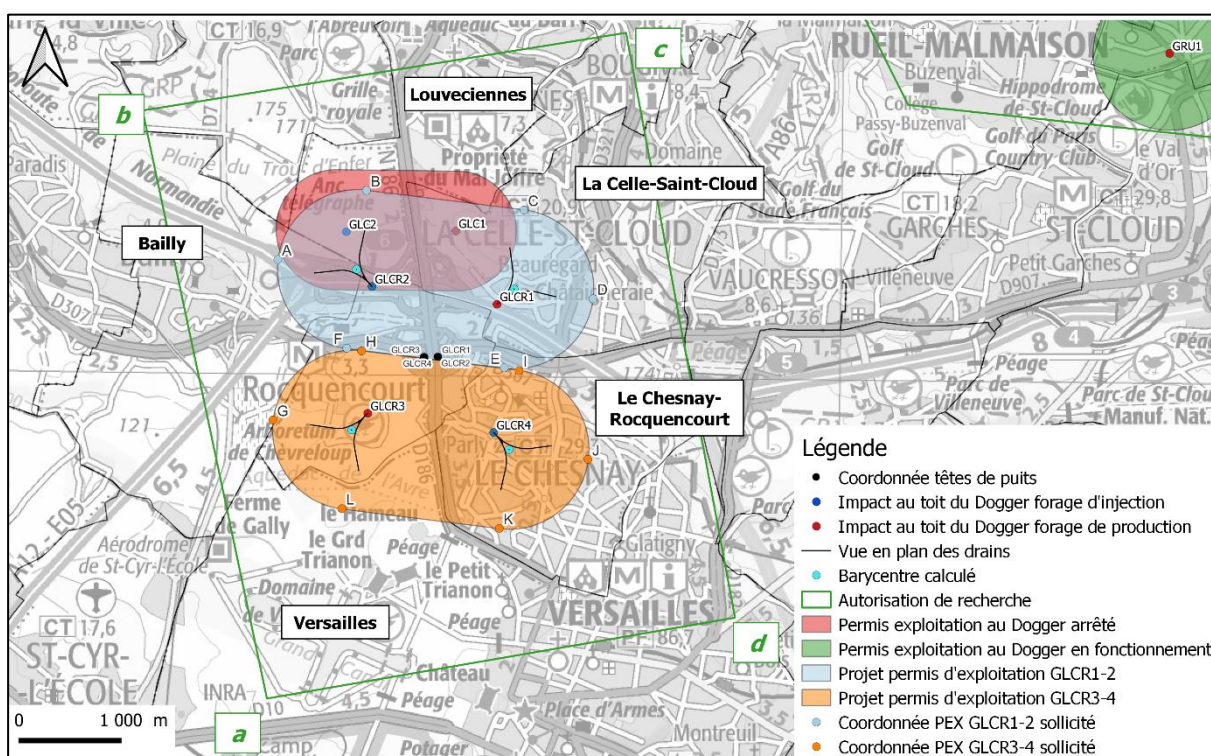


Figure 44 – Périmètre d'exploitation et de recherche envisagé pour la demande « Grand Paris Nord n°1 »

2.3.3.1.3. Perspectives d'utilisation des thermies extraites

Les thermies extraites seront distribuées dans le réseau existant par échange direct et par l'intermédiaire de pompes à chaleur.

2.3.3.2. Description du permis d'exploitation n°2 envisagé dit « Grand Parc Nord n°2 »

2.3.3.2.1. Volume d'exploitation envisagé

Le volume d'exploitation correspond à la partie de l'aquifère du Dogger d'où sera extraite la chaleur géothermale sur la période voulue (30 ans, renouvelable éventuellement par période de 15 ans).

Le périmètre définissant le volume d'exploitation a ici la forme d'une gélule (ou de stade).

La projection sur un plan horizontal du volume d'exploitation a la forme suivante :

- La partie centrale est un carré de côté d , d étant la distance horizontale entre le barycentre des niveaux réservoirs des forages de production et d'injection,
- Les parties latérales sont représentées par l'enveloppe convexe de 2 cercles centrés sur chacun des impacts et de rayon $d/2$.
- L'axe principal du périmètre passe par les impacts.

Le périmètre d'exploitation, Grand Parc Nord n°2, envisagé est présenté ci-après, les coordonnées des 6 points qui caractérisent la projection en surface du volume d'exploitation sont renseignées dans le Tableau 6, en projection Lambert 93.

Tableau 6 –Futur périmètre d'exploitation de Grand Parc Nord n°2 (GLCR3-GLCR4)

Angle du permis d'exploitation envisagé	Coordonnées en Lambert 93 (m)		Commune
	X	Y	
G	633266,0	6859187,1	Bailly
H	634135,1	6859863,2	Le Chesnay-Rocquencourt
I	635680,3	6859670,2	Le Chesnay-Rocquencourt
J	636356,4	6858801,1	Le Chesnay-Rocquencourt
K	635487,3	6858125,0	Le Chesnay-Rocquencourt
L	633942,1	6858318,0	Versailles

Le périmètre d'exploitation s'étendra sur les trois communes des Yvelines (78) suivantes : Bailly, le Chesnay-Rocquencourt et Versailles.

Ce périmètre d'exploitation envisagé est inclus dans le périmètre associé à l'autorisation de recherche accordée par l'arrêté préfectoral n°78-2020-11-05-006. Le périmètre d'exploitation sera réévalué à l'issue de la phase travaux et fera l'objet d'un dossier de demande de permis d'exploitation qui intégrera les paramètres réels du réservoir et des ouvrages réalisés.

Le périmètre de permis et le périmètre d'exploitation envisagé pour le nouveau doublet n'intercepte pas les doublets des permis d'exploitation les plus proches.

La partie de l'aquifère du Dogger sollicitée est constituée par les horizons géologiques compris entre les cotes 1 401 m TVD (correspond au toit du réservoir rencontré le plus haut entre les deux forages du doublet en conservant une incertitude de +/- 10 m) et 1 569 m TVD (correspond au mur du réservoir rencontré le plus bas entre les deux forages du doublet en conservant une incertitude +/- 10 m), soit une hauteur de 168 mètres.

Le scénario met en jeu le doublet au Dogger GLCR3 – GLCR4. Le volume exploité projeté correspond à la gélule qui présente une distance (d) entre leurs points d'impact de 1557 m sur une épaisseur d'aquifère de 168 m, soit :

$$(1557^2 + \pi \times (1557 / 2)^2) \times 168 = 727\,145\,952 \text{ m}^3$$

Aucun périmètre de protection n'est demandé dans le cadre de l'exploitation du nouveau doublet.

2.3.3.2.2. Débit calorifique dont l'extraction est envisagée

L'extraction du doublet est envisagée à un débit maximal de 400 m³/h.

Ainsi, pour le doublet GLCR3-GLCR4, avec une température en tête de puits de production de 62°C et une température minimale de réinjection de 24°C, le débit calorifique maximal est de :

$$400 \times (62 - 24) = 15\,200 \text{ thermies/heure soit } 17,64 \text{ MW.}$$

$$Q_{\text{Calorique}} = 1.161 * Q_{\text{max}}(T_{\text{max prod}} - T_{\text{min inj}})$$

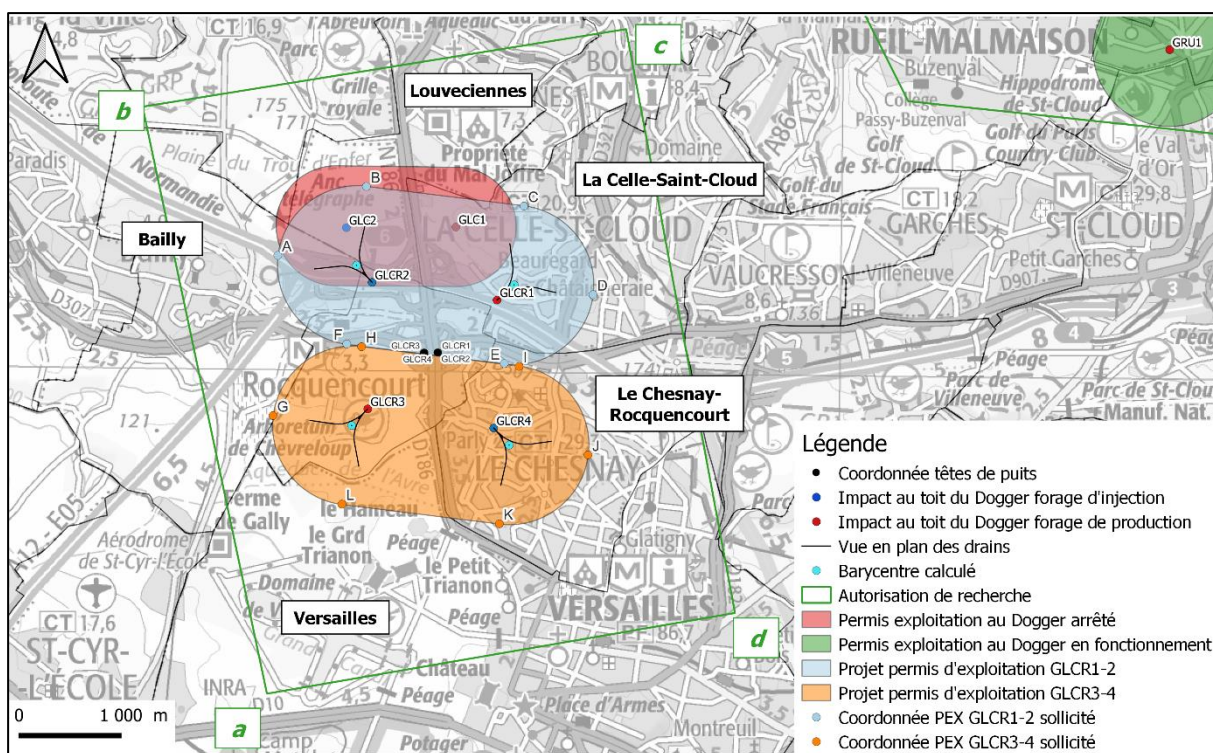


Figure 45 - Périmètre d'exploitation et de recherche envisagé pour la demande « Grand Paris Nord n°2 »

2.3.3.2.3. Perspectives d'utilisation des thermies extraites

Les thermies extraites seront distribuées dans le réseau existant par échange direct et par l'intermédiaire de pompes à chaleur.

3. Mémoire sur les travaux prévus

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX)

3.1. Objectifs

Il est prévu de réaliser quatre forages profonds.

L'objectif de ces forages est de capter l'énergie géothermique de l'aquifère du Dogger afin d'alimenter des réseaux de chaleur. L'intégralité des eaux produites sera réinjectée dans l'aquifère du Dogger par le biais de deux forages de réinjection par doublet.

Les forages seront déviés.

Ils seront intégralement isolés des terrains encaissants par des cuvelages cimentés (en dehors des sections correspondant au réservoir capté).

3.2. Implantation

- Commune : Le Chesnay-Rocquencourt (78) ;
- Adresse : Boucles est et ouest de l'échangeur entre les départementales D307 et D186.

Les coordonnées prévisionnelles des ouvrages sont reportées dans le Tableau 4. Les coordonnées d'implantation au sol sont données à +/- 15 m ; les têtes de forages des deux doublets seront distantes de 8 m environ.

Ces coordonnées sont susceptibles de légères modifications au moment des travaux. Plusieurs implantations restent possibles dans un périmètre restreint selon l'orientation et la disposition finale qui sera retenue pour l'atelier de forage, et selon l'atelier lui-même.

3.3. Emprise du projet

Les parcelles sur lesquelles sont implantées les têtes de puits appartiennent à la commune du Chesnay-Rocquencourt.

Ces terrains accueilleront à terme : le doublet GLCR1-GLCR2 (boucle est), le doublet GLCR3-GLCR4 (boucle ouest), le bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques (boucle est) et les accès nécessaires à ENGIE et aux entreprises susceptibles d'intervenir pour l'entretien, le contrôle, la réparation et la rénovation des ouvrages.

Les quatre forages déviés seront exécutés à partir de deux plateformes différentes.

L'emprise de la plateforme du doublet GLCR1-GLCR2 (boucle est) est de l'ordre de 4400 m².

L'emprise de la plateforme du doublet GLCR3-GLCR4 (boucle ouest) est de l'ordre de 4000 m².

En fin de travaux, chacune des plateformes de forage sera détruite et aménagée de telle sorte que ne subsistent que les quatre têtes de puits, surmontées éventuellement d'un bâti. Ces petites constructions légères et amovibles permettront de restreindre l'accès aux têtes de puits et aux équipements associés et de limiter le risque de projection d'eau chaude en cas de fuite sur les têtes de puits. Une autre solution pourra consister à placer les têtes de puits dans des caves enterrées. Dans ce cas, un dispositif permettra de fermer les vannes de têtes de puits à partir de la surface.

Une plateforme de servicing ou de workover, d'environ 1450 m² sera mise en place sur chaque boucle de l'échangeur. Elle sera accessible en permanence, pour un véhicule d'au moins 15 T à l'essieu. L'aménagement correspondant sera fait en limitant au maximum les éléments à démonter pour libérer totalement la zone. Le dispositif de gestion des eaux de ruissellement mis en place pour les travaux de forage sera conservé (collecte des eaux pluviales puis rejet dans le réseau d'eau pluviale, après passage dans un débourbeur).

La parcelle qui accueillera le bâtiment géothermie est situé au droit de la boucle est de l'échangeur.

3.4. Programmation des phases de travaux

Le programme de forages faisant l'objet de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux se décompose selon les postes suivants :

- Travaux et ouvrages de génie civil (équipements de la plate-forme),
- Branchement de l'alimentation du chantier en eau,
- Amenée de l'appareil de forage,
- Activités de forage,
- Équipement des forages,
- Tests de production, diagraphies,
- Repli de l'appareil de forage,
- Connexion au bâtiment géothermie.

Les différentes phases de travaux sont détaillées dans les paragraphes suivants.

3.5. Calendriers des travaux

La réalisation de chaque doublet de forage (un forage de production et un forage d'injection) au Dogger nécessitera 140 jours d'opération environ dont 110 jours pour les phases de forage en travail continu 24 heures sur 24, et 30 jours environ pour les phases de montage-démontage-déplacement de matériels, à raison d'environ 10 jours pour chacune des phases de montage, de ripage d'un forage à l'autre et de démontage et repli de l'appareil de forage.

Il est prévu de démarrer les travaux de forage du premier doublet GLCR1-2 à partir de janvier 2024.

Les travaux associés au bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques pourront débuter en septembre 2024.

Les travaux de forage du deuxième doublet GLCR3-4 démarreront à partir d'avril 2025.

3.6. Principe du forage pétrolier

La réalisation d'un forage géothermique s'apparente à celle d'un forage pétrolier : les techniques utilisées et les matériels sont similaires.

Le schéma de principe d'un forage pétrolier est rappelé en Figure 46. Des exemples d'ateliers de forages sont présentés Figure 47.

Un outil de forage « rotary » relié à la surface par un train de tiges métalliques ("garniture de forage") supportées par le mât de forage par l'intermédiaire de l'ensemble treuil-moufle fixe / moufle mobile (fonction levage) est utilisé pour broyer la roche et permettre le forage du puits.

Le forage rotary utilise en général un tricône à dents, ou monobloc dans certaines conditions, animé d'une rotation sur lequel est appliquée une force procurée par le poids des tiges. Le poids sur l'outil est assuré par l'emploi de masses-tiges vissées au-dessus de l'outil et prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage, simples tubes vissés entre eux et assurant la transmission du mouvement de rotation et la canalisation du fluide de forage.

La roche broyée est remontée en surface par circulation du fluide ou boue de forage ayant des propriétés de suspension des solides. Ce fluide est injecté depuis la surface dans les tiges de forage et pénètre dans le puits au niveau du fond du forage en cours grâce à des évents ("duses") aménagés sur l'outil de forage. Le fluide remonte ensuite du fond jusqu'en surface par l'espace annulaire entre les tiges de forage et les parois du trou en entraînant avec lui les déblais de roche broyée. En surface, la boue de forage est dirigée vers un circuit de traitement approprié (tamis, centrifugeuse) destiné à la débarrasser des solides indésirables ("déblais") et à restaurer ses qualités de densité et de viscosité avant sa réinjection dans le puits. Les déblais de forage et les boues usées sont stockés temporairement dans des bacs métalliques de rétention à partir desquels ils peuvent être traités sur place ou transportés directement sur un site de traitement et d'élimination autorisé.

Le traitement des bacs sur site ne concerne que les boues à l'eau et consiste en une décantation des boues et déblais. La partie solide est acheminée vers un centre agréé, les eaux récupérées sont envoyées en station d'épuration.

Pendant l'exécution du forage, des cuvelages en acier sont régulièrement descendus dans le puits à différentes profondeurs et cimentés aux parois du trou (cf. Figure 48) afin d'en stabiliser la paroi, d'isoler les unes des autres les différentes zones poreuses et perméables rencontrées et de rendre possible l'approfondissement du forage dans des conditions satisfaisantes de sécurité.

Un chantier de forage de type pétrolier comprend :

- Un atelier de forage avec son mât de levage et sa plate-forme de travail surélevée,

- Des râteliers (tréteaux souvent dénommés racks) pour stocker les tiges de forage et les tubages avant leur emploi,
- Des moteurs thermiques diesel (échappements des moteurs équipés de silencieux), des groupes électrogènes avec leurs capots de protection,
- Des pompes et un circuit de traitement des boues et de filtration des boues,
- Plusieurs locaux mobiles de chantiers abritant des ateliers de mécanique, les bureaux, les vestiaires, les sanitaires...
- Des bacs à eau, à boue et à fluides de test (eaux chaudes).

L'éclairage du chantier est assuré par des projecteurs dirigés exclusivement vers les lieux de travail et non vers les lieux environnants.

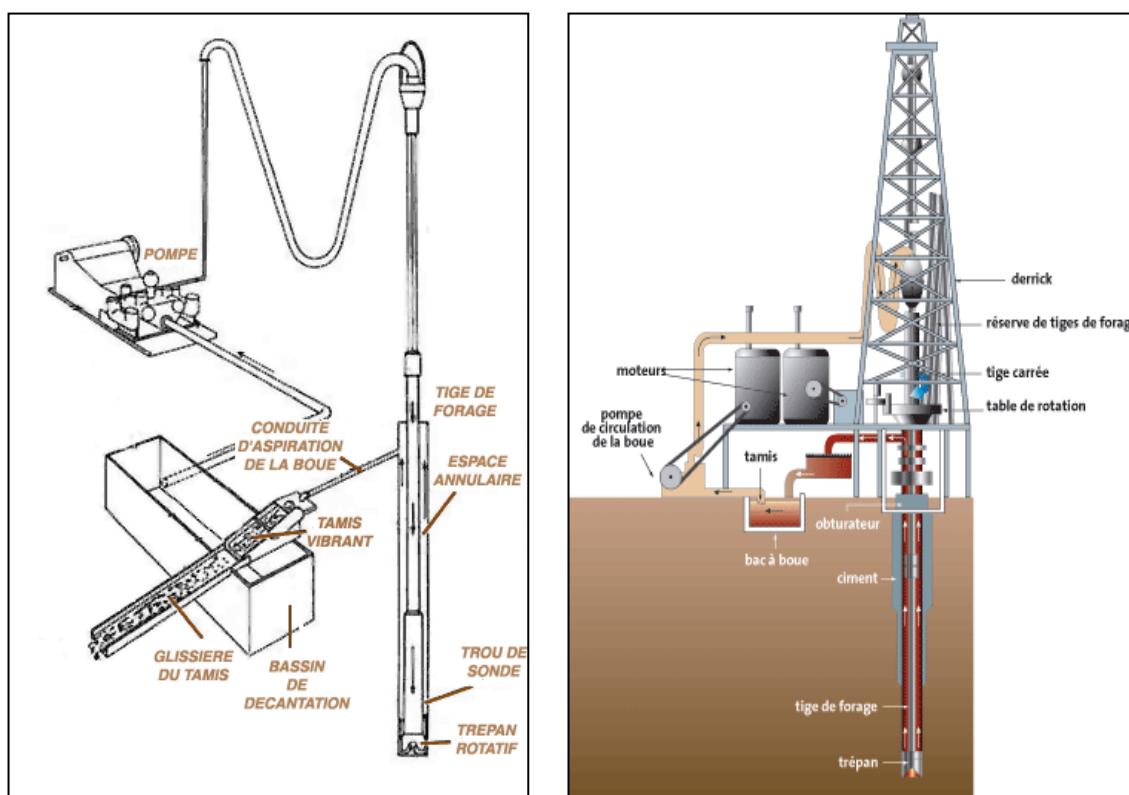
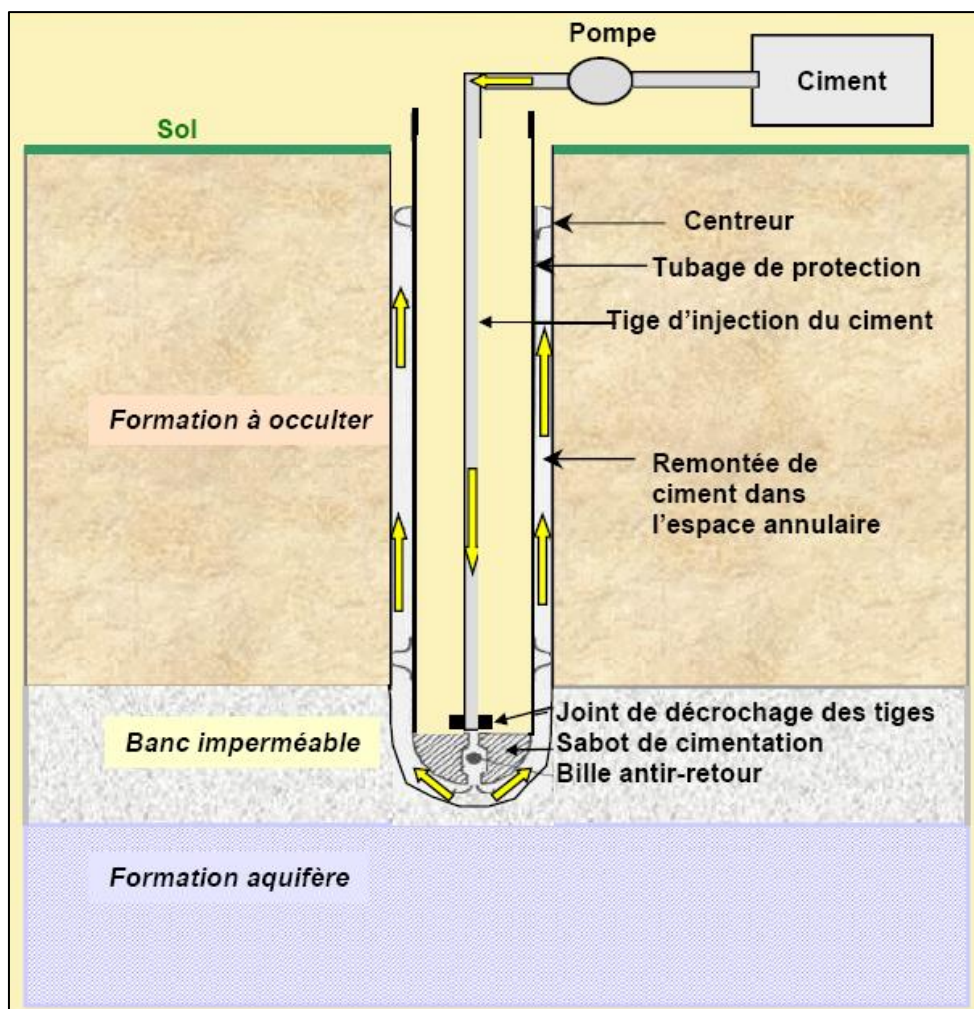


Figure 46 – Schémas de principe d'un forage de type pétrolier (source documentaire : ADEME/BRGM)



Figure 47 – Exemples d'ateliers de forages géothermiques (source documentaire ADEME/BRGM)



Il s'agit ici d'une cimentation par inner string (tiges de cimentation connectées au sabot pour l'injection du laitier puis ensuite déconnectée) ; cette méthode sera utilisée pour la pose du premier casing de gros diamètre (18"5/8).

Les cimentations des tubages de diamètre plus faible (13"3/8 et 9"5/8) sont faites par injection du laitier de ciment sous pression directement dans le tubage par l'intermédiaire d'une tête de cimentation ; le laitier est alors poussé par injection de boue de forage.

Figure 48 – Principe de cimentation d'un tubage (source : BRGM)

3.7. Description de l'équipement des forages au Dogger

Ces travaux sont encadrés par l'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières.

Le choix d'architecture des puits des deux doublets du Chesnay-Rocquencourt se porte sur des architectures en acier et en diamètres dits classiques.

Les architectures des puits présentées dans ce document sont indiquées à titre indicatif. Les phases d'ingénierie de forage à venir pourront amener à légèrement modifier l'architecture de puits.

Le programme de travaux définitif sera soumis à la DRIEAT pour validation au plus tard un mois avant le démarrage des travaux.

3.7.1. Grand Parc Nord n°1 : Puits de production GLCR1 : coupe technique et géométrie

Le forage de production sera équipé de cuvelages en acier aux normes API. Les caractéristiques principales du forage de production GLCR1 seront :

- Colonne de production en 9''5/8 posée de 400 m (chambre de pompage) jusqu'au toit du réservoir vers 1766 m forés (1435 m en profondeur verticale),
- Colonne intermédiaire en 13''3/8 posée sous les aquifères de l'Albien et du Néocomien vers 740 m forés (735 m en profondeur verticale),
- Colonne de surface en 18''5/8 posée vers 430 m,
- Forage dévié avec plusieurs amorces (KOP) :
 - De 445 à 714 m MD : taux de déviation 0,65°/10 m, inclinaison jusqu'à 17,5° ;
 - De 756 à 1070 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison jusqu'à 49° ;
 - De 1444 à 1678 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison finale à 60°.

Le déplacement latéral au toit du réservoir après 1766 m forés serait de 774 m.

La coupe technique prévisionnelle de cet ouvrage de production est présentée en Figure 49 et la trajectoire nominale prévisionnelle en Figure 50.

3.7.2. Grand Parc Nord n°1 : Puits de production GLCR1 : programme de forage

Le programme de forage pour le puits de production GLCR1 sera :

- **Avant-trou**

Avant-trou tubé en 711 mm, de 50 m de profondeur.

- **Forage en 26"**

Forage vertical 26" au rotary jusqu'à 434 m de profondeur.

- **Tubage 18"5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 18"5/8 – grade K55 – masse nominale 87,5 lb/ft – filetage Buttress. Cimentation totale sous pression de l'annulaire jusqu'au jour – ciment pozmix de densité 1,6.

- **Forage en 17"1/2**

Après reforage du sabot, forage en 17"1/2 au rotary à la boue bentonitique – forage vertical jusqu'à 445 m.

À 445 m, amorce de build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,65° /10 m – avec un objectif de déviation de 17,5° /verticale à la base de la section déviée à 714 m MD (soit 710 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 17"1/2 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 745 m MD (soit 740 m TVD).

Arrêt 16 m TVD sous le top des calcaires du Portlandien.

- **Tubage 13"3/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 13"3/8 de 0 à 740 m MD – grade K55 – masse nominale 61 lb/ft – filetage Buttress.

Cimentation totale de l'annulaire sous pression jusqu'au jour – ciment allégé Pozmix de densité 1,6 de 0 à 640 m MD, ciment de classe G, densité 1,9 de 640 à 740 m MD. L'attente de prise du ciment suivant échantillon sera de minimum 48 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage en 12"1/4**

Après reforage du sabot, forage rectiligne incliné en 12"1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 756 m MD.

À 756 m MD, amorce deuxième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 1° /10 m – avec un objectif de déviation de 49° /verticale à la base de la section déviée à 1070 m MD (soit 1009 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12"1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1444 m MD.

À 1444 m MD, amorce troisième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,47° /10 m – avec un objectif de déviation de 60° /verticale à la base de la section déviée à 1678 m MD (soit 1391 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12"1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1770 m MD.

Arrêt à 4 m MD environ sous le top des calcaires du Bathonien.

- **Tubage 9”5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 9”5/8 de 0 m à 1766 m MD – grade K55 – masse nominale 47 lb/ft – filetage type Buttress/Geoconn.

Cimentation totale de l’annulaire sous pression jusqu’à 400m, base de la chambre de pompage – ciment allégé Litecrete de densité 1,2 de 400 à 1214 m MD et ciment de classe G, densité 1,9 de 1214 à 1766 m MD. L’attente de prise du ciment suivant échantillons sera de minimum 72 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage du Dogger en 8”1/2**

Le forage du réservoir se fera en recourant à la technique du multi-drains, déjà éprouvée à Vélizy-Villacoublay. La séquence exacte de foration reste à définir. Elle pourra intégrer tout ou partie des étapes suivantes :

- Réalisation d’un puits pilote suivi d’un test en débit de manière à identifier la position des niveaux producteurs,
- Sorties en trou ouvert afin de forer plusieurs drains,
- Trajectoire en forme de U afin de traverser à plusieurs reprises les éventuels niveaux producteurs proches du sabot de tubage,
- Forage d’une jambe de sédimentation,
- Trajectoire en forme de drain sub-horizontal.

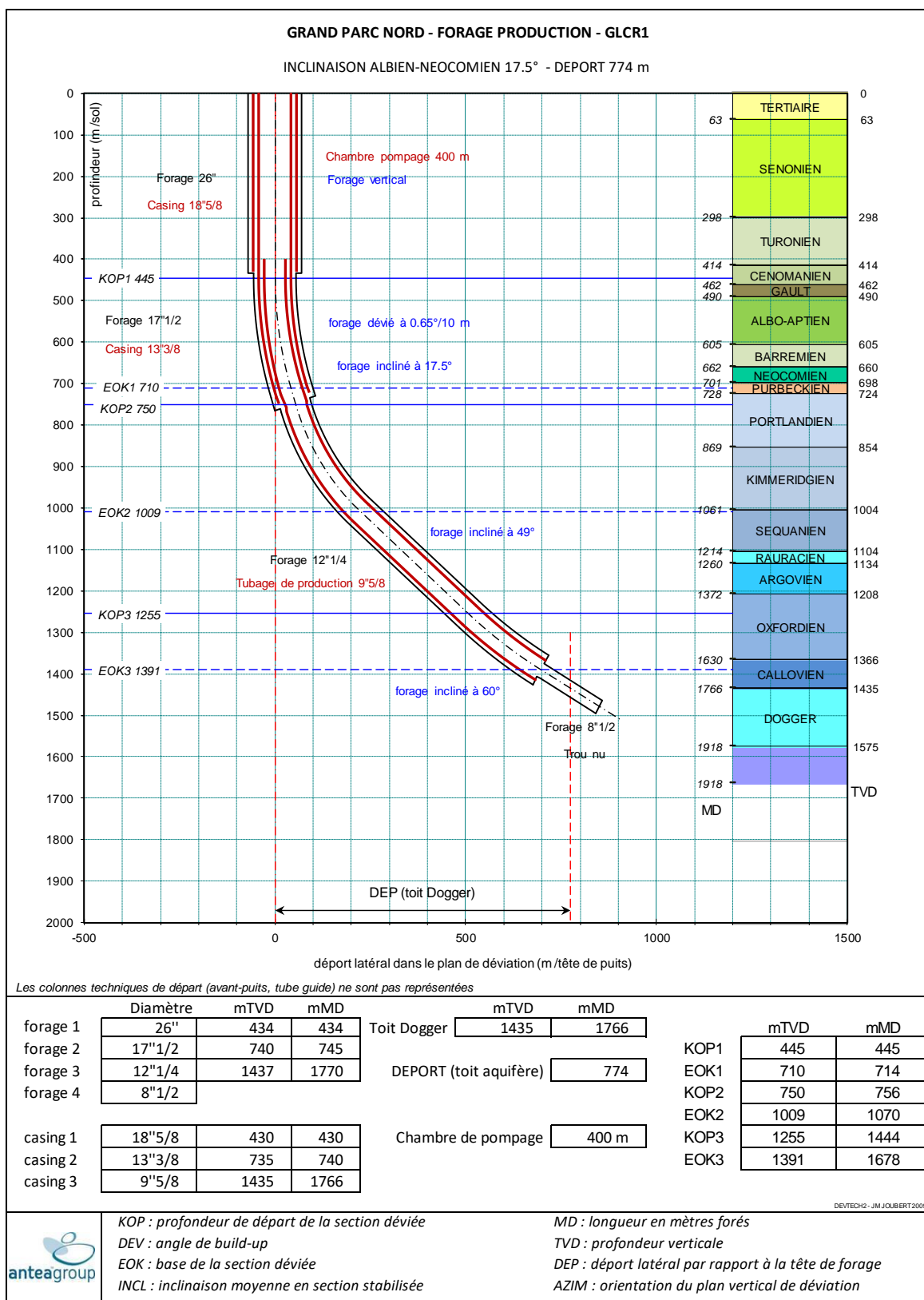


Figure 49 – Coupe technique prévisionnelle du puits de production GLCR1

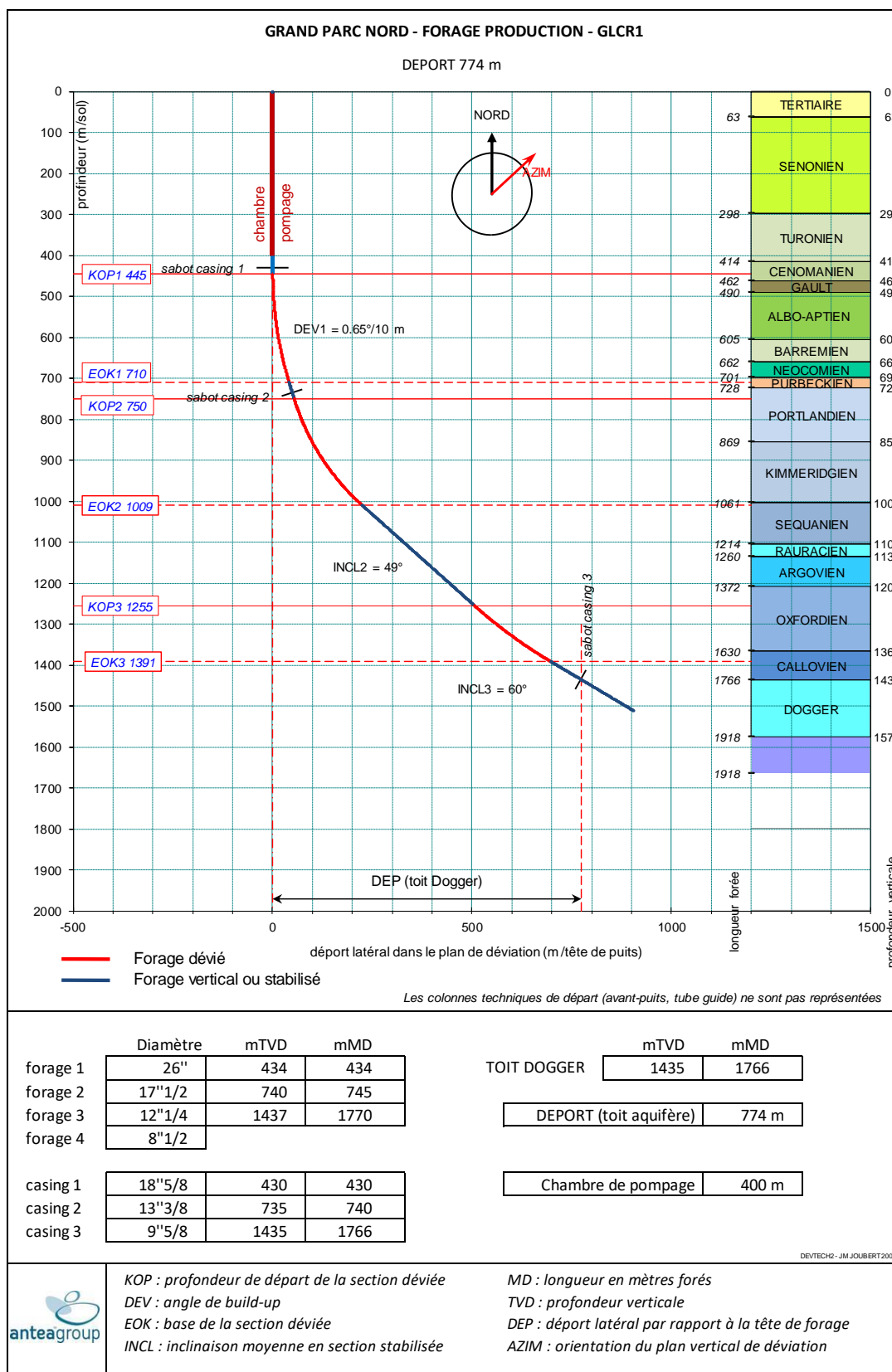


Figure 50 – Trajectoire nominale prévisionnelle du puits de production GLCR1

3.7.3. Grand Parc Nord n°1 : Puits d'injection GLCR2 : coupe technique et géométrie

Le forage d'injection GLCR2 sera équipé de cuvelages en acier aux normes API. Les caractéristiques principales du forage d'injection seront :

- Colonne de production en 9''5/8 posée de la surface jusqu'au toit du réservoir vers 1806 m forés (1418 m en profondeur verticale),
- Colonne intermédiaire en 13''3/8 posée sous les aquifères de l'Albien et du Néocomien vers 770 m forés (735 m en profondeur verticale),
- Colonne de surface en 18''5/8 posée vers 200 m,
- Forage dévié avec plusieurs amorces (KOP) :
 - De 220 à 758 m MD : taux de déviation 0,65°/10 m, inclinaison jusqu'à 35° ;
 - De 788 à 897 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison finale 46° ;
 - De 1412 à 1709 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison finale 60°.

Le déplacement latéral au toit du réservoir après 1806 m forés serait de 940 m.

La coupe technique prévisionnelle de cet ouvrage d'injection est présentée en Figure 51 et la trajectoire nominale prévisionnelle en Figure 52.

3.7.4. Grand Parc Nord n°1 : Puits d'injection GLCR2 : programme de forage

Le programme de forage pour le puits d'injection GLCR2 sera,

- **Avant-trou**

Avant-trou tubé en 711 mm, de 50 m de profondeur.

- **Forage en 26"**

Forage vertical 26" au rotary jusqu'à 204 m de profondeur.

- **Tubage 18"5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 18"5/8 – grade K55 – masse nominale 87,5 lb/ft – filetage Buttress. Cimentation totale sous pression de l'annulaire jusqu'au jour – ciment pozmix de densité 1,6.

- **Forage en 17"1/2**

Après reforage du sabot, forage en 17"1/2 au rotary à la boue bentonitique – forage vertical jusqu'à 220 m.

À 220 m, amorce de build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,65° /10 m – avec un objectif de déviation de 35° /verticale à la base de la section déviée à 758 m MD (soit 725 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 17"1/2 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 776 m MD (soit 740 m TVD).

Arrêt 19 m TVD sous le top des calcaires du Portlandien.

- **Tubage 13"3/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 13"3/8 de 0 à 770 m MD – grade K55 – masse nominale 61 lb/ft – filetage Buttress.

Cimentation totale de l'annulaire sous pression jusqu'au jour – ciment allégé Pozmix de densité 1,6 de 0 à 670 m MD, ciment de classe G, densité 1,9 de 670 m à 770 m MD. L'attente de prise du ciment suivant échantillon sera de minimum 48 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage en 12"1/4**

Après reforage du sabot, forage rectiligne incliné en 12"1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 788 m MD.

À 788 m MD, amorce deuxième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 1,00° /10 m – avec un objectif de déviation de 46° /verticale à la base de la section déviée à 897 m MD (soit 833 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12"1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1412 m MD (soit 1191 m TVD).

A 1412 m MD, amorce troisième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,47° /10 m – avec un objectif de déviation de 60° /verticale à la base de la section déviée à 1709 m MD (soit 1369 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12"1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1810 m MD.

Arrêt à 4 m MD environ sous le top des calcaires du Bathonien.

- **Tubage 9”5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 9”5/8 de 0 m à 1806 m MD – grade K55 – masse nominale 47 lb/ft – filetage type Buttress/Geoconn.

Cimentation totale de l’annulaire sous pression jusqu’à la surface, ciment allégé Litecrete de densité 1,2 de 0 à 1280 m MD et ciment de classe G, densité 1,9 de 1280 à 1806 m MD. L’attente de prise du ciment suivant échantillons sera de minimum 72 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage du Dogger en 8”1/2**

Le forage du réservoir se fera en recourant à la technique du multi-drains, déjà éprouvée à Vélizy-Villacoublay. La séquence exacte de foration reste à définir. Elle pourra intégrer tout ou partie des étapes suivantes :

- Réalisation d’un puits pilote suivi d’un test en débit de manière à identifier la position des niveaux producteurs,
- Sorties en trou ouvert afin de forer plusieurs drains,
- Trajectoire en forme de U afin de traverser à plusieurs reprises les éventuels niveaux producteurs proches du sabot de tubage,
- Forage d’une jambe de sédimentation,
- Trajectoire en forme de drain sub-horizontal.

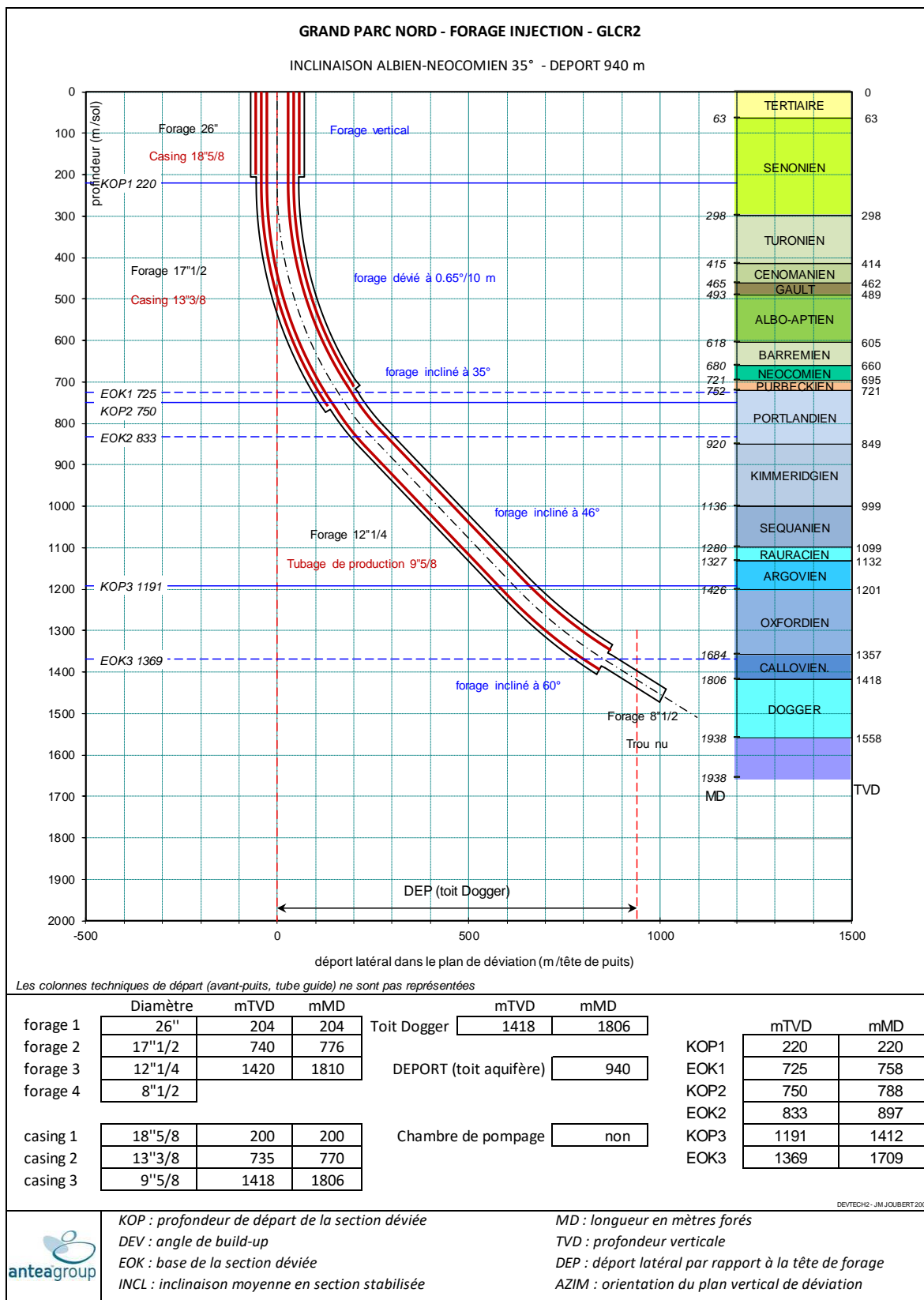


Figure 51 – Coupe technique du puits d'injection GLCR2

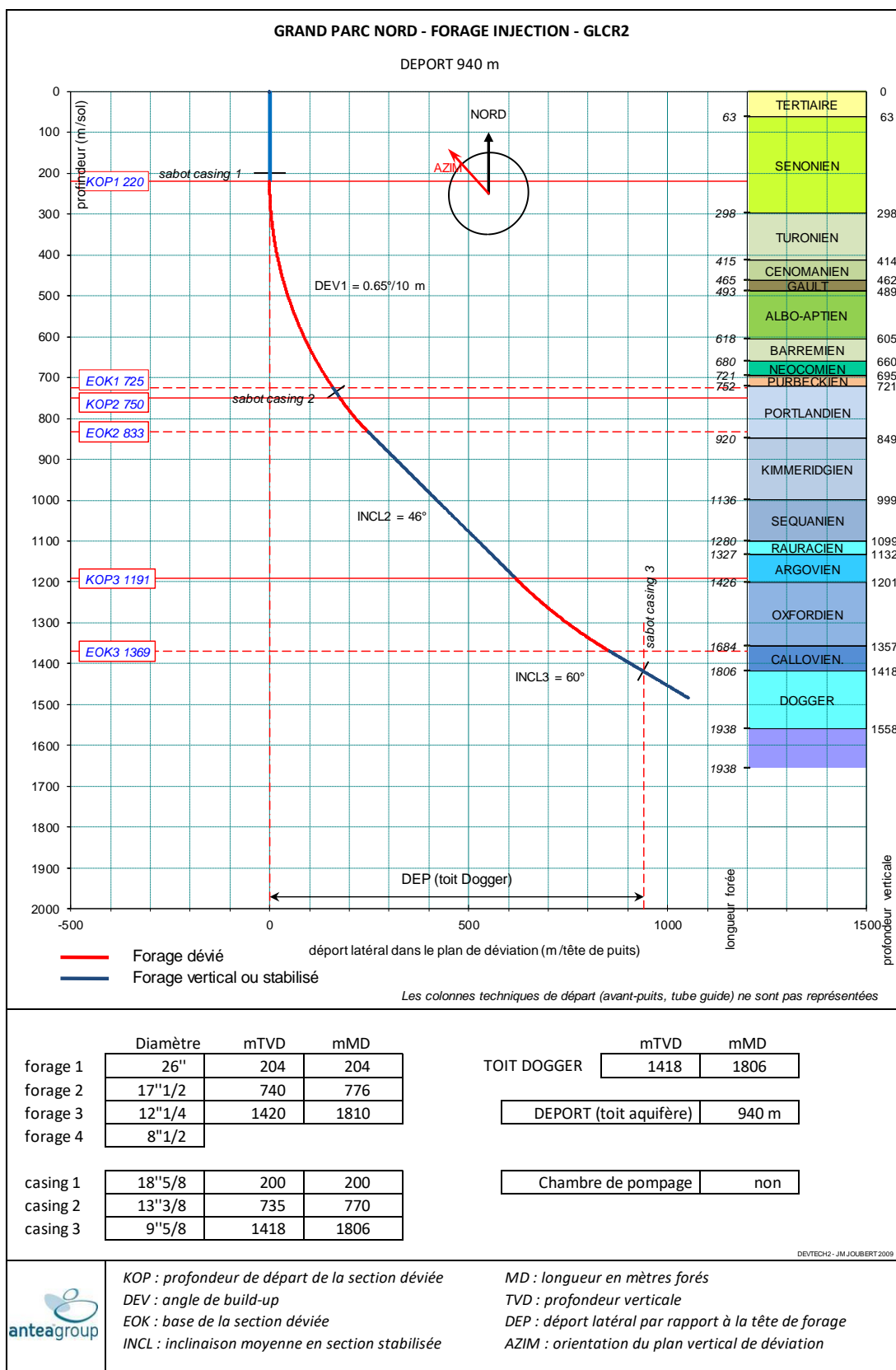


Figure 52 – Trajectoire nominale du puits d'injection GLCR2

3.7.5. Grand Parc Nord n°2 : Puits de production GLCR3 : coupe technique et géométrique

Le forage de production GLCR3 sera équipé de cuvelages en acier aux normes API. Les caractéristiques principales du forage d'injection seront :

- Colonne de production en 9''5/8 posée de la surface jusqu'au toit du réservoir vers 1761 m forés (1419 m en profondeur verticale),
- Colonne intermédiaire en 13''3/8 posée sous les aquifères de l'Albien et du Néocomien vers 740 m forés (735 m en profondeur verticale),
- Colonne de surface en 18''5/8 posée vers 434 m,
- Forage dévié avec plusieurs amorces (KOP) :
 - De 445 à 721 m MD : taux de déviation 0,65°/10 m, inclinaison jusqu'à 18° ;
 - De 756 à 1055 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison finale 48° ;
 - De 1349 à 1646 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison finale 62°.

Le déplacement latéral au toit du réservoir après 1761 m forés serait de 779 m.

La coupe technique prévisionnelle de cet ouvrage d'injection est présentée en Figure 53 et la trajectoire nominale prévisionnelle en Figure 54.

3.7.6. Grand Parc Nord n°2 : Puits de production GLCR3 : programme de forage

Le programme de forage pour le puits de production GLCR3 sera,

- **Avant-trou**

Avant-trou tubé en 711 mm, de 50 m de profondeur.

- **Forage en 26''**

Forage vertical 26'' au rotary jusqu'à 438 m de profondeur.

- **Tubage 18''5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 18''5/8 – grade K55 – masse nominale 87,5 lb/ft – filetage Buttress. Cimentation totale sous pression de l'annulaire jusqu'au jour – ciment pozmix de densité 1,6.

- **Forage en 17''1/2**

Après reforage du sabot, forage en 17''1/2 au rotary à la boue bentonitique – forage vertical jusqu'à 445 m.

À 445 m, amorce de build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,65° /10 m – avec un objectif de déviation de 18° /verticale à la base de la section déviée à 721 m MD (soit 716 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 17''1/2 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 745 m MD (soit 740 m TVD).

Arrêt 19 m TVD sous le top des calcaires du Portlandien.

- **Tubage 13''3/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 13''3/8 de 0 à 740 m MD – grade K55 – masse nominale 61 lb/ft – filetage Buttress.

Cimentation totale de l'annulaire sous pression jusqu'au jour – ciment allégé Pozmix de densité 1,6 de 0 à 640 m MD, ciment de classe G, densité 1,9 de 640 m à 740 m MD. L'attente de prise du ciment suivant échantillon sera de minimum 48 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage en 12''1/4**

Après reforage du sabot, forage rectiligne incliné en 12''1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 756 m MD.

À 756 m MD, amorce deuxième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 1,00° /10 m – avec un objectif de déviation de 48° /verticale à la base de la section déviée à 1055 m MD (soit 998 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12''1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1349 m MD.

A 1349 m MD, amorce troisième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique angle build-up = 0,47° /10 m – avec un objectif de déviation de 62° /verticale à la base de la section déviée à 1646 m MD (soit 1365 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12''1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1765 m MD.

Arrêt à 4 m MD environ sous le top des calcaires du Bathonien.

- **Tubage 9''5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 9''5/8 de 0 m à 1761m MD – grade K55 – masse nominale 47 lb/ft – filetage type Buttress/Geoconn.

Cimentation totale de l'annulaire sous pression jusqu'à 400m, base de la chambre de pompage – ciment allégé Litecrete de densité 1,2 de 400 à 1206 m MD et ciment de classe G, densité 1,9 de 1206 à 1761 m MD. L'attente de prise du ciment suivant échantillons sera de minimum 72 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage du Dogger en 8''1/2**

Le forage du réservoir se fera en recourant à la technique du multi-drains, déjà éprouvée à Vélizy-Villacoublay. La séquence exacte de foration reste à définir. Elle pourra intégrer tout ou partie des étapes suivantes :

- Réalisation d'un puits pilote suivi d'un test en débit de manière à identifier la position des niveaux producteurs,
- Sorties en trou ouvert afin de forer plusieurs drains,
- Trajectoire en forme de U afin de traverser à plusieurs reprises les éventuels niveaux producteurs proches du sabot de tubage,
- Forage d'une jambe de sédimentation,
- Trajectoire en forme de drain sub-horizontale.

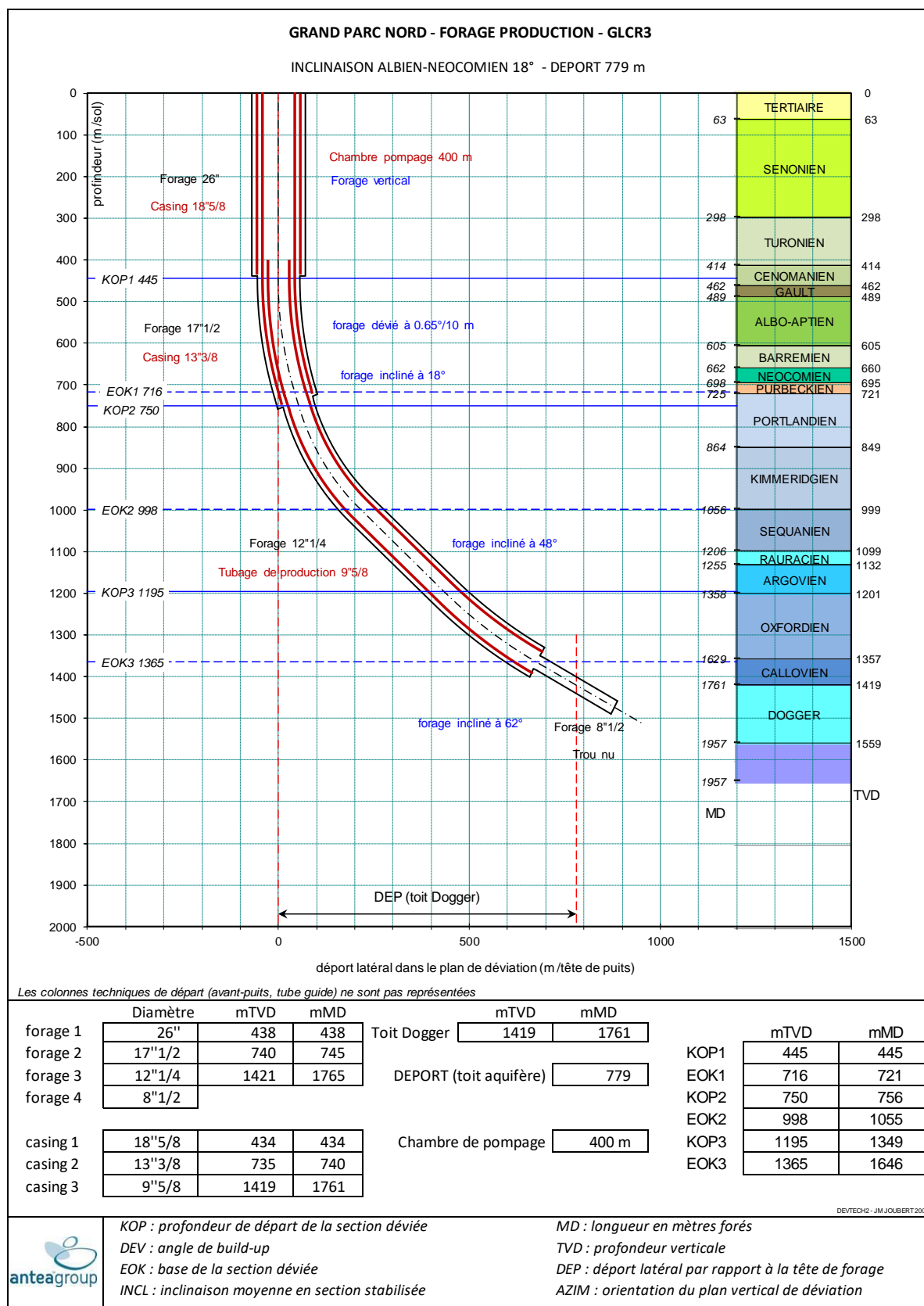


Figure 53 - Coupe technique du puits de production GLCR3

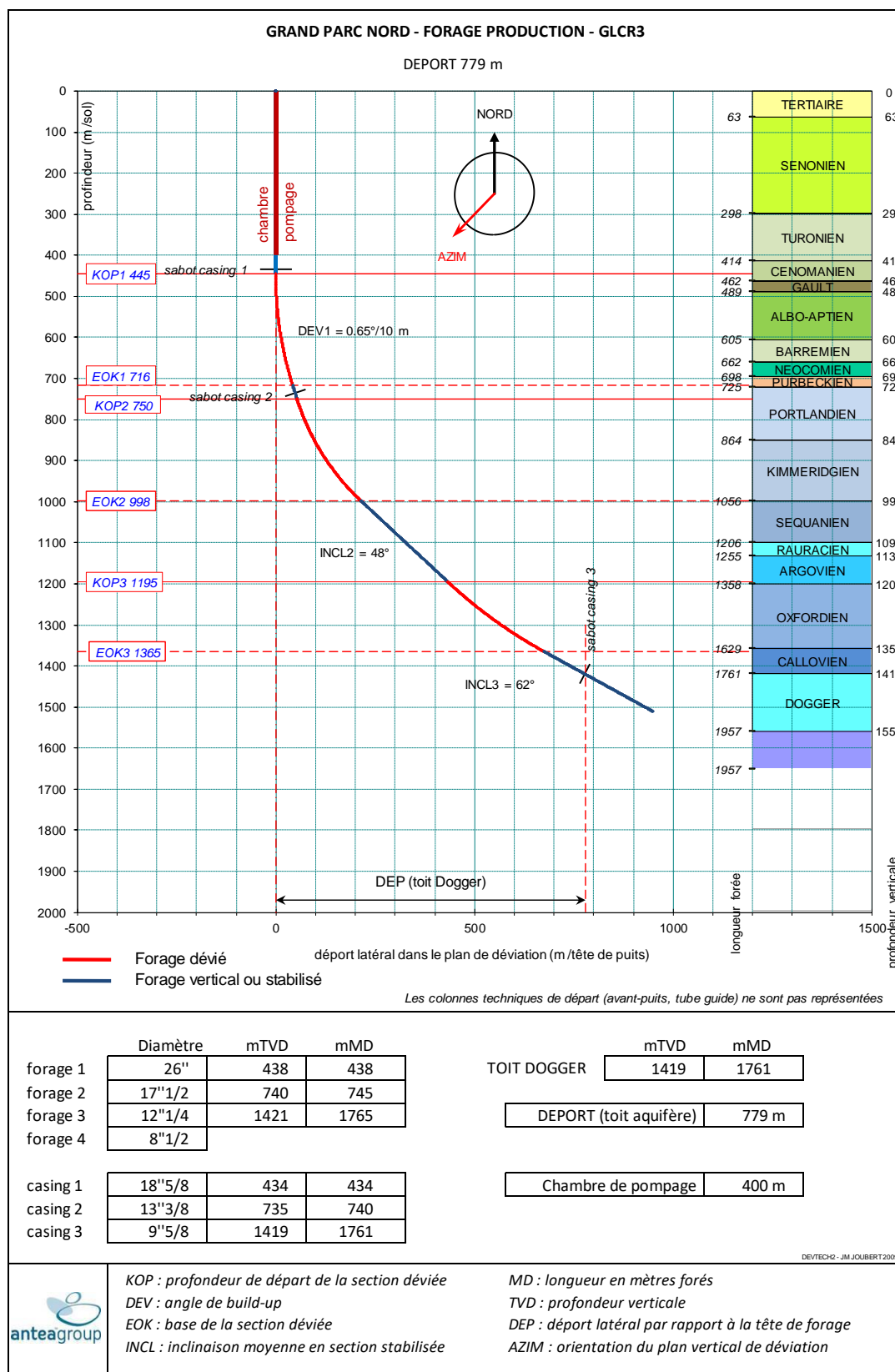


Figure 54 - Trajectoire nominale du puits de production GLCR3

3.7.7. Grand Parc Nord n°2 : Puits d'injection GLCR4 : coupe technique et géométrique

Le forage d'injection GLCR4 sera équipé de cuvelages en acier aux normes API. Les caractéristiques principales du forage d'injection seront :

- Colonne de production en 9''5/8 posée de la surface jusqu'au toit du réservoir vers 1851 m forés (1411 m en profondeur verticale),
- Colonne intermédiaire en 13''3/8 posée sous les aquifères de l'Albien et du Néocomien vers 770 m forés (735 m en profondeur verticale),
- Colonne de surface en 18''5/8 posée vers 200 m,
- Forage dévié avec plusieurs amorces (KOP) :
 - De 220 à 758 m MD : taux de déviation 0,65°/10 m, inclinaison jusqu'à 35° ;
 - De 788 à 927 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison finale 49° ;
 - De 1455 à 1752 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison finale 63°.

Le déplacement latéral au toit du réservoir après 1851 m forés serait de 1004 m.

La coupe technique prévisionnelle de cet ouvrage d'injection est présentée en Figure 55 et la trajectoire nominale prévisionnelle en Figure 56

3.7.8. Grand Parc Nord n°2 : Puits d'injection GLCR4 : programme de forage

Le programme de forage pour le puits d'injection GLCR4 sera,

- **Avant-trou**

Avant-trou tubé en 711 mm, de 50 m de profondeur.

- **Forage en 26''**

Forage vertical 26'' au rotary jusqu'à 204 m de profondeur.

- **Tubage 18''5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 18''5/8 – grade K55 – masse nominale 87,5 lb/ft – filetage Buttress. Cimentation totale sous pression de l'annulaire jusqu'au jour – ciment pozmix de densité 1,6.

- **Forage en 17''1/2**

Après reforage du sabot, forage en 17''1/2 au rotary à la boue bentonitique – forage vertical jusqu'à 220 m.

À 220 m, amorce de build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,65° /10 m – avec un objectif de déviation de 35° /verticale à la base de la section déviée à 758 m MD (soit 725 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 17''1/2 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 776 m MD (soit 740 m TVD).

Arrêt 19 m TVD sous le top des calcaires du Portlandien.

- **Tubage 13''3/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 13''3/8 de 0 à 770 m MD – grade K55 – masse nominale 61 lb/ft – filetage Buttress.

Cimentation totale de l'annulaire sous pression jusqu'au jour – ciment allégé Pozmix de densité 1,6 de 0 à 670 m MD, ciment de classe G, densité 1,9 de 670 m à 770 m MD. L'attente de prise du ciment suivant échantillon sera de minimum 48 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage en 12''1/4**

Après reforage du sabot, forage rectiligne incliné en 12''1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 788 m MD.

À 788 m MD, amorce deuxième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 1,00° /10 m – avec un objectif de déviation de 49° /verticale à la base de la section déviée à 927 m MD (soit 853 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12''1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1455 m MD.

A 1455 m MD, amorce troisième build-up – forage dirigé à la turbine à la boue bentonitique – angle build-up = 0,47° /10 m – avec un objectif de déviation de 63° /verticale à la base de la section déviée à 1752 m MD (soit 1366 m TVD).

Forage rectiligne incliné en 12''1/4 au rotary à la boue ou à la turbine jusqu'à 1856 m MD.

Arrêt à 5 m MD environ sous le top des calcaires du Bathonien.

- **Tubage 9''5/8 et cimentation**

Mise en place du tubage diamètre 9''5/8 de 0 m à 1851 m MD – grade K55 – masse nominale 47 lb/ft – filetage type Buttress/Geoconn.

Cimentation totale de l'annulaire sous pression jusqu'à la surface, ciment allégé Litecrete de densité 1,2 de 0 à 1297 m MD et ciment de classe G, densité 1,9 de 1297 à 1851 m MD. L'attente de prise du ciment suivant échantillons sera de minimum 72 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

- **Forage du Dogger en 8''1/2**

Le forage du réservoir se fera en recourant à la technique du multi-drains, déjà éprouvée à Vélizy-Villacoublay. La séquence exacte de foration reste à définir. Elle pourra intégrer tout ou partie des étapes suivantes :

- Réalisation d'un puits pilote suivi d'un test en débit de manière à identifier la position des niveaux producteurs,
- Sorties en trou ouvert afin de forer plusieurs drains,
- Trajectoire en forme de U afin de traverser à plusieurs reprises les éventuels niveaux producteurs proches du sabot de tubage,
- Forage d'une jambe de sédimentation,
- Trajectoire en forme de drain sub-horizontal.

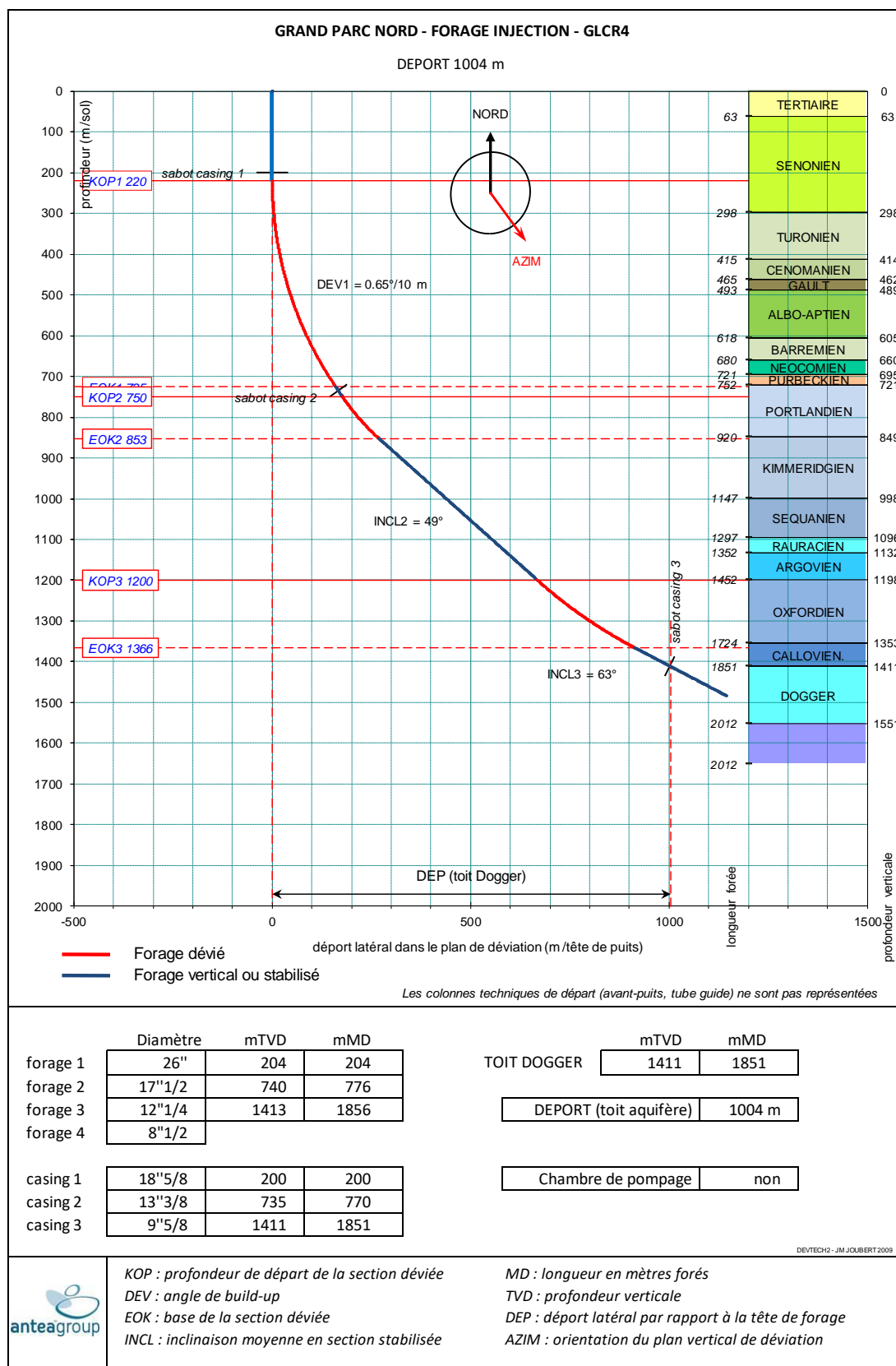


Figure 55 - Coupe technique du puits d'injection GLCR4

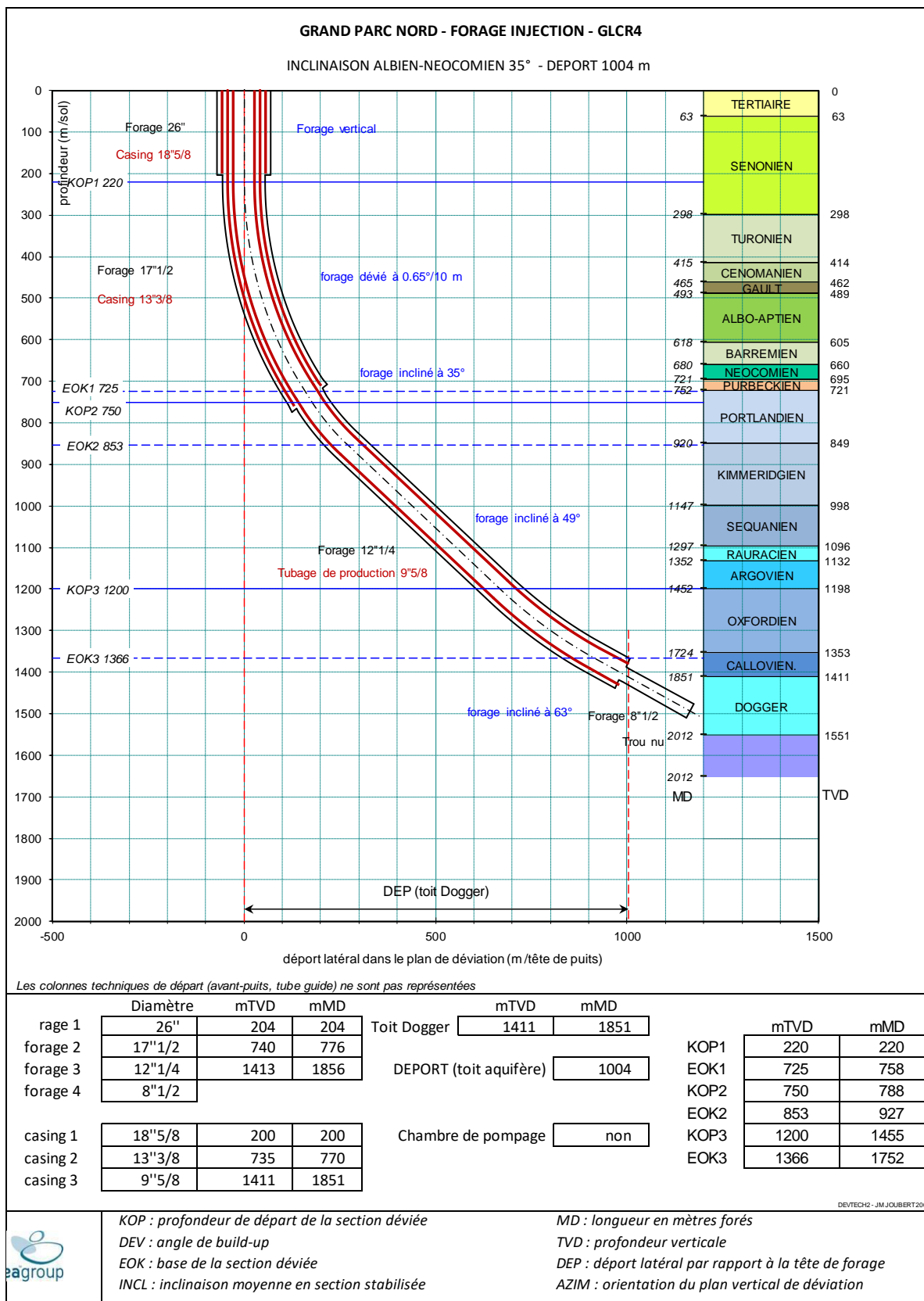


Figure S6 - Trajectoire nominale du puits d'injection GLCR4

3.7.9. Programme des essais et de stimulation du réservoir

Après dégorgement et mise en eau claire, un premier test de productivité par paliers de débit sera effectué (mesure de la pression et de la température au fond).

Ensuite, la stimulation du réservoir sera effectuée par plusieurs passes d'injection d'acide chlorhydrique à 15%.

Chaque acidification sera suivie d'un test de productivité par paliers.

3.8. Equipements définitifs

3.8.1. Description des têtes de puits

L'ensemble des composants seront en dimensionnement API 3000 ou 2000 psi, avec un revêtement interne type Kanigen de manière à résister à l'eau géothermale (traitement par nickelage chimique).

3.8.1.1. Têtes de puits de production

Les deux têtes de puits de production seront chacune composées :

- D'un jeu de deux fourchettes pour la suspension du tubage 13''3/8 en fond de cave.
- D'un casing head 13''5/8 vissé sur le tubage 13''3/8 avec deux sorties latérales à brides soudées 2''1/16 équipées respectivement d'une vanne 2" et d'un bouchon. Ces sorties permettent la circulation des fluides lors des opérations de maintenance (neutralisation par injection de saumure par exemple) et une mesure de la pression. Le casing head permet la jonction entre le tubage de production et les pièces de retenue des équipements immergés dans le puits.
- D'une entretoise 13''5/8 avec un adaptateur de retenue du tube de traitement, avec deux sorties latérales à brides soudées 3" équipées respectivement d'une vanne 3" et d'une bride de fermeture, telles que le groupe de pompage immergé puisse être retiré sans relevage du tube de traitement. L'injection de saumure pourra également se faire par cette sortie latérale.
- D'une bride 13''5/8 de suspension de la colonne d'exhaure (pour tube d'exhaure DN 175) avec adaptateur pour passage des câbles électriques et deux piquages 1" pour le dispositif de bulle à bulle ;
- D'une vanne à boisseau sphérique 9", équipée d'un réducteur et d'un moteur électrique ;
- D'un té équipé de :
 - Un piquage vertical 3" avec vanne 3",
 - Deux brides 9" dont une bride tournante.

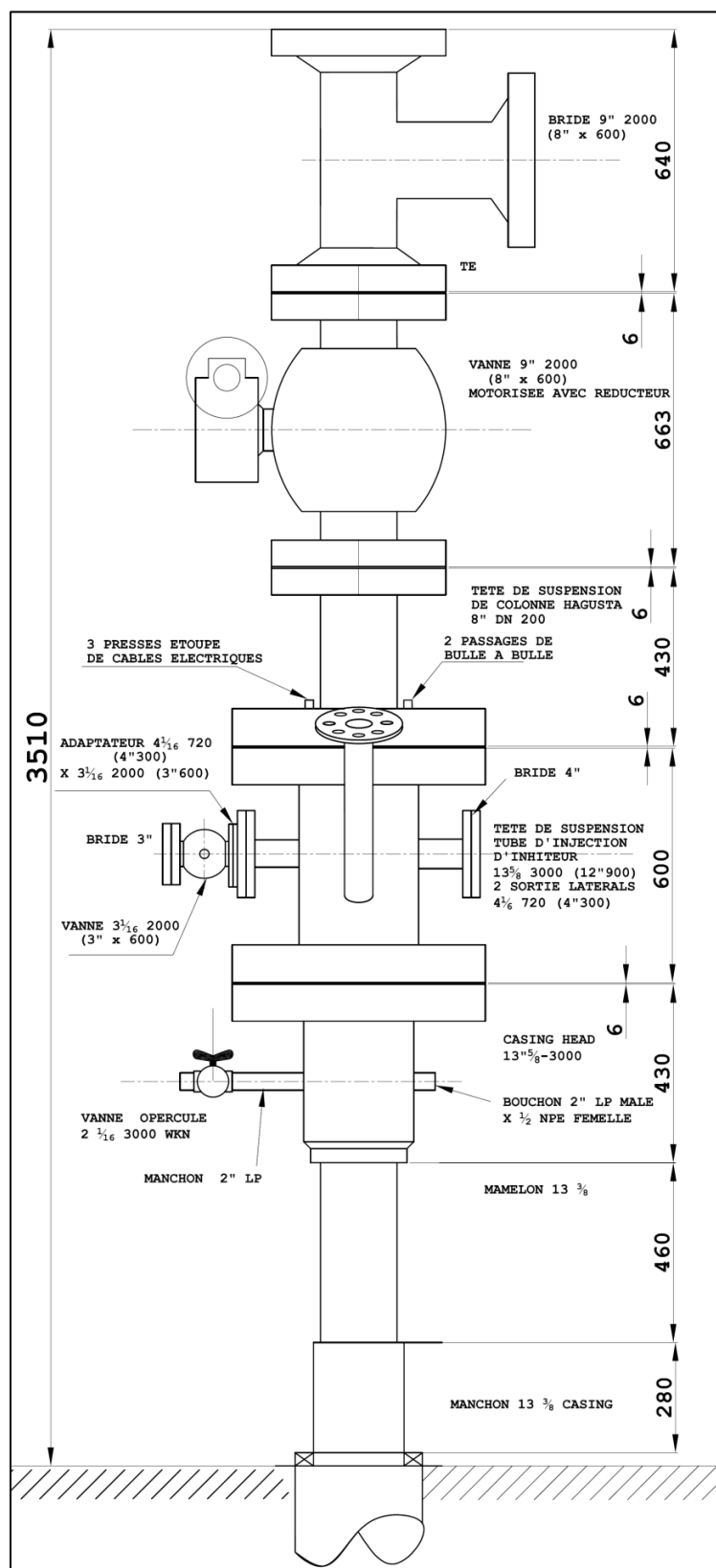


Figure 57 – Schéma de principe de la tête du puits de production

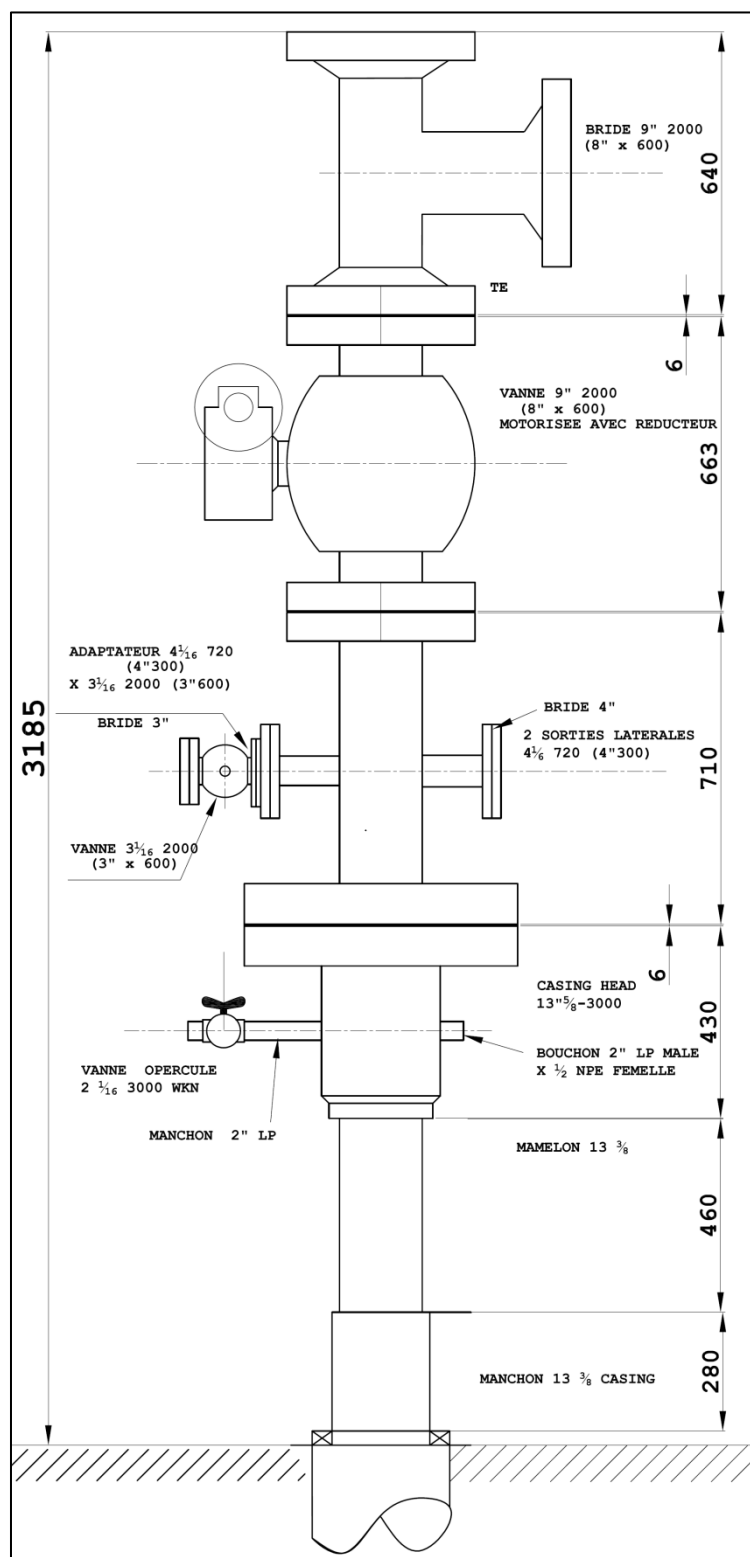


Figure 58 – Schéma de principe de la tête du puits d'injection

3.8.1.2. Têtes de puits d'injection

Les têtes de puits d'injection seront chacune composées :

- D'un casing head 13"5/8 vissé sur le tubage 13"3/8, avec deux sorties latérales à brides soudées 2"1/16 équipées respectivement d'une vanne 2" et d'un bouchon.
- D'une réduction à bride 13"3/8 x 9" avec deux sorties latérales à brides soudées 3" équipées respectivement d'une vanne 3" et d'une bride de fermeture.
- D'un dispositif de suspension du tubage 9"5/8 permettant d'assurer l'étanchéité de l'espace annulaire 13"3/8 / 9"5/8 (slip hanger assembly).
- D'une vanne à boisseau sphérique 9", équipée d'un réducteur et d'un moteur électrique.
- D'un té équipé d'une bride 9" tournante ; cette pièce permettra le passage vertical d'outils de diaggraphie à travers un sas qui pourra être monté sur la bride supérieure.

Les têtes de puits pourront être soit mises en place dans des caves enterrées (dans ce cas, une pompe vide-cave sera mise en place dans une réservation de 0,7 x 0,7 m prévue à cet effet, dans le fond de la cave ; à mi-hauteur de la cave, un caillebotis sera installé de manière à permettre une manœuvre aisée de la vanne maîtresse ; les caves seront fermées soit par une dalle en béton comportant un tampon de visite, soit par un caillebotis amovible), soit semi-enterrées, avec possibilité de protection par un bâtiment adapté.

3.8.2. Descriptif de traitement contre la corrosion

3.8.2.1. Station de traitement

Un dispositif devra permettre d'injecter, à partir de la surface jusqu'au fond des puits, des produits liquides tel que de l'eau douce, des produits inhibiteurs de corrosion et/ou anti-dépôts de type dispersant, des produits bactéricides.

La station de traitement en surface (dispositif de dosage et stockage de produit chimique à base aqueuse) comprendra les matériels suivants :

- Une cuve de stockage de 2500 L en PEHD placée sur un caillebotis au-dessus d'un bac de rétention en PVC et munie d'un évent. Ce réservoir devra posséder un bouchon de remplissage et un dispositif de mesure du niveau de produit.
- Une pompe doseuse : le débit de cette pompe pourra varier de 0 à 5,5 l/h et sera asservi au débit géothermal par renvoi d'un signal analogique. La pression de refoulement de la pompe doseuse sera comprise entre 1 et 45 bars.
- La tuyauterie d'aspiration et de refoulement.
- Une armoire électrique de commande : elle sera équipée notamment d'une horloge de programmation du temps d'injection, d'un contacteur de sécurité et de voyant marche et

défaut. Cette armoire sera également munie d'un indicateur numérique en façade permettant d'afficher le réglage en pourcent du vernier de la pompe doseuse et d'un compteur horaire du nombre d'heure de fonctionnement. En outre, cette armoire de commande sera équipée de contacts marche, arrêt et défaut qui seront reliés à la GTC de l'exploitant.

- Une ligne d'injection d'eau douce et les équipements de sécurité et de contrôle, à savoir :
 - Une douche de sécurité afin d'être conforme aux exigences du futur permis d'exploitation ;
 - Le circuit d'injection de l'eau douce dans le dispositif de traitement en fond de puits lors des opérations de vérification de l'intégrité de la ligne de traitement. Ce dispositif permet de remplir progressivement la ligne d'injection en eau douce et évite ainsi une injection massive de produit inhibiteur à l'occasion des opérations de vérification ;
 - Un disconnecteur, un compteur d'eau et un manomètre seront installés sur cette ligne pour protéger le réseau d'eau et comptabiliser la quantité d'eau consommée.

Cette station de traitement sera installée en situation hors gel dans le bâtiment géothermie.

3.8.2.2. **Tube de traitement**

Le tube de traitement sera placé dans le puits de production et débouchera au niveau du sabot du tubage de production (9''5/8). Il sera constitué d'acier revêtu. À son extrémité inférieure sera mise en place une tête d'injection (diffuseur), avec ailettes de centrage, afin de faciliter la descente dans le puits, et une barre de charge.

La liaison entre la tête de puits et la station de traitement dans le bâtiment géothermie de production suivra soit le caniveau ou la tranchée créé à cet effet.

Un dispositif de filtration sera installé et fixé à proximité de la tête de puits. Ce dispositif sera muni d'un jeu de 2 vannes pour pouvoir isoler le filtre et nettoyer l'élément filtrant qui devra posséder une finesse de 200 µm. Afin de pouvoir réaliser les tests d'intégrité du tube immergé, ce dispositif sera équipé d'un té avec une vanne.

3.8.2.3. **Mesure du rabattement**

La mesure sera possible grâce à un tube de mesure du rabattement : il est destiné à la mesure de la cote du niveau d'eau dans le puits par la méthode du bullage à l'azote.

L'extrémité du tube devra être positionnée sur le premier tube de colonne d'exhaure raccordé à la pompe (longueur prévisionnelle de 200 m). L'autre extrémité sera reliée à la bride de suspension en tête de puits.

Ce tube sera continu et réalisé dans un matériau résistant aux conditions de température et à l'environnement liquide et gazeux du fluide géothermal. La portion horizontale du tube de mesure du rabattement empruntera le même tracé que le tube d'injection de produit inhibiteur.

3.8.3. Choix du produit inhibiteur de corrosion

La plupart des inhibiteurs de corrosion mis en œuvre actuellement pour le traitement de l'eau géothermale du Dogger du Bassin parisien sont des formulations concentrées en amines filmantes utilisant des dérivés glycolés et de fortes teneurs en tensio-actifs cationiques (sels d'ammonium quaternaire) pour stabiliser leur solubilisation. Ces formulations sont mises en œuvre à des dosages entre 3 et 10 mg/L. Elles permettent de limiter la corrosion généralisée de l'acier au carbone constitutif des tubages et conduites mais s'avèrent souvent peu efficaces pour limiter la formation de sulfures de fer ou disperser les dépôts qu'ils forment à la surface des tubages, conduites ou plaques des échangeurs. Les sels d'ammonium quaternaire sont en effet des tensio-actifs cationiques qui ont un effet détergent sur les dépôts organiques mais s'avèrent peu dispersants à l'égard des dépôts minéraux de sulfures de fer.

Le choix final du produit inhibiteur sera acté lors du porté à connaissance pour la validation de chaque permis d'exploitation. Usuellement ENGIE Solutions utilise du Turbodipsin 4363.

3.8.4. Dispositif de pompage de production

3.8.4.1. Groupe de pompage immergé

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 et des conditions de fonctionnement, les équipements de pompage immergés utilisés en géothermie pour l'eau du Dogger sont issus de la technologie pétrolière réputée robuste pour ce type d'application.

La puissance hydraulique de pompage et l'encombrement de la chambre de pompage impliquent l'utilisation d'un moteur spécifique et d'un câble électrique haute tension immergés. Afin de réduire les sections des équipements électriques immergés, il faut prévoir de fonctionner sous des tensions électriques d'environ 1 000 à 4 000 V entre 30 et 70 Hz en fonction de la puissance hydraulique demandée.

L'augmentation de la tension sera réalisée par un transformateur électrique élévateur placé en amont ou aval du variateur de fréquence.



Figure 59 – Photo d'un groupe de pompage immergé

3.8.4.2. Colonne d'exhaure



Figure 60 – Photo de colonne d'exhaure

Les colonnes d'exhaure seront constituées d'acier revêtu ou d'acier Inox super duplex.

Il est prévu d'utiliser de l'acier revêtu sur ces 2 doublets.

3.8.4.3. Câble d'alimentation de la nappe

On privilégiera un câble plat d'une seule longueur revêtu Monel. Il sera constitué de la manière suivante :

1. Conducteur
2. Isolant
3. Gaine de plomb
4. Bande protectrice en caoutchouc
5. Armature extérieure revêtue Monel

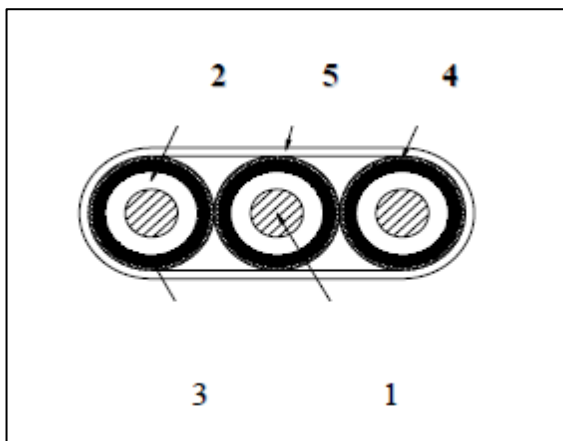


Figure 61 – Coupe schématique du câble d'alimentation de la pompe



Figure 62 – Photo du câble d'alimentation de la pompe

3.8.4.4. 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.

3.8.5. Descriptif des équipements constitutifs de la boucle géothermale

L'échangeur de chaleur constitue la limite entre la boucle géothermale et le réseau géothermique.

Le tableau ci-après rassemble les données techniques relatives à chaque équipement, ainsi que la périodicité prévisionnelle de renouvellement du matériel. Le futur doublet sera équipé de moyens de production et de traitement des fluides spécifiques au Dogger.

Le dimensionnement définitif des équipements de production dépend des résultats des essais de production et de réinjection réalisés en fin de travaux de forage.

Les caractéristiques des équipements fixes de la boucle géothermale (puits, dispositif de traitement inhibiteur, conduite de surface, échangeurs) sont déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale, inhibiteur de corrosion-dépôts) 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. Leur dimensionnement est tel qu'il permet d'anticiper sur une possible dégradation des caractéristiques des puits.

Les sous-ensembles fonctionnels sont détaillés dans les tableaux suivants.

Sous-ensembles fonctionnels		Fonction	Caractéristiques techniques principales	Spécifications préliminaires	Fréquence de Renouvellement	
A	Dispositif d’injection d’inhibiteur en fond de puits station de traitement associé		Lutter contre les phénomènes de corrosion et de dépôts dans les puits et dans les installations de surface.	<ul style="list-style-type: none">- Tubing en acier allié base Nickel revêtu (protection contre la corrosion) diamètre extérieur ≈ 16 mm pour traiter la colonne d’exhaure en acier. Lest injecteur avec diffuseur.- Station d’injection en surface (pompe doseuse, cuve de stockage, armoire électrique de contrôle et asservissement)	<ul style="list-style-type: none">- 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 puits.	10 ans
B	B1	Groupe électropompe immergé (GEI) et colonne d’exhaure	<ul style="list-style-type: none">- Relevage de l’eau géothermale- Assurer le débit de production- Maintenir une pression minimale en tête de puits (pression de dégazage).	<ul style="list-style-type: none">- Débit d’exploitation : 100 à 350 m³/h,- Colonne d’exhaure en DN 200 mm intérieur minimum d’une longueur de 380 m,	<ul style="list-style-type: none">- 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 70 ± 2 °C.	5 ans
	B2	Equipements électriques d’alimentation depuis le TGBT	<ul style="list-style-type: none">- Alimentation électrique du groupe de pompage- Garantir la variabilité du débit en fonction des besoins.	<ul style="list-style-type: none">- Transformateur électrique élévateur- Variateur de fréquence avec filtre sinus	<ul style="list-style-type: none">- Haute qualité du courant et de la tension délivrés aux équipements électriques immergés (emploi de filtres sinus).	20 ans
C	Conduites de surface et robinetterie jusqu'à l'échangeur de chaleur		<ul style="list-style-type: none">- Transport du fluide sous pression- Filtration- Maintien de la température.	<ul style="list-style-type: none">- Conduites de surface en inox ou fibre de verre : PN 16 à 63 bars, et robinetterie inox et (ou) portées stellitées- Filtres à panier ou filtres cycloniques en centrale avec tamis >250 µm. Dispositif de nettoyage par by-pass.	<ul style="list-style-type: none">- Débit géothermal et 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.	10-20 ans
D	Echangeur de chaleur à plaques		<ul style="list-style-type: none">- Transférer les thermies depuis le fluide primaire (géothermal) au fluide secondaire (géothermique).	<ul style="list-style-type: none">- Echangeur à plaques en titane 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.	<ul style="list-style-type: none">- Résistance à la corrosion et au percement- Résistance à l’encrassement par le choix d’un écartement suffisant entre plaques- Surface d’échange majorée pour tenir compte de l’encrassement surfacique des plaques- Faibles pertes de charge au débit nominal d’exploitation (1 à 2 bar).	20 ans

E	Groupe de pompage de réinjection et équipements électriques d'alimentation depuis le TGBT	<ul style="list-style-type: none"> - Réinjecter la totalité du volume extrait - Vaincre les pertes de charge cumulées des cuvelages d'injection et du réservoir. 	<ul style="list-style-type: none"> - Débit minimum et maximum : 100 à 350 m³/h, - Variateur de fréquence avec éventuellement un filtre 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - Tenue à une température entre 60 et 20°C. 	20 ans
F	Conduites de surface et robinetterie entre pompe d'injection et tête de puits d'injection	<ul style="list-style-type: none"> - Transport du fluide sous pression en sortie échangeur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conduites de surface : en inox ou fibre de verre et la robinetterie, PN 16 à 63 bars, pour les conduites et robinetterie tout inox et ou portées stérilisées 	<ul style="list-style-type: none"> - Débit géothermal nominal - Assemblage par brides des différents équipements pour faciliter le montage et le démontage. 	10-20 ans
G	Régulation et contrôle des puits, des installations de surface et du fluide	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des pressions et débits en fonction des besoins - Sécurité - Contrôle des paramètres du fluide. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteurs, pressostats et doigts de gant adaptés à la température et à la pression - Dispositif de suivi de la corrosion par coupons témoins. 	-	5 -10 ans

Tableau 7 - Descriptif des équipements de la boucle géothermale du doublet du projet du Chesnay-Rocquencourt

3.9. Ouvrages de génie civil

3.9.1. Travaux de terrassement

Des travaux de terrassement et de confortement complémentaires, sur la surface et autour des plateformes existantes seront réalisés, en fonction des charges au sol admissibles de l'atelier retenu et des résultats d'investigations géotechniques éventuellement nécessaires.

3.9.2. Equipements des plateformes

Les plateformes seront équipées des ouvrages suivants :

- Bassins de rétention ou système de rétention enterrée

Un bassin de rétention étanche, communément appelé "bourbier", pourra éventuellement être creusé et étanché ; il servira à recueillir les déblais de forage et les boues rejetées en cours de forage qui sont traitées avant évacuation et réhabilitation du site. Sa capacité serait alors de l'ordre de 300 m³.

Si les contraintes géométriques de site limitent la possibilité de creuser et d'étancher un bassin, l'entreprise de forage installera des bacs métalliques étanches.

- Caves

Une fosse étanche en béton armé de dimensions approximatives 3 m x 3 m x H = 4 m, dite " cave de forage ", sera implantée sur la plate-forme pour chacun des forages de pompage et d'injection. La partie supérieure de la cave sera au niveau fini de la plate-forme. Un tube guide en acier fiché en terre et cimenté jusqu'en surface affleuera en fond de cave. Il constitue le point d'entrée du forage. À terme, la cave accueillera les équipements de tête de puits (terminaison du puits en surface). La profondeur des caves pourra éventuellement être réduite, de sorte que les têtes de puits soient semi-enterrées.

- Réseau de caniveaux

Des caniveaux étanches en béton ou un réseau d'avaloirs seront aménagés autour de l'atelier de forage. Ils sont destinés à recueillir les égouttures de l'appareil de forage et à les diriger vers les bacs.

- Ouvrages divers

Un caniveau technique périphérique étanche, ainsi qu'un déshuileur/décanteur (séparateur hydrocarbure EU et EP) pourront être mis en place. Les rejets seront adaptés aux contraintes des réseaux d'évacuation.

De plus, une clôture de délimitation du chantier sera installée afin d'interdire l'accès au site.

- Protections anti-bruits

Étant donné la proximité du site vis-à-vis des logements, des protections adaptées pourront être mises en place au besoin. Il est notamment prévu de mettre en place un mur anti-bruit partiel de 6 m de haut.

3.10. Alimentation du chantier en eau

Les besoins cumulés en eau industrielle seront de l'ordre de 6 000 m³ pour un doublet.

L'approvisionnement en eau du chantier sera assuré par raccordement au réseau d'eau existant. Une connexion au réseau, équipée d'un compteur de chantier, sera installée en accord avec les services compétents.

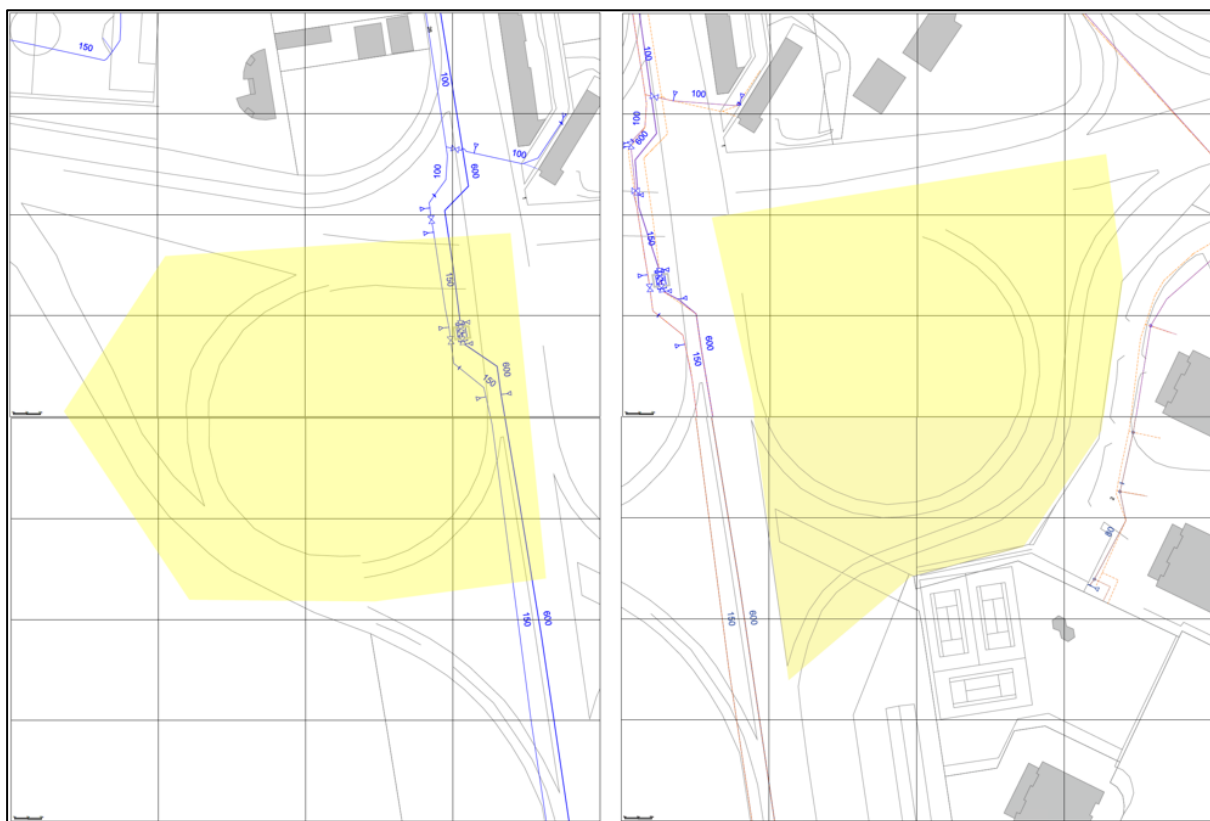


Figure 63 – Réseau d'eau potable à proximité du site (DT-DICT)

3.11. Forages et opérations annexes

3.11.1. Installation de l'appareil de forage

La mise en place de l'appareil de forage sur le site implique l'amenée d'environ 50 gros colis (semi-remorques) répartis sur une durée de 10 jours environ.

Le montage de l'appareil (mise en place des colis, raccordement des installations, montage et levage du mât, montage des installations annexes) nécessite l'utilisation de grues automotrices pendant une durée de 4 à 5 jours.

3.11.2. Activité forage

3.11.2.1. Description des installations de forage

Les travaux de forage seront réalisés avec un appareil de forage de type pétrolier, d'une hauteur de mât de 40 à 50 m environ.

Les principaux éléments de ce type d'appareil sont les suivants (les capacités peuvent varier légèrement selon l'appareil qui sera retenu à l'issue d'un appel d'offres) :

- Mât de capacité nominale 250 tonnes environ,
- Treuil de forage puissance 800 CV environ,
- Deux pompes de forage de 1000 HP environ de puissance maximale en entrée,
- Bacs à boue,
- Un ensemble BOP¹ 13"5/8, comprenant un obturateur annulaire et un obturateur double.

D'une manière générale, cet appareil sera composé des équipements suivants :

- Le mât de forage (ou derrick) est une structure métallique fixée sur une sous-structure. D'une hauteur de 40 à 50 m environ, c'est la partie la plus visible de l'installation. Pour des raisons de sécurité aérienne, il est éclairé en période nocturne et signalé optiquement en rouge et blanc. Si nécessaire, un feu à éclats est installé en tête.

¹ BOP = Blow Out Preventer ou Bloc Obturateur de Puits

- Le treuil de forage et son câble supportent par l'intermédiaire d'un système de mouflage le train de tiges de forage reliant l'outil à la surface du sol et en permettent la manutention. Ils permettent également la manœuvre et la descente des cuvelages.
- La table de rotation entraîne les tiges de forage en surface et provoque la rotation de l'outil en fond de puits ; un appareil à tête de forage motorisée sera préféré au système table de rotation – kelly. Par ailleurs, une partie du forage est faite sans rotation des tiges lors des phases de forage dirigé, la rotation de l'outil étant assurée grâce à une turbine de fond mue par la pression de la boue.
- Les pompes de forage permettent la circulation du fluide de forage (boue) depuis la surface jusqu'en fond de puits. Cette boue de forage permet le refroidissement de l'outil et la remontée des déblais. Elle empêche également l'éboulement intempestif de la paroi du puits en équilibrant la pression qui s'exerce sur les parois du puits. Les caractéristiques de la boue (notamment densité) seront choisies de façon à éviter toute pénétration dans les formations aquifères traversées.
- Le quartier boue est un ensemble de bassins équipés d'installations de séparation des liquides (boue) et des solides. Il permet de fabriquer la boue à partir de produits secs (bentonite) ou d'additifs liquides et de séparer en surface les déblais de forage de la boue avant sa réinjection dans le puits.
- Un ensemble de groupes électrogènes fournit l'énergie nécessaire à l'exécution du puits.
- Des équipements de sécurité anti-éruption (BOP) fixés sur la tête de puits permettent de fermer le puits (l'isoler de la surface) quelle que soit l'opération en cours. Un branchement latéral permettra en cas de nécessité de neutraliser la pression par injection de saumure.

Une photo d'un BOP avant installation est présentée en Figure 64.



Figure 64 – Photo d'un BOP (Hydril) avant montage sur la tête de puits

3.11.2.2. Programmes des forages

Les programmes prévisionnels des deux forages projetés présentent de nombreuses analogies, hormis l'absence de chambre de pompage pour les forages de réinjection (pour ces derniers, le tubage 9"5/8 sera remonté et cimenté jusqu'en surface).

Diamètre des forages et cuvelages (cotes mesurées en mètres)

Le programme de forage prévu pour les deux doublets est le suivant :

- a- Forage en 26 "jusqu'à :
 - 434 m pour GLCR1 (producteur) et 438 m pour GLCR3 (producteur)
 - 204 m pour GLCR2 (injecteur) et GLCR4 (injecteur)

- b- Cuvelage 18"5/8, grade K 55, 87,5 livres/pied, cimenté jusqu'au jour
- c- Après reforage du sabot, forage 17"1/2 jusqu'au toit des calcaires du Portlandien. Forage vertical jusqu'au moins 20 m sous le sabot du 18"5/8, puis en déviation (KOP) avec un angle de 0,65°/10 m jusqu'à la base de la section déviée (EOK). Le forage est poursuivi en stabilisé avec une inclinaison de 35° pour GLCR2 et GLCR4 et une inclinaison de 18° pour GLCR1 et GLCR3.
- d- Cuvelage 13"3/8 grade K 55, 61 livres/pied, cimenté au jour. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur.
- e- Après reforage du sabot, forage 12"1/4 jusqu'au toit du Dogger, à la boue bentonitique ou aux polymères. Forage stabilisé jusqu'au moins 20 m sous le sabot du 13"3/8, puis en déviation avec les amorces (KOP) et les paramètres suivants :
 - Pour GLCR1 :
 - De 756 à 1070 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison jusqu'à 49° ;
 - De 1444 à 1678 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison jusqu'à 60° ;
 - Pour GLCR2 :
 - De 788 à 897 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison jusqu'à 46° ;
 - De 1412 à 1709 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison jusqu'à 60° ;
 - Pour GLCR3 :
 - De 756 à 1055 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison jusqu'à 48° ;
 - De 1349 à 1646 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison jusqu'à 62° ;
 - Pour GLCR4 :
 - De 788 à 927 m MD : taux de déviation 1°/10 m, inclinaison jusqu'à 49° ;
 - De 1455 à 1752 m MD : taux de déviation 0,47°/10 m, inclinaison jusqu'à 63° ;
- f- Cuvelage 9"5/8, grade K 55, 47 livres/pied, cimenté du fond jusqu'en surface pour les injecteurs, et jusqu'à la chambre de pompage pour les producteurs. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur.
- g- Forage 8"1/2 dans les calcaires du Bathonien, à la saumure ou boue légère aux polymères biodégradables. L'aquifère est laissé en trou nu.
- h- Diagraphies (gamma-ray, acoustique, BHC, contrôle tubage CBL/VDL et USIT, débitmétrie ; thermométrie) ; prises de pression.
- i- Développements par acidification. Essais de débit.

Programme de cimentation

- Cuvelage 18"5/8 – Cimentation à l'extrados sur toute la hauteur du tubage par injection d'un laitier de ciment pozmix de densité 1,6.

- Cuvelage 13"3/8 – Cimentation à l'extrados sur toute sa hauteur par injection de deux laitiers différents : ciment de classe G, densité 1,9 sur les 100 premiers mètres au-dessus du sabot, ciment pozmix de densité 1,6 jusqu'en surface. L'attente de prise du ciment suivant échantillon sera de minimum 48 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.
- Cuvelage 9"5/8 – Cimentation à l'extrados du tubage sur toute sa hauteur par injection de deux laitiers différents : ciment de classe G, densité 1,9 du sabot jusqu'au moins au toit du Rauracien, ciment allégé Litecrete de densité 1,2 jusqu'en surface ou jusqu'à la chambre de pompage (producteurs). L'attente de prise du ciment suivant échantillon sera de minimum 72 heures. Contrôle de cimentation sur toute la hauteur par CBL/VDL et USIT.

Fluides de forage

- Phase 26" : boue bentonitique légère : la chaîne d'élimination des solides de la boue sera activée de manière à limiter la densité de cette dernière (celle-ci devant rester en tout cas inférieure à 1,15)
- Phase 17"1/2 : boue bentonitique (densité maximale : 1,15)
- Phase 12"1/4 : boue K₂CO₃, polymères et glycol (densité 1,05 – 1,14) : le carbonate de calcium aura un rôle inhibiteur par rapport aux argiles et marnes du Kimméridgien, de l'Oxfordien et surtout du Callovien. Le glycol, en plus de sa fonction lubrifiante, créera une barrière hermétique, empêchant le gonflement des argiles par hydratation.
- Phase 8"1/2 : boue légère aux polymères biodégradables (les biopolymères auront pour but d'assurer une protection optimale du réservoir. Elle sera acidifiable et sans aucun risque de colmater le réservoir et d'amoindrir la production - densité 1,03 – 1,06). La saumure aura un rôle d'alourdisant.

En cas de pertes totales, le forage sera poursuivi à l'eau avec des envois périodiques de bouchons de boue bentonitique.

Il ne sera pas utilisé de boue à l'huile.

3.11.2.3. Les niveaux producteurs

L'architecture des drains dans le réservoir sera définie de manière à maximiser la productivité des ouvrages. Chaque drain aura une longueur maximale de l'ordre de 600 m. Un maximum de trois drains par puits sera foré dont la jambe de sédimentation

3.11.2.4. Tests de production

Pour chaque puits, des essais de débit auront lieu en phase terminale, après éclaircissement de la boue et opérations de développement (par exemple, et selon la productivité initiale, 2 à 4 passes d'acidifications d'acide à 15 %, passivé et inhibé, injectés à différentes cotes dans le réservoir et squeezés).

Pendant le dégorgement naturel en tête, le débit et la température seront mesurés. Des diagraphies (flowmétrie et thermométrie) seront faites au réservoir. Pour les forages de production, des prélèvements du fluide produit pour analyses physico-chimiques et microbiologique seront réalisés, ainsi qu'un prélèvement de fond par ouvrage pour analyses PVT² et GLR.

Pendant les essais de courte durée, l'eau chaude sera évacuée vers les bacs, refroidie puis rejetée à l'égout à 30 °C après accord des services compétents, afin d'éviter toute prolifération d'algues et développement bactérien dans l'égout, ainsi que tout incident avec le personnel d'intervention en égout.

Lors des acidifications, un soin particulier sera apporté aux mesures d'H₂S et des mesures correctives (éventuellement avec traitement par eau de Javel ou autre oxydant) seront prises pour limiter toute nuisance. De même, le pH des effluents sera contrôlé et éventuellement rectifié par dilution et/ou à l'aide de chaux avant rejet dans le réseau d'assainissement.

L'essai de mise en production finale durera 12 heures, suivi d'une observation de la remontée en pression sur 12 heures au minimum.

Une fois plusieurs ouvrages réalisés, lors d'essais éventuels de plus longue durée dépassant les capacités locales de stockage et de refroidissement et d'évacuation, l'eau pourra être envoyée dans le puits injecteur lors d'un test sur le puits de production, et inversement.

Avant mise en exploitation et dès que la boucle géothermale sera complète, des essais en boucle seront réalisés afin d'établir les paramètres définitifs d'exploitation et de parfaire les réglages de l'asservissement et de l'alimentation. Ces tests feront office d'essais de réception. Ces derniers tests ne génèrent aucun rejet.

3.11.2.5. Diagraphies

Les diagraphies suivantes seront réalisées, pour chaque phase de forage :

- Diagraphies de forage (avancement, rotation, WOH, WOB³, couple, débits pompes, paramètres boue...) et contrôle continu de trajectoire en phase de build-up, périodique en phase stabilisée.

² Analyse PVT : étude du comportement des [pression, volume, température] du fluide, notamment pour déterminer la pression du point de bulle ; GLR : analyse Gaz Liquid Ratio qui établit le pourcentage de gaz dissout dans le fluide ; en complément, la détermination des composants gazeux du fluide et leurs pourcentages respectifs est généralement effectuée.

³ WOH = Weight on hook = poids au crochet, WOB = Weight on bit = poids sur outil

- Diagraphies différées : **après chaque phase de forage** : diamètreur, Gamma naturel, sonique ou induction électrique et **pour le tubage de la phase précédente** : Composition de colonne (ITT...), thermométrie (cimentation étagée) et CBL⁴/VDL ou imagerie sonique type USIT. Pour les tubages en 9"5/8 et 13"3/8, face aux cimentations de densité 1,2, il sera systématiquement réalisé une diagraphie CBL et une diagraphie USIT.
- Après forage du Dogger (trou nu) : Trajectométrie finale, gamma naturel, porosité neutron + tentative de flowmétrie et thermométrie et pression de fond en phase d'essai de production.
- Deux tests de tenue en pression des tubages seront réalisés par forage (une dans le casing 13"3/8, une dans le tubage 9"5/8) avant reforage du sabot.

⁴ CBL = Cement Bond Logging

3.11.3. Activités annexes à l'activité forage

Ces activités concernent les transports routiers destinés à assurer la logistique de l'opération :

- Approvisionnements en gasoil,
- Enlèvements périodiques des rejets industriels (effluents de forage) par camion benne (effluents solides) ou citerne à vide (effluents liquides),
- Amenée des équipements et matériels divers (produits, boue, cuvelages, etc.) nécessaires à l'exécution du forage,
- Allées et venues du personnel de chantier.

Le stationnement, l'hébergement et la restauration du personnel de chantier sont assurés en dehors du site de forage, en fonction des disponibilités locales.

3.11.4. Organisation, durée et calendrier des opérations de forage

Afin de préserver au maximum les ressources naturelles (notamment la protection des aquifères traversés, dont l'aquifère stratégique de l'Albien et du Néocomien), les opérations de forage se déroulent sans interruption, en continu 24 heures sur 24 et ne sont pas interrompues pendant le week-end. Ce travail en continu permet également de minimiser les temps totaux d'intervention et les contraintes. Le personnel opère en travail posté (3 postes de 8 h par période de 24 h).

3.11.5. Le repli de l'appareil de forage

Tant par sa durée que par sa nature, le repli de l'appareil de forage est une opération similaire à son amenée.

3.11.6. Rapport de fin de forages

Les forages sont suivis par un Maître d'œuvre à désigner, qui encadre les différentes opérations et veille à la bonne réalisation des travaux.

En fin de forages, un rapport est établi, comprenant :

- Une coupe géologique du forage indiquant la cote exacte de la tête de puits, la profondeur, l'épaisseur et la nature des divers horizons géologiques traversés, les cotes (toit et mur) des niveaux aquifères traversés et du réservoir recherché (emplacement des niveaux productifs).
- Un plan positionnant avec précision la tête de puits et le fond du trou de forage.
- Une coupe technique précise.
- L'analyse physico-chimique, PVT et bactériologique du fluide géothermal.

- Les résultats définitifs des essais réalisés.
- Les diagraphies de cimentation et de réception des tubages.

Ce rapport sera remis à la DRIEAT en deux exemplaires dans les deux mois suivant l'achèvement des travaux.

3.11.7. Mise en production des ouvrages

Les forages seront reliés à un bâtiment géothermie par un réseau de conduites isolées thermiquement et enterrées.

3.12. Analyse des aléas encourus par le projet

3.12.1. Aléas en phase chantier

3.12.1.1. Aléas géologiques

Le risque géologique est constitué par l'éventuelle existence dans le volume qui sera exploré par les forages de phénomènes géologiques tels que faille importante, pincement de la formation (réduction brutale d'épaisseur), changement latéral rapide du faciès lithologique du Bathonien ou enfin, variation importante de la cote de l'objectif. Chacune de ces éventualités prises une à une apparaît peu probable dans le domaine lithostratigraphique du Jurassique moyen du Bassin de Paris, qui présente une structure relativement peu tectonisée et une faible variabilité lithologique.

Les forages voisins du site du projet montrent une faible variabilité lithologique en termes d'épaisseur ou de nature, en particulier dans l'ancien doublet de La Celle-Saint-Cloud situé à moins de 2 km au nord du site, de l'ancien forage pétrolier de Chèvreloup situé à moins de 2 km au sud du site, et au niveau du doublet de Vélizy-Villacoublay plus au sud-est. Sur le plan structural locale, la zone n'est pas traversée par une faille majeure et aucune zone très facturée susceptible d'entraîner des pertes de fluides pendant la phase forage n'a été répertoriée dans les forages voisins. Dans un périmètre plus large, le secteur d'étude s'intègre dans une zone qui présente une morphologie structurale simple et un domaine paléogéographique relativement constant à une échelle plurikilométrique.

Le risque géologique est dès lors considéré ici comme faible, mais non nul.

3.12.1.2. Aléas hydrogéologiques

Le risque hydrogéologique est défini comme une réduction significative de la productivité de l'aquifère du Dogger qui serait constatée lors des tests de mise en production des forages du doublet en projet, par rapport à la productivité attendue. Cette dernière est directement dépendante de la transmissivité.

Les variations latérales de la transmissivité apparaissent liées à la variabilité latérale de la perméabilité des niveaux producteurs, cette dernière pouvant être due à des différences de porosité efficace selon

le pourcentage de cimentation des oolites du magasin. Ces variations sont peu prévisibles à l'échelle du projet.

Par ailleurs, une température de gisement inférieure à 60°C constituera la limite en dessous de laquelle les valeurs relèveraient d'une anomalie.

3.12.1.3. Aléas techniques

Les risques techniques sont principalement du domaine de la réalisation des forages. Ce sont des incidents susceptibles de modifier le programme initial des travaux et de générer des surcoûts. On peut détailler les incidents de forage, de tubage/cimentation et de mise en exploitation :

Incidents de forage :

- Trajectoire à corriger (suite à une dérive constatée par rapport au programme initial). La cible à atteindre, par exemple au toit du Dogger, peut être définie avec une marge d'erreur acceptable, marge au-delà de laquelle une correction supplémentaire de trajectoire sera nécessaire.
- Venues d'eau ou pertes partielles (> 2 m³/h) ou totale de fluide de forage. Les niveaux géologiques susceptibles de générer ces incidents sont connus comme les précautions à observer lors de leur traversée notamment par le contrôle des fluides de forage et des vitesses en cours de manœuvre ; ce risque peut mettre en difficulté le forage si l'on ne dispose pas des quantités d'eau nécessaires à la poursuite du forage en perte totale.

Tableau 8 - Niveaux à risques de pertes de boue ou venues d'eau

Formation géologique	Pertes	Venues d'eau	Observations
Sables, calcaires du Tertiaire	X		Nécessité éventuelle d'avoir à mettre en place un tubage intermédiaire
Craie du Crétacé supérieur	X		Forage à l'eau si pertes totales ou partielles importantes
Sables de l'Albien et du Néocomien	X	X	Programme précis de contrôle de la boue
Niveaux calcaires purbeckiens et portlandiens	X	X	
Calcaires rauraciens (Lusitanien)	X	X	
Calcaires du Dogger	X	X	

- Coincement ou collage de tiges en cours de forage. La probabilité d'occurrence de ce type d'incidents devra être fortement réduite par l'expérience, la technicité et la connaissance par l'entreprise de forage qui sera retenue, des conditions particulières de la série géologique du Bassin de Paris. En fonction des terrains traversés différentes mesures peuvent être prises pour limiter les phénomènes de collage. Dans des formations argileuses il est possible d'ajouter un lubrifiant mécanique (par exemple, un agent glissant constitué de micro-perles sphériques non toxiques résistantes aux déformations) et/ou liquide (par exemple, un lubrifiant à base de colza qui est inhibiteur de gonflement) dans la boue. Dans des formations

perméables, des réducteurs de filtrat à basse viscosité pourront être utilisés pour éviter la formation d'un cake trop épais.

Des coincements peuvent également être provoqués à cause d'une déviation mal calibrée ou mise en œuvre. Les architectures de forages seront pensées pour limiter l'inclinaison des ouvrages en face des terrains à risque.

- Instrumentation et repêchage. Les incidents peuvent générer ce genre d'opérations pour lesquelles l'entreprise doit disposer du matériel spécifique sur place ou susceptible d'un rapide approvisionnement et de l'expérience nécessaire à leur mise en œuvre.

Incidents de mise en place de tubage et de cimentation :

Le risque est de ne pas pouvoir respecter les cotes programmées et/ou de ne pas disposer de la qualité de cimentation requise. Les incidents possibles sont :

- Mauvaise cimentation. La cimentation peut être défectueuse ou incomplète, générant des risques qui concernent l'isolation des aquifères entre eux, l'isolation du tubage en face d'un aquifère et donc sa protection vis-à-vis de la corrosion externe, la stabilité des éléments tels que sabot de tubage ou DV⁵, la tenue mécanique de la colonne dans le temps. La mise en œuvre des composants d'une colonne de tubage à cimenter relève de règles strictes en ce qui concerne le choix des éléments utilisés à adapter à la géométrie de l'ouvrage et au contexte géologique. Par ailleurs des opérations de contrôle interviennent au cours et à l'issue des opérations (suivi des paramètres de mise en œuvre, diagraphies de cimentation...), qui peuvent permettre le cas échéant d'améliorer la qualité (reprise de cimentation).
- Non-respect des cotes prévues. Le risque concerne en particulier la base de la colonne d'extension (normalement de diamètre nominal 9''5/8), où en cas d'impossibilité d'amener le sabot à la cote il subsisterait une section découverte de formations géologiques peu stables (Callovien argileux). Les garanties concernant ce risque sont du domaine du strict respect des règles de l'art et dans le choix des meilleurs accessoires de cimentation (DV, centreurs...). Le risque s'exprime par l'obligation, si nécessaire, de reprendre le forage en side track, opération qui peut être lourde sur le plan financier.

Risque de rencontre entre forages existants et forages du projet

Ce risque est quasiment nul dans le cas présent. Les têtes de puits en surface devront toutefois être disposées de manière à éviter tout croisement des trajectoires des forages à créer.

⁵ DV : diverting valve. Dispositif à fenêtre coulissante permettant de réaliser la cimentation d'un tubage en plusieurs passes (étages) pour limiter la pression hydraulique de mise en œuvre.

3.12.2. Aléas en phase d'exploitation

3.12.2.1. Difficultés de mise en production après un arrêt prolongé

Des difficultés de mise en production ou une chute de productivité peuvent apparaître après une longue période d'arrêt pendant laquelle le forage a été maintenu sous saumure. Ce peut être le cas si la durée de mise en place des équipements d'exploitation est trop longue, par exemple. Quand cela est possible, laisser le forage sous eau géothermale permet d'éviter ce phénomène.

3.12.2.2. Analyse des risques corrosion et colmatages

Les tubages en acier au carbone type K55 qui représentent la solution la plus économique sont en contact avec l'eau minéralisée de la formation dont la composition chimique est tout à fait particulière (teneurs en chlorure, sulfates, sulfures ...) et présence de microorganismes (bactéries sulfato-réductrices).

Ce contexte chimique et bactériologique va ainsi générer une corrosion généralisée de l'acier des équipements (mise en solution d'ion Fe^{2+}) entraînant une perte d'épaisseur des tubages et la formation de dépôts (sulfures de fer) dans les tubages, les équipements d'exploitation de surface et les puits de réinjection.

Pour limiter ces problèmes de corrosion de l'acier des équipements, il est envisagé une injection d'inhibiteur en fond de puits qui va déposer un film protecteur sur les parois des tubages.

Les quantités d'inhibiteur seront calculées en fonction du débit de production (environ 2,5 à 3,5 ppm pour un débit de 350 m³/h). L'injection se fera par une pompe doseuse asservie au débit d'exploitation et reliée au tube d'injection de fonds de puits avec enregistrement des paramètres d'injection.

Le colmatage du puits de réinjection s'observe par l'augmentation de la pression de réinjection ou de la puissance nécessaire de pompage.

Le colmatage est principalement lié à la présence de particules (dépôts) provenant du fluide géothermal ou plus généralement des produits de corrosion.

Les produits de corrosion du puits de production sont arrêtés dans les installations de surface dans les pré-filtres et filtres avant les échangeurs. Les dépôts dans le puits de réinjection proviennent donc généralement de la corrosion (sulfures de fer) du tubage même du forage d'injection.

Le dosage de l'inhibiteur du puits de production doit être calculé pour assurer aussi la protection du puits de réinjection. **Le débit de la pompe doseuse du produit inhibiteur sera asservi au débit géothermal, de manière à respecter strictement le dosage visé en toutes conditions.**

Les éléments actuellement disponibles sur la corrosion et le colmatage dans les doublets en projet devront être affinés, en particulier pour évaluer une vitesse « normale » de corrosion une fois connus les paramètres hydrogéochimiques définitifs, les caractéristiques des équipements mis en place, les conditions d'exploitation et de protection et en s'appuyant sur les éléments relevés en suivi des doublets proches. Le risque peut alors être défini comme l'apparition d'une vitesse de corrosion

anormalement élevée par rapport aux ratios prévisionnels attendus et contrôlés dans le cadre du plan de maintenance.

Les solutions à mettre en œuvre pour limiter corrosion et colmatage devront faire l'objet de recherche concernant pour l'essentiel le choix du produit inhibiteur de corrosion, du type et des caractéristiques de la ligne d'injection en fonction des caractéristiques géochimiques attendues du fluide géothermal et des paramètres d'exploitation. Ces choix s'appuieront sur le retour d'expérience des suivis et contrôles effectués sur les installations voisines situées en contexte similaire.

3.12.3. Aléas sismiques

Les opérations de géothermie dites de Basse température relèvent généralement d'une autorisation préfectorale au titre du Code Minier dans la catégorie des opérations de puissance inférieure à 20 MW (20 000 kW).

Dans ce cas, la valorisation en surface est uniquement thermique. Les températures des eaux exploitées dans ces opérations sont inférieures à 80 °C. Les pressions utilisées pour la réinjection des eaux sont faibles. Lorsque le niveau de la nappe est élevé, une injection sous pression est nécessaire, mais excède rarement 30 bars.

Les principales opérations existantes sont situées dans les grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) où l'on peut rencontrer des nappes d'eau souterraine profondes circulant au sein des terrains perméables (sables, calcaires, dolomie), sans que la présence d'un système de failles ne soit nécessaire pour permettre l'écoulement. Cette absence de système faille, ainsi que les faibles pressions d'injection utilisées, expliquent qu'aucune sismicité induite n'ait été mise en évidence sur ce type de projets (la géothermie de ce type est exploitée industriellement depuis les années 1970 dans le bassin parisien). Les eaux injectées circulent dans les pores du terrain sans que des phénomènes de réagencement des terrains ne soient produits du fait des faibles forces mises en jeu (pression d'injection limitée).

Actuellement, 47 doublets ou triplets de forages à 1800 m de profondeur exploitent la nappe du Dogger en région parisienne (nappe à environ 70°C, débits supérieurs à 200 m³/h) et une dizaine d'ouvrages en Aquitaine d'une profondeur entre 1000 et 1500 m, existent depuis les années 1980, sans qu'aucun phénomène de sismicité induite ne soit rapporté.

Ces éléments montrent qu'il est nécessaire de bien faire la différence entre les types de géothermie et leur relation aux risques de sismicité induite. Si la géothermie à Haute Température est sensible à ce phénomène, ce n'est pas le cas de la géothermie à Basse Température. Les cinquante années de recul disponibles en Île-de-France sur ce type de géothermie apportent une forte garantie en la matière.

Ainsi, le risque sismique étant nul, aucune mesure n'est prévue pour connaître la géologie du sous-sol qui serait 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.

3.13. Mise en place d'un réseau de chaleur

La chaleur du premier doublet a pour exutoire un réseau de chaleur préexistant qui sera densifier, le second doublet fournira de la chaleur à un réseau de chaleur à créer.

3.13.1. Mise en place d'un réseau de chaleur type

Le réseau de chaleur sera composé de tubes en acier noir pré-isolé qui seront assemblés par soudure conformément aux règles de l'art et suivant la norme EN 10217-1.

La méthodologie proposée pour la réalisation de chaque tronçon à créer est la suivante :

- Amenée et repli des installations de chantier
- Piquetage des réseaux concessionnaires (réunion de piquetage, entretien des marquages,...) avec rédaction par l'entreprise de procès-verbaux attestant de la bonne réalisation des piquetages par les concessionnaires et toutes démarches et relances auprès des concessionnaires permettant de disposer des piquetages conformément à la réglementation en vigueur, dans le respect des dispositions des décrets du 05 Octobre 2011 et suivants, et de la norme NFS 70-003 et notamment de son article 7.8 (délégation de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise)
- Sondages pour investigation complémentaire (IC) et identification des réseaux (délégation de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise)
- Réalisation de la tranchée et blindage jointif
- Mise en œuvre du lit de pose
- Mise en place des nouvelles canalisations, piquages, vannes pré-isolées et points de purge à chaque point haut du réseau
- Mise en place de compensateurs de dilatation
- Création des regards maçonnées
- Création de chambres maçonnées suivant le plan de vannage
- Mise en place des canalisations en locaux techniques, supportages et calorifugeages au droit des pénétrations
- Réalisation des pénétrations des réseaux dans les locaux techniques ; fourniture et pose de vannes d'isolement et brides pleines
- Essais d'étanchéité à l'eau ou à l'air
- Epreuve à l'eau
- Raccordement sur réseaux existants, jonctions de calorifuge
- Relevé altimétrique par un géomètre (x, y, z)
- Complément de remblai
- Essai de compactage sur les voiries
- Réfection des qualitatifs de surface à l'identique
- Nettoyage de la zone de travaux
- Réalisation d'un DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) intégrant l'ensemble des notes de calcul, le plan d'imputation du réseau, vue en plan et profil en long issus des relevés géomètre, positionnant tous les ouvrages croisés avec une précision minimum de classe A, la nomenclature et les fiches techniques détaillées des matériels utilisés. Les plans seront géoréférencés.

La pose sera effectuée selon les préconisations du constructeur, à la fois dans les caractéristiques dimensionnelles (profondeur, écartement des tubes, dimensions des tranchées, etc.) et les caractéristiques de mise en œuvre (lyre de dilatation, point fixes, pénétrations, etc.).

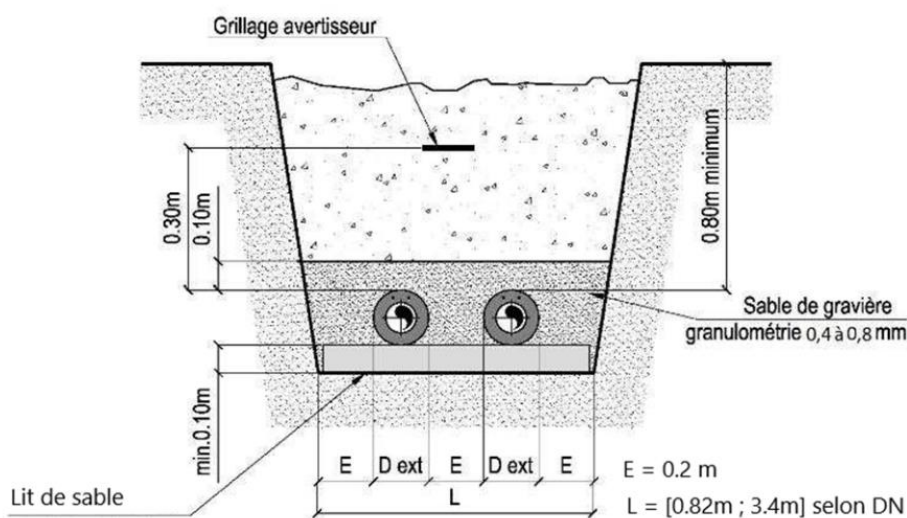


Figure 65 – Schéma type de pose

Avant tout travaux routiers, un diagnostic amiante et HAP sera réalisé sur les enrobés. Les terrassements seront ensuite réalisés à l'aide d'une pelle à chenilles de 20 tonnes ou pelle à pneus.

Il est prévu une ouverture totale des tranchées tronçon par tronçon. Celles-ci seront protégées par des barrières de chantier sur toute la longueur. Au niveau des traversées de chaussées, des plaques de passage seront installées.

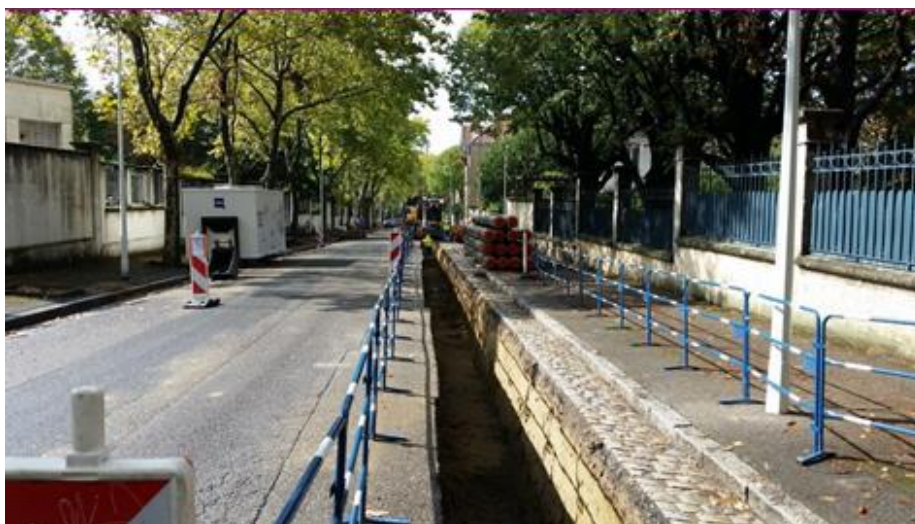


Figure 66 – Exemple de plaque de passage

La soudure et la pose des tubes interviendront dès que l'ouverture sera conséquente. Une fois le réseau posé, celle-ci sera remblayée.

3.13.2. Description d'une sous-station type

Le projet prévoit l'aménagement de sous-stations dont certaines qui assureront la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Ainsi, deux types de sous-stations seront déployés pour ce projet :

- Les sous-stations de production de chauffage,
- Les sous-stations de chauffage et d'ECS.

Les sous-stations de production de chauffage disposent d'un échangeur de chaleur assurant la liaison entre l'eau chaude du réseau de chaleur et les installations d'un ou plusieurs bâtiments. Tandis que les sous-stations de chauffage et d'ECS disposent de deux échangeurs et d'un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire.

Les travaux pour l'installation d'une sous-station durent en moyenne une semaine et peuvent nécessiter un démantèlement préalable de l'installation existante si l'espace disponible est insuffisant.

4. Méthodes d'exploitation envisagées

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX)

Le débit d'exploitation envisagé du nouveau doublet est de 400 m³/h en pointe.

ENGIE Solutions lancera une consultation auprès de sociétés spécialisées pour le suivi et la maintenance des installations géothermales.

4.1. Installations

Dans le bâtiment géothermique à construire, la capacité des échangeurs, de la pompe de réinjection, des variateurs de fréquence seront adaptés au débit maximal prouvé par tests et à la courbe de production (rabattements).

Les puits de production seront équipés d'un groupe électropompe immergé.

Une emprise d'environ 1450 m² sera conservée autour des têtes de puits afin que ces dernières restent accessibles pour des opérations de maintenance lourdes telles qu'un rechemisage des puits.

Ces zones seront exclusivement réservées à la géothermie.

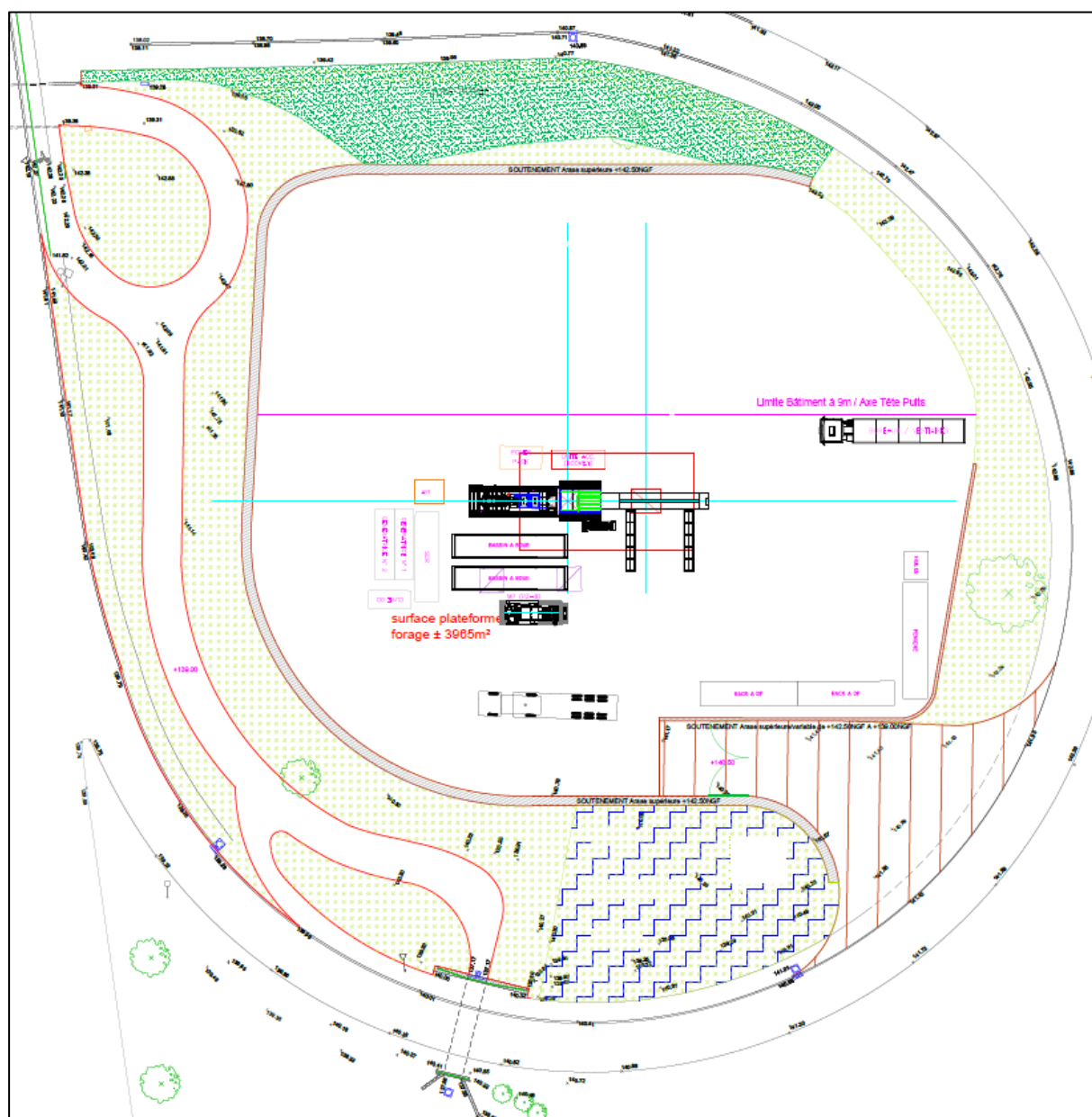


Figure 67 – Exemple d’emprise d’appareil de Work-over sur la parcelle est (Source : SMP)

4.2. Suivi technique de l'exploitation

4.2.1. L'installation et ses équipements

Des contrôles périodiques seront assurés par une société spécialisée. Ces contrôles ont pour but de détecter toute menace de corrosion et d'y remédier, en particulier les corrosions ponctuelles apparaissent sous dépôts, sous action de bactéries sulfato-réductrices (pouvant aboutir à un percement localisé des tubages par piqûres).

Les mesures, les contrôles et les analyses seront conformes aux spécifications du permis d'exploitation, et comprendront notamment :

- Un contrôle par diagraphie de l'état du tubage des puits injecteurs tous les 3 ans et à l'issue de chaque opération de nettoyage de parois, et tous les 5 ans pour les puits producteurs.
- Une vérification au moins une fois par an des appareils de mesure de débit, de température, de pression et d'énergie thermique par un organisme qualifié.
- Un relevé quotidien du débit, de la température, et de la pression sur chaque forage consigné dans un registre dans lequel apparaissent également les interventions telles que les nettoyages de filtre, les contrôles particuliers et incidents survenus sur le fluide géothermal ainsi que les dates et les résultats des vérifications des appareils de mesure.
- Une comparaison tous les trois mois des caractéristiques hydrodynamiques d'exploitation permettant de suivre la productivité du puits d'exhaure et l'injectivité du puits de réinjection et des consommations, puissances électriques et rendements des pompes.
- Une estimation de la vitesse de corrosion des tubages métalliques au moins tous les deux mois par la méthode des coupons de corrosion ou par résistance de polarisation.
- Une analyse de l'importance de la corrosion ainsi que de la qualité et de la quantité des dépôts solides formés dans les installations de surface du circuit géothermal à l'occasion des opérations d'entretien ou de réparation (estimation des quantités déposées sur une période rapportée à un an).
- Un contrôle de sécurité de l'ensemble des installations électriques du circuit géothermal une fois par an par un organisme agréé.

4.2.2. Fluide géothermal

Les paramètres électrochimiques suivants seront contrôlés tous les deux mois sur les puits de production et de réinjection :

- pH,
- potentiel redox,
- conductivité,
- salinité totale.

Les analyses suivantes seront effectuées tous les deux mois sur l'eau du puits de production :

- bicarbonates,
- chlorures,
- sulfates,
- fluorures,
- calcium,
- magnésium,
- strontium,
- sodium,
- potassium.

Les analyses suivantes seront effectuées tous les deux mois sur l'eau des puits de production et d'injection :

- sulfures,
- mercaptans,
- fer ferreux, fer non ferreux,
- bactéries sulfato-réductrices,
- matières en suspension (sur filtres de 0,20 à 8 µm).

Une mesure du point de bulle et du GLR (gaz liquide ratio) sera effectuée une fois par an sur l'eau du puits de production.

4.2.3. Corrosion

Un inhibiteur de corrosion adapté à la chimie du fluide géothermal sera injecté par un tubage spécial, de petit diamètre, en fond de puits de production.

Le produit destiné à être injecté sera stocké dans un réservoir muni d'un évent, placé sur une cuvette de rétention.

Avant mise en exploitation du doublet, le titulaire adressera au préfet une demande d'autorisation d'injection dans le fluide géothermal d'un produit visant à prévenir ou limiter la corrosion des tubages.

Les données suivantes seront consignées quotidiennement dans un registre spécifique qui sera tenu à la disposition de la DRIEAT :

- Quantité de produit injecté,
- Débit géothermal,
- Concentration de produit injecté,
- Tout évènement ou incident survenu sur l'installation,
- Tout contrôle particulier effectué.

4.2.4. Synthèse des contrôles

Le Tableau 9 présente la synthèse des contrôles prévus en phase d'exploitation du doublet ainsi que leur fréquence.

Chaque année, un bilan annuel d'exploitation rassemblant toutes ces informations sera transmis à la DRIEAT en deux exemplaires.

Tableau 9 – Synthèse des contrôles effectués en phase d'exploitation et de leur fréquence

Contrôle	Fréquence
Débits, pressions, températures et quantités d'énergie produite	Relevé quotidien Synthèse trimestrielle des moyennes mensuelles et des valeurs significatives
Paramètres hydrodynamiques et caractéristiques électriques de fonctionnement des pompes	Trimestrielle (contrôle et synthèse)
Estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion dans les puits	Tous les 2 mois
Estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion/dépôt de la partie boucle de surface	Tous les 6 mois
Analyses physico-chimiques et bactériologiques du fluide géothermal : pH, potentiel redox, conductivité, salinité totale sur l'eau des puits de production et de réinjection, bicarbonates, chlorures, sulfates, fluorures, calcium, magnésium, strontium, sodium, potassium sur l'eau du puits de production, sulfures, mercaptans, fer ferreux, fer non ferreux, bactéries sulfato-réductrices, matières en suspension (sur filtres de 0,20 à 8 µm) sur l'eau des puits de production et d'injection, mesure du point de bulle et du GLR sur l'eau du puits de production	Tous les 2 mois Tous les 2 mois Tous les 2 mois Tous les ans
Contrôle des équipements électriques	Tous les ans
Données consignées sur le registre de la station de traitement	Relevé quotidien Synthèse trimestrielle
Mesure indiquant la présence et l'efficacité du produit injecté en tête du puits de production	Tous les mois
Contrôle de l'intégrité du tube d'injection en fond de puits	Tous les 6 mois
Contrôles par diagraphies de l'état des tubages sur toute leur longueur	Tous les 3 ans pour les puits injecteurs et à l'issue de chaque opération de nettoyage des parois, et tous les 5 ans pour les puits producteurs
Vérification des appareils de mesure de débit, de température, de pression et d'énergie thermique par un organisme qualifié	Tous les ans

4.3. Modifications

Toute modification de la boucle géothermale sera portée à la connaissance de la DRIEAT, préalablement aux travaux prévus.

5. Modélisation numérique du réservoir : Evaluation des interactions des deux nouveaux doublets au Dogger

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX)

5.1. Modèle conceptuel du réservoir (Dogger)

5.1.1. Code de calcul utilisé

Le modèle est construit avec le logiciel MARTHE, version 7.7, développé au sein du Groupe BRGM. Élaboré en 1980 et régulièrement développé depuis cette époque pour répondre aux évolutions des standards informatiques et pour intégrer de nouvelles fonctionnalités en hydrodynamique et en transport, ce code de modélisation est dédié spécifiquement à la simulation des ressources souterraines (évaluation et gestion des ressources aquifères, impact de prélèvements et d'aménagements) et des transferts d'éléments dissous (éléments chimiques, éléments radioactifs, biseaux salés, transferts thermiques). Il s'agit d'un code de calcul en différences finies, utilisant un maillage de type « écossais » (colonnes et lignes de largeurs variables), monocouche (en plan ou en coupe verticale), multicouche ou 3D, avec possibilité de sous-maillages gigognes pour une représentation précise des géométries, simulant l'hydrodynamique et le transport hydro dispersif et thermique en régime permanent et en régime transitoire.

5.1.2. Hypothèses de calcul retenues

Les hypothèses de base retenues pour les simulations des écoulements et du transport de chaleur sont les suivantes :

- Écoulement dans la zone saturée des aquifères,
- Milieu poreux multicouches,
- Écoulement en régime transitoire,
- Transport de chaleur en régime transitoire.

5.1.3. Extension horizontale du modèle numérique

Le modèle numérique du réservoir est construit sur la base d'un carré de superficie d'environ 69 km², mesurant 8,3 km de côté (Figure 68), centré sur la zone d'étude. Ce modèle intègre l'ancienne opération géothermique de La Celle-Saint-Cloud située à proximité immédiate des deux nouveaux doublets projetés (cf. Tableau 10).

Les nouvelles exploitations au Dogger de Rueil-Malmaison et de Vélizy-Villacoublay, situées à plus de 5 km des deux nouveaux doublets projetés, ne sont pas intégrées dans ce modèle numérique. Les impacts hydraulique et thermique du projet sur le doublet de Vélizy-Villacoublay le plus proche sont néanmoins traités dans le cadre de cette étude et sont considérés comme négligeables (cf. 5.3.6).

Tableau 10 – Exploitations géothermiques intégrées au modèle

	NOM	DEBIT MOYEN ANNUEL (M3/H)	T°C INJECTION MOYENNE	DEBIT MAX HIVERNAL (M3/H)	DATE DEMARRAGE	DATE ARRÊT
LA CELLE-SAINT-CLOUD	GLC1	150	39.5	150	1983	1989
	GLC2					
SAS 1 GLCR1-2	GLCR1	272	35.4	350	2024	-
	GLCR2					
SAS 2 GLCR3-4	GLCR3	278	33.3	350	2024	-
	GLCR4					

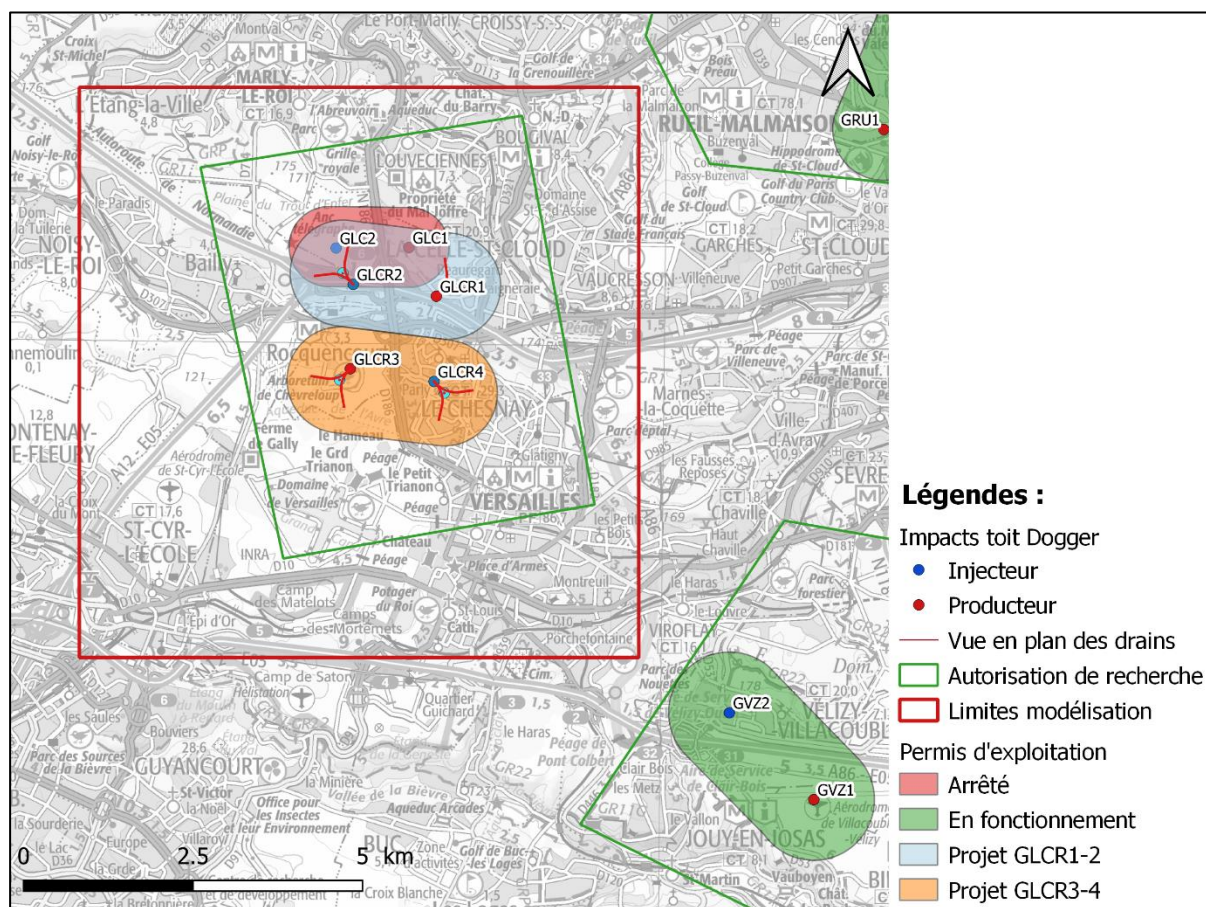


Figure 68 – Extension du modèle numérique du réservoir

5.1.4. Discrétisation horizontale et verticale

Le code MARTHE met en œuvre plusieurs algorithmes de calcul en volumes finis, impliquant des maillages constitués de parallélépipèdes agencés en couches.

Concrètement, le maillage élaboré pour la présente étude géothermique comporte :

- Un maillage principal à grille régulière de 150 m de côté ;

- Un sous-maillage gigogne intégré au maillage principal composé de mailles de 30 m de côté. Ce sous-maillage discrétise finement le système aquifère autour des opérations géothermiques. L'utilisation de ce maillage gigogne permet d'obtenir une très bonne discrétisation spatiale tout en limitant le nombre total de mailles et les durées de calcul induites. La présente extension du modèle couvre totalement les aires d'influence des doublets.

La disposition en plan de ces différents maillages est schématisée sur Figure 69.

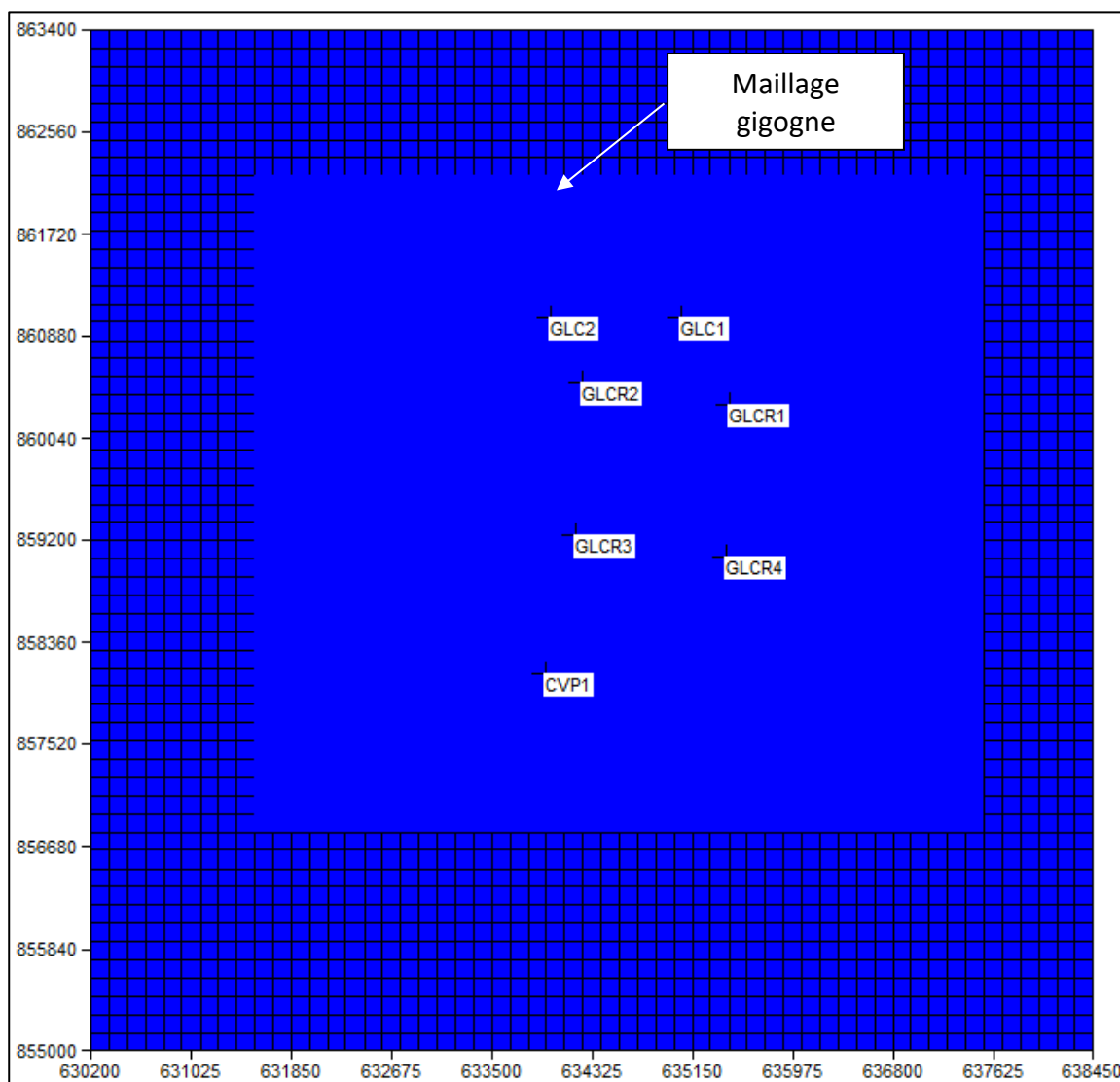


Figure 69 – Maillage du modèle

Le modèle conceptuel a été élaboré à partir des données géologiques et hydrogéologiques issues des rapports des doublets au Dogger présents sur la zone d'étude, sur le rapport du BRGM n°R-59591 (Pratiques de modélisation hydraulique et thermiques pour des exploitations géothermiques au Dogger dans la Région Parisienne), le rapport RP60399-FR (Gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Île-de-France – Année 2011) présentant les divers résultats des travaux de

modélisation du groupement « Géothermie Profonde » (BRGM-Antea-CFG Services et GPC-IP), et sur le rapport RP63792-FR (Expertise du développement de l'exploitation de l'aquifère du Dogger dans le secteur ouest du Val-de-Marne) qui a fait un état des lieux de l'exploitation du Dogger dans le secteur d'étude en Juillet 2014.

La discrétisation verticale retenue est la suivante :

- Modèle comportant 15 couches représentant le réservoir géothermique du Dogger et ses épontes ;
- Le réservoir du Dogger est discrétisé selon un modèle « sandwich » : pour chaque puits, sont extraits de la base de données du Dogger, l'épaisseur productrice totale, somme des niveaux producteurs individualisés par flowmétrerie, ainsi que l'épaisseur cumulée des épontes intercalaires. Le modèle se structure selon la séquence suivante : une première couche réservoir d'épaisseur égale à la moitié de l'épaisseur productrice totale, interpolée par krigeage, l'éponte intercalaire unique cumulant les épaisseurs des épontes individuelles (considérée comme quasi-constante dans le secteur d'étude et égale à 28 mètres, enfin une seconde couche réservoir symétrique de la première, le système étant confiné par deux épontes, supérieure (toit) et inférieure (mur).

5.1.5. Conditions hydrauliques initiales

Dans le modèle, la pression de gisement initiale du réservoir correspond à un niveau pseudo-potentiométrique de 140 m de colonne d'eau par rapport au niveau de la mer.

5.1.6. Conditions aux limites

5.1.6.1. Conditions aux limites en hydraulique

Les échanges verticaux étant très limités dans le système multicouche du bassin parisien du fait de l'existence de formations très peu perméables intercalées entre les aquifères, les **limites supérieure et inférieure du modèle** sont déclarées comme **limites à flux nul**.

Latéralement, l'idéal serait d'imposer à grande distance des charges fixes mais cela supposerait un accroissement significatif de la taille du modèle, donc du nombre de mailles et des temps de calcul induits, ce qui serait assez pénalisant.

Deux types de conditions ont donc été considérés successivement :

- Des limites à potentiel imposé, et
- Des limites à flux nul.

L'hypothèse de limites latérales à flux nul est celle qui est retenue pour simuler les impacts thermiques et hydrauliques des nouveaux doublets, car elle est la plus pénalisante pour l'évolution des températures simulées aux puits de pompage du fait qu'elle amplifie le recyclage thermique et donc les baisses de température simulées aux puits de pompage.

5.1.6.2. Conditions aux limites en thermique

Les températures initiales mesurées dans les différents doublets au Dogger ont permis d'élaborer une carte des températures interpolées par la méthode géostatistique du krigeage. Le gradient géothermique est simulé en imposant sur les faces supérieure et inférieure du modèle des températures, cohérentes avec le gradient géothermique de 3,98°C/100 m et avec les températures mesurées dans les forages.

Latéralement, deux cas peuvent se présenter :

- Les limites sont simulées comme étant à **flux thermique nul** (limites adiabatiques) lorsque les limites hydrauliques sont à flux nul ;
- En revanche, lorsque les limites latérales sont à potentiel hydraulique imposé, **le flux entrant par les limites latérales est affecté de la température initiale de la couche.**

5.1.7. Perméabilités à l'eau

La perméabilité à l'eau affectée aux deux couches du réservoir est issue de la Base de Données du Dogger. La transmissivité intrinsèque a été interpolée (par krigeage) puis convertie en perméabilité intrinsèque. La perméabilité intrinsèque des autres couches a été fixée à $4,1 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$.

5.1.8. Paramètres thermiques

Les paramètres thermiques utilisés pour la modélisation du champ de température sont les suivants :

- Conductivité thermique de la matrice minérale : une valeur de 2,5 W/m/°C, issues de la bibliographie a été attribuée aux épontes et à l'aquifère,
- Dispersivité thermique longitudinale et dispersivité thermique transversale : des valeurs standards de 10 m et 1 m ont été utilisées.
- Chaleur spécifique : des valeurs comprises entre $2,5 \cdot 10^6$ et $2,1 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3/\text{°C}$, issues de la bibliographie ont été respectivement attribuées aux épontes et à l'aquifère.

5.1.9. Synthèse – Schéma conceptuel

La Figure 70 synthétise le schéma conceptuel retenu pour la modélisation numérique du réservoir.

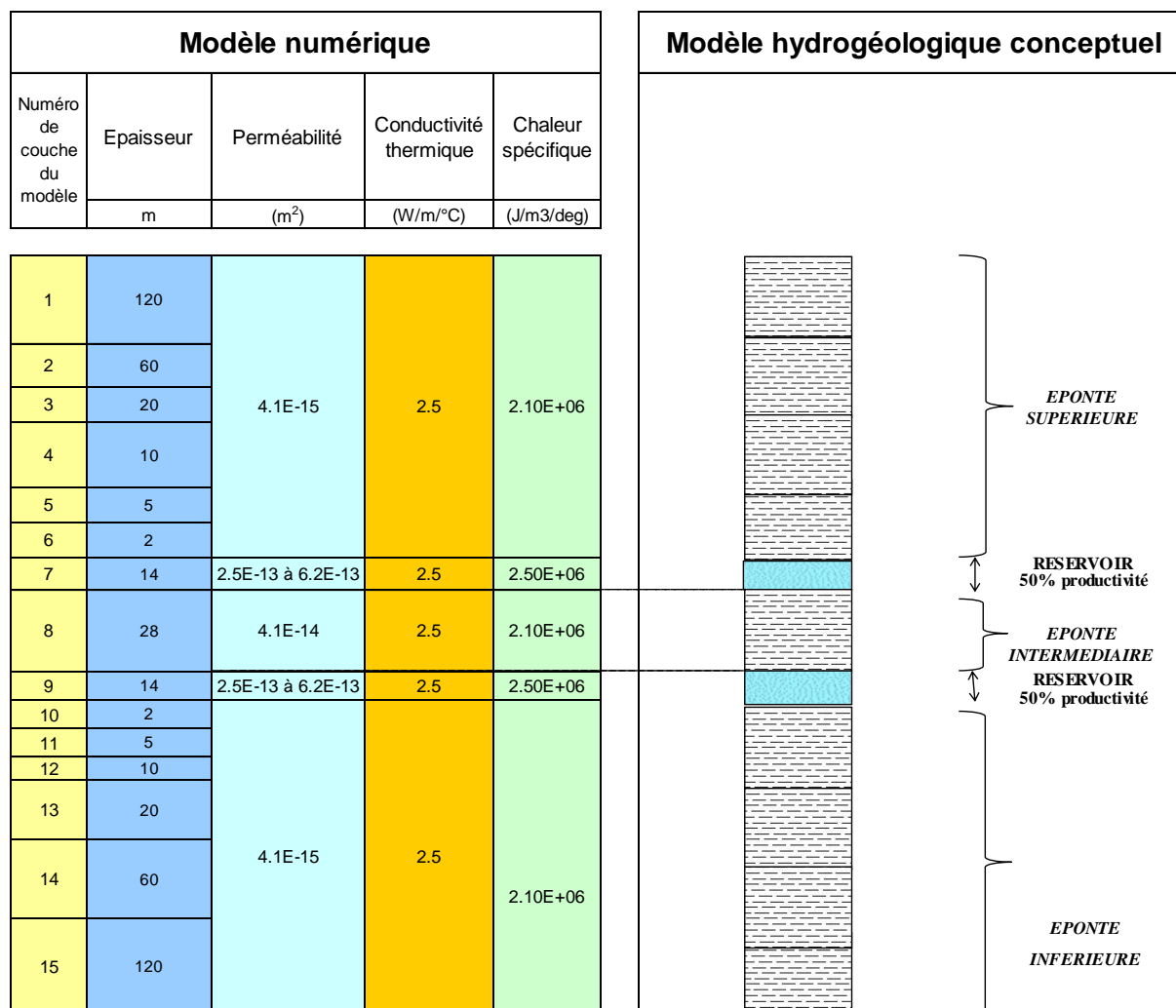


Figure 70 – Modèle conceptuel et discrétisation verticale adoptée pour le modèle numérique

5.1.10. Cas spécifique des drains du projet du Chesnay-Rocquencourt

La modélisation des drains a été réalisée à partir des données sur la répartition des niveaux producteurs de l'ancien doublet de La Celle-Saint-Cloud et des architectures des drains projetées.

Le débit d'exploitation a été réparti entre les différents barycentres des niveaux producteurs traversés. Le Tableau 11 montre la construction réalisée pour modéliser le forage producteur GLCR1.

Tableau 11 – Modélisation de la répartition du débit exploité dans les drains du forage de production GLCR1

Niveaux producteurs retenus	Déport X par rapport à l'impact au toit du Dogger	Déport Y par rapport à l'impact au toit du Dogger	% du débit	Mailles retenues dans le modèle
Leg 1 et 2 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs supérieurs à la descente	8	8	25	Colonne = 158 ; Ligne = 76 ; Couche = 7
Leg 1 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs inférieurs à la descente	86	92	12.5	Colonne = 162 ; Ligne = 73 ; Couche = 9
Leg 1 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs inférieurs à la remontée	153	293	12.5	Colonne = 164 ; Ligne = 65 ; Couche = 9
Leg 1 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs supérieurs à la remontée	131	518	12.5	Colonne = 163 ; Ligne = 56 ; Couche = 7
Leg 2 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs inférieurs à la descente	105	80	12.5	Colonne = 162 ; Ligne = 74 ; Couche = 9
Leg 2 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs inférieurs à la remontée	318	129	12.5	Colonne = 171 ; Ligne = 71 ; Couche = 9
Leg 2 : barycentre de la traversée des niveaux producteurs supérieurs à la remontée	537	82	12.5	Colonne = 180 ; Ligne = 73 ; Couche = 7

La Figure 71 permet de visualiser la répartition dans l'espace des mailles productrices et injectrices pour chaque drain.

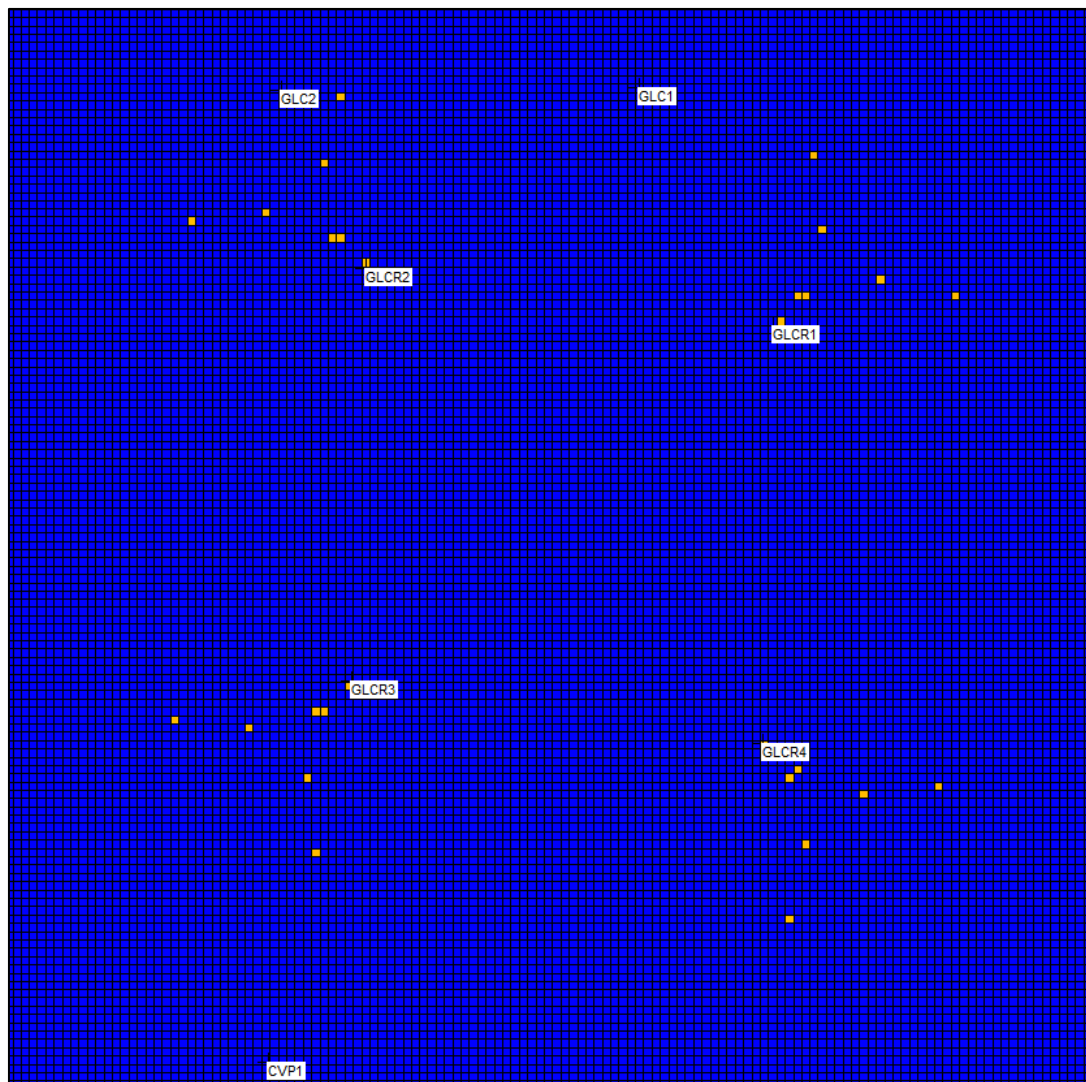


Figure 71 – Vue du dessus des mailles productrices et injectrices pour chaque drain des puits GLCR1-2-3-4

5.2. Simulation des évolutions thermiques et hydrodynamiques du secteur passées et futures

5.2.1. Conditions thermiques initiales

Une première simulation thermique a été réalisée en régime permanent pour déterminer les températures d'équilibre des différentes couches du modèle, celles-ci étant ensuite prises comme conditions initiales aux simulations thermiques transitoires.

La Figure 72 présente le champ de température simulée sur la première couche productive du réservoir du Dogger.

La température mesurée à La Celle-Saint-Cloud est de 62,1°C pour GLC1 et 60,6°C pour GLC2. La température simulée par le modèle à La-Celle-Saint-Cloud est de 62,1°C pour GLC1 et 60,8°C pour GLC2.

Les températures simulées au droit des futurs doublets du projet du Chesnay-Rocquencourt sont de l'ordre de 62°C pour GLCR1 et à 61,5°C pour GLCR3.

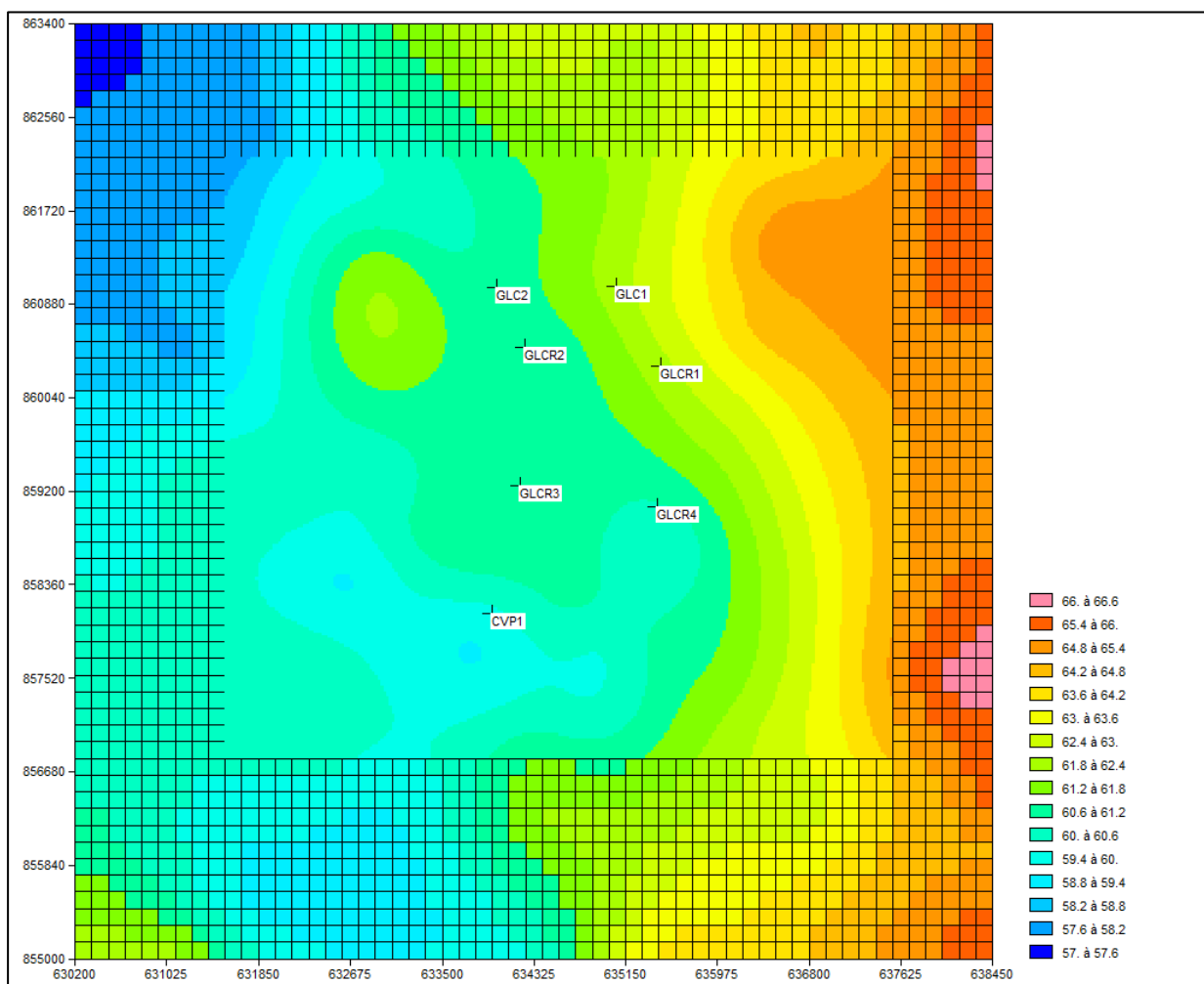


Figure 72 – Champ de température simulée en régime permanent (1^{ère} couche du réservoir)

5.2.2. Simulations thermiques de la période 1982 – 2055

Les simulations en transitoire ont été effectuées au pas annuel sur une période de 72 ans allant de 1982 à 2054.

Cette période débute un an avant la mise en service du doublet de La Celle-Saint-Cloud et s'étend jusqu'à 30 ans après la mise en service des deux doublets projetés (durée équivalente à celle du permis d'exploitation demandé).

La première phase (1982-2024) est destinée à juger de l'aptitude du modèle à représenter de façon réaliste les évolutions thermiques passées, la seconde est une projection dans l'avenir pour apprécier la pérennité thermique des nouveaux doublets.

Les valeurs de débit et température d'injection prises en compte pour simuler le fonctionnement de l'ancien doublet de La Celle-Saint-Cloud sont fournies dans le Tableau 10.

5.2.3. Principe de la simulation couplée

La simulation réalisée en régime transitoire couple le calcul hydrodynamique et le calcul thermique. Cette méthode permet de prendre en compte dans les calculs les effets de la température sur la viscosité du fluide géothermal et donc sa vitesse d'écoulement.

Ainsi, une loi de variation exponentielle de la viscosité du fluide en fonction de la température est introduite dans le modèle.

Afin de tenir compte des différences de température aux puits de production et d'injection et au sein du réservoir, les perméabilités des différentes couches intégrées au modèle transitoire sont donc les perméabilités intrinsèques. Le modèle calcule ensuite dans chaque maille pour chaque pas de temps les perméabilités à l'eau à la température de la maille, d'après la relation suivante :

$$K \text{ à l'eau} = (K \text{ intrinsèque} \cdot \rho \cdot g) / \mu$$

avec : $K \text{ à l'eau}$: perméabilité à l'eau (m/s)
 $K \text{ intrinsèque}$: perméabilité intrinsèque (m²)
 μ : viscosité dynamique du fluide (kg/m.s)
 ρ : densité du fluide (kg/m³)
 g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²)

5.3. Scénarii de simulation pour le projet du Chesnay-Rocquencourt

Les débits d'exploitation moyens annuels permettant de répondre aux besoins énergétiques calculés par ENGIE Solutions sont présentés dans le Tableau 12, le Tableau 13 et le Tableau 14.

Pour le doublet GLCR1-2, la température d'injection moyenne est de 35,7°C.

Pour le doublet GLCR3-4, la température d'injection moyenne est de 33,3°C.

Trois scénarii ont été modélisés sur 30 ans :

- Scénario 1 : Les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en exploitation ;
- Scénario 2 : Uniquement le doublet GLCR1-2 en exploitation ;
- Scénario 3 : Uniquement le doublet GLCR3-4 en exploitation.

Tableau 12 – Débits d'exploitation moyens annuels avec les doublets GLCR1-2-3-4 en exploitation (scénario 1)

Débit moyen annuel GLCR1 (m3/h)	Débit moyen annuel GLCR2 (m3/h)	Débit moyen annuel GLCR3 (m3/h)	Débit moyen annuel GLCR4 (m3/h)
272	272	278	278

Tableau 13 – Débit d’exploitation moyen annuel avec uniquement doublet GLCR1-2 en exploitation (scénario 2)

Débit moyen annuel GLCR1 (m3/h)	Débit moyen annuel GLCR2 (m3/h)
272	272

Tableau 14 – Débit d’exploitation moyen annuel avec uniquement doublet GLCR3-4 en exploitation (scénario 3)

Débit moyen annuel GLCR3 (m3/h)	Débit moyen annuel GLCR4 (m3/h)
278	278

5.3.1. Propagation des panaches d’eau froide pour les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement – Scénario 1

Trois cartes présentées en Figure 73, Figure 74 et Figure 75 illustrent les positions et températures des panaches d’eau « froide » simulés pour différentes phases de l’étude :

- En 2023, avant la mise en exploitation du nouveau projet,
- En 2024, après la mise en exploitation du nouveau projet,
- En 2054, 30 ans après la mise en exploitation du nouveau projet.

Ces cartes illustrent les distributions de température simulées au niveau de l’éponte intermédiaire du Bathonien (couche 8 du modèle).

La mise en service du nouveau projet en 2024 se manifeste clairement à partir de la Figure 74 par l’existence de deux bulles froides autour de GLCR2 et GLCR4. En 2054, on constate que les puits de production GLCR1 et GLCR3 sont atteints par les extrémités des panaches d’eau « froide » issus de GLCR2 et GLCR4 (cf. Figure 75).

De plus, il ressort que le nouveau projet n’a aucune incidence thermique sur les doublets voisins après 30 ans d’exploitation : le doublet en activité le plus proche est celui de Vélizy-Villacoublay qui est situé à plus de 6 km au Sud-Est du projet du Chesnay-Rocquencourt.

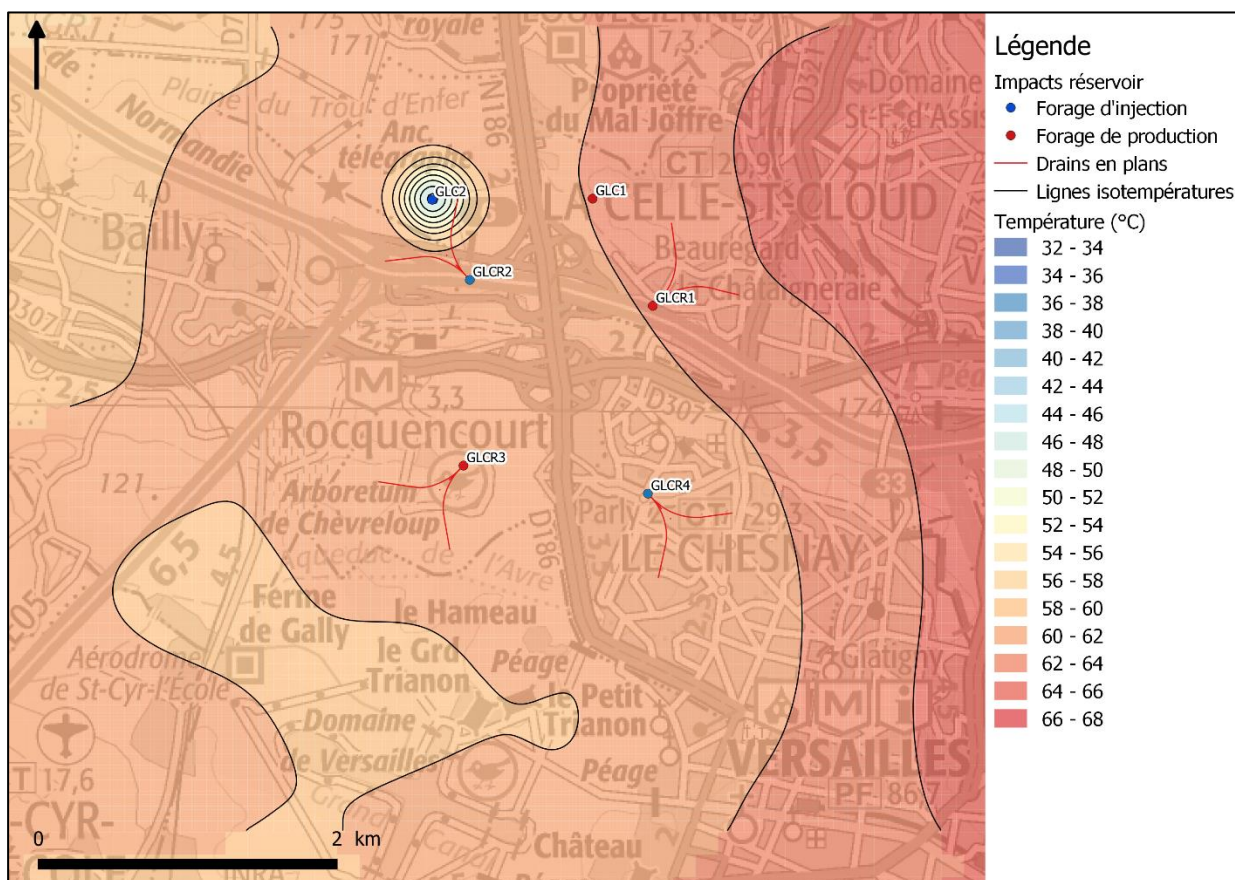


Figure 73 – Panaches de température simulés en 2023 (couche 8)

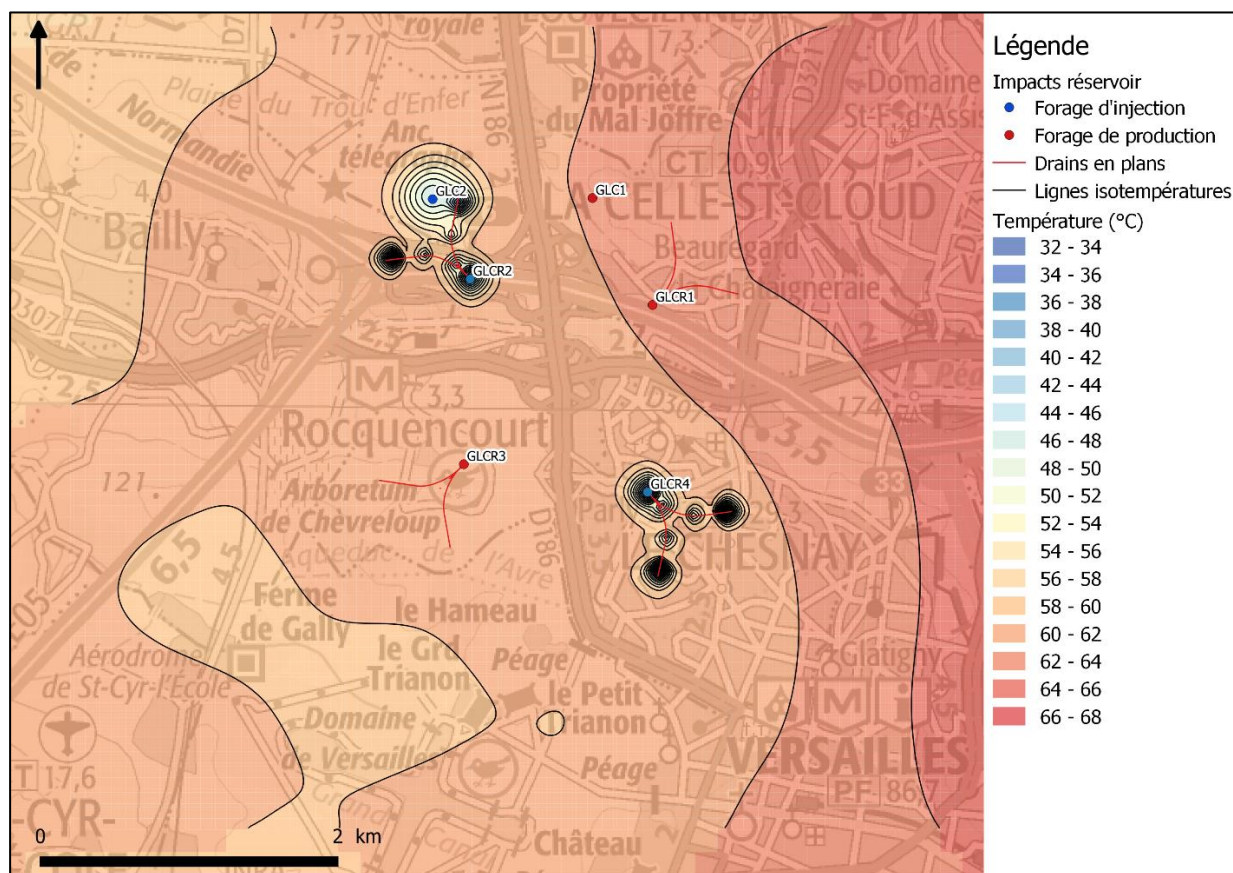


Figure 74 – Panaches de température simulés en 2024 (couche 8)

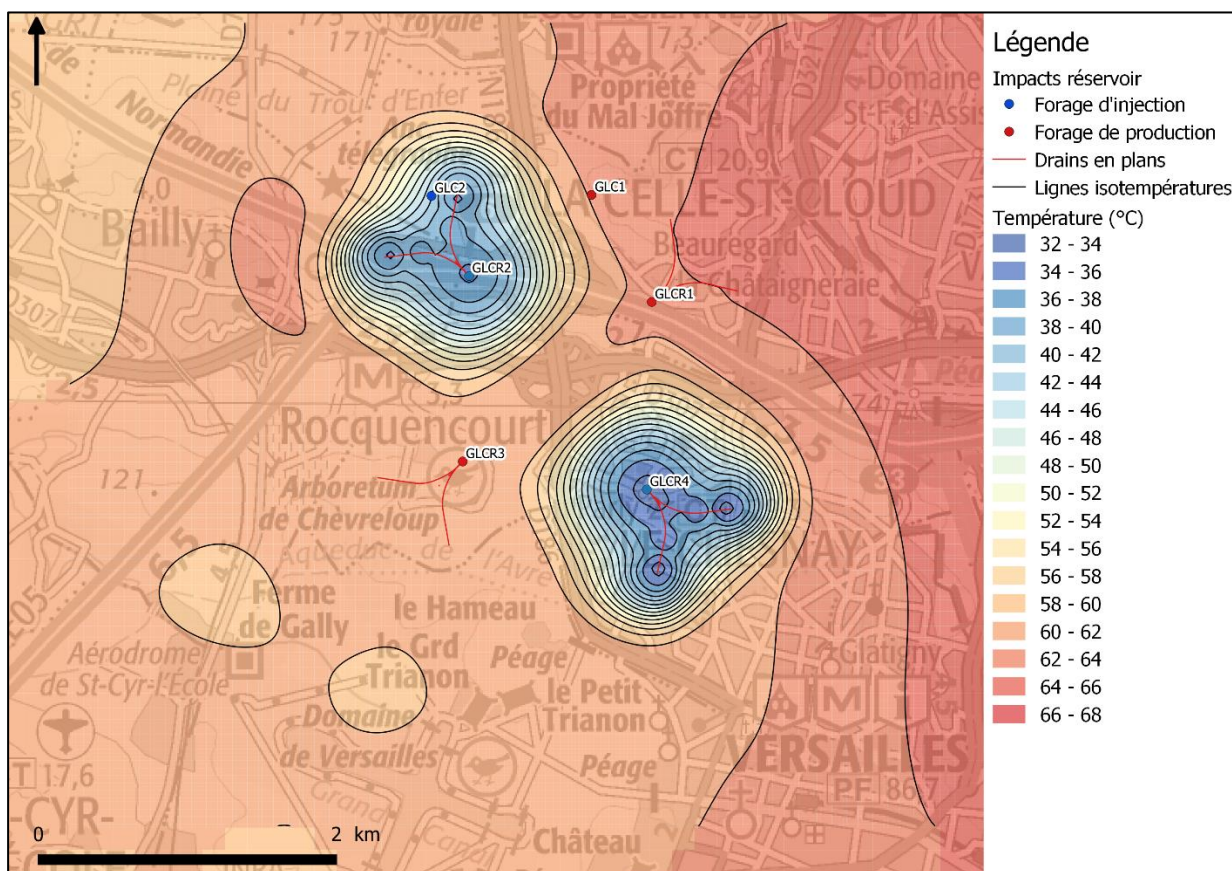


Figure 75 – Panaches de température simulés en 2054 (couche 8)

5.3.2. Evolution des températures aux puits de production pour les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement – Scénario 1

L'observation des panaches de températures simulés a montré que l'exploitation du nouveau projet n'avait pas d'incidence thermique sur le doublet existant de Vélizy-Villacoublay (le plus proche).

La Figure 76 permet de rendre compte de l'évolution de la température de production aux puits GLCR1 et GLCR3.

D'après cette figure, les panaches d'eau froide issus de GLCR2 et GLCR4 atteindraient les puits de production GLCR1 et GLCR3 vers 2040 ce qui correspond à un temps de percée d'une quinzaine d'années.

Après 30 années d'exploitation, la température simulée moyennée aux puits de production serait de 61,36°C, ce qui correspond à une diminution de température de 0,14 °C.

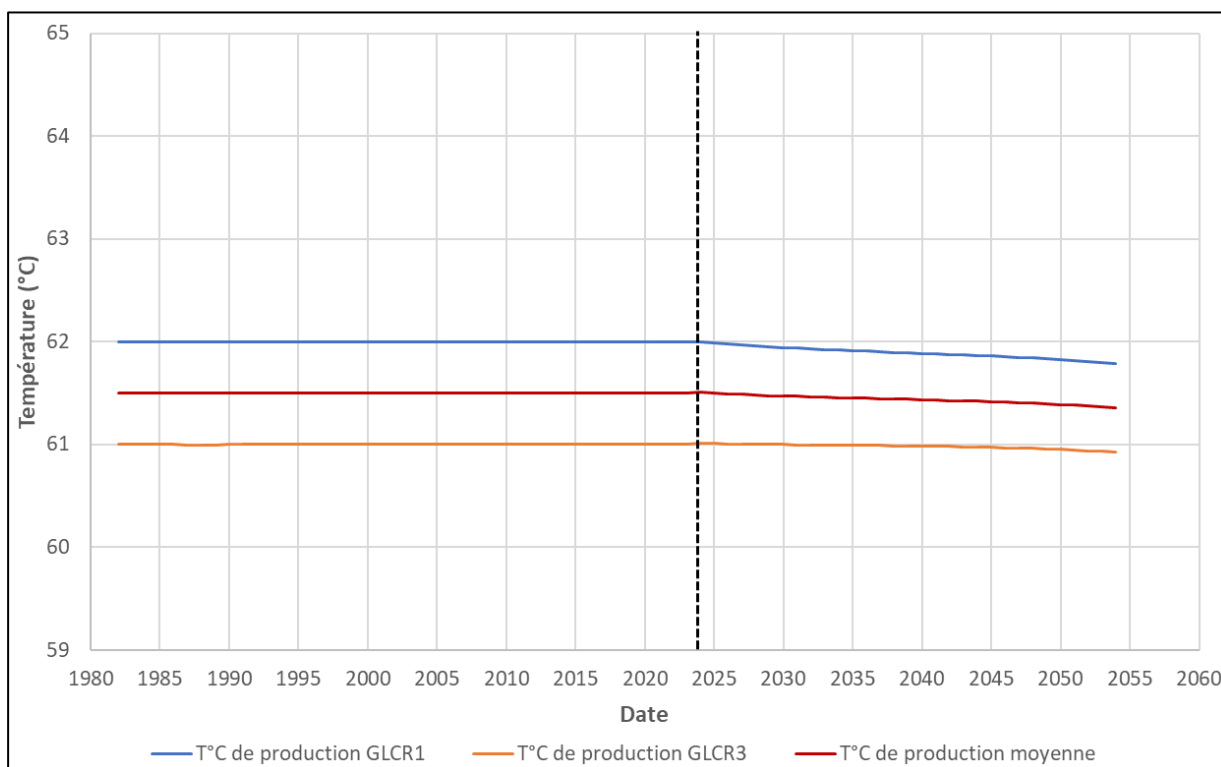


Figure 76 – Evolution de la température simulée aux puits de production GLCR1 et GLCR3

Cette faible diminution, inférieure à 1°C, est considérée comme acceptable.

5.3.3. Propagation du panache d'eau froide pour un doublet unique en fonctionnement – Scénario 2 et Scénario 3

Deux cartes présentées en Figure 77 et en Figure 78 illustrent la position et température du panache d'eau « froide » simulé en 2054, 30 ans après la mise en exploitation du nouveau projet, selon deux scénarii :

- Avec le doublet GLCR1-2 en fonctionnement (scénario 2),
- Avec le doublet GLCR3-4 en fonctionnement (scénario 3).

Ces cartes illustrent les distributions de température simulées au niveau de l'éponte intermédiaire du Bathonien (couche 8 du modèle).

Pour les deux scénarii, on constate qu'en 2054 les puits de production GLCR1 et GLCR3 sont atteints par les extrémités des panaches d'eau « froide » issus de GLCR2 et GLCR4 (cf. Figure 77 et Figure 78).

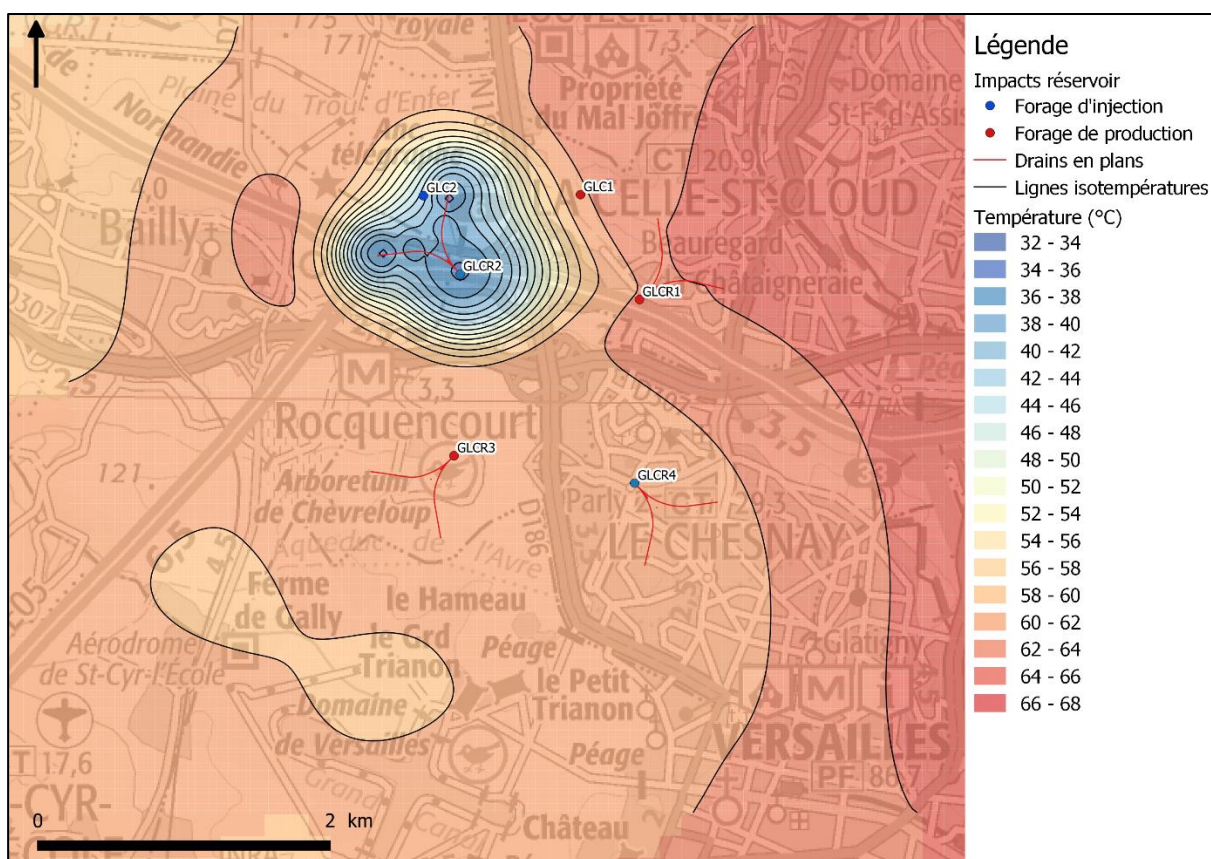


Figure 77 – Panache de température simulé en 2054 avec le doublet GLCR1-2 en fonctionnement (couche 8) – scénario 2

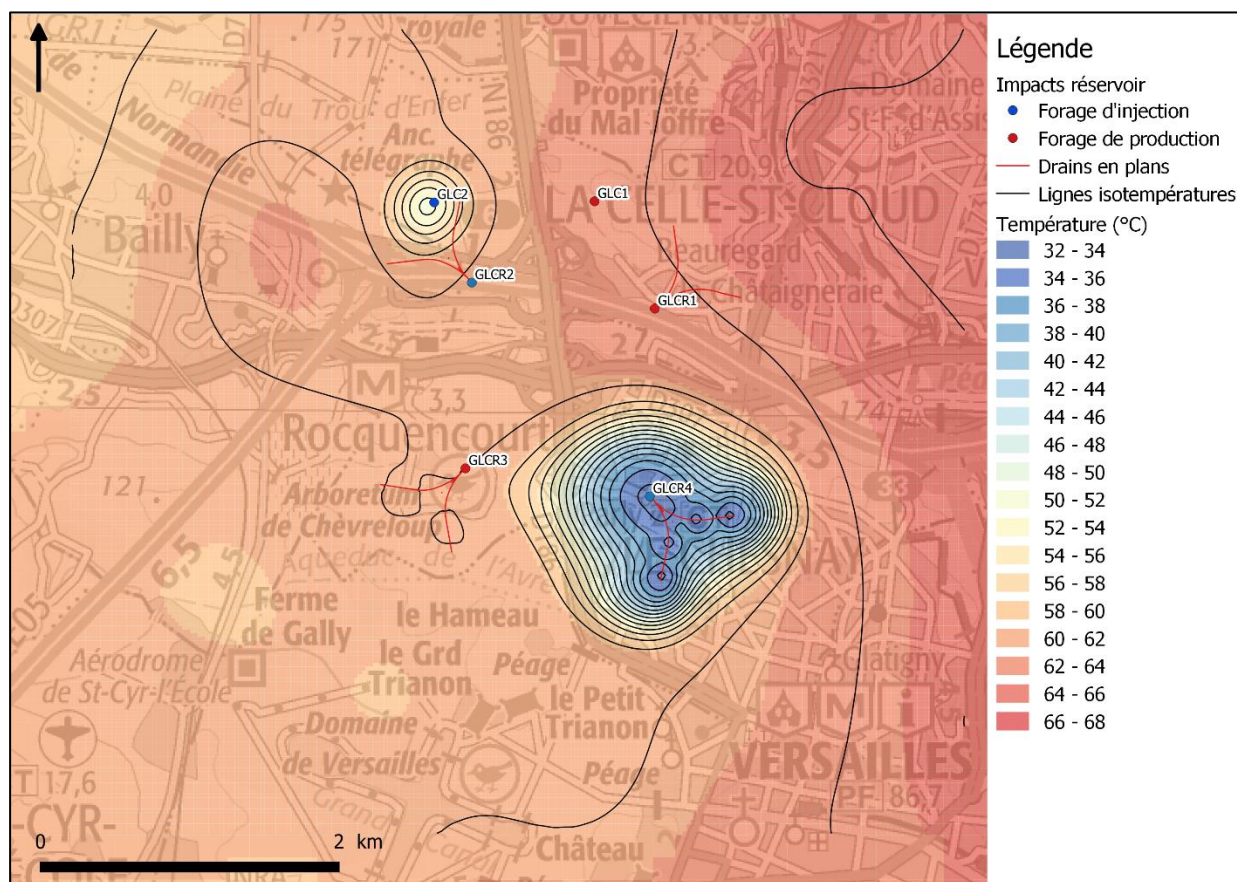


Figure 78 – Panache de température simulé en 2054 avec le doublet GLCR3-4 en fonctionnement (couche 8) – scénario 3

5.3.4. Evolution de la température au puits de production pour un doublet unique en fonctionnement – Scénario 2 et Scénario 3

La Figure 79 rend compte de l'évolution de la température au puits de production dans le cas où le doublet en fonctionnement est le doublet GLCR1-2 (scénario 2).

D'après cette figure, après 30 années d'exploitation, la température simulée au puits de production GLCR1 serait de 61,64°C, ce qui correspond à une diminution de température de 0,36 °C.

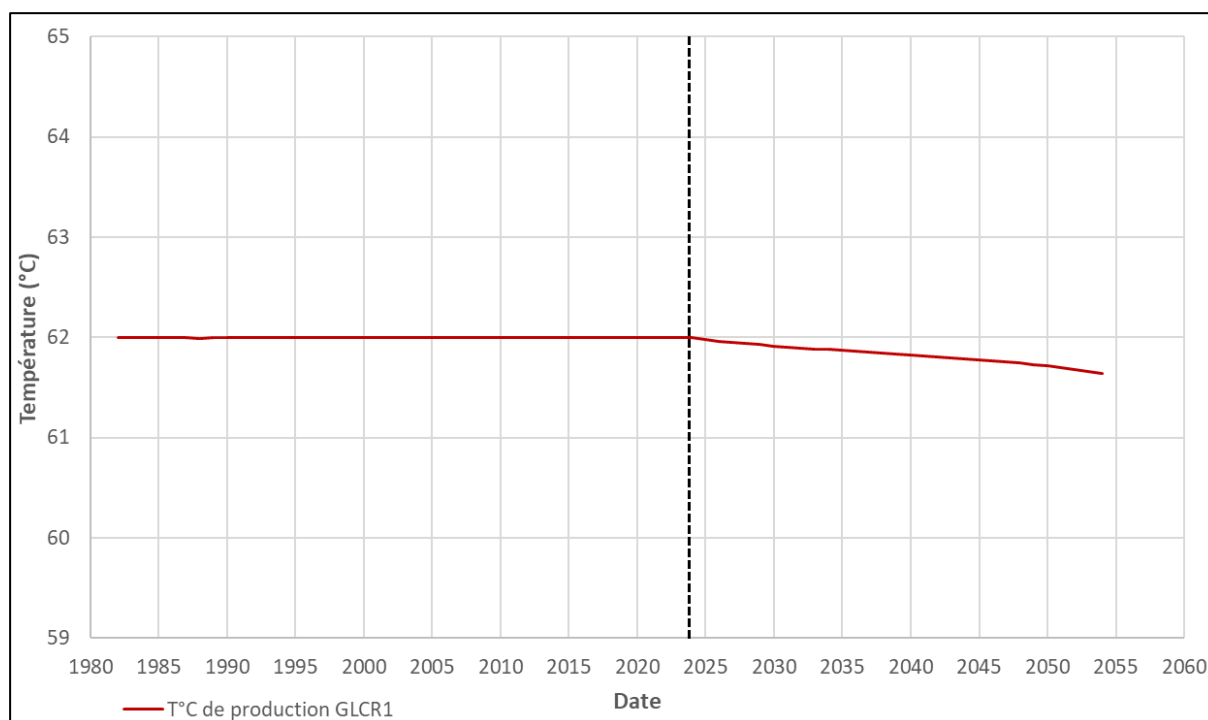


Figure 79 –Doublet GLCR1-2 en fonctionnement (scénario 2) : évolution de la température simulée au puits de production GLCR1

Cette faible diminution, inférieure à 1°C, est considérée comme acceptable.

La Figure 80 rend compte de l'évolution de la température au puits de production dans le cas où le doublet en fonctionnement est le doublet GLCR3-4 (scénario 3).

D'après cette figure, après 30 années d'exploitation, la température simulée au puits de production GLCR3 serait de 60,87°C, ce qui correspond à une diminution de température de 0,13 °C.

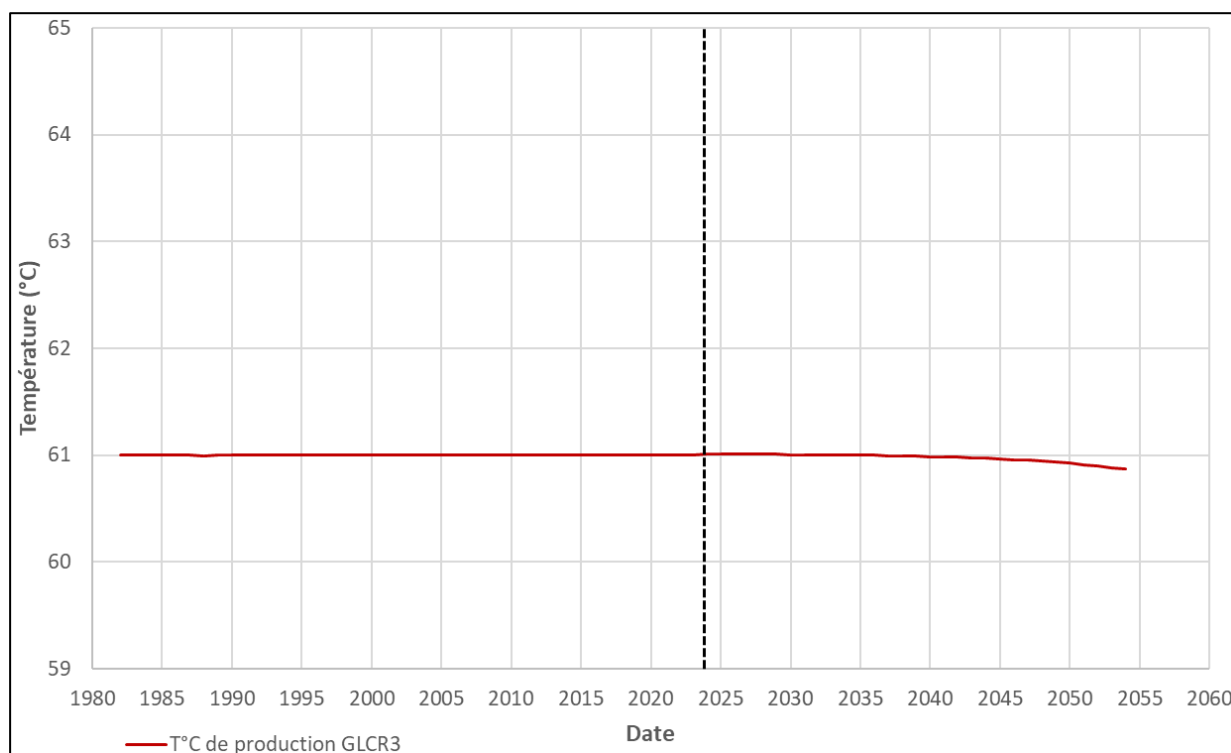


Figure 80 – Doublet GLCR3-4 en fonctionnement (scénario 3) : évolution de la température simulée au puits de production GLCR3

Cette faible diminution, inférieure à 1°C, est considérée comme acceptable.

5.3.5. Simulation de l'impact hydraulique des nouveaux doublets entre eux

Pour évaluer l'impact hydraulique des deux doublets entre eux plusieurs scénarii ont été modélisés :

- Un scénario avec les deux doublets en fonctionnement :
 - GLCR1-2 au débit annuel moyen de 272 m³/h pendant 30 ans, puis au débit de 350 m³/h pendant 6 mois, puis au débit de 400 m³/h pendant 6 mois ;
 - GLCR3-4 au débit annuel moyen de 278 m³/h pendant 30 ans, puis au débit de 350 m³/h pendant 6 mois, puis au débit de 400 m³/h pendant 6 mois ;
- Un scénario avec uniquement le doublet GLCR1-2 en fonctionnement au débit annuel moyen de 272 m³/h pendant 30 ans, puis au débit de 350 m³/h pendant 6 mois, puis au débit de 400 m³/h pendant 6 mois ;
- Un scénario avec uniquement le doublet GLCR3-4 en fonctionnement au débit annuel moyen de 278 m³/h pendant 30 ans, puis au débit de 350 m³/h pendant 6 mois, puis au débit de 400 m³/h pendant 6 mois ;

Le tableau ci-après récapitule les différences de charge modélisées pour les scénarii décrits précédemment.

Nom	Différence charge débit moyen avec et sans doublet GLCR1-2 (m)	Différence charge débit 350m ³ /h, 6 mois, avec et sans doublet GLCR1-2 (m)	Différence charge débit 400m ³ /h, 6 mois, avec et sans doublet GLCR1-2 (m)
GLCR3	12	15	18
GLCR4	-17	-21	-24

Nom	Différence charge débit moyen avec et sans doublet GLCR3-4 (m)	Différence charge débit 350m ³ /h, 6 mois, avec et sans doublet GLCR3-4 (m)	Différence charge débit 400m ³ /h, 6 mois, avec et sans doublet GLCR3-4 (m)
GLCR1	14	18	21
GLCR2	-15	-19	-22

La Figure 81 présente la différence de charge entre le scénario avec les deux doublets en fonctionnement et le scénario avec le doublet GLCR1-2 en fonctionnement à 400 m³/h pendant 6 mois.

La Figure 82 présente la différence de charge entre le scénario avec les deux doublets en fonctionnement et le scénario avec le doublet GLCR3-4 en fonctionnement à 400 m³/h pendant 6 mois.

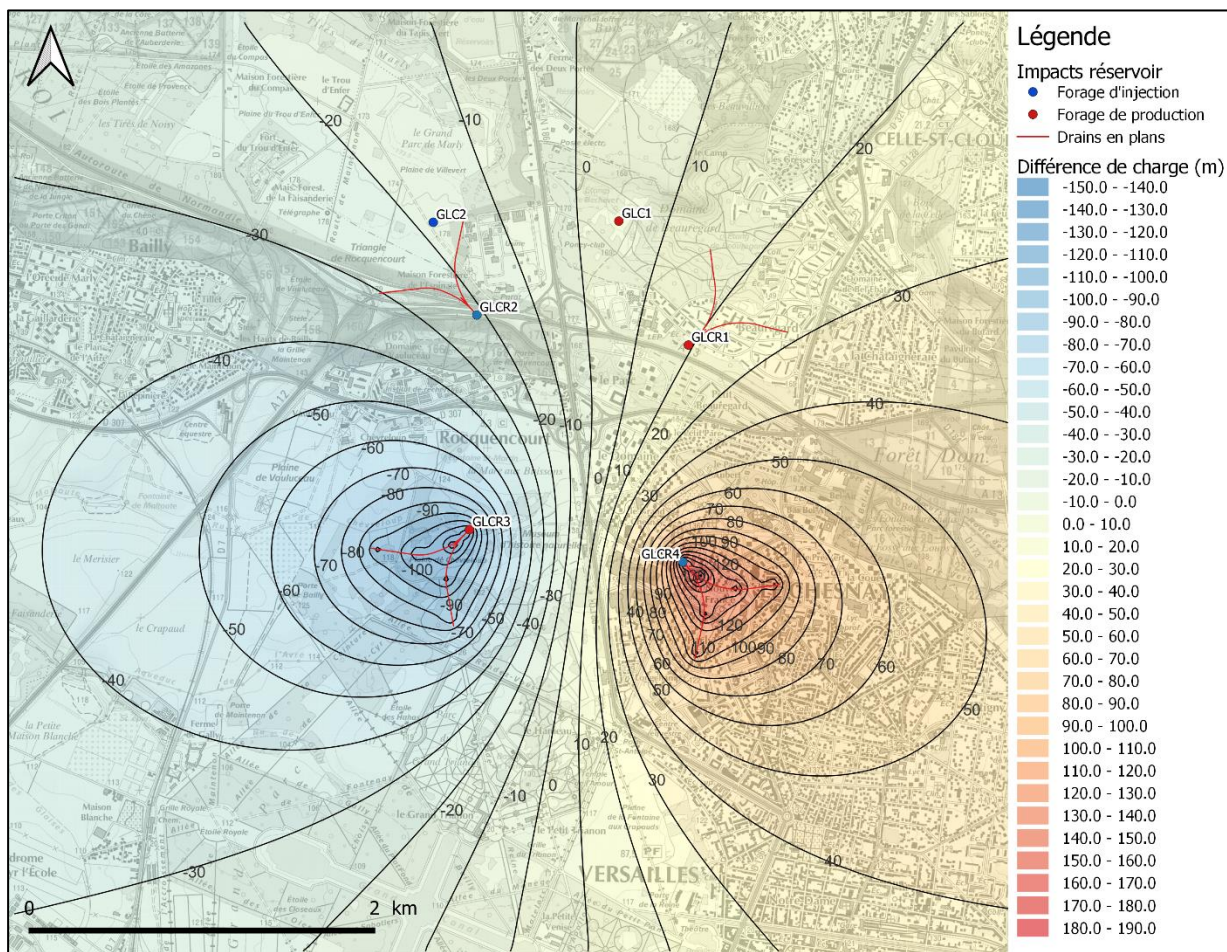


Figure 81 – Différence de charge entre les scénarii avec les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement et le doublet GLCR1-2 en fonctionnement à 400 m³/h pendant 6 mois

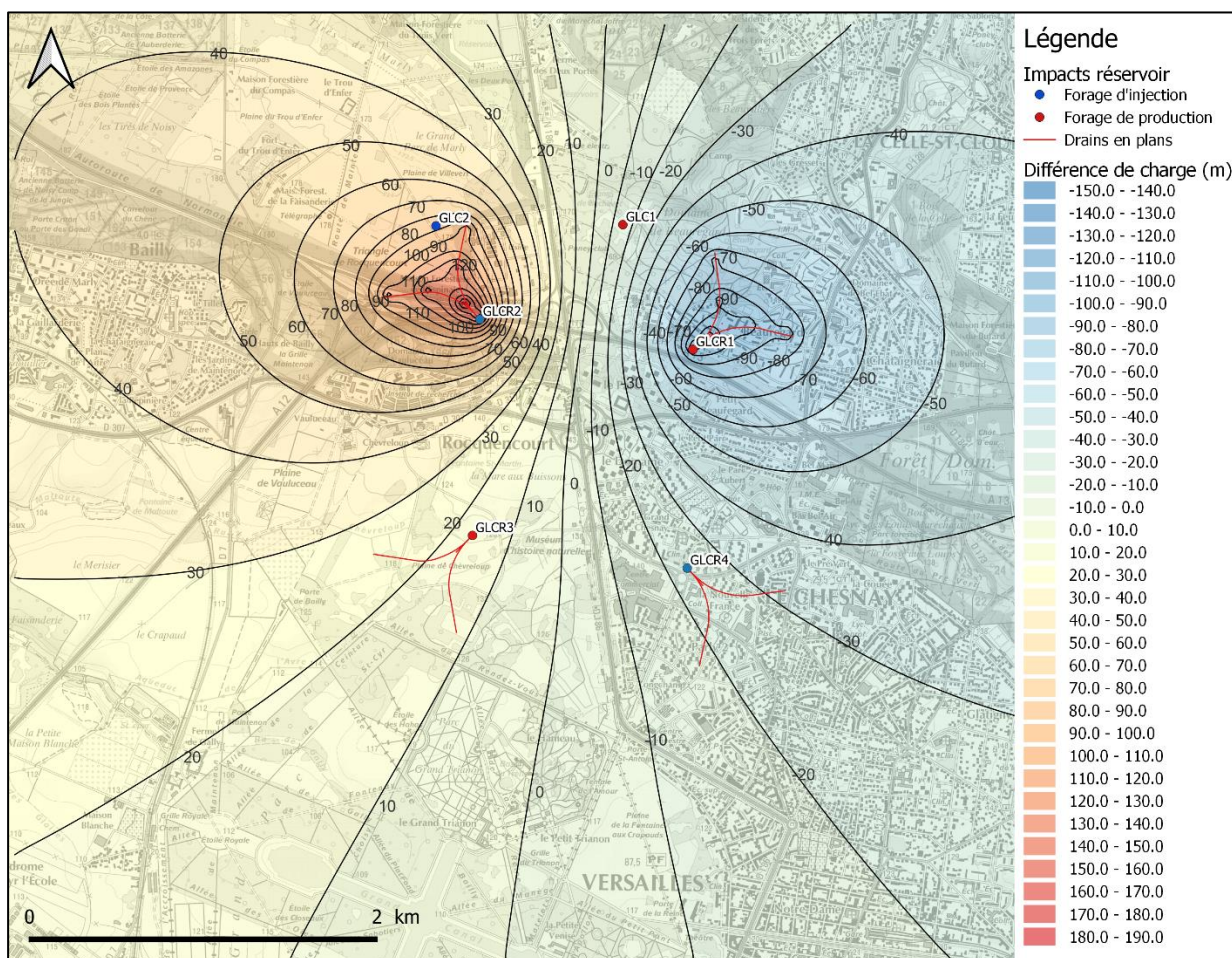


Figure 82 – Différence de charge entre les scénarii avec les deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 en fonctionnement et le doublet GLCR3-4 en fonctionnement à 400 m³/h pendant 6 mois

Ces données montrent qu'il existe un impact allant de 1 à 2,5 bars environ d'un doublet sur l'autre. **Cet impact hydraulique est positif car les doublets sont positionnés en quinconce** : les forages d'injection provoquent une remontée des niveaux sur les forages de production, et inversement, les forages de production provoquent une descente des niveaux sur les forages d'injection. Ce positionnement permet d'améliorer les performances hydrauliques de chaque doublet.

5.3.6. Simulation de l'impact hydraulique des nouveaux puits sur le doublet actuellement en exploitation de Vélizy-Villacoublay (le plus proche)

La mise en service de deux nouveaux doublets pose aussi la question de leur impact hydraulique sur les doublets existants. Comme précisé plus haut, le doublet le plus proche est celui de Vélizy-Villacoublay qui se situe à plus de 6 km de distance du premier puits du projet du Chesnay-Rocquencourt.

A cette distance, les variations de pression induites par le projet du Chesnay-Rocquencourt sur l'installation de Vélizy-Villacoublay seront inférieures à 1 bar (10 m de colonne d'eau).

Ainsi, l'impact du projet du Chesnay-Rocquencourt est négligeable sur le plan hydraulique.

5.4. Conclusion sur la modélisation numérique du réservoir

Le modèle numérique élaboré à partir du modèle hydrogéologique conceptuel permet de reconstituer le comportement hydraulique et thermique des doublets géothermiques de La Celle-Saint-Cloud et ceux du projet du Chesnay-Rocquencourt.

Sur ces bases, les simulations thermiques prévisionnelles réalisées sur environ 30 ans montrent que le nouveau projet n'aura pas d'impact hydraulique et thermique sur le projet de Vélizy-Villacoublay.

Son efficacité thermique est en outre assurée jusqu'à l'horizon 2054 puisque la température aux puits de production (pour les scénarii avec deux doublets ou un unique doublet en exploitation) ne devrait pas baisser de plus de 0,2°C à 0,4°C à cette échéance.

Enfin, dans le schéma le plus contraignant où les deux doublets sont en fonctionnement, les simulations réalisées sur environ 30 ans montrent que chaque doublet aura un impact hydraulique positif sur le second. **La configuration en quinconce des deux doublets permet d'optimiser la performance hydraulique de chaque doublet lorsque les deux sont en cours d'exploitation.**

6. Etude d'impact du projet sur l'environnement

(Ce paragraphe est valable pour les deux demandes de DAOTM-PEX. L'étude proposée couvre à la fois l'impact associé aux doublets pris séparément, et les impacts cumulés correspondant aux deux projets. Cette approche est justifiée par le fait que les deux projets qui sont parfaitement symétriques, présentent des impacts rigoureusement identiques. Le cumul des deux projets n'amène qu'une différence sur la durée des travaux (qui double par rapport à celle d'un projet unique).

6.1. Objectif de l'étude d'impact

Cette étude d'impact a un triple objectif :

- Décrire l'état initial actuel du secteur considéré,
- Faire l'analyse des conséquences éventuelles sur l'environnement des différents travaux projetés,
- Établir les mesures qui seront prises afin d'éviter, de supprimer ou de réduire, les inconvénients ou nuisances susceptibles d'être engendrés par ces travaux.

6.1.1. Cadre réglementaire : contexte juridique de la présente demande

Chaque demande conjointe concerne une demande d'ouverture de travaux minier pour un gîte géothermique basse température (< 150°C) pour un doublet.

Elle est réalisée conformément au décret 2016 – 1304 du 4 octobre 2016 et comporte **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 de la demande comprend en outre 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 communes.

Le présent dossier sera déposé à cet effet en préfecture des Yvelines (78) et sera soumis à enquête publique.

La présente double demande de DAOTM est conjointe à une double demande de permis d'exploitation.

6.1.2. Méthode d'évaluation des impacts

6.1.2.1. Méthode d'analyse de l'état initial

L'état initial est analysé après reconnaissance des lieux, consultation des collectivités et administrations concernées et recherches bibliographiques.

Les services administratifs consultés ainsi que les données obtenues sont consignés dans le Tableau 15.

Les informations recueillies sont celles disponibles à la date de l'étude (février 2023).

6.1.2.2. Identification et évaluation des impacts

Les impacts ont été identifiés et évalués à l'aide de deux méthodes :

- Analyses descriptives avec collecte de données existantes ou observées. Les éléments traités par ces méthodes peuvent :
 - Soit s'appuyer sur des éléments recensés et connus sur des durées longues, indépendantes de périodes d'observations : c'est le cas de la météorologie, de la topographie, de l'hydrologie et des usages de l'eau, des risques naturels, de l'urbanisme et de la socio-économie... ;
 - Soit être dépendants des périodes d'observations : c'est le cas pour les éléments biologiques, sonores et paysagers. Il est alors nécessaire pour apprécier au mieux l'impact, de prévoir plusieurs périodes d'observations et notamment les périodes d'observations les plus représentatives et les plus critiques au niveau des impacts.
- Méthodes normalisées de mesures. L'approche s'effectue à partir de mesures réalisées au moyen d'appareillages normalisés permettant d'assurer qualité et fiabilité des interventions.

Tableau 15 – Services administratifs consultés dans le cadre de l'étude d'impact

Services consultés	Informations obtenues
BRGM, Infoterre	Données géologiques et hydrogéologiques (Banque de Données du sous-sol : recensement des ouvrages déclarés dans l'aire d'étude)
Banque Nationale des Prélèvement Quantitatifs en Eau	Données hydrogéologiques : implantations et débits d'exploitation des captages d'eaux industrielles, agricoles et d'eau potable
Géoportail	Données topographiques : cartes IGN Données sur les zones de protection naturelle : ZNIEFF, ZICO, NATURA 2000 et autres périmètres d'intérêt écologique
METEO France /Infoclimat.fr	Données météorologiques
DRIEAT Île-de-France	Données sur les exploitations géothermiques régionales
Mairie du Chesnay-Rocquencourt	PLU Plan cadastral
Textes législatifs et administratifs relevant du code permanent environnement et nuisances	Code Minier, Code de l'Environnement, Loi sur l'eau et décrets d'application
SRCE Île-de-France, carte IGN, Conservatoire botanique national du bassin parisien	Caractéristiques de l'environnement physique, naturel et humain : géomorphologie, accessibilité, paysage, faune, flore, urbanisation
Base de données Mérimée	Patrimoine architectural

6.1.3. Spécificités liées aux centrales géothermiques et aux réseaux

Chaque demande conjointe de DAOTM-PEX sera, in fine, associée à une SAS-LTE indépendante.

La SAS 1 GEOMY3 alimentera le réseau de chaleur de Parly 2 situé sur la commune du Chesnay-Rocquencourt ainsi que des tiers. L'arrêté d'exploitation de la chaufferie Parly 2 est disponible en Annexe 14.

La SAS 2 aura vocation à alimenter un futur réseau de chaleur sur les communes du Chesnay-Rocquencourt, La Celle Saint Cloud, Noisy, Bailly et Bougival.

6.1.3.1. **Projet SAS 1**

Le projet intègre :

- Une centrale géothermique semi-enterrée indépendante (inclue dans le même bâtiment que celle pour le projet SAS 2) ;
- Le raccordement entre le doublet au Dogger (plateforme est) et la centrale géothermique ;
- Le raccordement entre la centrale géothermique et la chaufferie Parly 2 qui sera rénovée pour constituer l'appoint gaz du réseau de chaleur (le cheminement du réseau et les choix associés à la rénovation de la chaufferie Parly 2 seront affermis par le délégataire) ;
- Des tronçons de réseaux qui seront créés pour augmenter le nombre d'entités raccordées (le choix final sur le raccordement de tel ou tel entité et les moyens mis en œuvre reviendra à la copropriété de Parly2).

La Figure 83 permet de rendre compte de l'ensemble des éléments constitutifs du projet présentés précédemment.

Le tracé du réseau de chaleur, les raccordements et les travaux de chaufferie sont en cours d'élaboration. Les options de déploiement de ce futur réseau ne sont pas affermies : elles le seront par le délégataire qui sera associé au projet.

Les impacts associés au déploiement des réseaux seront abordés de manière générale.

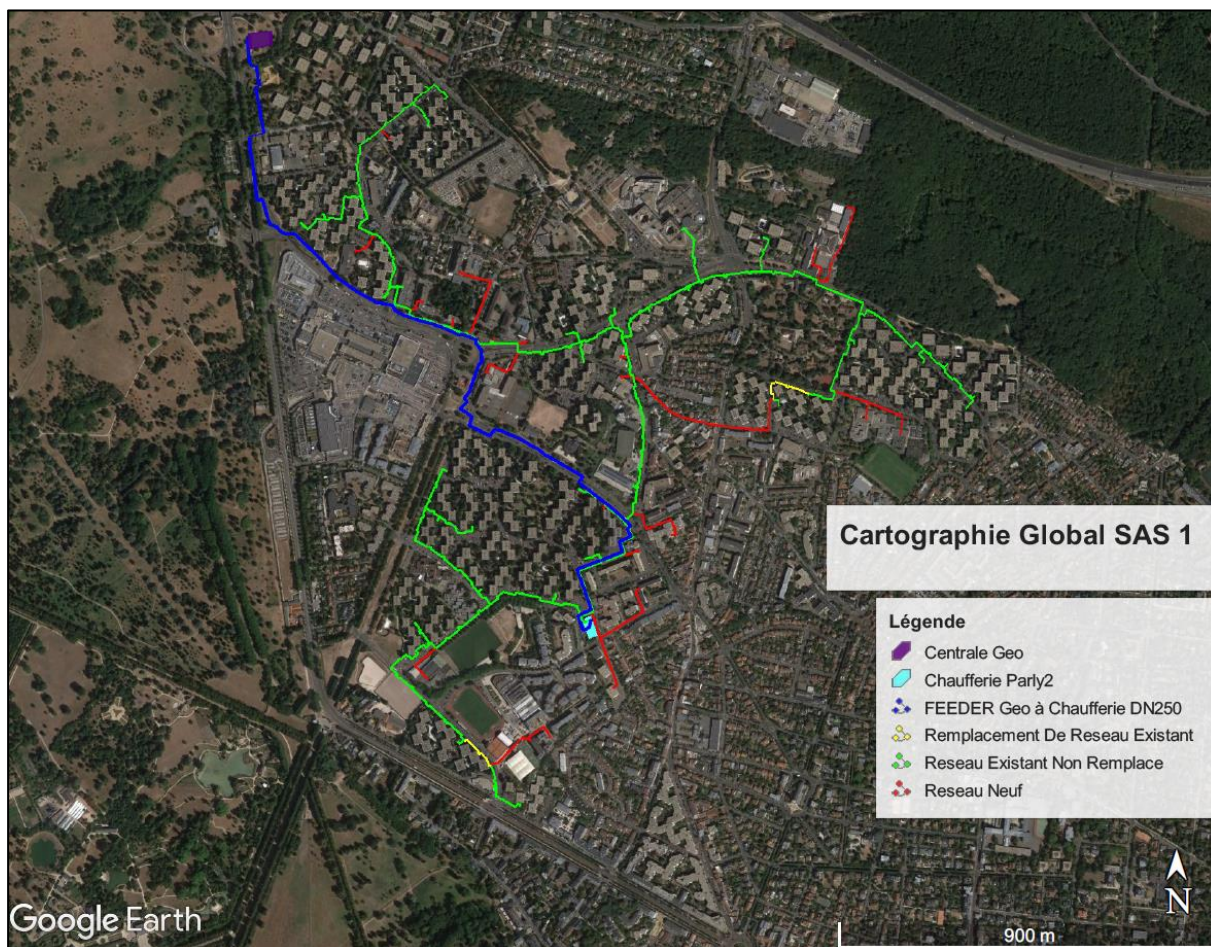


Figure 83 – Cartographie globale de la SAS 1 (Source : ENGIE Solutions)

Les futures installations géothermiques contribueront à l'alimentation du réseau existant.

6.1.3.2. **Projet SAS 2**

Le projet intègre :

- Une centrale géothermique semi-enterrée indépendante (inclue dans le même bâtiment que celle pour le projet SAS 1) ;
- Le raccordement entre le doublet au Dogger (plateforme ouest) et la centrale géothermique ;
- Le raccordement entre la centrale géothermique et une chaufferie d'appoint qui constituera l'appoint gaz du réseau de chaleur (le cheminement du réseau et les choix associés à la création de la chaufferie d'appoint seront affermis par le délégataire) ;
- Le réseau de chaleur serait créé sur les communes du Chesnay-Rocquencourt, La Celle Saint Cloud, Noisy, Bailly et Bougival (le choix final sur le raccordement de tel ou tel entité et les moyens mis en œuvre reviendrait au futur délégataire).

La Figure 84 permet de rendre compte de l'ensemble des éléments constitutifs du projet présentés précédemment.

Le tracé du réseau de chaleur, les raccordements et les travaux de chaufferie sont en cours d'élaboration. Les options de déploiement de ce futur réseau ne sont pas affirmées : elles le seront par le délégataire qui sera associé au projet.

Les impacts associés au déploiement des réseaux seront abordés de manière générale.

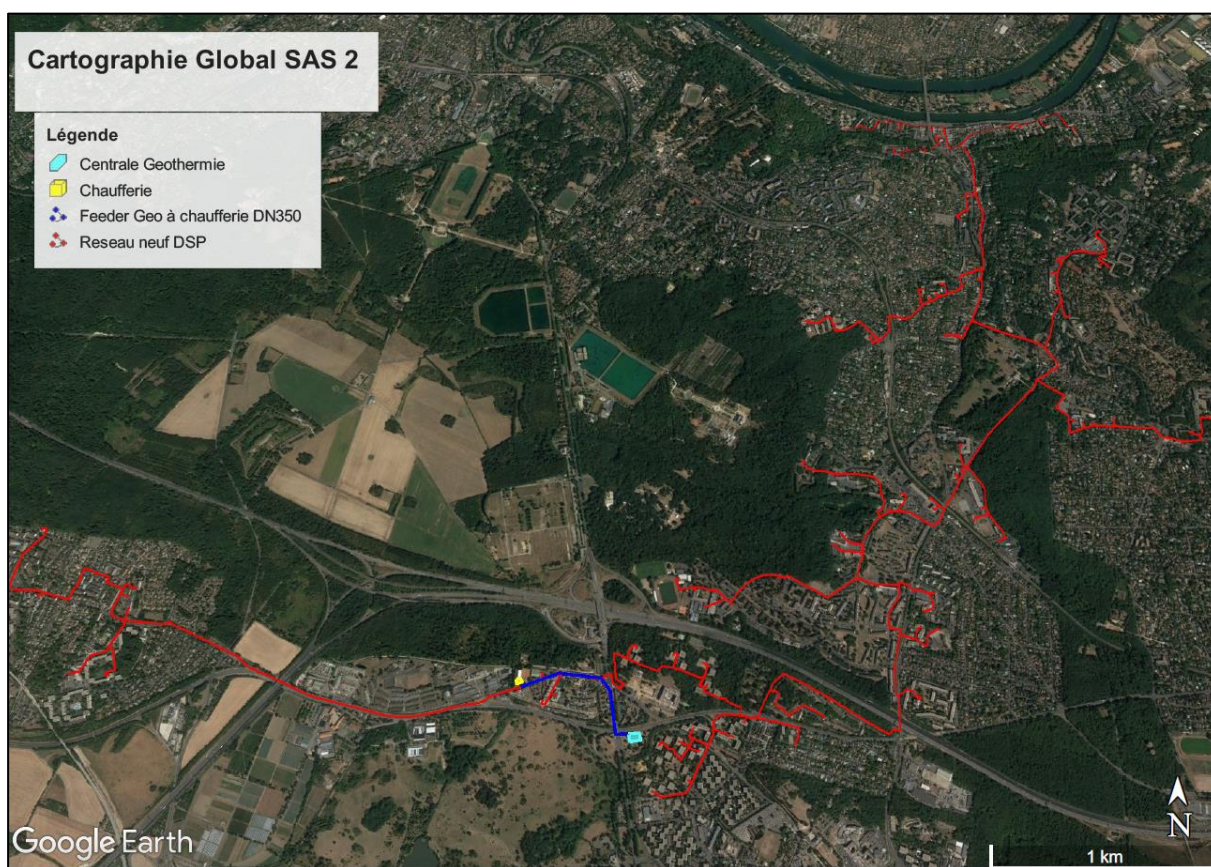


Figure 84 – Cartographie globale de la SAS 2 (Source : ENGIE Solutions)

Il est à souligner que le tracé du réseau est uniquement indicatif, ENGIE Solutions n'est pas le délégataire de ce futur réseau, celui-ci sera désigné lors d'un appel d'offre qui sera lancé en 2023, la première version du réseau sera connue suite à l'émission du cahier des charges établi par les délégants.

Les futures installations géothermiques contribueront à l'alimentation du réseau.

6.2. Analyse de l'état initial du site et de son environnement

6.2.1. Contexte géographique et topographique

Le projet des deux doublets géothermiques se situe en Île-de-France, dans le département des Yvelines (78) sur le territoire de la commune nouvelle du Chesnay-Rocquencourt (cf. Figure 85)

Le site est implanté dans le périmètre de l'échangeur entre la départementale D307 et la départementale D186. Plus précisément :

- La boucle est accueillera le bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques semi-enterrées indépendantes ainsi qu'un premier doublet de forage ;
- La boucle ouest accueillera le deuxième doublet de forage.

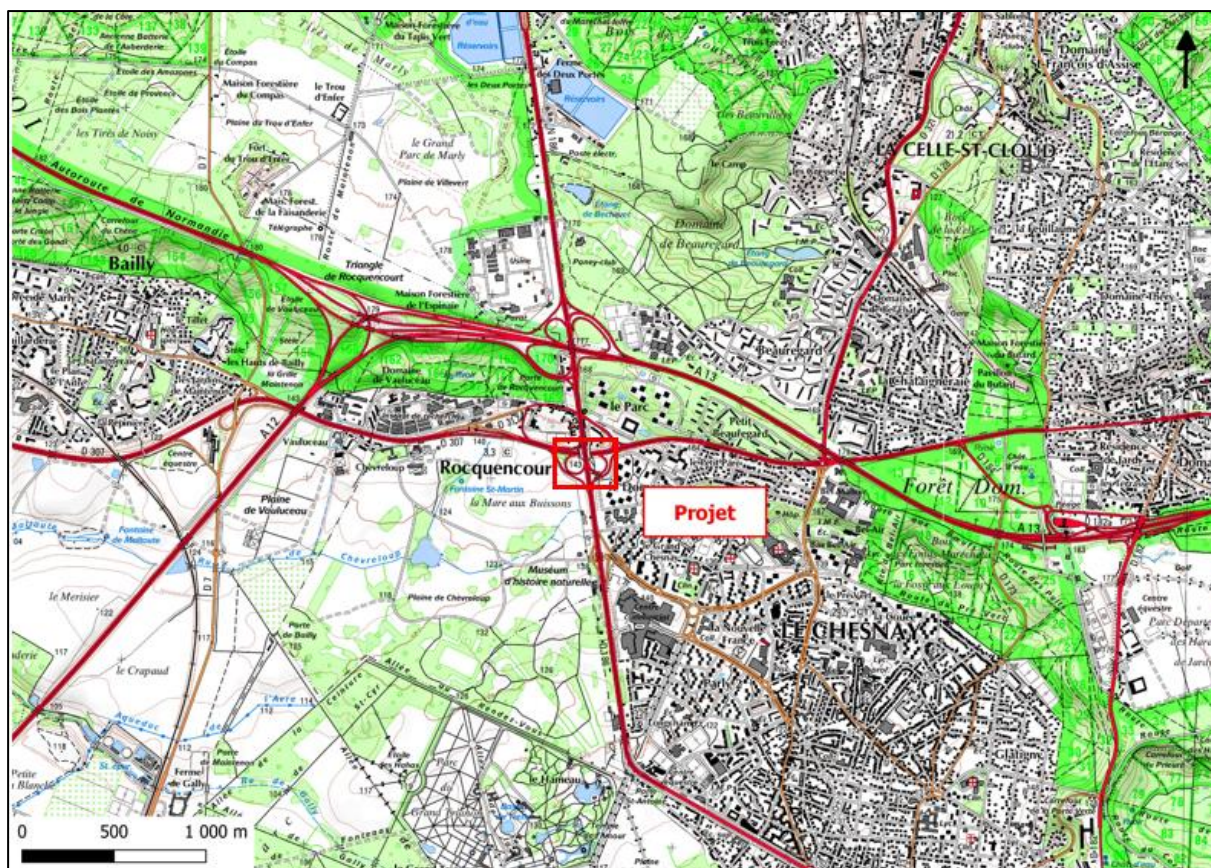


Figure 85 – Localisation du site de projet (Source : IGN)

La commune se situe en limite est de la Plaine de Versailles. Au Nord se trouvent les coteaux de la forêt de Marly. L'altimétrie de la commune du Chesnay-Rocquencourt varie entre +118 m NGF (plaine de Chèvre Loup) et +178 m NGF (Bois des Fonds Maréchaux). La partie ouest du territoire se caractérise par un vaste plateau, suivi d'une remontée topographique dans la partie centrale urbanisée de la commune. A l'Est et principalement au Nord-Est, le relief se poursuit par une pente forte au niveau du bois des Fonds Maréchaux.

La localisation du site du projet est précisée sur la Figure 86.

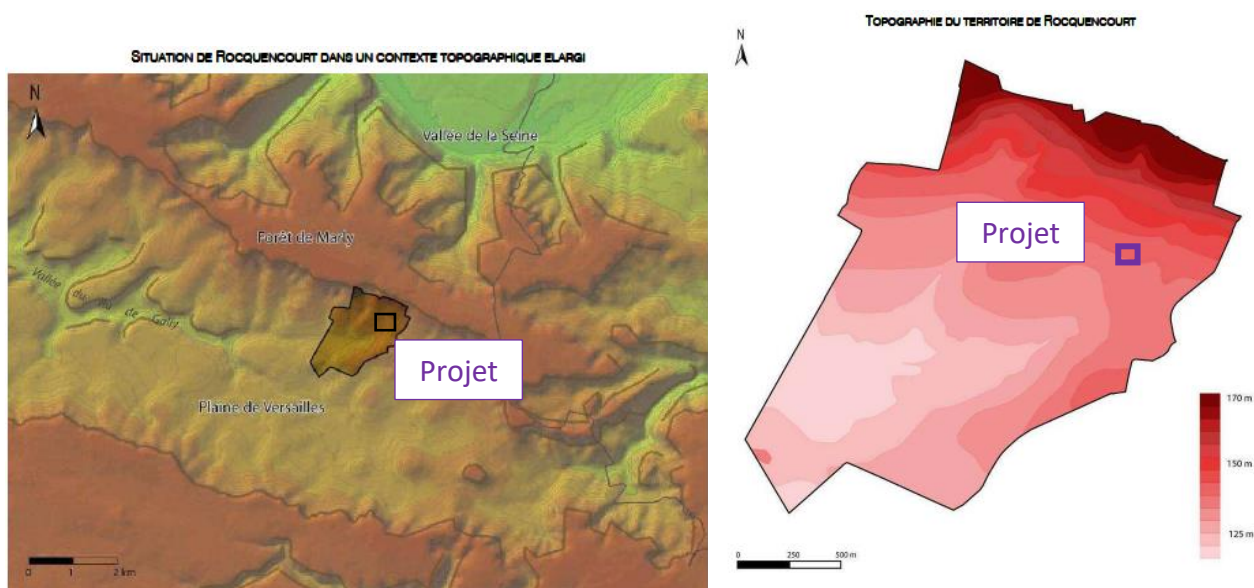


Figure 86 – Topographie du territoire de Rocquencourt (Source : PLU commune de Rocquencourt)

- **Boucle ouest** : future plateforme de forage pour le doublet GLCR3 – GLCR4

Le niveau du terrain naturel de la parcelle varie entre + 137 m NGF au sud-ouest et + 141 m NGF au nord-est. L'altimétrie au centre de la parcelle est d'environ + 138,5 m NGF.

L'accès direct au site se fera par l'échangeur qui rejoint la route départementale D307.

La Figure 87 correspond au levé topographique qui a été réalisé au droit de la boucle ouest de l'échangeur où sera implantée la plateforme de forage du doublet GLCR3 – GLCR4..

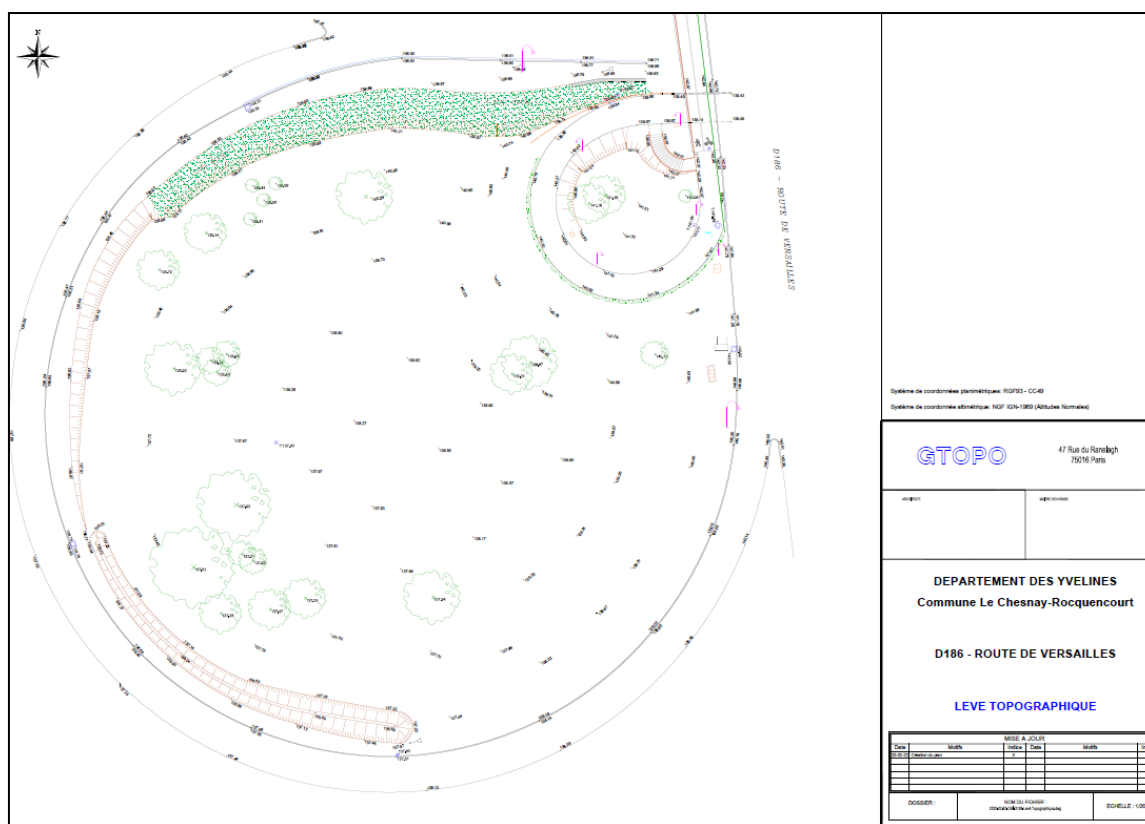


Figure 87 – Levé topographique de boucle ouest (Source : GTOPO)

- Boucle est : zone d'implantation du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques SAS 1 et SAS 2 ainsi que la plateforme de forage du doublet GLCR1 – GLCR2**

Le niveau du terrain naturel de la parcelle varie entre +140 m NGF au nord et +143 m NGF au centre soit un différentiel d'environ 3 m.

L'altimétrie de l'échangeur qui rejoint la route départementale D186 est d'environ +141,9 m NGF et +140,2 m NGF respectivement au nord et au sud de la boucle est.

L'accès direct au site se fera par l'échangeur qui rejoint la route départementale D186.

La Figure 88 correspond au plan de masse de la boucle est avec l'implantation d'un bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques, au nord de la parcelle, et la surface de maintenance associée au 1^{er} doublet GLCR1-GLCR2.

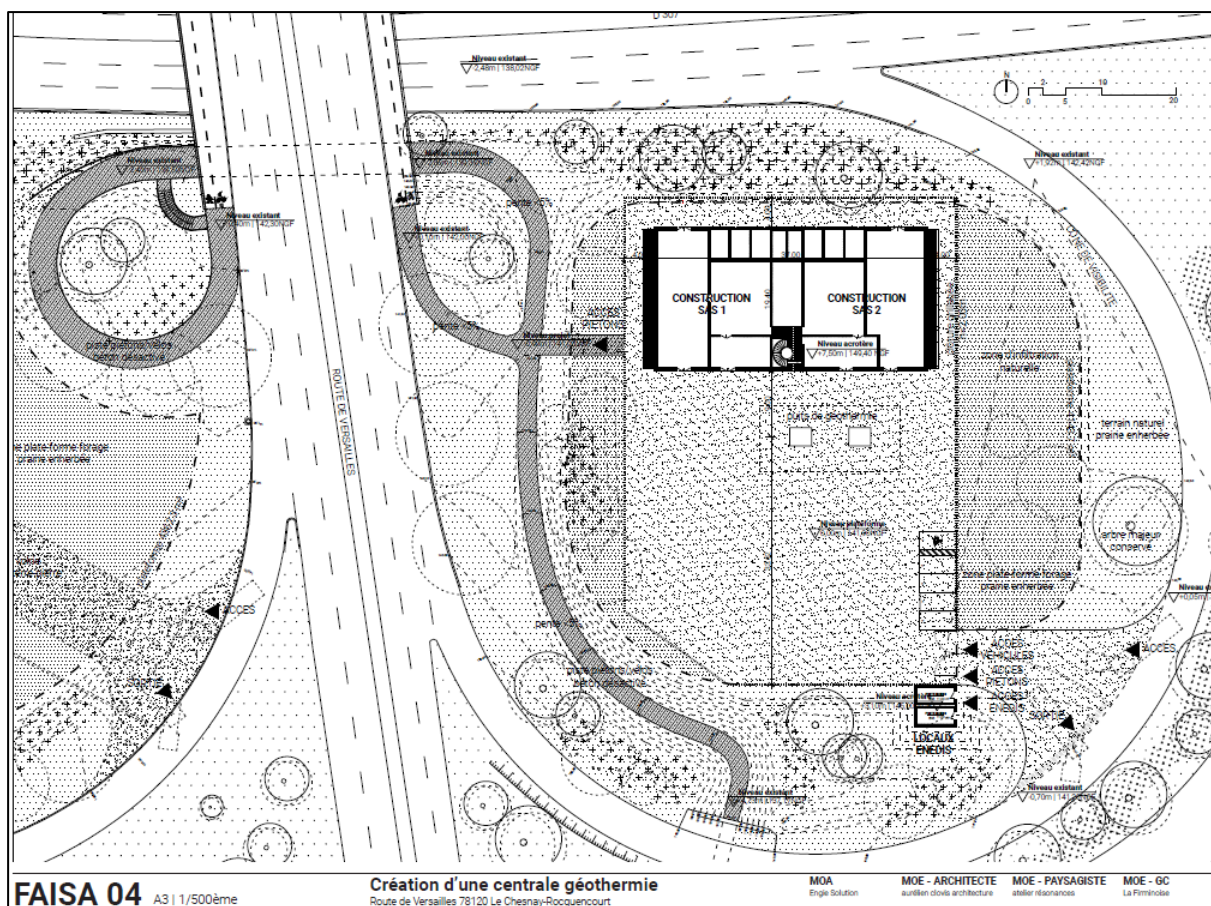


Figure 88 – Plan de masse du projet – boucle est : implantation du bâtiment intégrant les deux centrales de géothermie et plateforme de forage du doublet GLCR1 – GLCR2 (Source : ENGIE Solution)

6.2.2. Contexte climatique

Le climat de la commune du Chesnay – Rocquencourt est de type océanique dégradé, caractérisé par un ensoleillement et des précipitations assez faibles.

La station météorologique de référence pour la commune du Chesnay - Rocquencourt est celle de Versailles – La lanterne (78) située au sud-ouest du site, à environ 5 km.

6.2.2.1. Températures

Les caractéristiques des températures sont indiquées ci-après :

- Des températures modérées tout au long de l'année ;
- La température moyenne annuelle est de 12,3°C ;
- Les mois d'hiver (décembre à février) sont les plus frais avec des températures comprises entre 5,7 et 6,2°C en moyenne ;
- Les mois d'été (juin à septembre) sont les plus chauds avec des températures moyennes supérieures à 16,1°C ;
- Le record de température la plus élevée : 38,5°C en juillet 2020 ;
- Le record de température la plus basse : - 9,7°C en février 2018.

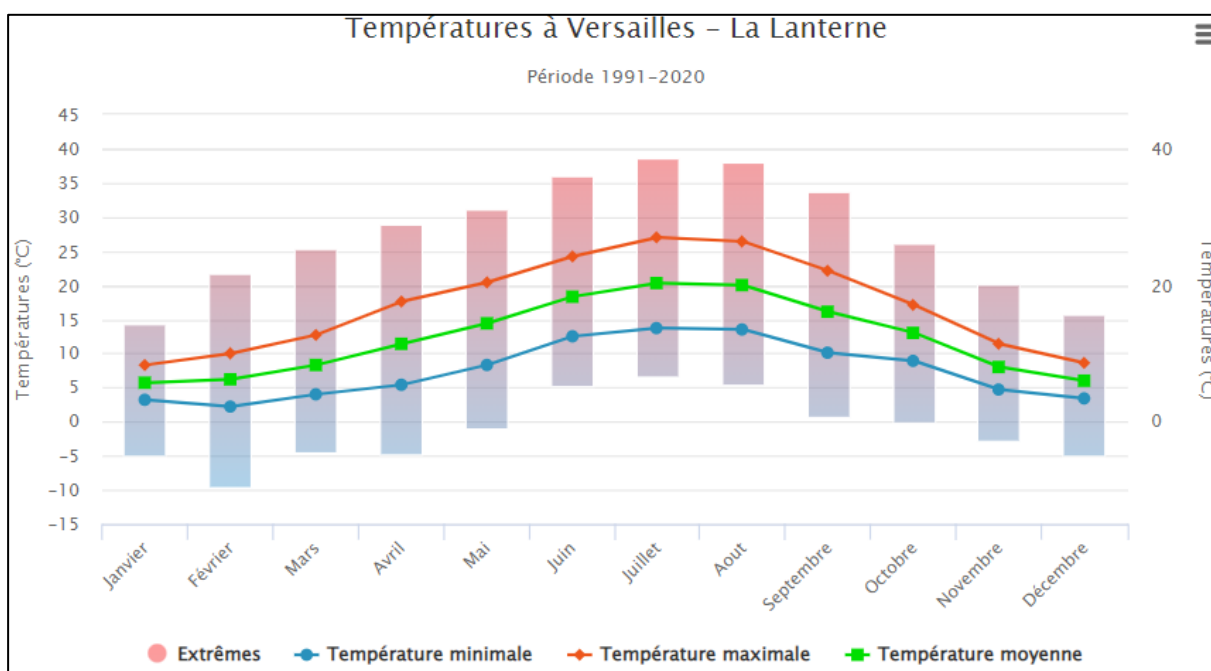


Figure 89 – Valeurs climatologiques – Températures à Versailles – La Lanterne (période 1991 – 2020) (Source : infoclimat.fr)

6.2.2.2. Précipitations

Les caractéristiques des précipitations sont les suivantes :

- Des précipitations distribuées de façon plutôt homogène tout au long de l'année avec une hauteur moyenne mensuelle de 38,1 mm (avec un minimum de 7,5 mm en avril, et un maximum de 86,5 mm en septembre) ;
- Des précipitations moyennes de l'ordre de 456,9 mm/an ;
- Le record de hauteur quotidienne maximale de précipitations est de 42 mm en juin 2022.

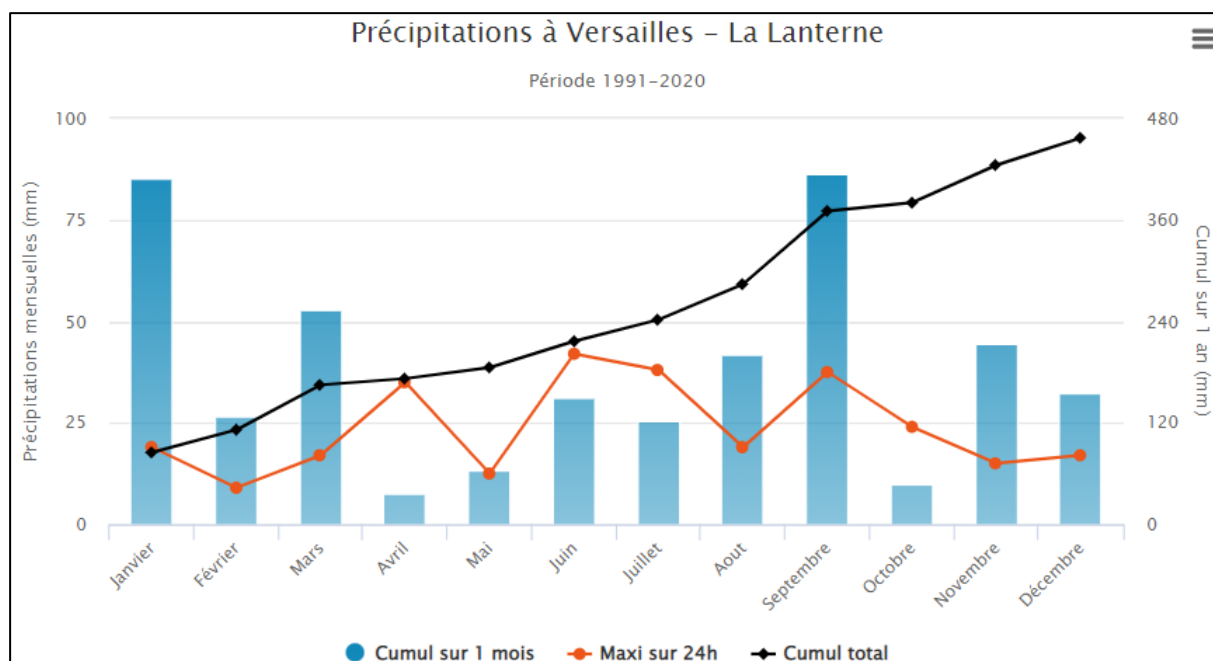


Figure 90 – Valeurs climatologiques – Précipitations à Versailles – La Lanterne (période 1991 – 2020) (Source : infoclimat.fr)

6.2.2.3. Vent

Les vents dominants sont principalement du sud-ouest et d'une vitesse moyenne observée comprise entre 10 et 20 km/h (cf. Figure 91).

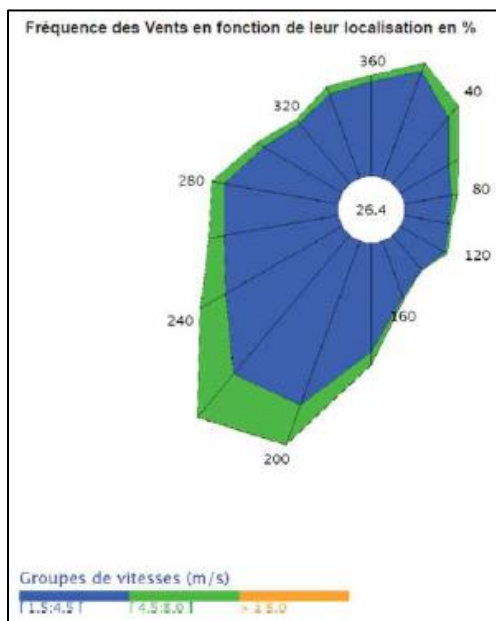


Figure 91 – Rose des vents (Source : PLU Rocquencourt)

6.2.2.4. Foudre

La densité de foudroiement N_g représentant le nombre de coups de foudre par km^2 et par an. La figure ci-après montre que la région Île-de-France se trouve dans une zone où la densité de foudroiement est faible : elle est comprise entre 0,5 et 1.

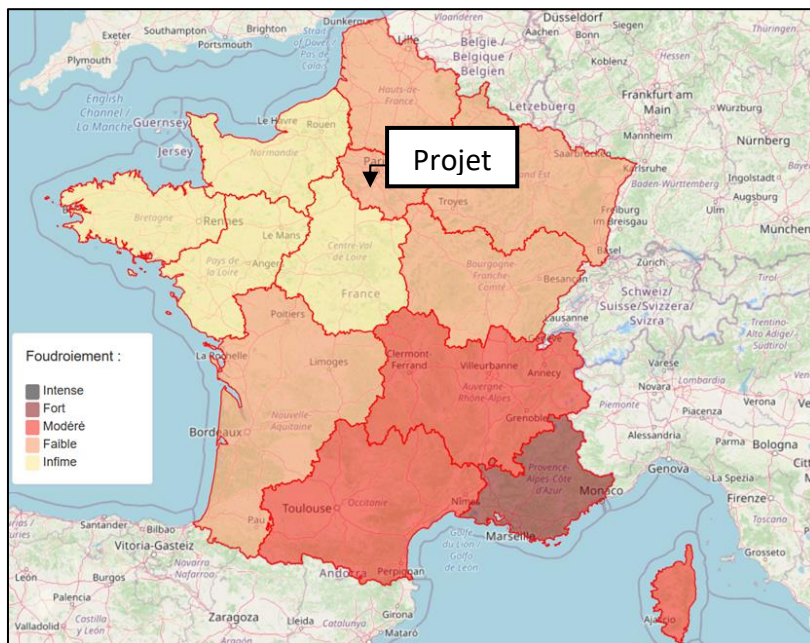


Figure 92 – Carte de densité de foudroiement en France (Source : Météorage 2011 – 2020)

6.2.3. Contexte sur la qualité de l'air

6.2.3.1. Origine et nature des principaux polluants atmosphériques

L'Île-de-France présente un relief relativement plat et bénéficie d'un climat océanique propice à une bonne dispersion des polluants atmosphériques émis. Cependant, la densité urbaine, concentrée sur un territoire restreint, favorise une forte concentration des émissions de polluants. Ainsi, l'agglomération de Paris, soit le cinquième de la superficie de la région Île-de-France, contribue pour les deux tiers aux émissions régionales des oxydes d'azote.

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques de types de pollution (industrielle ou automobile) et que les connaissances actuelles leur attribuent des effets nuisibles sur l'environnement, la santé ou le patrimoine bâti.

Des valeurs limites, des valeurs guides d'exposition et des objectifs qualité ont été définis, pour différents polluants par l'Union Européenne ou l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) afin de mieux connaître et si possible d'améliorer la qualité de l'air respiré. L'ensemble de ces valeurs a été repris dans le droit français par le décret du 06 mai 1998 relatif à la surveillance de l'air. Des seuils d'alerte et des valeurs limites ont été définis.

On distingue deux catégories de polluants :

➤ *Les polluants primaires :*

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 soufre (SO₂)** : c'est le gaz polluant le plus caractéristique des agglomérations industrialisées. Une faible part (15%) est imputable aux moteurs diesels, mais il provient essentiellement de certains processus industriels et de la combustion du charbon ainsi que du fuel ;
- **Les oxydes d'azote (NO_x)** : ils proviennent surtout de la combustion émanant des centrales énergétiques et du trafic routier (notamment les poids lourds) ;
- **Les particules (PM₁₀)** : 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 (COV)** : d'origines diverses, il s'agit d'hydrocarbures, de composés organiques, de solvants ou de composés organiques émis par l'agriculture et le milieu naturel ;
- **Le plomb (Pb)** : l'utilisation du plomb pour ses propriétés antidétonantes a conduit au rejet de quantités énormes de ses dérivés dans l'air. Il peut également provenir de procédés de fabrication industriels.

➤ **Les polluants secondaires :**

Les polluants "primaires" peuvent évoluer chimiquement dans l'atmosphère pour former des polluants "secondaires", qui sont à l'origine de la pollution photochimique et des pluies acides.

Le principal polluant secondaire dit « photo-oxydante » est l'ozone qui résulte de la transformation photochimique de certains polluants dans l'atmosphère (oxydes d'azote et organochlorés) en présence de rayonnement ultra-violet solaire. Ainsi, les concentrations maximales de ce polluant secondaire se rencontrent loin des sources de pollution.

6.2.3.2. **Réglementation**

6.2.3.2.1. **Critères nationaux de qualité de l'air**

Les critères nationaux de qualité de l'air résultent des articles R221-1 à 8 du code de l'environnement relatifs à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.

6.2.3.2.2. **Feuille de route pour la qualité de l'air**

Source : DRIEAT Ile de France

Le 29 mars 2018, les collectivités franciliennes se sont engagées à coordonner leurs actions en faveur de la qualité de l'air pour amplifier leurs impacts. Elles ont ainsi établi la feuille de route pour la qualité de l'air francilienne. Ces actions sont représentées par 11 défis :

Défi 1 : Optimisons les circulations,

Défi 2 : Concrétisons la transition écologique des véhicules,

Défi 3 : Covoiturons !

Défi 4 : Renforçons l'attractivité des transports en commun,

Défi 5 : Optimisons la logistique en faveur de la qualité de l'air,

Défi 6 : Protégeons les riverains en limitant l'exposition aux polluants,

Défi 7 : Avec le vélo, changeons de braquet,

Défi 8 : Marchons, respirons !

Défi 9 : Pour un air sain, chauffons malin,

Défi 10 : Privilégions les chantiers propres,

Défi 11 : Rationalisons nos déplacements professionnels.

6.2.3.2.3. **Plan de Protection de l'Atmosphère**

Source : DRIEAT Ile de France

Pour améliorer la qualité de l'air, les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) ont été introduits par la loi LAURE (Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie) en 1996.

Le PPA fixe des objectifs de réduction de polluants atmosphériques pouvant nécessiter la mise en place de mesures contraignantes spécifiques à la zone couverte par le plan. Il vise à ramener les concentrations en polluants à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement. Ce document obligatoire est régi par le code de l'environnement (articles L. 222-4 à L. 222-7 et R. 222-13 à R. 222-36).

Le PPA d'Ile-de-France 2018-2025 a été approuvé par l'ensemble des Préfets de la région par arrêté inter-préfectoral du 31 janvier 2018. Il est construit autour de 25 défis, déclinés en 46 actions concrètes.

6.2.3.3. **Qualité de l'air au droit du site**

Source : Airparif

Créée en 1979, Airparif est agréée par le ministère de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble de l'Ile-de-France. Cette surveillance est réalisée dans le cadre réglementaire défini par la Loi LAURE.

En 2016, Airparif dispose d'environ 70 stations de mesure : plus d'une cinquantaine de stations automatiques permanentes et plus d'une dizaine de stations semi-permanentes à proximité du trafic. Elles sont réparties sur un rayon de 100 km autour de Paris et elles mesurent la qualité de l'air respiré par la population (plus de 11 millions d'habitants dans toute la région).

D'après Airparif, l'année 2021 a été marquée par seulement un épisode de pollution en ozone (O3) tandis que le début de l'année 2022 a été marqué par 5 épisodes de pollution liées aux conditions caniculaires survenues durant la période estivale. 10 épisodes de pollution dus aux particules PM10 ont été enregistrés entre janvier et avril 2021 et au cours du mois de novembre 2021. Le premier trimestre 2022 enregistre 5 jours d'épisodes de pollution particulaire.

6.2.3.3.1. **Station à proximité du site**

Aucune station de mesure de la qualité de l'air n'est située à proximité directe du site d'étude. La station la plus proche est située rue de Limoges à Versailles, soit à environ 4,2 km au sud-est.

Comme décrit dans la Figure 93 : la qualité de l'air en 2021 dans le secteur du Chesnay-Rocquencourt est globalement moyenne.

Qualité de l'air

à Le Chesnay-Rocquencourt

Moyenne

Qualité de l'air par polluant

Ozone (O₃)

Moyenne

Dioxyde d'Azote (NO₂)

Bonne

Particules (diamètre inférieur à 10µm) (PM₁₀)

Bonne

Particules fines (diamètre inférieur à 2,5µm) (PM_{2,5})

Bonne

Dioxyde de soufre (SO₂) *

Bonne

Qualité de l'air

BonneMoyenneDégradéeMauvaiseTrès mauvaiseExtrêmement mauvaise

* SO₂ - Du fait des faibles concentrations observées en Ile-de-France, la qualité de l'air pour le SO₂ est toujours "Bonne". Pour ne pas alourdir le site, la carte du sous-indice n'est pas diffusée sur cette page.

Figure 93 – Qualité de l'air par polluant au Chesnay-Rocquencourt en 2021 (Source : Airparif)

Bien que la station mentionnée ci-avant ne soit pas située à proximité immédiate du site, elle est représentative d'un environnement urbanisé de même nature et donne une indication de la qualité de l'air dans l'environnement du site.

6.2.4. Contexte géologique

6.2.4.1. Contexte géologique régional

Le projet est localisé près du centre du Bassin de Paris, bassin sédimentaire d'environ 600 km de diamètre bordé par le Massif Armoricain, le Massif Central, les Vosges et les Ardennes. Dans ce bassin sédimentaire se sont déposées des formations géologiques d'épaisseur et de nature variées (craie, argiles, sables, calcaires, etc.). Essentiellement d'origine marine, ces formations sont disposées en couches successives, les plus récentes affleurent au centre et les plus anciennes en bordure du bassin (Figure 94). Ce sont ces dernières qui atteignent les plus grandes profondeurs au centre du bassin.

Plusieurs formations parmi ces niveaux géologiques sont aquifères, dont le Jurassique moyen (Dogger). La productivité de ces aquifères varie latéralement selon la nature lithologique et l'épaisseur des niveaux favorables. La température des eaux souterraines contenues dans ces aquifères dépend en grande partie de leur profondeur.

Les horizons aquifères du Dogger, cible du projet, sont situés aux alentours de 1400 m de profondeur, et leur température devrait être comprise entre 60 et 62°C dans le secteur d'étude.

Les couches du Crétacé et du Jurassique sont structurées par des déformations de faible amplitude qui déterminent localement des dispositions en successions latérales d'anticlinaux et de synclinaux.

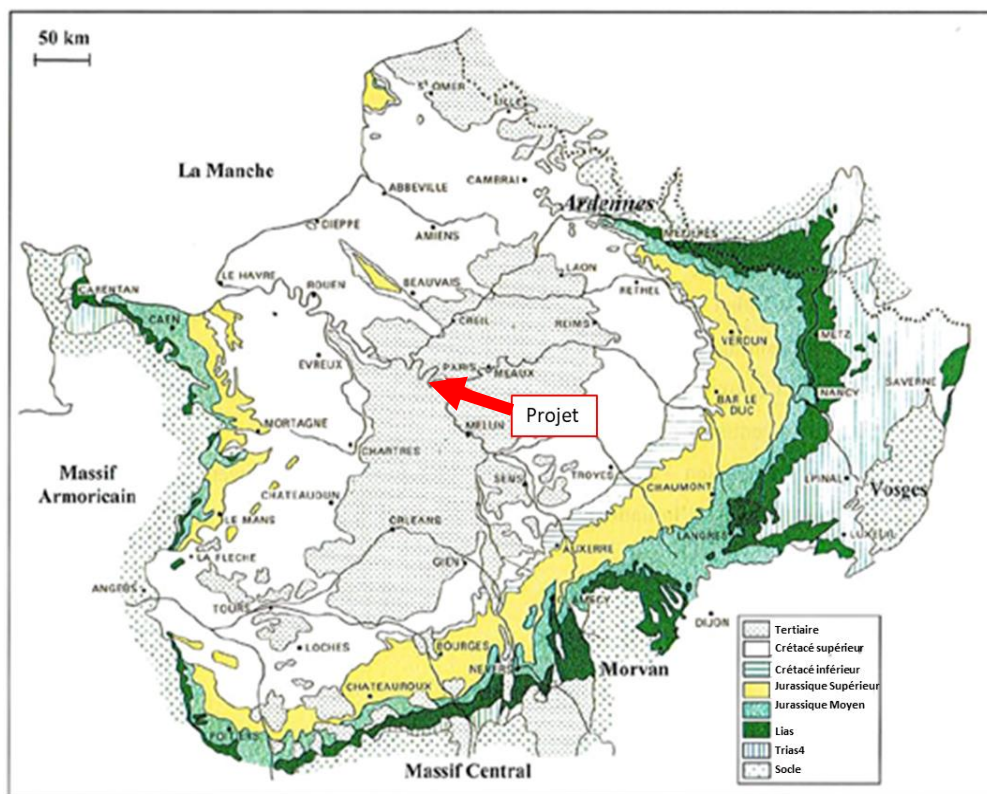


Figure 94 – Géologie simplifiée du bassin parisien (Source : Demars, 1994)

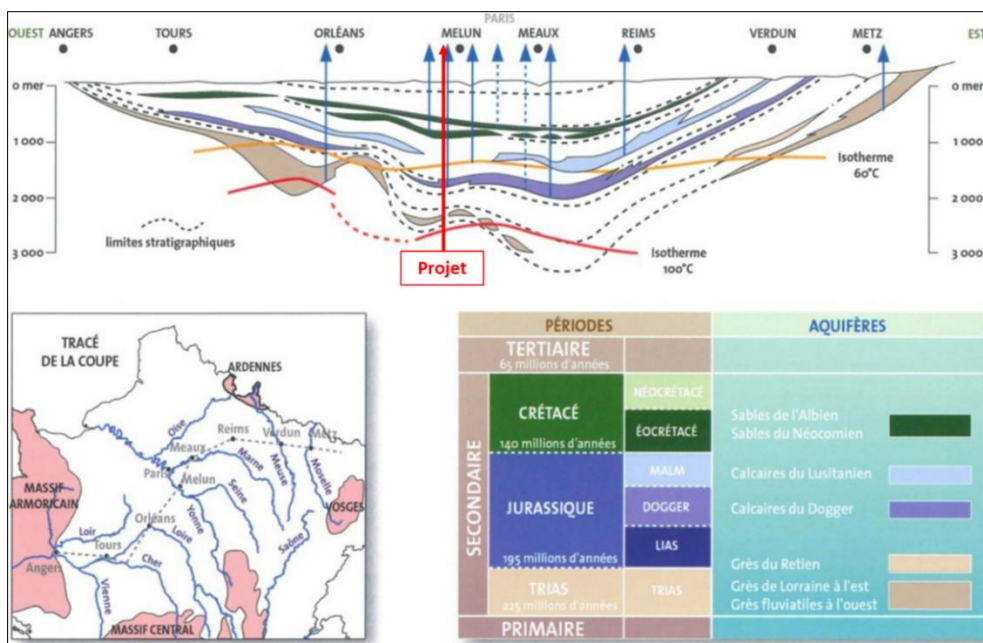


Figure 95 – Coupe géologique du bassin parisien - Localisation des aquifères (Source : ADEME - BRGM)

6.2.4.2. Lithologie au droit du site du projet

6.2.4.2.1. Les formations affleurantes peu profondes

D'après la carte géologique de Versailles (n°182) au 1/50 000ème du BRGM (cf. Figure 96), le site d'étude est implanté sur un sol composé de sables et grès de Fontainebleau.

Sables et grès de Fontainebleau (Stampien, g2b) :

La formation des sables et grès de Fontainebleau constitue le relief principal des buttes-témoin de la région. Les sables sont essentiellement gris et micacés, blancs, colorés irrégulièrement par les oxydes de fer en jaunâtre, ocre ou rose, localement rubanés de brun. Au sommet, ils sont souvent rougeâtres et localement blancs, lorsque les grès existent.

Dans le secteur de Versailles, la base de la formation (5 à 8 m) est constituée de sables jaune ocre argileux et de sable gris avec un banc d'argile grise intercalée, qui retiennent la nappe suspendue qui règne le plus généralement à la base des sables.

L'épaisseur de la formation est d'environ 53 m dans le secteur de Versailles. Au droit du site l'épaisseur affleurante de la formation est d'environ 11 m.

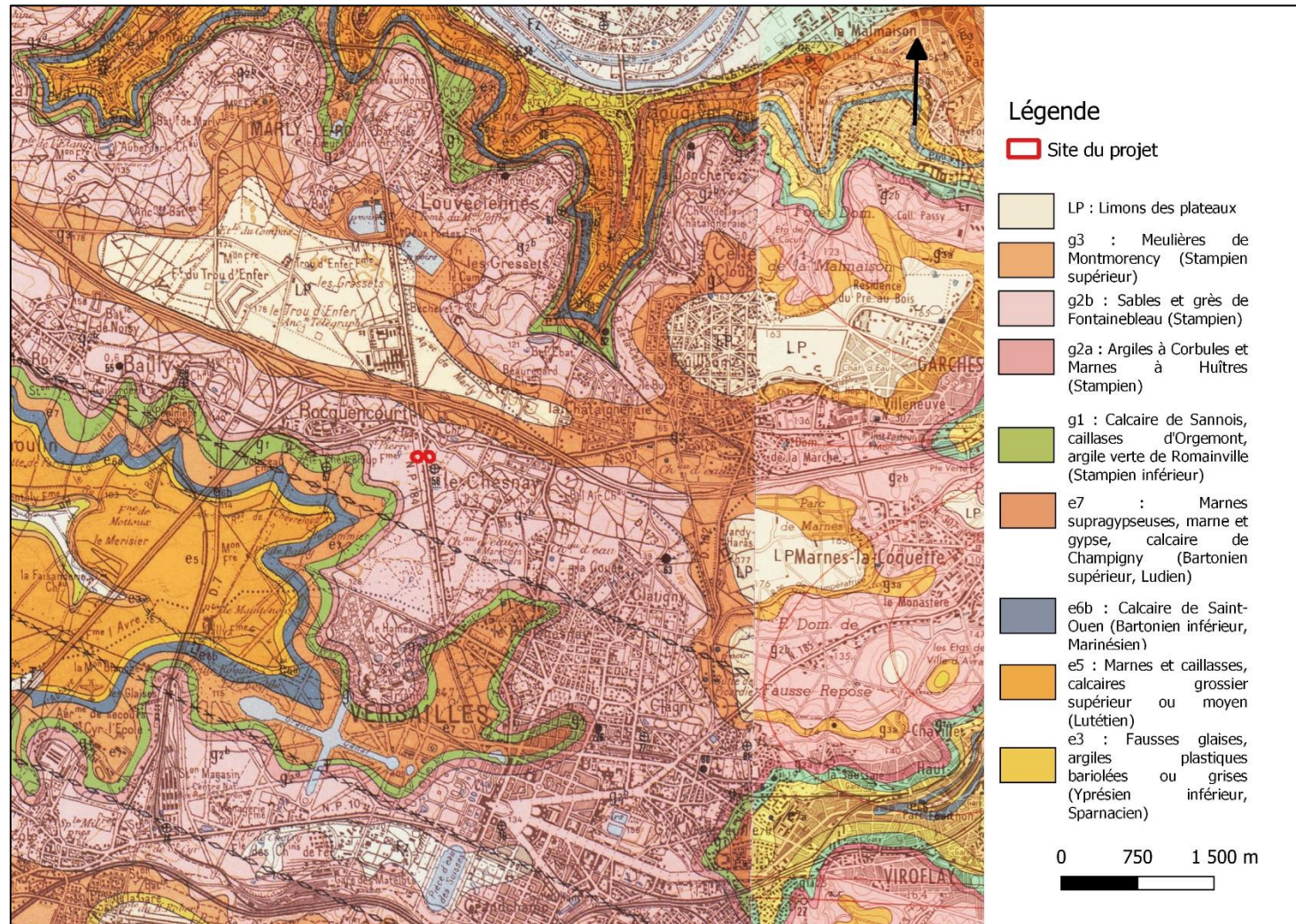


Figure 96 – Extrait de la carte géologique de Versailles (feuille n°182) au 1/50 000^{ème} (Source : infoterre.fr)

Plusieurs forages, situés dans l'environnement proche du site, sont référencés dans la base de données du sous-sol (BSS). Dans un rayon d'un kilomètre, quatre ouvrages sont référencés.

Tableau 16 – Caractéristiques des ouvrages à proximité du site (Source : infoterre.fr)

Identifiant national	Nature	Profondeur (m)	Point d'eau	Localisation par rapport au site
BSS000MWNF	Forage	102	Oui	84 m
BSS000MWRG	Forage	42	Oui	300 m
BSS000MWTK	Forage	81,5	Non	380 m
BSS000MWTC	Forage	90,5	Non	538 m

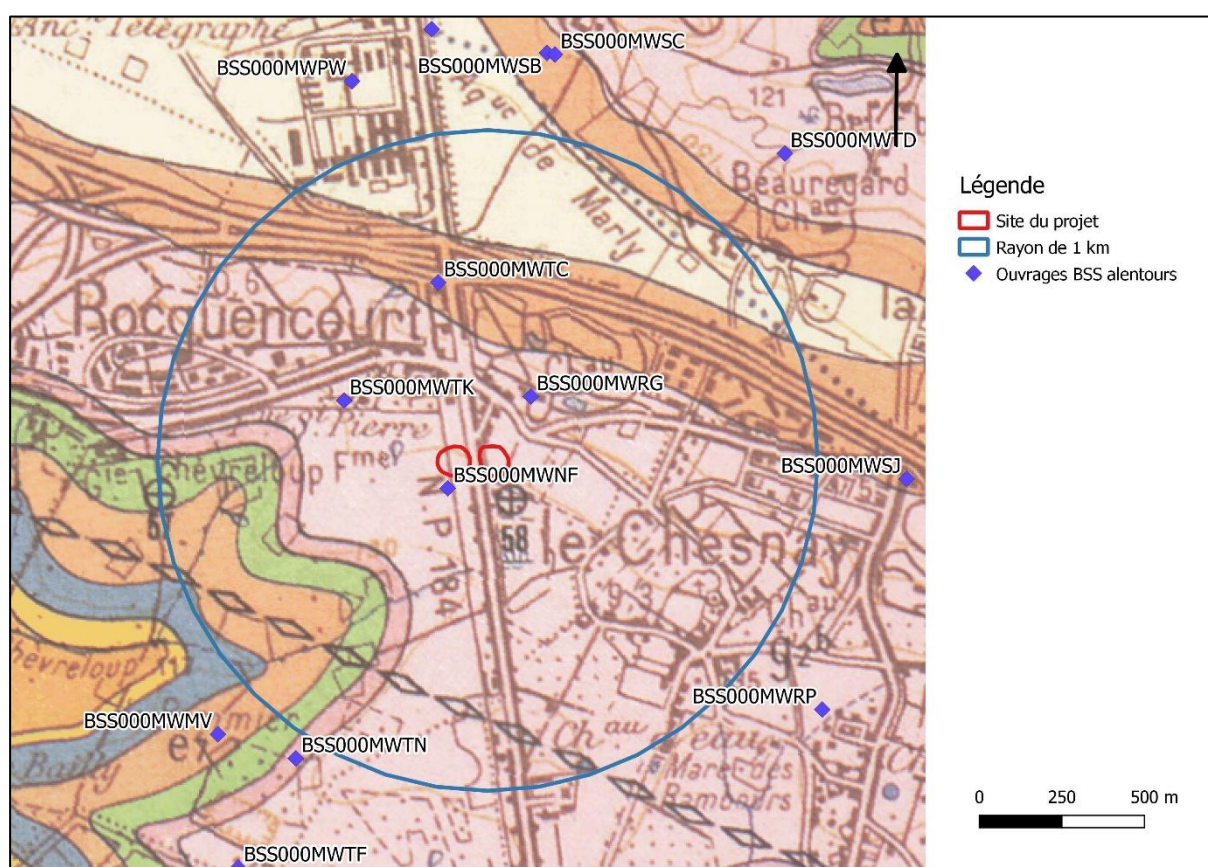


Figure 97 – Localisation des ouvrages à proximité du site (Source : infoterre.fr)

Le log du forage référencé BSS000MWNF, disponible en Figure 98, nous renseigne sur la lithologie susceptible d'être rencontrée au droit du site.

L'altimétrie renseignée pour cet ouvrage est de +139 m NGF ce qui est très proche de l'altimétrie des futures plateformes de forage.

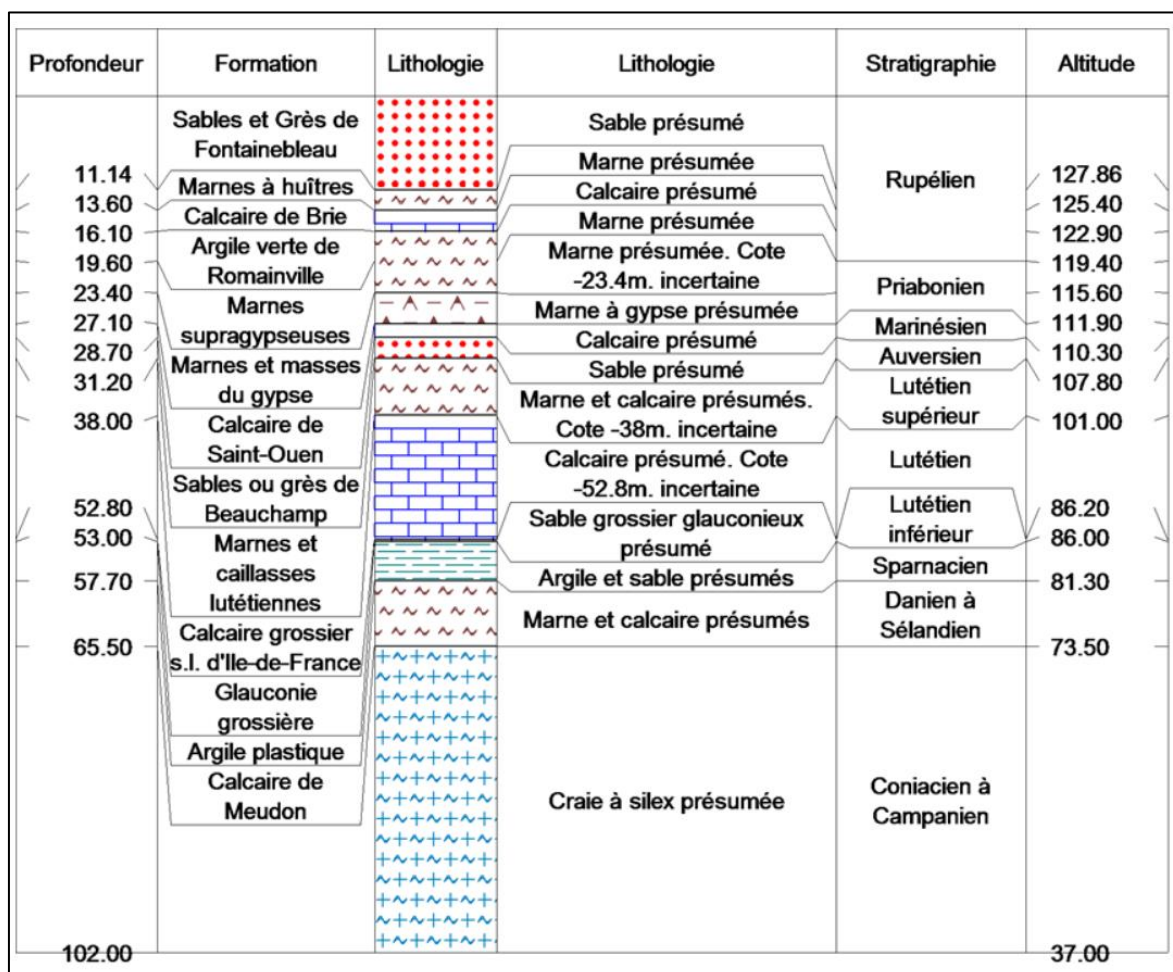


Figure 98 – Coupe du forage BSS000MWNF (Source : infoterre.fr)

6.2.4.2.2. Formations profondes non affleurantes

Les coupes stratigraphiques des formations géologiques profondes, non affleurantes au niveau du site de projet, ont été établies à partir des forages géothermiques et pétroliers les plus proches.

Les profondeurs et la lithologie des formations géologiques attendues au droit du site sont fournies, du haut vers le bas, dans le Tableau 17

STRATIGRAPHIE			DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	Prof. verticale en m/sol		Epaisseur
Etage ou facies				Toit	Mur	(m)
Anciennes appellations						
Tertiaire	Stampien	Rupélien	Sables, grés de fontainebleau et meulières	0	11	11
	Ludien	Priabonien	Marnes et calcaires	16	33	17
		Bartonien	Sables de Monceau, sables de Beauchamp et calcaire de Saint-Ouen	33	37	4
		Lutétien	Marnes et caillasses, calcaire grossier	37	58	21
		Yprésien	Sables fins ± argileux, possiblement graveleux à la base	58	63	5
Crétacé supérieur		Séno-turonien	Craie avec niveaux à silex	63	298	235
			Craie à silex, dolomitique au sommet (gypse)	298	414	116
		Cénomanien	Craie argileuse glauconieuse	414	462	48
Crétacé inférieur	Gault	Albien sup.	Argile calcaire, silt argileux, marne silteuse	462	489	27
		Albien /Aptien /Barrém. sup.	Sables fins à très grossiers, passées argileuses	489	629	140
	Néocomien	Barrém. inf /Hauterivien /Valanginien	Sables et argiles à lignite	629	697	68
Jurassique supérieur	Purbeckien	Tithonien	Dolomie argileuse	697	724	27
	Portlandien		Calcaire fin et marnes	724	853	129
	Kimméridg.	Kimméridgien	Alternance marnes et bancs calcaires	853	1003	150
	Séquanien		Calcaires argileux	1003	1102	99
	Rauracien	Oxfordien sup.	Calcaires fins et argiles	1102	1205	103
	Argovien	Oxfordien inf. et moyen	Marnes et calcaires			
	Oxfordien		Marnes sableuses à la base	1205	1363	158
Jurassique moyen		Callovien sup.	Marnes argileuses grises	1363	1414	51
		Callovien inf	Calcaire blanc et calcaire argileux	1414	1428	14
		Bathonien	Calcaire bioclastique, oolithique, poreux	1428	1568	140
		Bajocien	Calcaire plus ou moins argileux et silteux	1568	1665	97

Tableau 17 – Litho stratigraphie et profondeurs verticales des formations géologiques jusqu’au Dogger pour une altitude de sol de + 139 m NGF

La description géologique et hydrogéologique du Dogger fait l’objet d’un chapitre spécifique (cf. paragraphe 2.2.1).

6.2.5. Contexte hydrogéologique

6.2.5.1. Aquifères à l'aplomb du site

Parmi la succession des formations géologiques décrites ci-dessus, plusieurs sont aquifères. Certaines formations ne sont que potentiellement aquifères, c'est-à-dire que la présence d'une nappe d'eau souterraine n'y est pas assurée, car soumise à des conditions incertaines de fracturation, de porosité... On distingue ainsi, de la plus superficielle à la plus profonde :

- La nappe de l'Oligocène,
- Les réseaux aquifères du Lutétien (Eocène moyen),
- La nappe des sables yprésiens (Eocène inférieur),
- La nappe potentielle du Séno-Turonien,
- Les deux nappes plus ou moins connectées des sables de l'Albien et du Néocomien,
- La nappe potentielle du Rauracien (Lusitanien),
- La nappe des calcaires du Dogger (Jurassique moyen).

Les aquifères les plus constants et les plus importants sur le plan de leur intérêt pour la production d'eau potable sont ceux de l'Eocène et de l'Albien-Néocomien. Ils doivent donc être protégés.

L'aquifère potentiel de la craie du Séno-Turonien présente une distribution géographique discontinue, son existence étant liée à celle d'une fracturation suffisante de la craie. Il présente à ce titre un intérêt limité et en conséquence une vulnérabilité plus faible vis-à-vis des risques de pollution.

La coupe stratigraphique du Bassin parisien avec localisation des principaux aquifères profonds est présentée en Figure 99.

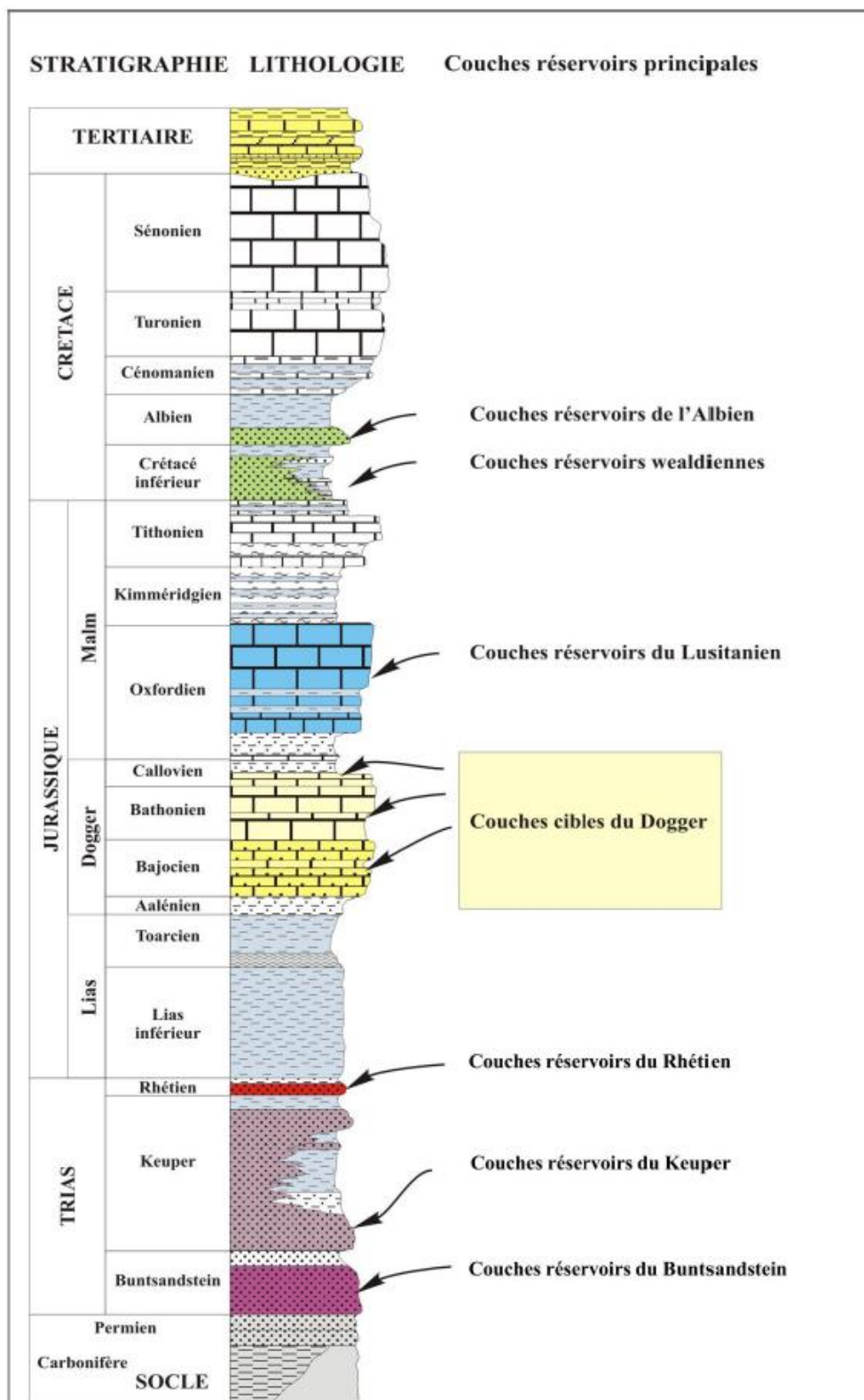


Figure 99 – Coupe stratigraphique du bassin parisien avec localisation des principaux aquifères (Source : BRGM)

6.2.5.2. Aquifères superficiels

6.2.5.2.1. Nappe de l'Oligocène

Dans la région parisienne, l'aquifère de l'Oligocène est composé des calcaires de Beauce (Calcaire de pithiviers et calcaire d'Etampes), des Sables de Fontainebleau et du Calcaire de Brie. Dans les Yvelines, la nappe atteint une certaine importance, elle est essentiellement contenue dans les Sables de Fontainebleau.

La piézométrie de la nappe de l'Oligocène est présentée en Figure 100.

Au niveau du site du projet la nappe de l'Oligocène est libre. Elle s'écoule du sud-ouest vers le nord-est. Le niveau piézométrique de la nappe au droit du site est d'environ +103 m NGF.

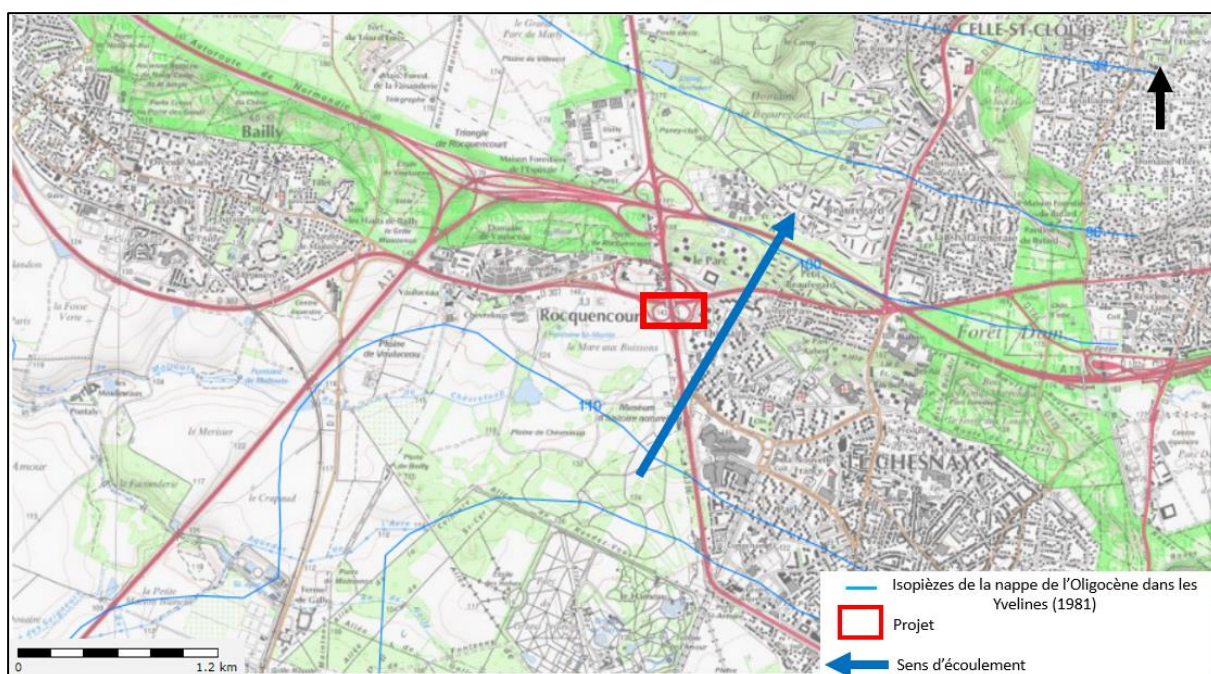


Figure 100 – Carte piézométrique de la nappe de l'Oligocène dans les Yvelines en 1981 (Source : SIGES Seine Normandie)

6.2.5.2.2. Nappe du Lutétien

L'aquifère renfermant la nappe du Lutétien est de grande extension, couvrant une partie de l'Île-de-France. La nappe circule dans les Marnes et Caillasses du Lutétien supérieur et dans le Calcaire Grossier du Lutétien moyen et inférieur.

Le Calcaire Grossier présente à la fois une perméabilité de fissures et une perméabilité d'interstices. La perméabilité d'interstices concerne les bancs sableux de la base de la formation et les bancs de calcaires siliceux (caillasses).

La piézométrie de la nappe du Lutétien est présentée en Figure 101.

Au niveau du site du projet la nappe du Lutétien est captive. Elle s'écoule du sud-ouest vers le nord-est. Le niveau piézométrique de la nappe au droit du site est d'environ +85 m NGF.

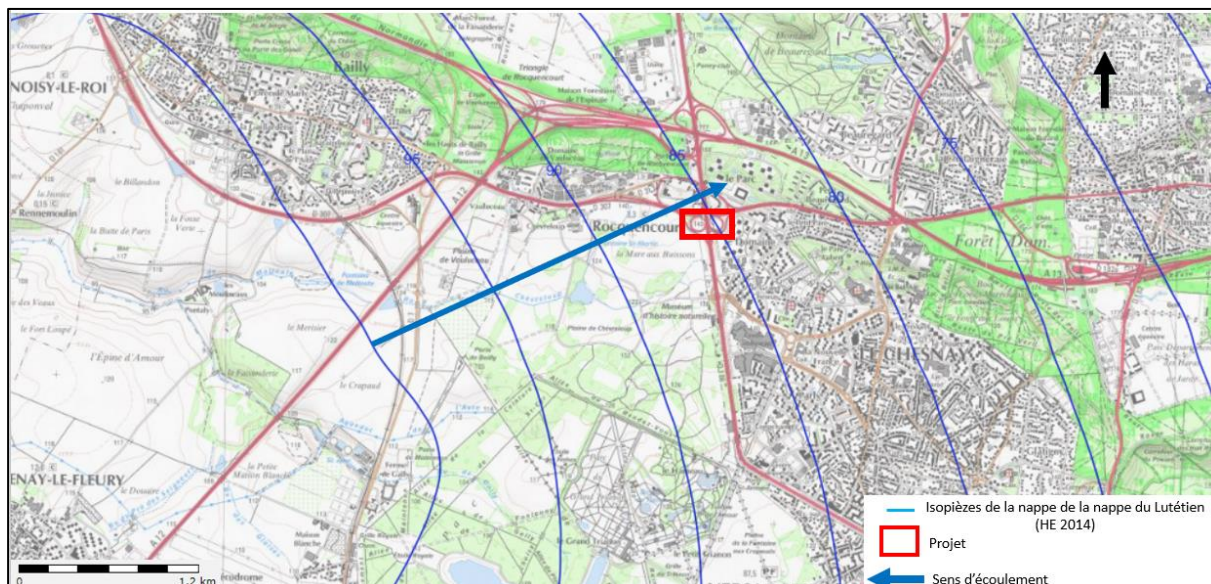


Figure 101 – Carte piézométrique de la nappe du Lutétien hautes eaux en 2014 (Source : SIGES Seine Normandie)

6.2.5.2.3. Nappe de l'Yprésien

La nappe de l'Yprésien est captive, c'est-à-dire en charge, parfois séparée de la nappe du Calcaire Grossier par un horizon de faible perméabilité (marnes et argiles). Cela crée un contraste de perméabilité verticale qui n'est pas assimilable à une véritable barrière étanche en raison de sa discontinuité. Les niveaux statiques du Lutétien et de l'Yprésien sont presque à l'équilibre, il est donc difficile de distinguer les deux surfaces piézométriques.

La piézométrie de la nappe de l'Yprésien est présentée en Figure 102.

Au niveau du site du projet la nappe de l'Yprésien s'écoule du sud-ouest vers le nord-est. Le niveau piézométrique de la nappe au droit du projet est d'environ +86 m NGF.

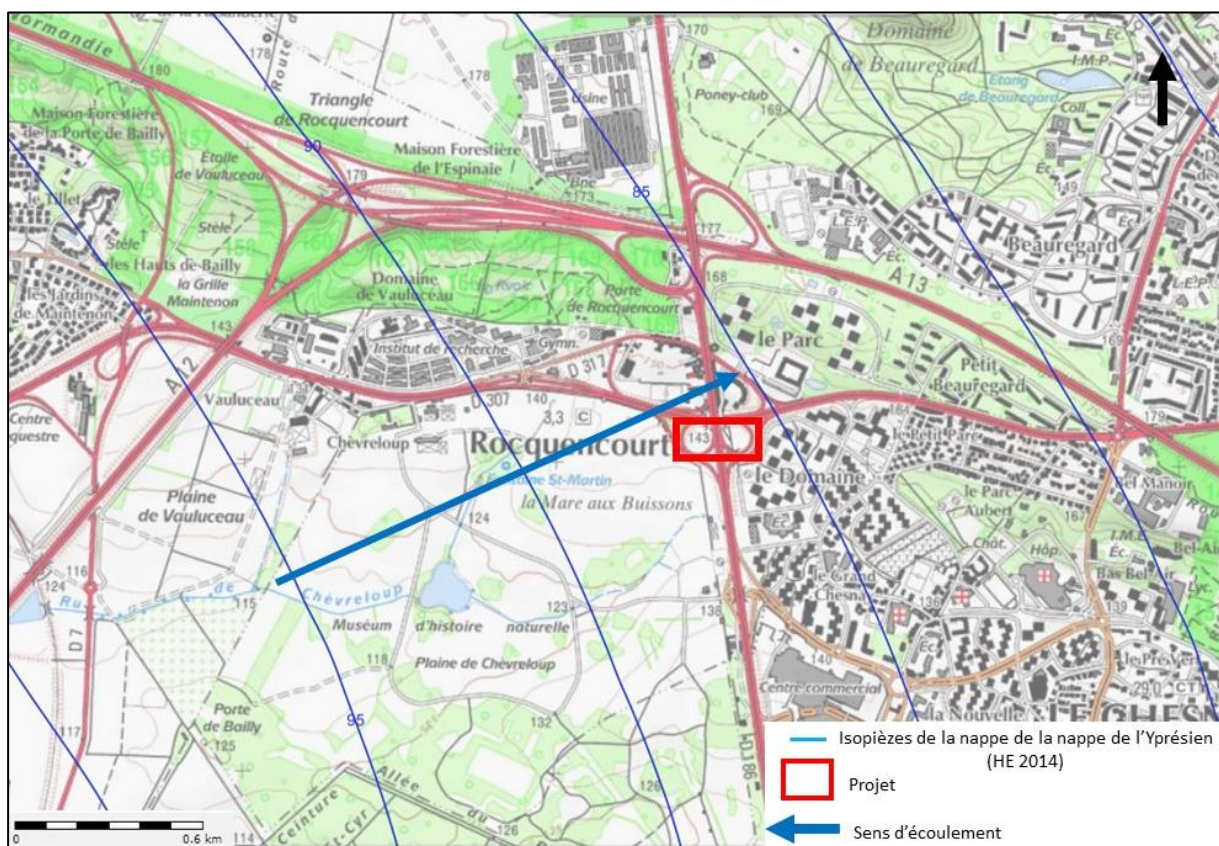


Figure 102 – Carte piézométrique de la nappe de l'Yprésien hautes eaux en 2014 (Source : SIGES Seine Normandie)

6.2.5.2.4. Nappe de la craie du Séno-Turonien

La craie du Sêno-Turonien est un aquifère potentiel : en règle générale la craie, lorsqu'elle est profonde, comme ici, n'est pas productive et n'est pas exploitée. Il n'existe pas de forage d'eau potable ou industriel répertorié captant cette nappe dans les environs.

6.2.5.3. Aquifères profonds

6.2.5.3.1. Les aquifères de l'Albien et du Néocomien

Ils constituent une très importante réserve d'eau douce, bien protégée et d'intérêt stratégique en Île-de-France, devant être protégée des risques de mise en communication hydraulique avec les aquifères plus profonds, comme celui du Dogger, qui contiennent des eaux salées.

Les puits à l'Albien les plus proches du secteur d'étude sont (cf. Figure 103 et Figure 104) :

- Puits Arboretum de Chèvreloup – ancien puits à priori scellé (1 km au sud-ouest)
- Puits Bougival – ancien puits qui n'est plus en service (4 à 5 km au nord)
- Puits Plessis Robinson, doublet de géothermie en fonctionnement (12 km au sud-est)
- Puits Issy-les-Moulineaux, doublet de géothermie en fonctionnement (12 km à l'est)
- 4 Puits – Paris Saclay (Gif-sur-Yvette)
- Puits – réservoir Ménilmontant (Paris 20^{ème})
- Puits – réservoir place Henri-Queuille (Paris 15^{ème})
- Puits – ZAC Clichy Batignolles (Paris 17^{ème})
- Fontaine Madone (square de la Madone, Paris 18^{ème})
- Fontaine Lamartine (square Lamartine, Paris 16^{ème})
- Fontaine Verlaine (place Paul Verlaine, Paris 13^{ème})

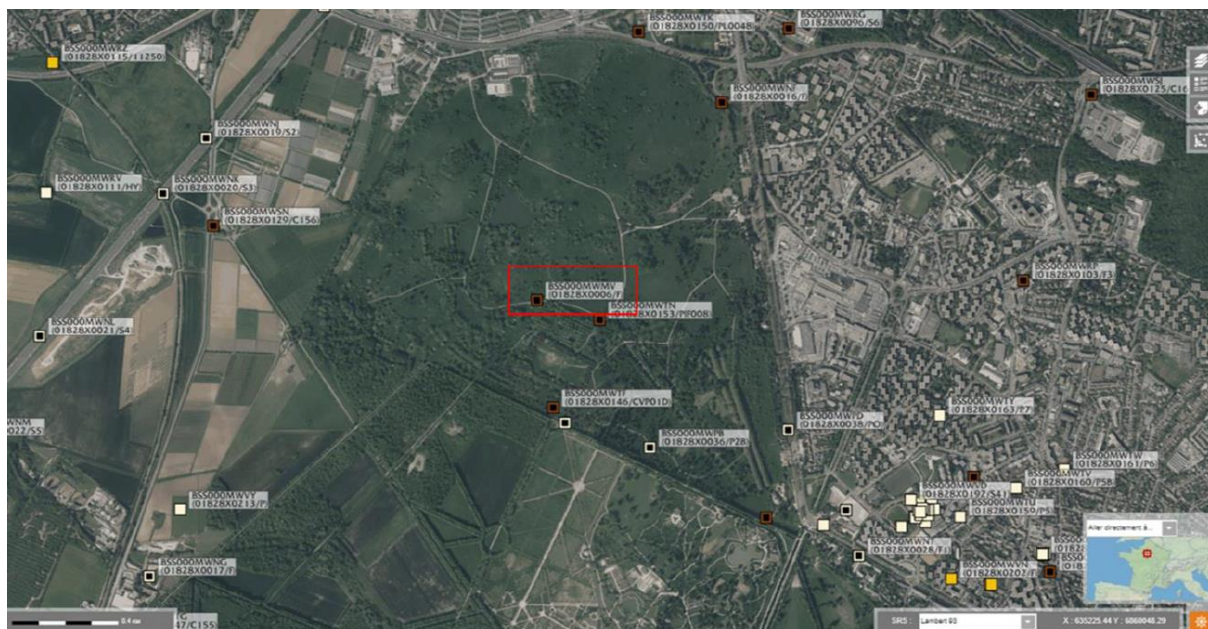


Figure 103 – Localisation de l'ancien puits à l'Albien de l'Arboretum de Chèvreloup (Source : Cahier des Charges de la mission de maîtrise d'œuvre relative aux travaux de fermeture du forage – BRGM)

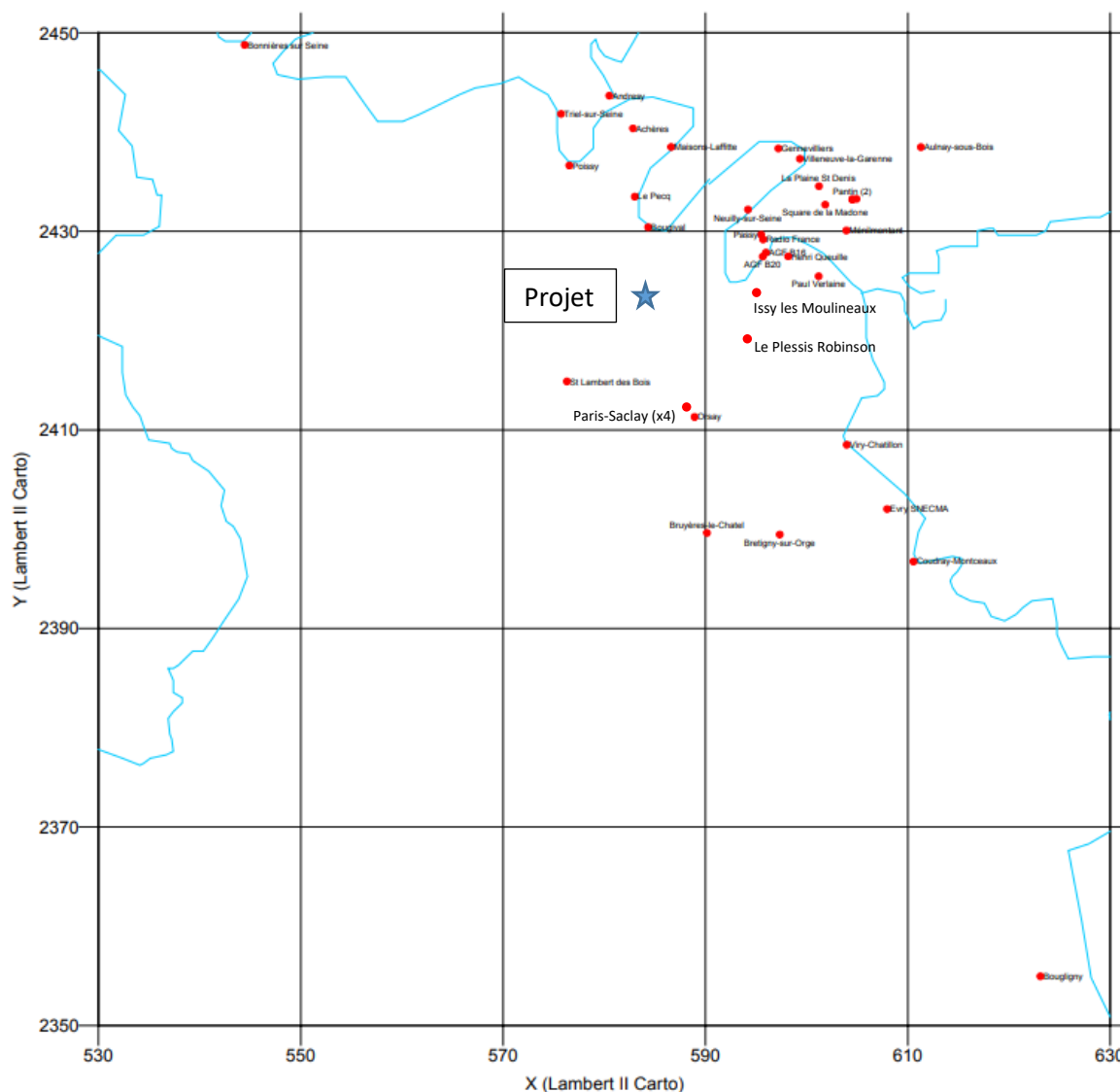


Figure 104 – Localisation des puits à l'Albien à proximité du projet (source : Hydroexpert N°RPP05M003b – 2005)

Cette nappe est considérée comme prioritaire par le SDAGE Seine-Normandie. Elle présente un intérêt stratégique en cas de pollution majeure des ressources superficielles. Le SDAGE rappelle la nécessité d'une autorisation préalable pour tout ouvrage atteignant l'Albien ou le Néocomien, préconise une limitation des volumes prélevés et recommande de prioriser l'accès à l'alimentation en eau potable ou usages équivalents (agroalimentaire). L'usage Eau Potable est en conséquence largement majoritaire par rapport aux autres usages.

L'aquifère potentiel du Néocomien contenu dans les niveaux sableux du Crétacé inférieur n'est pas exploité pour l'eau potable dans les environs du projet.

L'aquifère sensible de l'Albien et du Néocomien sera protégé dans chacun des forages par un double casing cimenté sous pression aux terrains (13''3/8 et 9''5/8).

6.2.5.3.2. Les puits géothermiques profonds (Dogger et Albien)

L'Île-de-France est riche d'une quarantaine d'exploitations géothermiques et constitue une région pilote en France (et en Europe). Leur position sont rappelées sur la figure ci-après.

L'Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG) a édité une étude de marché en 2015 sur la géothermie en France répertoriant 40 réseaux de chaleur exploitant la géothermie au Dogger, sous forme de doublets ou de triplets de forages. Les réseaux de chaleur bénéficiant de la géothermie alimentent près de 210 000 équivalents logements.

L'installation en fonctionnement au Dogger la plus proche est celle de Vélizy-Villacoublay qui n'apparaît pas encore sur les cartes de la DRIEAT.

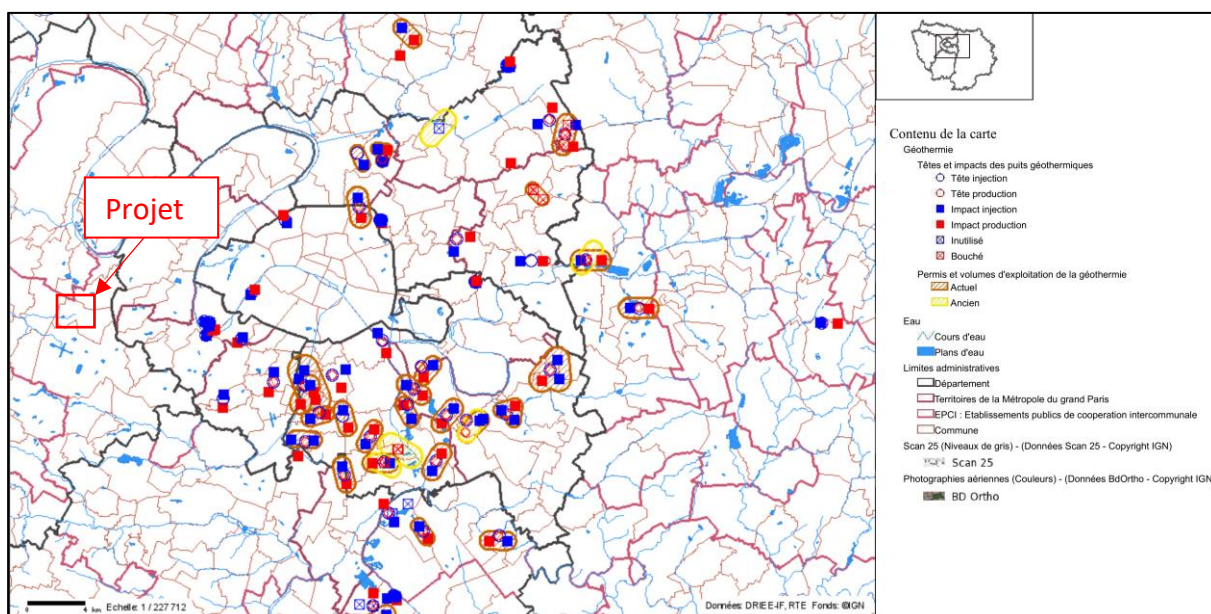


Figure 105 – Forages géothermiques au Dogger et à l'Albien en Île-de-France (source : DRIEAT Île-de-France)

6.2.5.4. Exploitation des ressources en eau dans le domaine d'étude

Aucun ouvrage de prélèvement d'eau souterraines n'est référencé dans la BNPE (Banque nationale de prélèvement en eau) ou par la DRIEAT sur la commune du Chesnay-Rocquencourt et les communes adjacentes (cf. Figure 106).



Figure 106 – Communes d’Île-de-France comportant un captage d’eau destiné à la consommation humaine (hors captages à l’Albi) (Source : DRIAT Île-de-France)

6.2.5.4.1. Alimentation en eau potable

Depuis la mise en place de la loi sur l’eau du 3 janvier 1993, un captage utilisé pour l’eau potable a l’obligation de posséder un périmètre de protection. Il constitue la limite de l’espace réservé réglementairement autour d’un captage utilisé pour l’alimentation en eau potable, après avis d’un hydrogéologue agréé.

La délégation départementale des Yvelines de l’ARS Île-de-France a été contactée en octobre 2022.

Pour le département des Yvelines, à proximité du site, seule les communes de La Celle-Saint-Cloud et Louveciennes possèdent un champ captant : celui du Pecq-Croissy. La Figure 107 et la Figure 108 montrent qu’aucun périmètre de protection n’intercepte le site du projet.

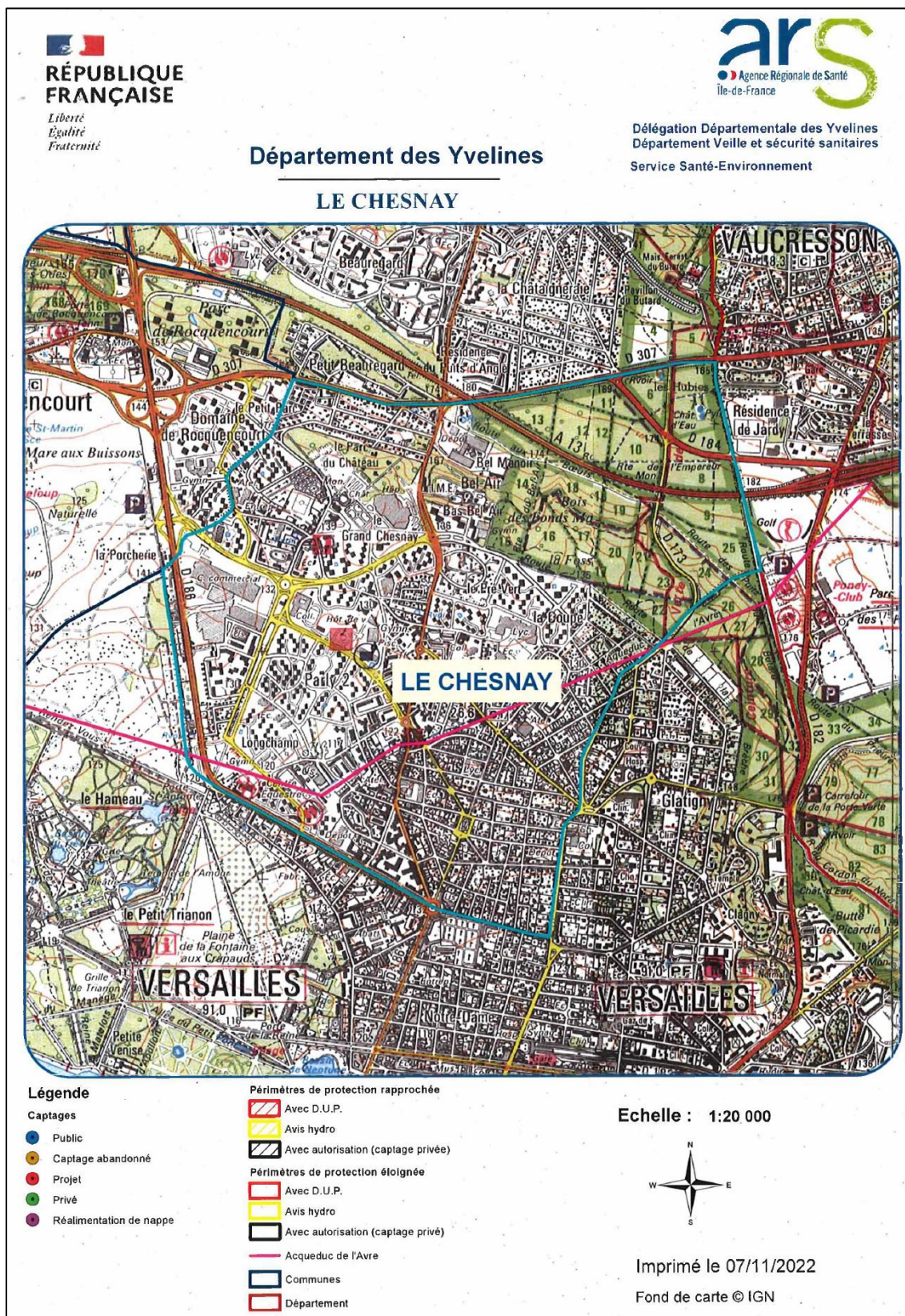


Figure 107 – Captages et périmètres de protection existant sur le territoire du Chesnay (Source : ARS 78)

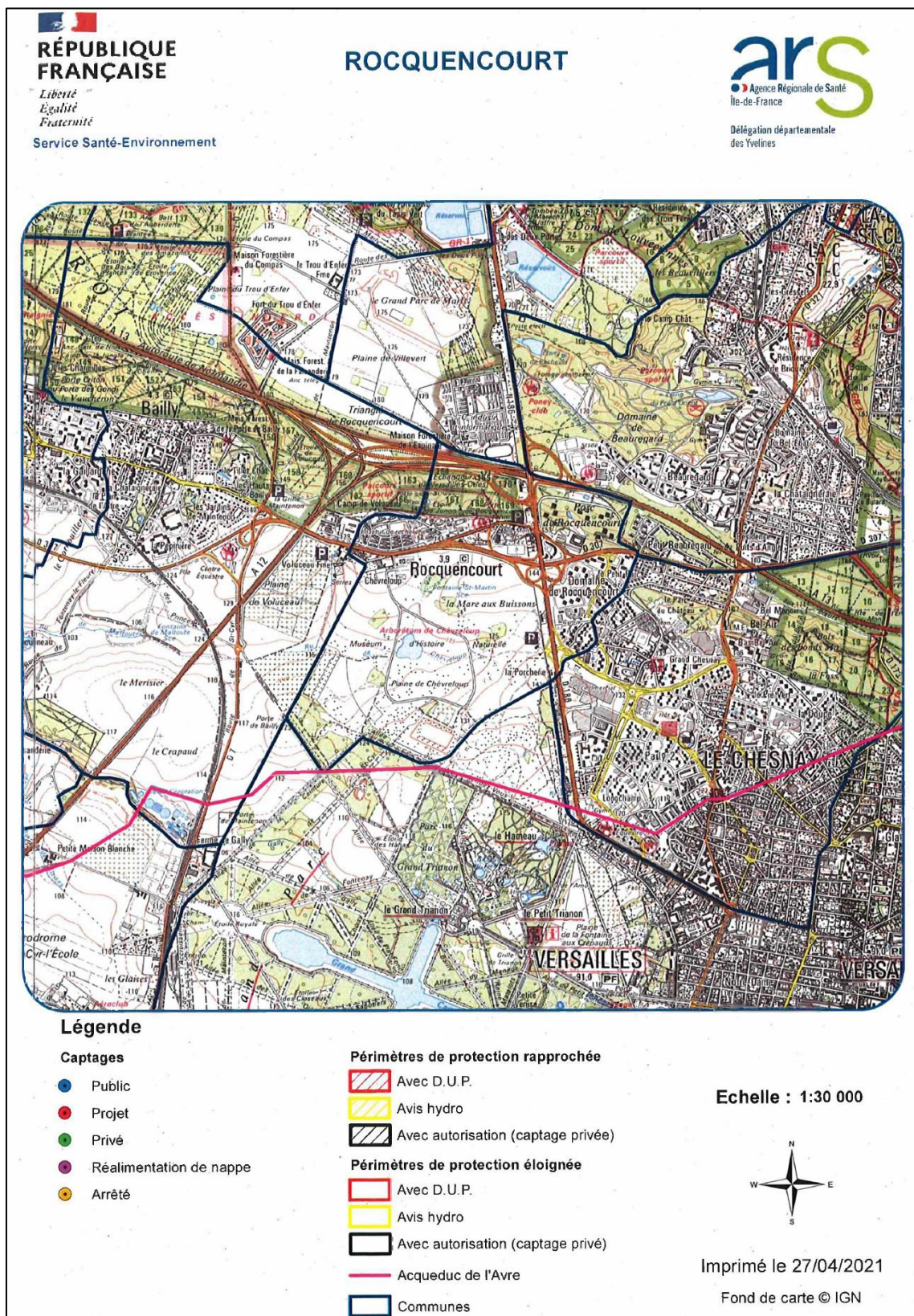


Figure 108 – Captages et périmètres de protection existant sur le territoire de Rocquencourt (Source : ARS 78)

6.2.6. Contexte hydrographique

Le réseau hydrographique de la commune est peu développé. La commune est traversée par le ru de Chèvreloup ayant pour exutoire le ru de Gally appartenant au bassin versant le plus large de la Mauldre (cf. Figure 109).

Dans le domaine du parc de l'Arboretum se trouvent deux pièces d'eau artificielles.

L'aqueduc de l'Avre est souterrain et se trouve à l'extrémité sud de la commune. Suite à deux années de travaux, il a été mis en service en 1893. L'aqueduc de l'Avre achemine de l'eau potable de la Normandie jusqu'à la capitale par le réservoir de Saint-Cloud.

A proximité immédiate se trouve l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt qui traverse la boucle ouest de l'échangeur où sera implanté le doublet GLCR3 et GLCR4 et passe au sud de la boucle est. Le tracé de l'aqueduc est présenté en Figure 110. Une visite de site a été réalisée pour connaître la localisation et l'état précis de l'aqueduc. Les photos sont disponibles en Figure 111 et en Annexe 15.

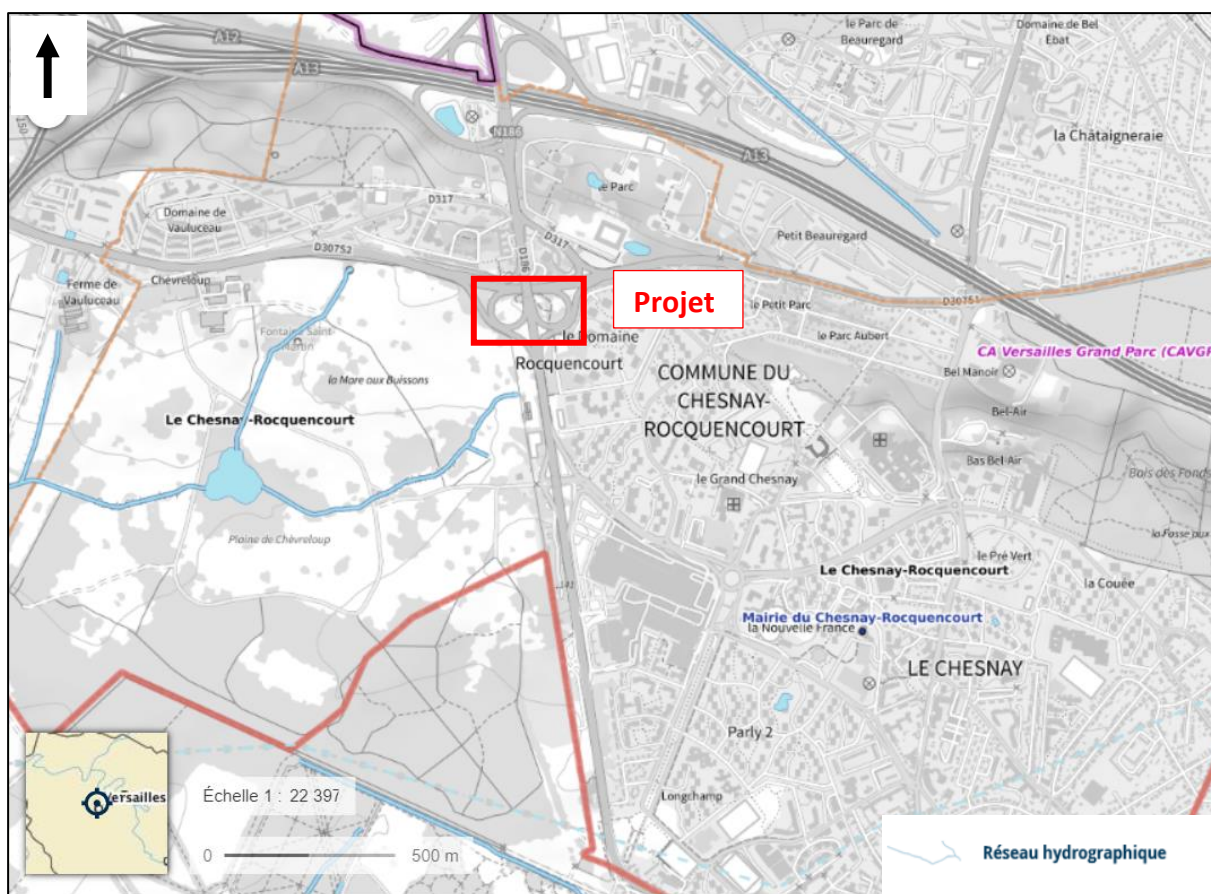


Figure 109 – Réseau hydrographique (Source : Base de données Carthage, Géoportail)

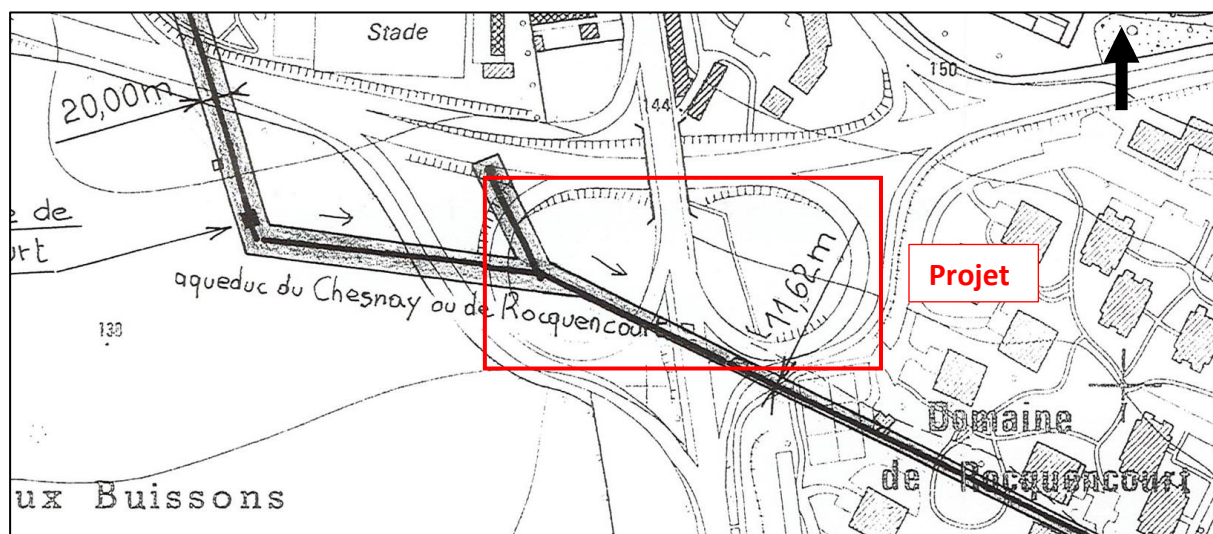


Figure 110 – Tracé de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt (Source : Service des fontaines)

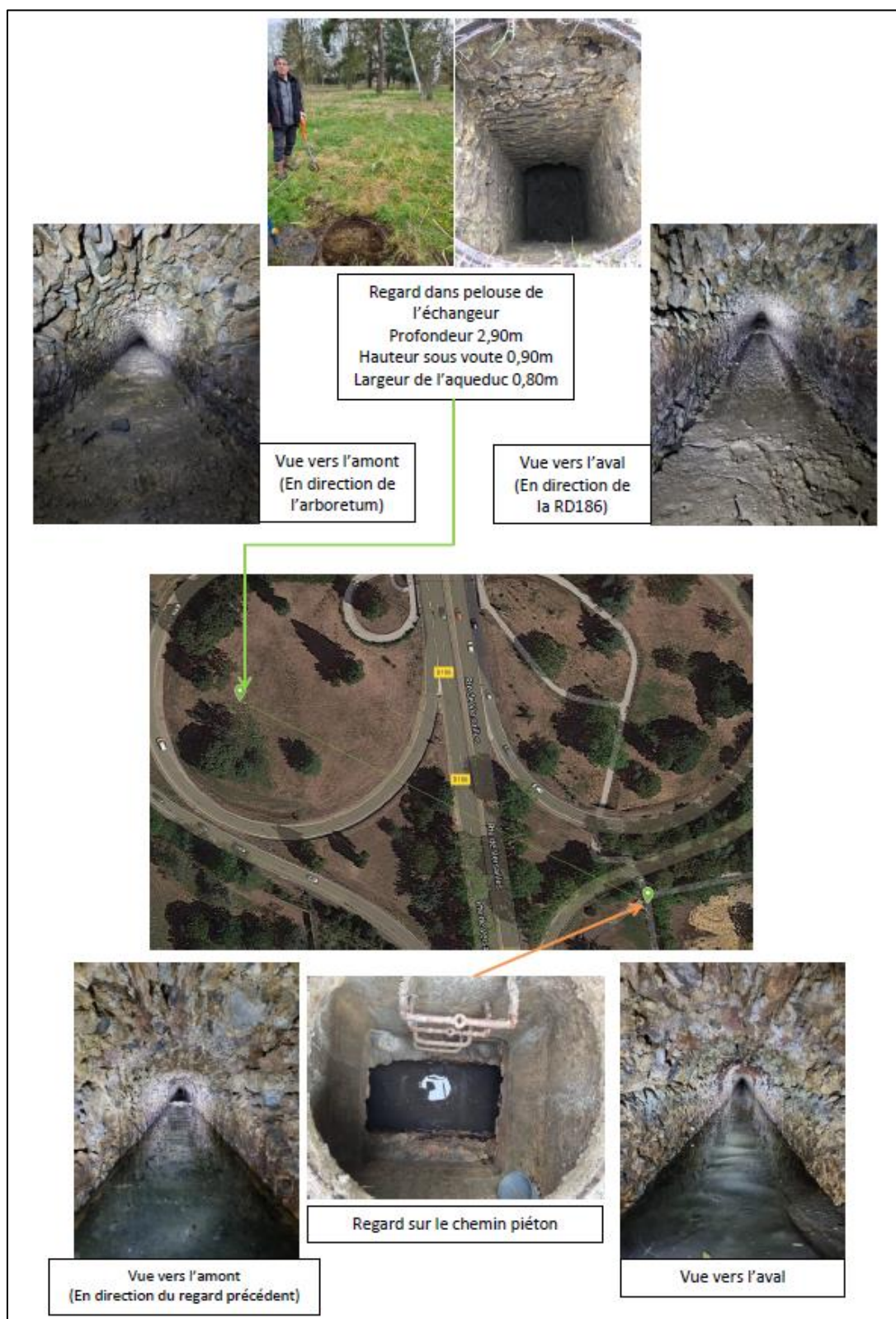


Figure 111 – Photos de l'état de l'aqueduc réalisées lors d'une visite de site

6.2.7. Contexte sur la qualité des sols

6.2.7.1. Base de données BASOL

Le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) – Direction Générale de la Prévention et des Risques (DGPR) met à disposition une Base de données BASOL 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.

La Figure 112 et le Tableau 18 rendent compte des sites BASOL situés à proximité de la zone d'étude.

Aucun site BASOL n'est recensé au droit du projet.

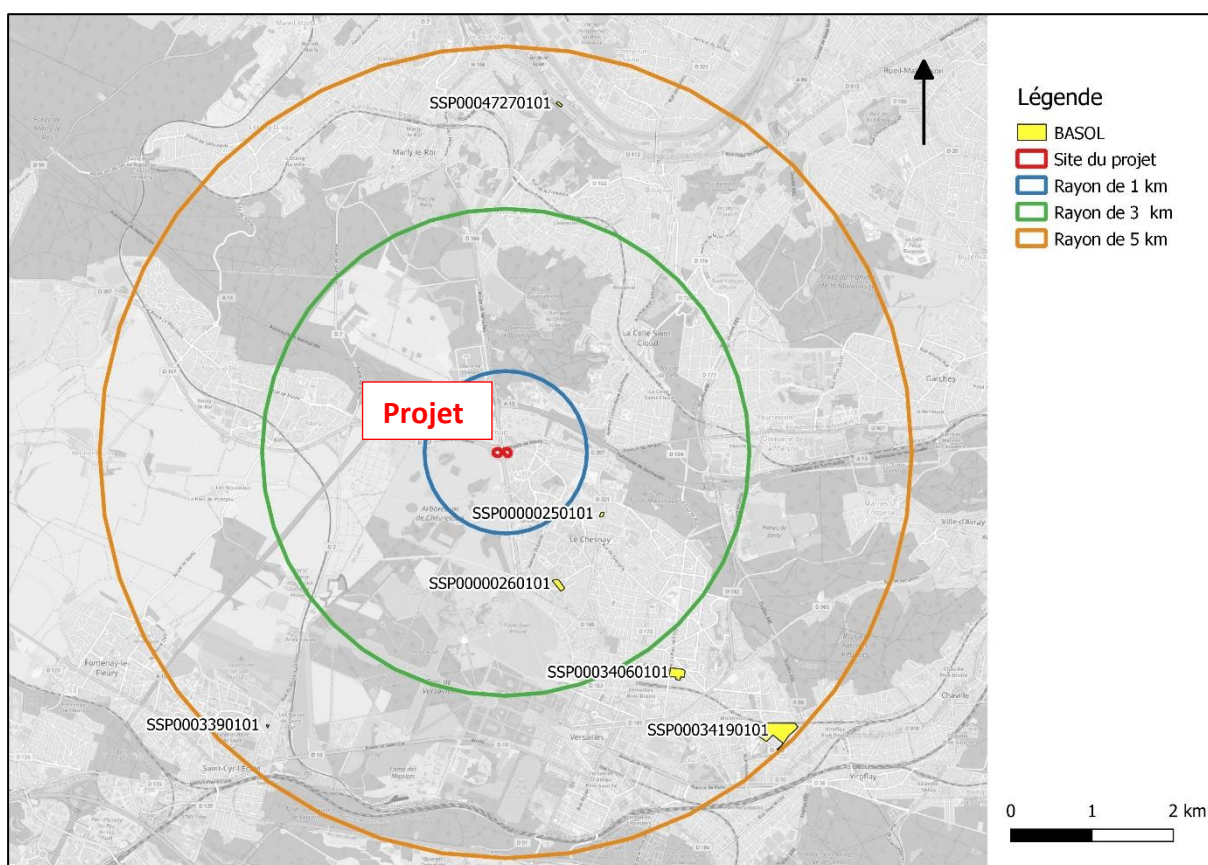


Figure 112 – Localisation des sites et sols pollués BASOL (Source : Géorisques.fr)

Tableau 18 – Liste des sols pollués BASOL dans un rayon de 5 km autour du site du projet (Source : Géorisques.fr)

Identifiant BASOL	Identifiant de l'obligation réglementaire liée à la parcelle	Nom du site	Commune	Traitement	Distance au projet
780068	SSP00000250101	Ancienne station-service ELF (BP), fin d'activité le 03/05/2002	LE CHESNAY	Mesure de sécurité du site, travaux de dépollution (excavation des sols, élimination en ISDND), diagnostic et analyse	1,4 km
780056	SSP00000260101	Fenwick-Linde	LE CHESNAY	Mesure de sécurité du site, travaux de dépollution/excavation (eaux souterraines et sol/sous-sol), diagnostic et analyse	1,7 km
780014	SSP00034060101	Ancienne usine à gaz – Gaz de France	VERSAILLES	Travaux de dépollution : méthode thermique	3,4 km
780111	SSP00034190101	Oil France	VERSAILLES	Retrait des cuves à carburants, retrait des terres souillées dans l'environnement des cuves. Analyses et diagnostic.	4,8 km
-	SSP0003390101	Station-service TOTAL (ex-ELF)	ST-CYR-L'ECOLE	Retrait des cuves et excavation des terres polluées évacuées vers un centre de traitement.	4,4 km
780096	SSP00047270101	Oil France	LOUVECIENNES	Incinération, excavation des sols	4,4 km

Aucun impact des sites BASOL existant sur le projet n'est attendu.

6.2.7.2. Base de données BASIAS

La réalisation d'inventaires historiques régionaux des sites industriels et activités de service, en activité ou non, s'est accompagnée de la création de la base de données nationale intitulée BASIAS.

Les principaux objectifs de ces inventaires sont :

- De recenser, de façon large et systématique, tous les sites industriels abandonnés ou non, susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement,
- De conserver la mémoire de ces sites,
- De fournir des informations utiles aux acteurs de l'urbanisme, du foncier et de la protection de l'environnement.

L'inscription d'un site dans la banque de données BASIAS ne préjuge toutefois pas d'une éventuelle pollution à son endroit. BASIAS a donc pour objectif de présenter l'inventaire d'anciens sites industriels pour pouvoir conserver la mémoire de ces sites et fournir des informations utiles aux acteurs locaux.

Les sites inventoriés à proximité du projet (moins de 1 km) sont localisés sur la Figure 113 et précisés dans le Tableau 19.

Parmi les sites situés dans un rayon de 1 km autour du projet et répertoriés dans BASIAS, 3 semblent toujours actifs. Il s'agit de la station-service BP (IDF7801818 situé à environ 630 m au nord-ouest du projet), du garage automobile BMW (IDF7800399 situé à environ 480 m au sud-est du projet) et de l'établissement français du sang (IF7800420 situé à environ 880 m au sud-est du projet).

Aucun site BASIAS n'est recensé au droit du projet.

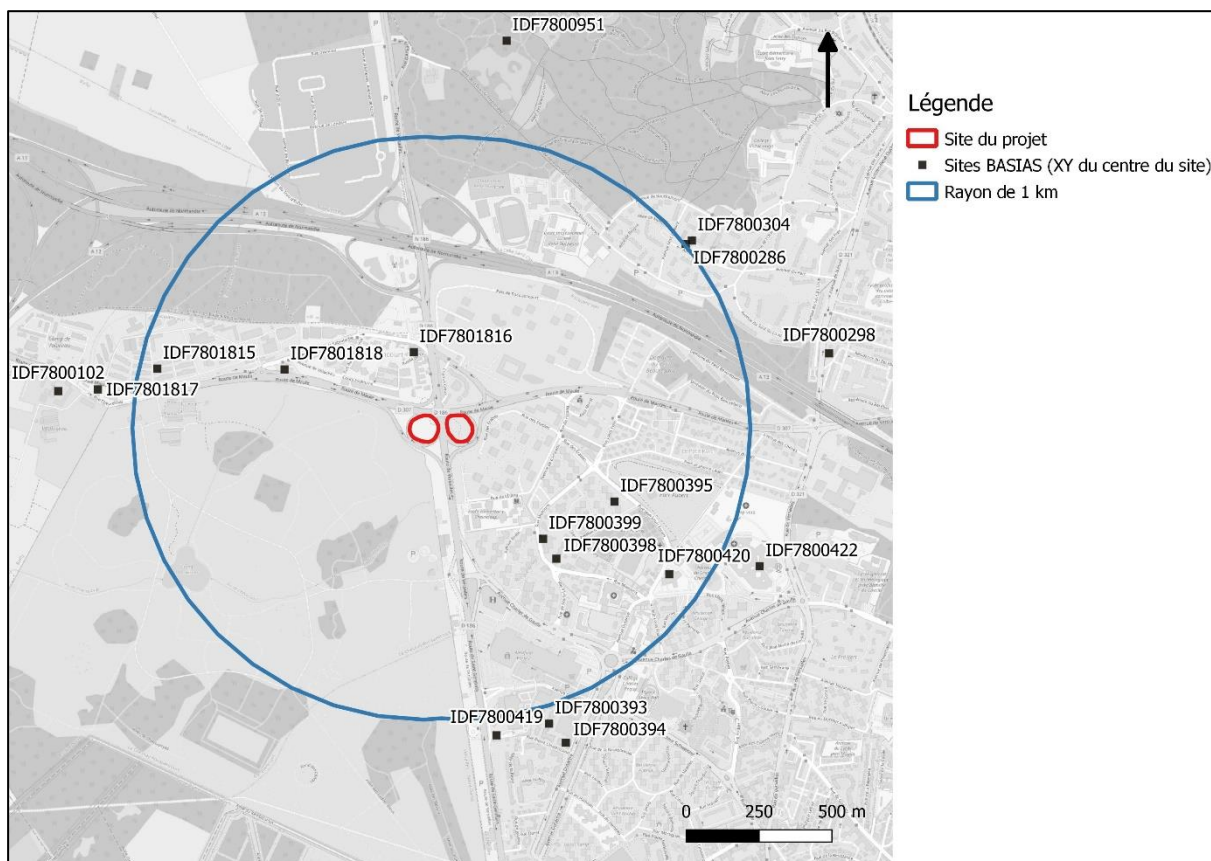


Figure 113 – Localisation des sites BASIAS à proximité du projet (Source : Géorisques.fr)

Aucun impact des sites BASOL existant sur le projet n'est attendu.

Tableau 19 – Liste des sites inventoriés dans la base de données BASIAS situés dans un rayon de 1 km (Source : Géorisques.fr)

REFERENCE	ETAT SITE	RAISON SOCIALE	COMMUNE	NOM USUEL	ACTIVITES
IDF7801816	Inconnu	COVI Bar Penny Club, anc. S.A.R.L. L'orée de la forêt de Marly, anc. Société Rocquencourt Bar	ROCQUENCOURT	-	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station-service de toute capacité de stockage)
IDF7801818	En activité	BP France	ROCQUENCOURT	Station-service BP	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station-service de toute capacité de stockage)
IDF7800399	En activité	Richard (S.A.)	LE CHESNAY	Citroën, BMW	Garages, ateliers, mécanique et soudure ; commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station-service de toute capacité de stockage).
IDF7800398	Inconnu	Société Le Chesnay automobiles	LE CHESNAY	Peugeot (garage), TOTAL	Garages, ateliers, mécanique et soudure ; commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station-service de toute capacité de stockage)
IDF7800395	Inconnu	Société ESYS MONTENAY + Société Les pressings de Parly II	LE CHESNAY	-	Blanchisserie -teinturerie (gros ou détail lorsque les pressings de quartier sont retenus par le Comité de pilotage de l'IHR) ; blanchissement et traitement des pailles, fibres textiles, chiffons ; Compression, réfrigération
IDF7800420	En activité	Centre départemental de transfusion sanguine de l'ouest parisien	LE CHESNAY	-	Activités pour la santé humaine
IDF7801815	Inconnu	Association pour la gestion des œuvres sociales de l'institut de recherche d'informatique et d'automatique (AGOS-IRIA)	ROCQUENCOURT	-	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)

6.2.8. Description du site

6.2.8.1. Description de l'environnement immédiat du site

- **Boucle est : zone d'implantation du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques semi-enterrées et la plateforme de forage du doublet GLCR1 – GLCR2**

Le site où sera implanté le bâtiment des deux centrales géothermiques et le doublet GLCR1 – GLCR2 est constitué d'un couvert végétal présentant une quinzaine d'arbres.

Il est bordé dans son ensemble par des routes. La partie nord du site est séparée de la route départementale D307 par des bosquets.

Un chemin pour piétons et cyclistes est également présent sur le site.

Des photographies du site et leurs localisations sont présentées en Figure 114 et Figure 115.

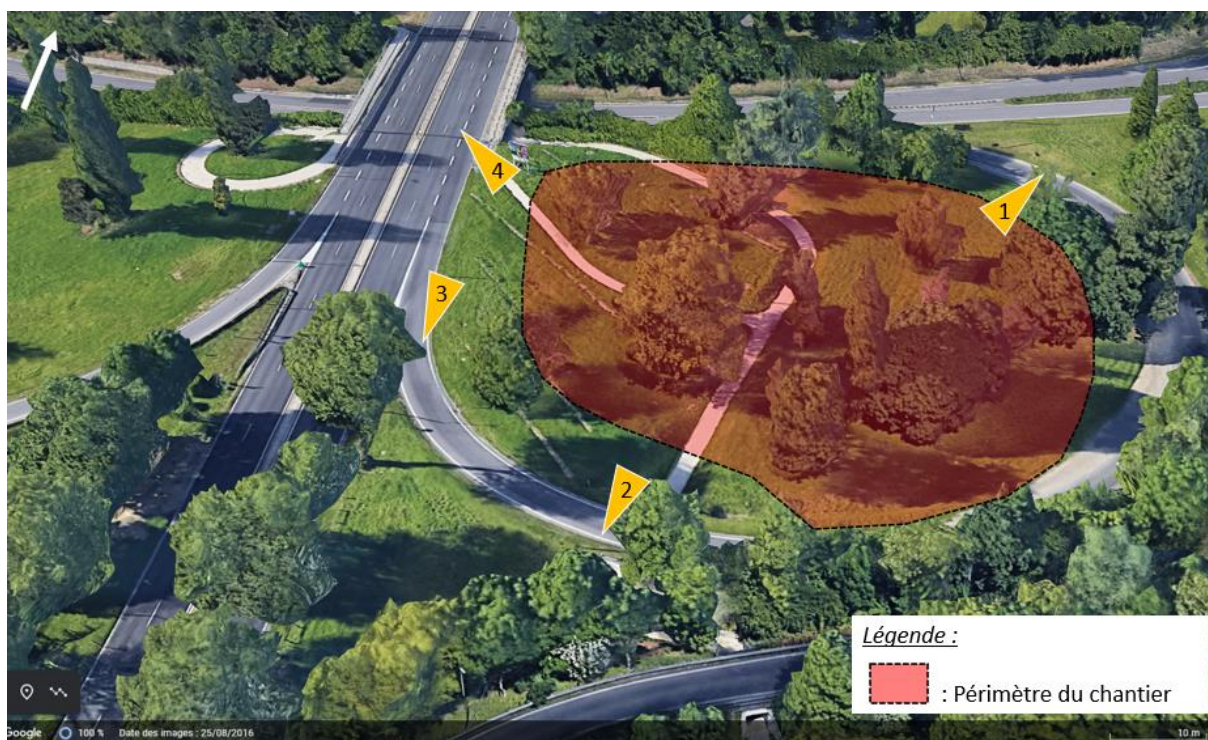


Figure 114 – Localisation des points de vue autour de la boucle est (Source : google.fr/maps)



Figure 115 – Photographies depuis les points de vue identifiés autour de la boucle est (Source : google.fr/maps)

- **Boucle ouest : future plateforme de forage pour le doublet GLCR3 – GLCR4**

La boucle ouest de l'échangeur, qui accueillera le second doublet de forage, est enherbée.

Elle présente une dizaine d'arbres et un bosquet au nord marquant une séparation avec la route départementale D307.

Au nord-est se trouve un chemin réservé aux piétons et vélos.

Des photographies du site et leurs localisations sont présentées en Figure 116 et Figure 117.



Figure 116 – Localisation des points de vue autour de la boucle ouest (Source : google.fr/maps)



Figure 117 – Photographies depuis les points de vue identifiés autour de la boucle ouest (Source : google.fr/maps)

6.2.8.2. Accessibilité du site

Les figures ci-après présentent les implantations prévues pour les différentes boucles avec les différents accès à créer.

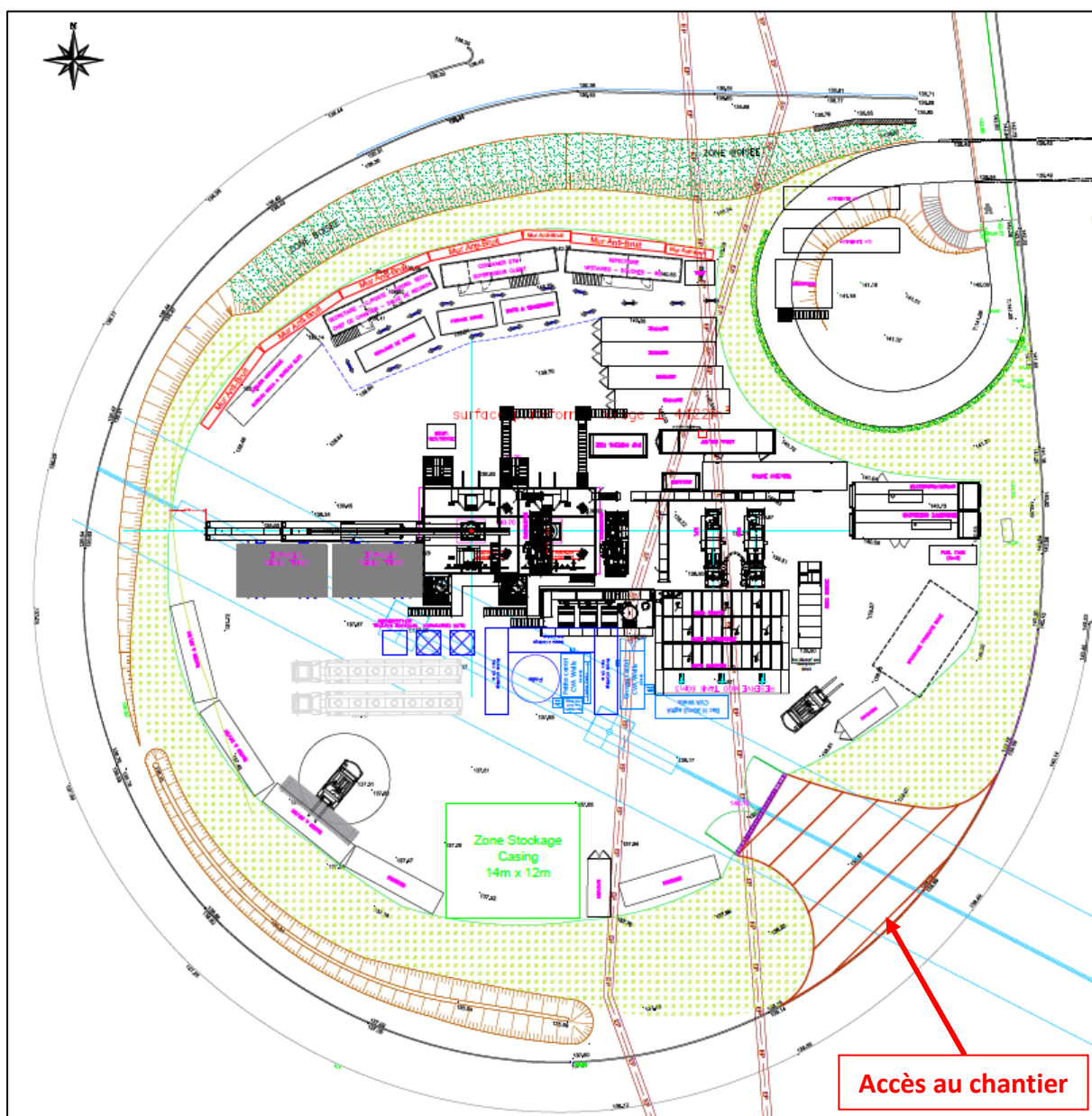


Figure 118 – Plan d'accès au chantier – boucle ouest – doublet GLCR3-GLCR4 (Source : SMP)

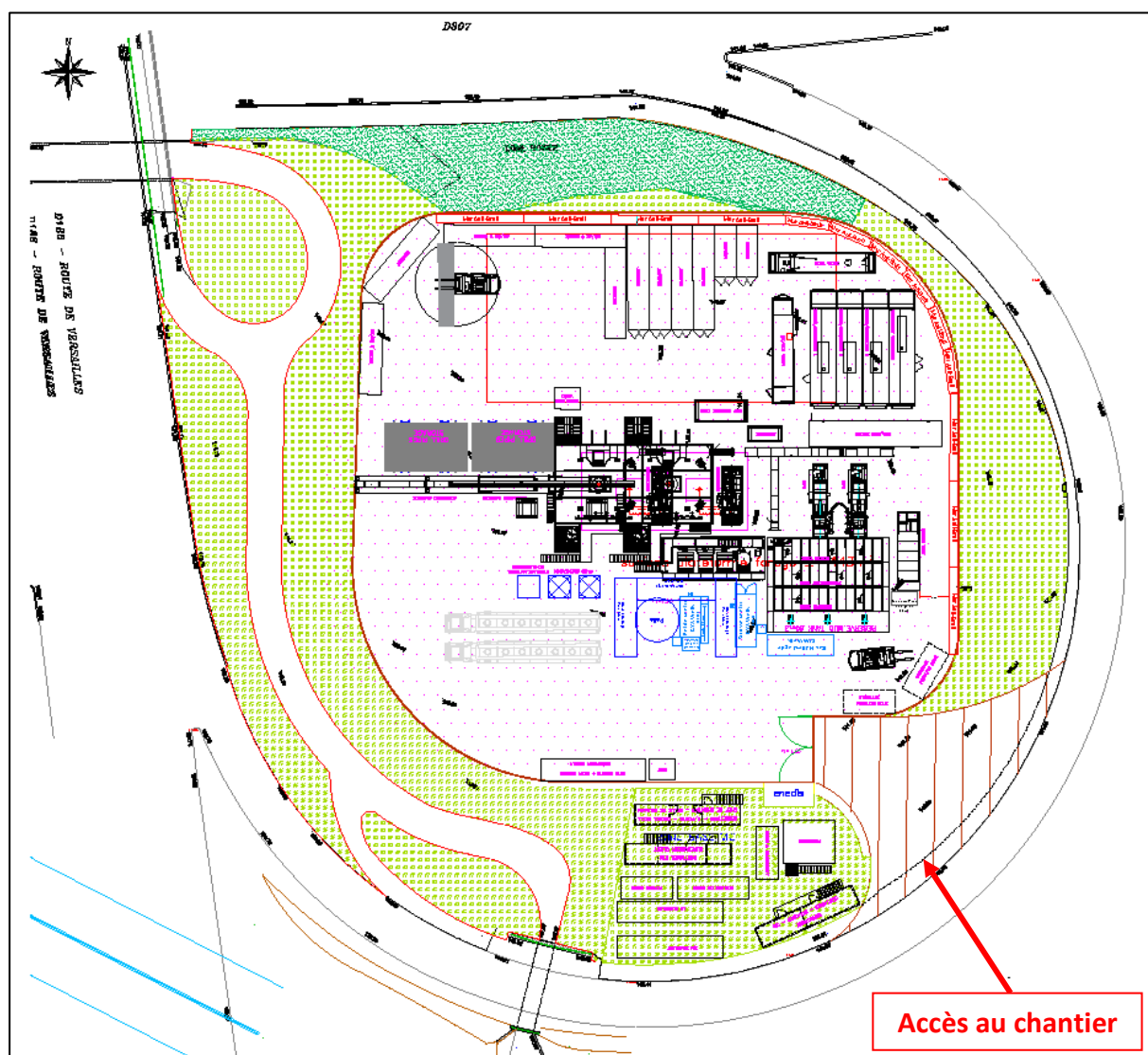


Figure 119 – Plan d'accès au chantier – boucle est – doublet GLCR1-GLCR2 (Source : SMP)

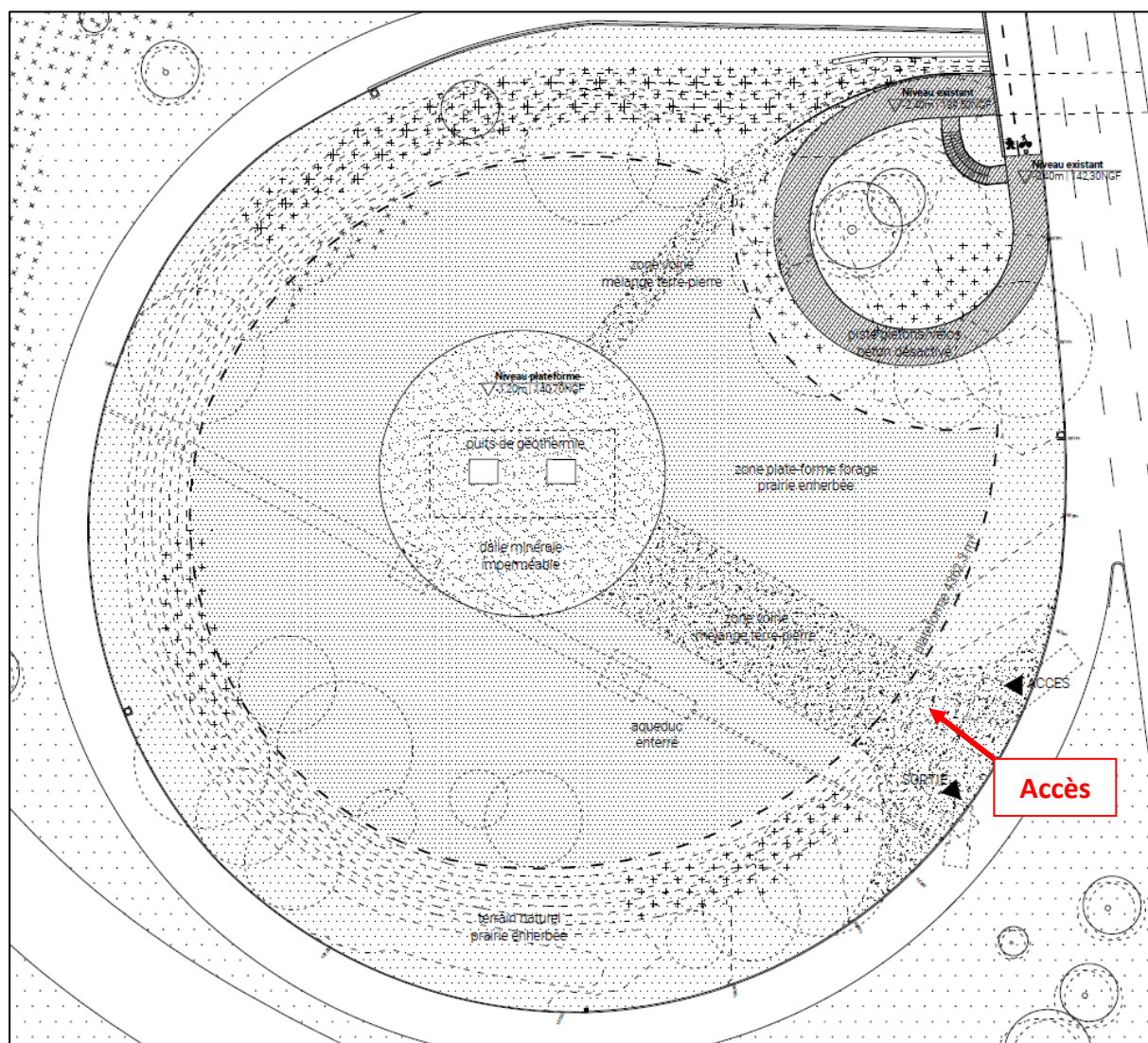


Figure 120 – Plan d'accès en phase exploitation – boucle ouest : site associé à la maintenance du doublet GLCR3-GLCR4
 (Source : ENGIE Solutions)

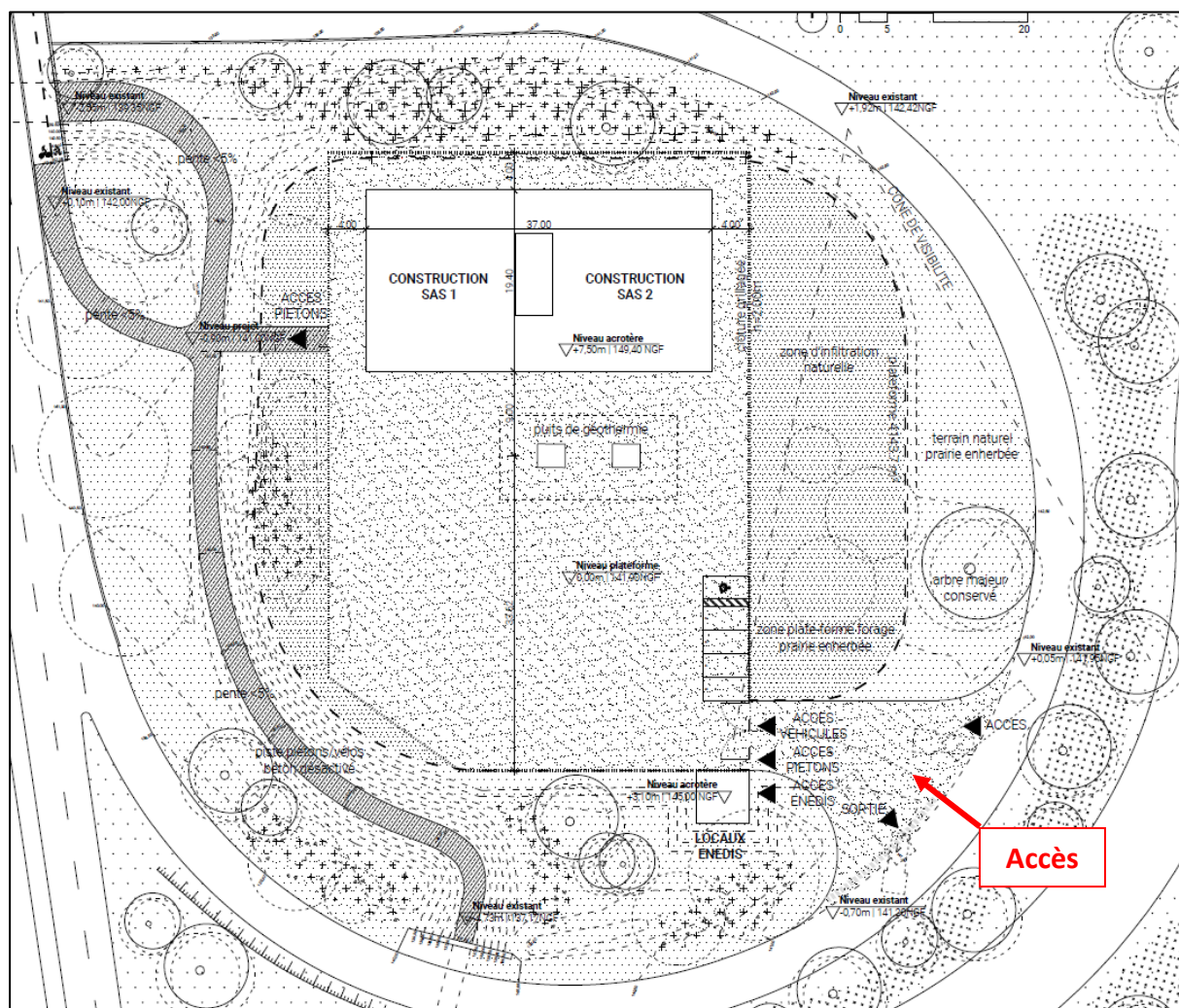


Figure 121 – Plan d'accès en phase exploitation – boucle est : site d'implantation du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et l'emprise associée à la maintenance du doublet GLCR1-GLCR2 (Source : ENGIE Solutions)

6.2.9. Risques naturels

D'après la consultation de la base de données Géorisques, la commune du Chesnay-Rocquencourt a fait l'objet de 7 arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophes naturelles dont 6 concernent des inondations et/ou coulées de boue (arrêté du 06/07/2020, du 15/06/2016, du 16/12/2005, du 06/08/2001, du 29/12/1999 et du 15/11/1994) et un concerne des mouvements de terrain (arrêté du 29 décembre 1999).

6.2.9.1. Mouvement de terrain

D'après Géorisques, aucun mouvement de terrain ou de cavité souterraine n'a été recensé sur la commune du Chesnay-Rocquencourt. La commune n'est pas non plus soumise à un PPRN Mouvements de terrain.

Le site n'est pas concerné par l'aléa retrait-gonflement des argiles.

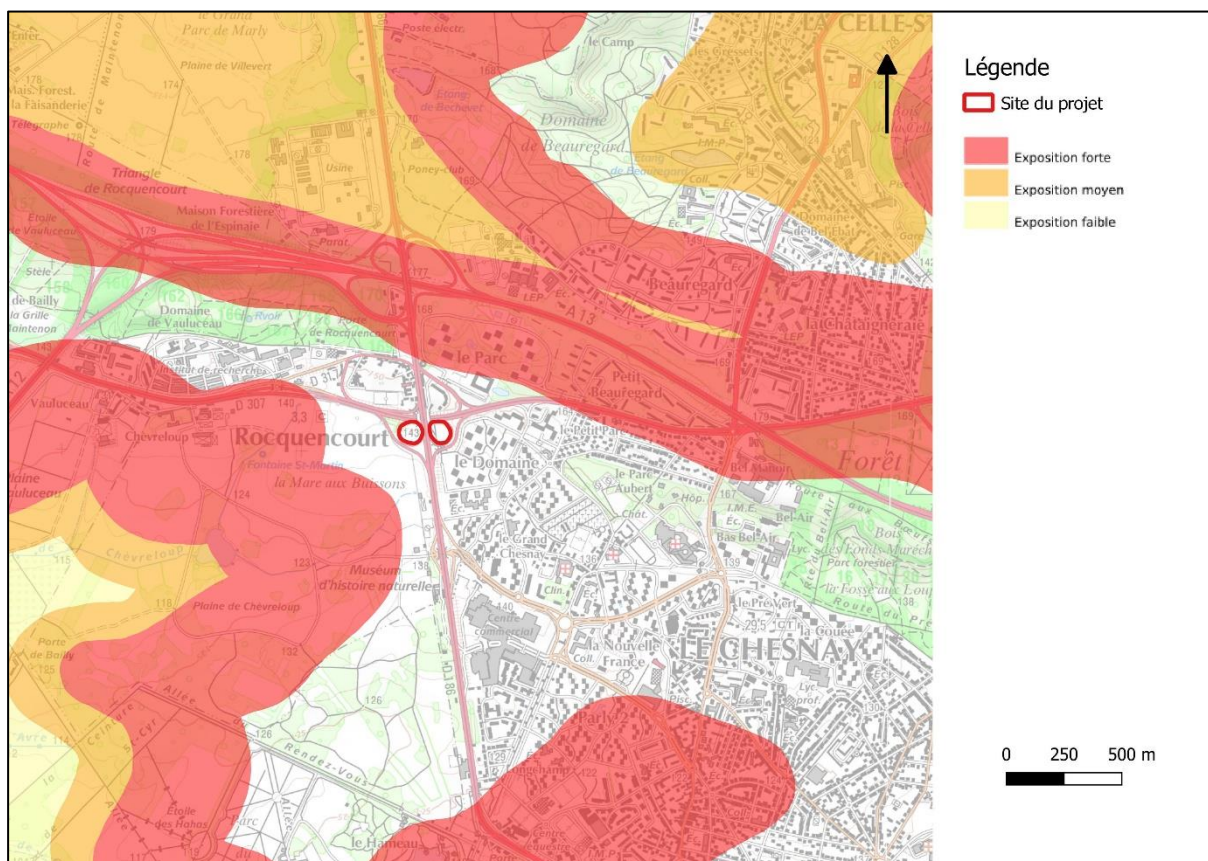


Figure 122 – Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles (Source : Géorisques.fr)

6.2.9.2. Sismicité

Pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la catégorie dite à « risque normal », le territoire national est divisé en 5 zones de sismicité croissante définies dans l'article R563-4 du Code de l'Environnement :

- Zone de sismicité 1 (très faible) ;
- Zone de sismicité 2 (faible) ;
- Zone de sismicité 3 (modérée) ;
- Zone de sismicité 4 (moyenne) ;
- Zone de sismicité 5 (forte).

La zone d'étude se situe en zone de sismicité 1 (cf. Figure 123), c'est-à-dire, en zone de sismicité très faible qui, selon le zonage sismique, ne désigne aucune prescription parasismique particulière pour les bâtiments à « risque normal ».

Un mémoire précisant les mesures mises en œuvre et celles envisagées pour connaître la géologie du sous-sol impactée par les travaux et comprendre les phénomènes naturels, notamment sismiques susceptibles d'être activés est disponible en Annexe 02.

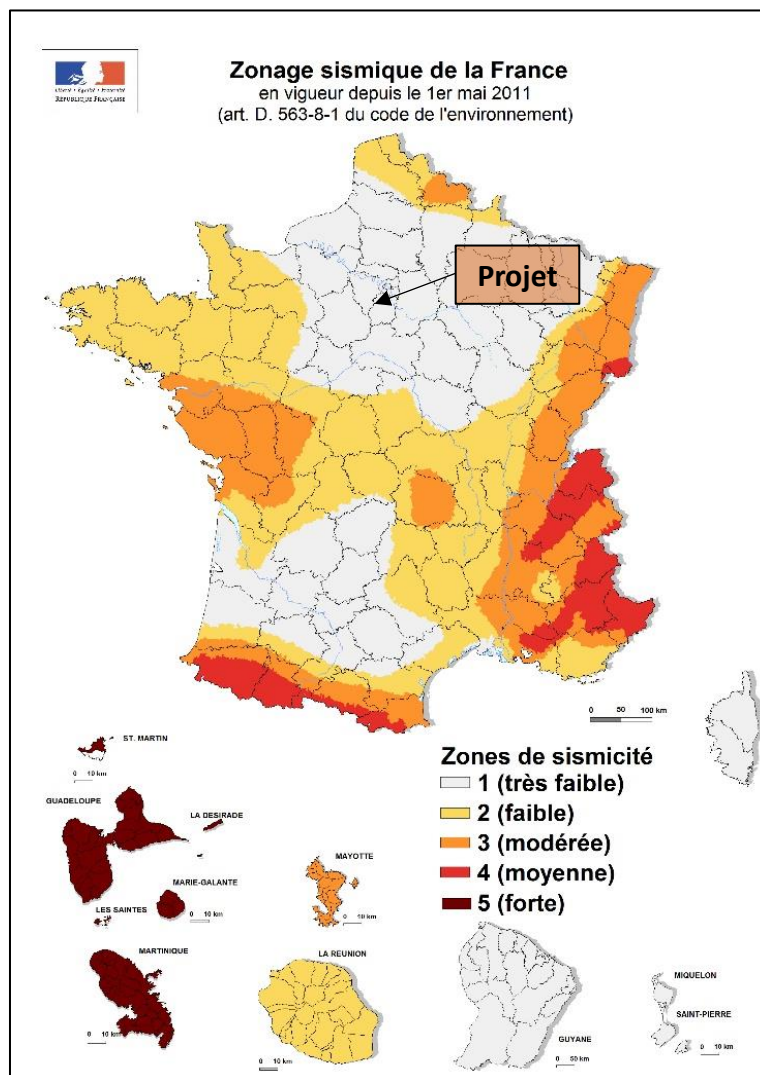


Figure 123 – Zonage sismique de la France (source : planseisme.fr)

6.2.9.3. Inondation

D'après Géorisques, trois événements historiques d'inondation sont recensés dans le département. La commune n'est pas non plus soumise à un PPRN Inondation. Elle ne fait pas l'objet d'un programme de prévention (PAPI) et n'est pas soumise à un territoire à risque important d'inondation (TRI).

6.2.10. Description de l'environnement naturel

6.2.10.1. Protection des espaces naturels

Les espaces naturels peuvent avoir différents statuts selon la nature des intérêts à préserver (faune, flore, biotope, zone humide, etc.), la taille des zones concernées et la sensibilité des espèces (niveau local, national ou international).

Dans un but de protection des espaces naturels, les pouvoirs publics ont mis en place depuis plus d'un siècle différents types d'outils juridiques :

- Inventaire patrimonial (ZNIEFF) ;
- Protection au titre d'un texte international ou européen (Aire spécialement protégée d'importance méditerranéenne, Réserve de biosphère, Sanctuaire pour les mammifères marins en Méditerranée, Zone humide d'importance internationale-Convention de Ramsar) ;
- Protection conventionnelle (Charte de pays, Convention de gestion de sites appartenant à l'Etat, Natura 2000, Opération grand site, Parc naturel régional, Protection par voie contractuelle) ;
- Protection réglementaire (Arrêté de protection de biotope, Cantonnement de pêche, Directive de protection et mise en valeur des paysages, Directive territoriale d'aménagement et de développement durable, Espace classé boisé, Forêt de protection, Parc national, Parc naturel marin, Préservation des zones humides - Loi sur l'eau, Réserve (nationale) de chasse et de faune sauvage, Réserve biologique (Réserve biologique intégrale/ Réserve biologique dirigée), Réserve de pêche, Réserve naturelle en Corse, Réserve naturelle nationale, Réserve naturelle régionale, Site classé, Site inscrit) ;
- Protection législative directe (Loi littoral, Loi montagne) ;
- Protection par la maîtrise foncière (Acquisition de terrains par préemption, Conservatoire du littoral, Conservatoires régionaux d'espaces naturels, Espace naturel sensible des départements, Fondations et Fonds de dotation).

6.2.10.2. **Inventaire des espaces naturels**

6.2.10.2.1. **Natura 2000**

Le réseau Natura 2000, constitué d'un ensemble de sites naturels, terrestres et marins, vise à assurer la survie à long terme des espèces et des habitats particulièrement menacés, à forts enjeux de conservation en Europe.

Ce réseau est fondé sur la mise en application de deux directives européennes :

- La directive Oiseaux 2009/147/CE du 30 novembre 2009 a pour objet la conservation de toutes les espèces d'oiseaux sauvages et définit les règles encadrant leur protection, leur gestion et leur régulation. Elle s'applique aux oiseaux ainsi qu'à leurs œufs, à leurs nids et à leurs habitats. Certaines espèces nécessitant une attention particulière afin d'assurer leur survie, font l'objet de mesures spéciales concernant leur habitat. Ces espèces, ainsi que les espèces migratrices dont la venue est régulière, sont protégées dans des sites Natura 2000 dits zones de protection spéciale (ZPS) ;
- La directive Habitats faune flore 92/43/CEE du 21 mai 1992 a pour objet la conservation des habitats naturels et de la faune et de la flore sauvages.

Aucun site Natura 2000 n'est présent dans la commune du Chesnay-Rocquencourt. Les sites Natura 2000 les plus proches du projet sont situés à environ 9 et 11 km au sud-ouest. Il s'agit respectivement du site Etang de Saint-Quentin référencé FR1110025 et du site Massif de Rambouillet et zone humides proches référencé FR1112011.

6.2.10.2.2. Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)

Une ZNIEFF est 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. Pour les définir, il faut la présence d'au moins deux espèces déterminantes.

On distingue deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type I, d'une superficie généralement limitée, 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 qui 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.

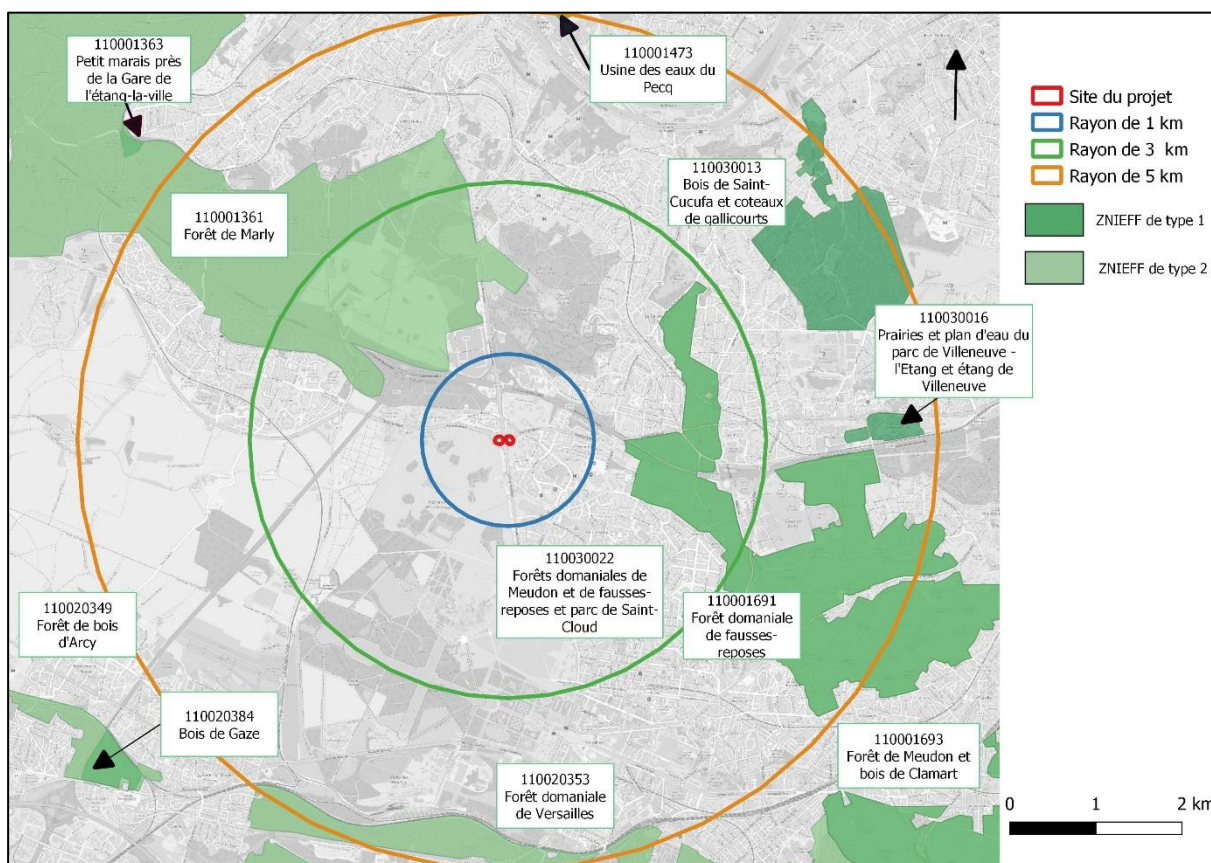


Figure 124 – Localisation des ZNIEFF à proximité du site étudié (Source : Inventaire National du Patrimoine Naturel)

D'après la Figure 124, aucune ZNIEFF n'est située dans un rayon de 1 km autour du site d'étude.

Les ZNIEFF de type I les plus proches sont les suivantes :

- « 110001691 – Forêt domaniale de Fausses-Reposes » située à environ 1,4 km à l'est du projet ;
- « 110030013 – Bois de Saint-Cucufa et coteaux de gallicourts » située à environ 3,7 km au nord-est du projet ;
- « 110030016 – Prairies et plan d'eau du parc de Villeneuve l'Etang et étang de Villeneuve » située à 3,9 km à l'est du projet.

Les ZNIEFF de type II les plus proches sont les suivantes :

- « 1100011361 – Forêt de Marly » située à environ 0,96 km au nord-ouest du projet ;
- « 110030022 – Forêts domaniales de Meudon et de fausses-reposes et parc de Saint-Cloud » située à environ 1,4 km à l'est du projet ;
- « 110020353 – Forêt domaniale de Versailles » située à environ 4,4 km au sud du projet.

6.2.10.2.3. Espaces naturels sensibles (ENS)

Source : Yvelines.fr, Hauts-de-Seine.fr

Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels ; mais également d'aménager ces espaces pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel.

Toutefois, l'accueil du public peut être limité dans le temps et/ou dans l'espace, voire être exclu, en fonction des capacités d'accueil et de la sensibilité des milieux ou des risques encourus par les personnes.

Les territoires ayant vocation à être classés comme Espaces Naturels Sensibles « doivent être constitués par des zones dont le caractère naturel est menacé et rendu vulnérable, actuellement ou potentiellement, soit en raison de la pression urbaine ou du développement des activités économiques et de loisirs, soit en raison d'un intérêt particulier, eu égard à la qualité du site, ou aux caractéristiques des espèces animales ou végétales qui s'y trouvent ».

D'après les cartes de localisation des ENS du département des Hauts-de-Seine, le site à l'étude est situé à proximité de plusieurs Espaces Naturels Sensibles (ENS) :

- Domaine départemental du Haras de Jardy situé à 2,8 km à l'est du projet,
- Forêt domaniale de Fausses-Reposes situé à 3,3 km au sud-est du projet,
- Coteau boisé de Garches situé à environ 4,1 km à l'est du projet,
- Parc départemental Casimir-Davaine situé à 4,5 km à l'est du projet.



Figure 125 – Carte de localisation des Espaces Naturels Sensibles (ENS) du département des Hauts-de-Seine situés à proximité du projet (Source : Hauts-de-Seine.fr)

6.2.10.2.4. Parcs Naturels Régionaux (PNR)

Les Parcs Naturels Régionaux (PNR) sont créés pour protéger et mettre en valeur de grands espaces ruraux habités. Peut être classé « Parc Naturel Régional » un territoire à dominante rurale dont les paysages, les milieux naturels et le patrimoine culturel sont de grande qualité, mais dont l'équilibre est fragile. Un Parc Naturel Régional s'organise autour d'un projet concerté de développement durable, fondé sur la protection et la valorisation de son patrimoine naturel et culturel.

Le site d'étude ne se trouve pas dans un PNR. Le PNR le plus proche est la « Haute-Vallée de Chevreuse » située à environ 9,4 km au sud-ouest du site d'étude (cf. figure ci-après).



Figure 126 – Localisation des Parcs naturels régionaux à proximité du site d'étude (Source : Inventaire National du Patrimoine Naturel)

6.2.10.2.5. Réserve naturelle nationale et régionale

Les réserves naturelles sont des espaces naturels protégeant un patrimoine naturel remarquable par une réglementation adaptée prenant également en compte le contexte local.

Depuis la loi 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, il existe 3 types de réserves naturelles :

- Les réserves naturelles nationales (anciennes réserves naturelles) créées et pilotées par l'Etat ;
- Les réserves naturelles régionales (pour certaines, d'anciennes réserves naturelles volontaires) créées et pilotées par la collectivité régionale ;
- Les réserves naturelles de Corse.

En France, les réserves naturelles sont fédérées au sein d'une association nationale : Réserves naturelles de France.

➤ Réserves naturelles nationales

La Région Île-de-France compte 4 réserves naturelles nationales (RNN) :

- La RNN de la Bassée (Seine-et-Marne) ;
- La RNN des Coteaux de la Seine (Yvelines/Val-d'Oise) ;
- La RNN de Saint Quentin en Yvelines (Yvelines) ;
- La RNN des Sites géologiques de l'Essonne (Essonne).

Aucune RNN n'est située dans un rayon de 5 km autour du site. La Réserve Naturelle Nationale la plus proche du projet est située à 8,4 km au sud-ouest du projet. Il s'agit de la Réserve Naturelle Nationale « Etangs et rigoles d'Yveline » (FR3600184).

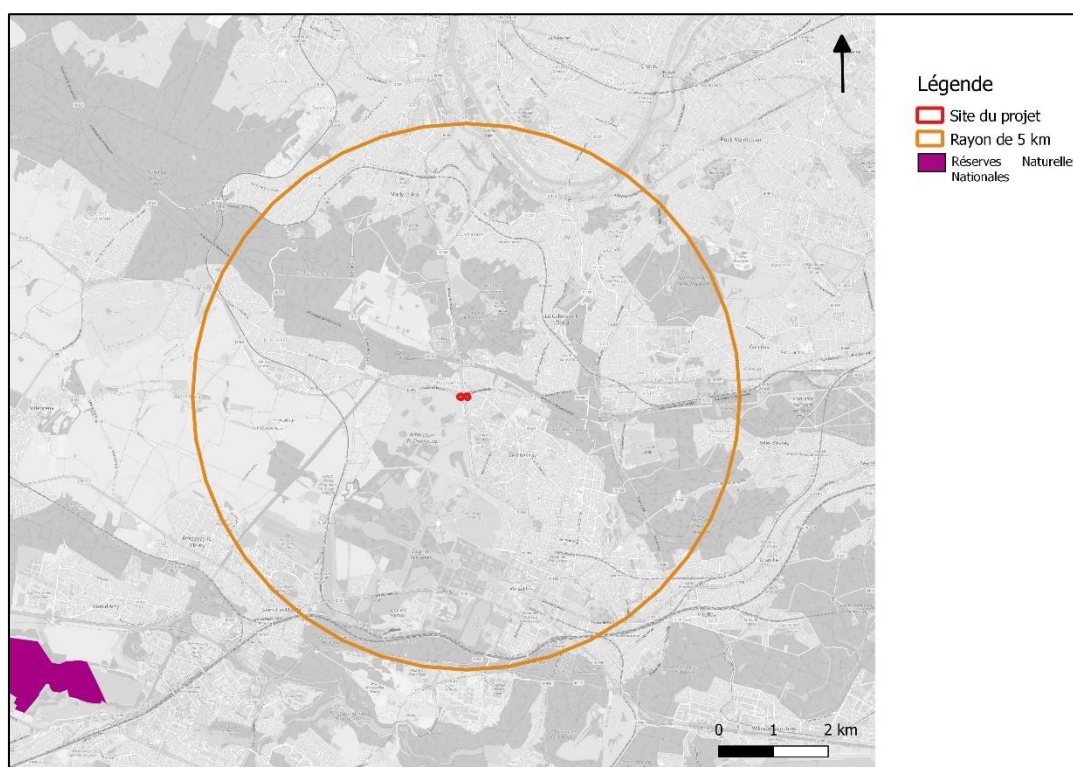


Figure 127 – Cartographie des réserves naturelles nationales répertoriées au plus proche du projet (Source : Infoterre)

➤ Réserves naturelles régionales

Il existe actuellement 12 RNR en Île-de-France :

- Bassin de la Bièvre ;
- Boucle de Moisson ;
- Bruyères de Sainte-Assise ;
- Étangs de Bonnelles ;
- Grand-Voyeux ;
- Îles de Chelles ;
- Marais de Larchant ;
- Marais de Stors ;
- Seiglats ;
- Site géologique de Limay ;

- Site géologique de Vigny-Longuesse ;
- Val et coteau de Saint-Rémy.

Aucune RNR n'est située dans un rayon de 5 km autour du site.

6.2.10.2.6. Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB)

L'arrêté préfectoral de protection de biotope (APPB) est un outil réglementaire visant à prévenir la disparition d'espèces protégées. Ainsi, le préfet de département peut réglementer des activités susceptibles de porter atteinte à la conservation de ce biotope.

Le terme biotope vise les mares, marécages, marais, haies, bosquets, landes, dunes, pelouses ou toutes autres formations naturelles, peu exploitées par l'homme.

Les interdictions ou réglementations peuvent concerner diverses activités comme le dépôt de déchets, l'introduction de végétaux ou d'animaux, le brûlage ou le broyage de végétaux, l'épandage de produits phytosanitaires, etc.

L'Île-de-France compte une trentaine d'arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB), qui concernent des milieux divers, tels que des zones humides, des coteaux calcaires, d'anciennes carrières, des milieux boisés, etc.

Aucun APPB n'est présent dans l'aire d'étude de 5 km autour du site.

6.2.10.2.7. Espaces Boisés Classés (EBC)

Le classement d'un boisement en Espace Boisé Classé est défini par le Plan Local d'Urbanisme de la commune. Il vise la protection de bois, forêts, parcs, haies, arbres isolés présentant un intérêt écologique. Sur ces boisements, tout changement d'affectation du sol compromettant leur conservation est interdit selon l'Article L 113-2 du code de l'urbanisme.

D'après le P.L.U de la commune du Chesnay-Rocquencourt, les deux boucles de l'échangeur sur lesquelles seront implantés les installations ne sont pas situées sur un EBC.

6.2.10.2.8. Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)

Les ZICO sont des sites d'intérêt majeur qui hébergent des effectifs d'oiseaux sauvages jugés d'importance communautaire.

Suite à l'adoption de la Directive européenne dite « Directive Oiseaux » (1979), chaque pays de l'Union européenne a été chargé d'inventorier les ZICO sur son territoire et d'y assurer la surveillance et le suivi des espèces. En France, cet inventaire, publié en 1994, a été conduit par la Ligue pour la Protection des Oiseaux et le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), pour le compte du Ministère chargé de l'Environnement.

Aucune ZICO n'est située dans un rayon de 5 km autour du site. La plus proche se trouve à environ 34,5 km à l'ouest du site d'étude. Il s'agit de la ZICO « Boucle de Moisson », d'une superficie de 10 508 ha.

6.2.10.2.9. Zones humides : convention de Ramsar

Les zones humides ont un rôle important dans la préservation de la ressource en eau. Elles constituent un patrimoine naturel caractérisé par une grande diversité biologique qui contribue à une gestion équilibrée de la ressource en eau. Par ces fonctions, elles contribuent à l'atteinte du bon état des masses d'eau. Cependant, mal connues, mal identifiées, elles sont fortement menacées.

Leur superficie et leur qualité ont fortement diminué dans les 30 dernières années. Elles nécessitent à ce titre la mise en place d'une politique de protection et de restauration ambitieuse.

En 1986, la France a ratifié la convention de Ramsar, convention mondiale relative aux zones humides.

En 2008, à la suite de la 10^{ème} conférence des Parties Ramsar en Corée, la France a souhaité relancer une dynamique et redonner de la visibilité à ces milieux trop souvent méconnus.

Dans le prolongement, le ministère du Développement durable a élaboré un plan national d'actions pour les zones humides, avec l'appui d'un groupe de travail rassemblant l'ensemble des parties prenantes.

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'Île-de-France, la DIREN a lancé en 2009 une étude visant à consolider la connaissance des secteurs potentiellement humides de la région. Cette étude a abouti à une cartographie de synthèse qui partitionne la région en cinq classes selon la

probabilité de présence d'une zone humide et le caractère de la délimitation qui conduit à cette analyse.

En 2021, les classes de probabilités ont évolué. Les classes 1 et 2 définies en 2010 ont été regroupées en une seule classe : la classe A. La répartition actualisée des classes est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 20 – Classification des zones humides de l'Île-de-France (Source : DRIEAT)

Classe	Type d'information
Classe A	<p>Zones humides avérées dont le caractère humide peut être vérifié et les limites à préciser :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zones humides délimitées par des diagnostics de terrain selon un ou deux des critères et la méthodologie décrits dans l'arrêté du 24 juin 2008 ; • Zones humides identifiées selon les critères et la méthodologie de l'arrêté du 24 juin 2008, mais dont les limites n'ont pas été définies par des diagnostics de terrain (photo-interprétation) ; • Zones humides identifiées par des diagnostics de terrain, mais à l'aide de critères et/ou d'une méthodologie différente de ceux de l'arrêté du 24 juin 2008.
Classe B	Probabilité importante de zones humides, mais le caractère humide et les limites restent à vérifier et à préciser.
Classe C	Enveloppe en dehors des masques des 2 classes précédentes, pour laquelle soit il manque des informations, soit des données indiquent une faible probabilité de présence des zones humides.
Classe D	Non humides : plan d'eau et réseau hydrographique

Le site du projet n'est pas identifié comme une zone humide d'après la figure ci-après.

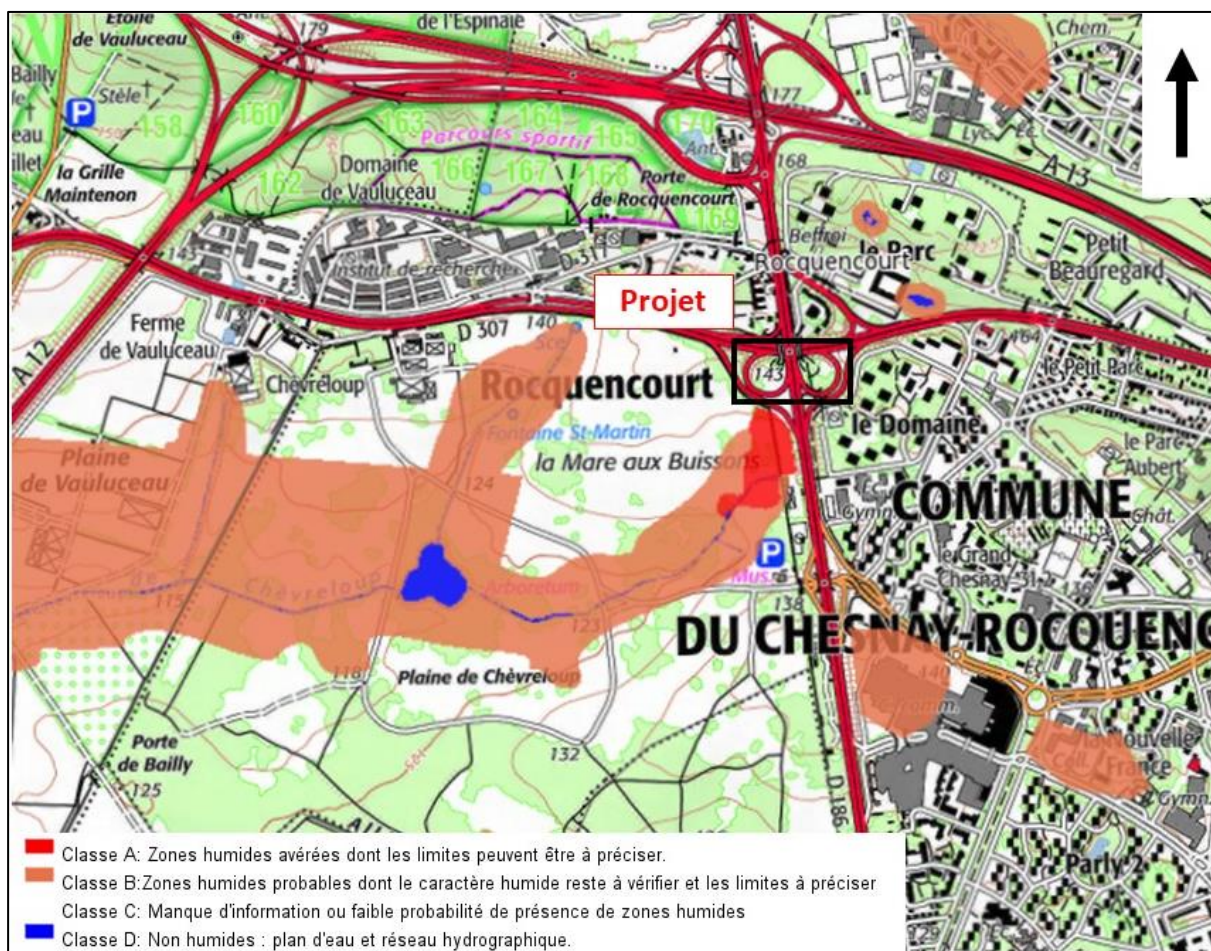


Figure 128 – Identification des enveloppes d'alerte zone humide à proximité du projet (Source : DRIEAT)

La zone humide la plus proche est une zone humide de Classe A qui se trouve au niveau de l'Arboretum de Versailles – Chèvreloup.

De plus, aucun site Ramsar n'est situé en Ile-de-France.

Un pré-diagnostic écologique a été réalisé en janvier 2023 par l'entreprise OTE Ingénierie (rapport complet disponible en Annexe 16).

Quatre sondages pédologiques ont été réalisés à la tarière manuelle au niveau des boucles est et ouest. Les photographies des sondages sont disponibles en Annexe 16.

L'étude des sondages permet de conclure sur la présence de sols sableux / argileux ne présentant aucune caractéristique de zones humides.

De même, le caractère anthropisé de la zone d'étude, les espèces végétales et les habitats présents sur la zone ne permettent pas de définir le caractère humide des sols.

Ainsi, aucune zone humide n'a été identifiée sur la zone du projet.

6.2.10.2.10. La trame verte et bleue (TVB)

La fragmentation des milieux naturels et leur destruction, notamment par l'artificialisation des sols et des cours d'eau sont parmi les premières causes de perte de la biodiversité. La trame verte et bleue a pour objectif d'enrayer ce phénomène tout en prenant en compte les activités humaines.

La trame verte et bleue est un réseau écologique formée d'espaces naturels terrestres et aquatiques en relation les uns avec les autres nommés « continuités écologiques ». Elle doit permettre aux espèces animales et végétales de se déplacer pour assurer leur cycle de vie (nourriture, repos, reproduction, migration, etc.). Les continuités écologiques sont elles-mêmes constituées de « réservoirs de biodiversité » qui correspondent à des espaces naturels de taille suffisante ayant un rôle écologique reconnue et reliés entre eux par des « corridors écologiques ».

Le schéma régional de cohérence écologique (SRCE), co-élaboré par l'État et le conseil régional, est le volet régional de la trame verte et bleue. Le SRCE d'Île-de-France a été approuvé le 26 septembre 2013.

D'après la cartographie des composantes de la TVB de la région Île-de-France, le projet n'est pas situé dans un réservoir de biodiversité (cf. Figure 129). Le projet est situé dans une zone de boisement et de formations herbacées. Aucun élément fragmentant ne traverse le site. Légèrement plus au nord du projet, entre la départementale D307 et l'autoroute A13, se trouve un corridor à fonctionnalité réduite entre les réservoirs de biodiversité et un obstacle des corridors arborés.

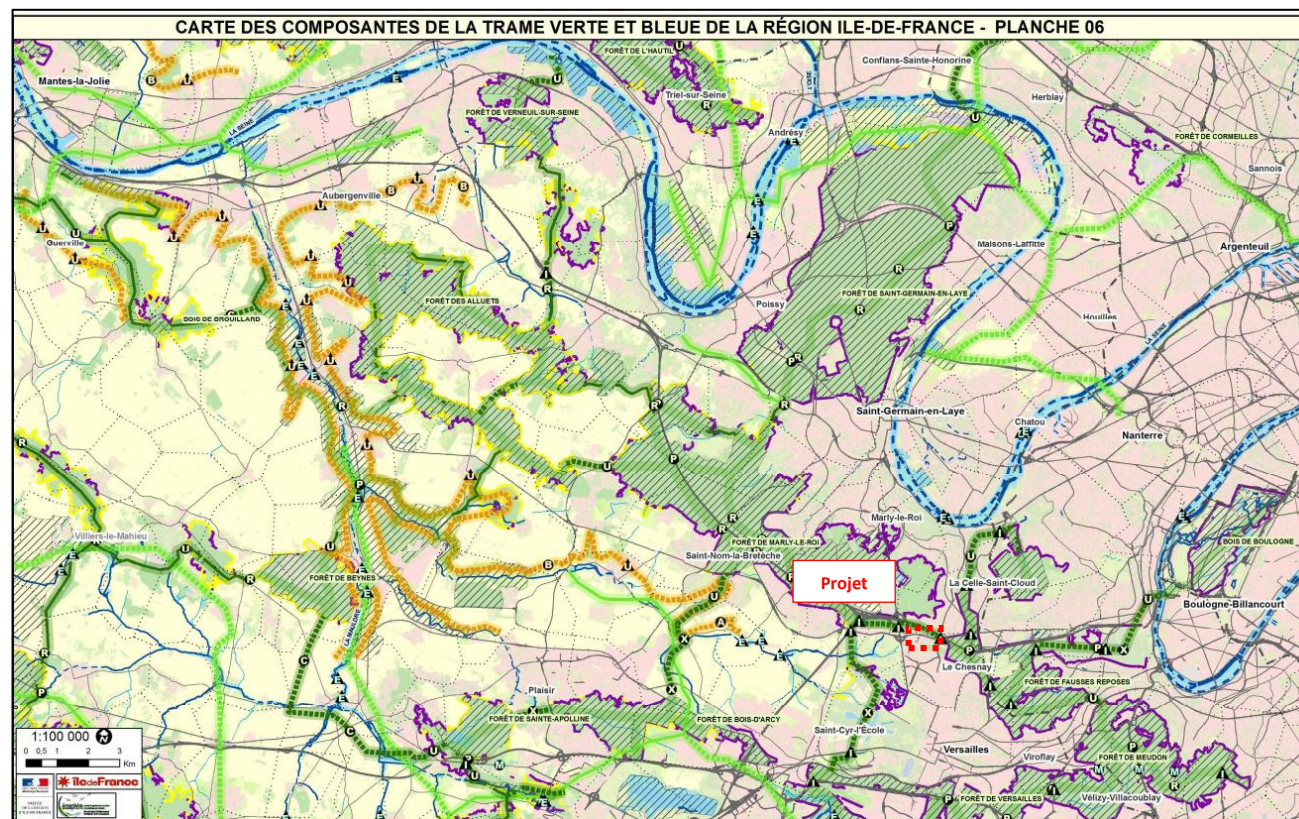


Figure 129 – Extrait de la carte des composantes de la TVB de la région Île-de-France (Source : SRCE Île-de-France, planche 06 sud-ouest)

Ainsi, aucun site Natura 2000, PNR, RNN, RNR, APPB, ZICO n'est présent dans un rayon de 5 km autour du projet. De plus, le projet n'est pas situé sur des EBC et aucune enveloppe d'alerte zones humide n'a été identifiée.

3 ZNIEFF de type I et 3 ZNIEFF de type II sont situées dans un périmètre de 5 km autour du projet.

4 ENS sont identifiées dans un rayon de 2,8 à 4,5 km autour du projet.

6.2.10.3. Diagnostic écologique du secteur d'étude

Les informations présentées dans cette partie sont issues de l'étude de la faune et de la flore de la commune du Chesnay-Rocquencourt présentée dans le PLU de l'ancienne commune de Rocquencourt.

Le territoire communal est riche en termes d'espèces faunistiques et floristiques. Selon les données de l'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel), la commune compte 1104 espèces animales et végétales.

6.2.10.3.1. La faune

La faune dans la commune du Chesnay-Rocquencourt est constituée par 190 groupes dont (source : inpn.mnhn.fr) :

- 3 Amphibiens (Crapaud commun, triton palmé, grenouille rieuse) ;
- 9 Arachnides (dont Epeire de velours, misumène variable, thomise tricolore, pisaure admirable) ;
- 89 Oiseaux dont les Passeriformes sont les plus représentatifs. La plupart des oiseaux sont protégées au niveau national ;
- 68 Insectes (coléoptères, hémiptères, hyménoptères, lépidoptère, coléoptères, orthoptères, etc.) ;
- 9 Gastéropodes (escargots et limaces) ;
- 9 mammifères (hérissons d'Europe, tapue d'Europe, pipistrelle commune, chevreuil européen, écureuil roux, campagnol des champs, mulot sylvestre, ragondin, lapin de garenne) ;
- 3 squamates (L'orvet fragile, le lézard des murailles et la couleuvre helvétique).

L'environnement végétal constitue une sorte de biotope pouvant servir de refuge et de lieu de reproduction à la faune urbaine composée principalement d'oiseaux, mais aussi de petits animaux (insectes, rongeurs et autres anthropophiles cohabitant avec l'Homme).

Un pré-diagnostic écologique a été réalisé en janvier 2023 par l'entreprise OTE Ingénierie (rapport complet disponible en Annexe 16).

Des relevés écologiques ont été réalisés sur site. Le passage du 12 janvier 2023 a dénombré la présence de :

- 4 espèces d'oiseaux (3 espèces cavicoles et une espèce qui niche en hauteur dans les houppiers des arbres) ;
- Aucune espèce de mammifère terrestre ;
- Plusieurs arbres à cavités pouvant être utilisés par les Chiroptères lors de la période estivale ;

- Aucune espèce d'amphibien ;
- Aucune espèce de reptile ;
- Aucune espèce d'insecte.

La synthèse des enjeux écologiques associés à la faune dans la zone d'étude en période hivernale est disponible dans le tableau ci-après.

Tableau 21 – Synthèse des enjeux écologiques associés à la faune de la zone d'étude en période hivernale (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingenierie – Annexe 16)

		FAUNE INVERTEEBREE		
		Oiseaux	Mammifères terrestres	Chiroptères
Diversité spécifique				
Habitats	X23 – Grands parcs non domestiques	Très faible	Nul	Nul

		Enjeu retenu					
		Amphibiens	Reptiles	Odonates	Rhopalocères	Orthoptères	Enjeu retenu
Diversité spécifique							
Habitats	X23 – Grands parcs non domestiques	Nul	Nul	Nul	Nul	Nul	Très faible

L'enjeu retenu dans la zone du projet est donc très faible.

6.2.10.3.2. Les habitats naturels

Le PLU de Rocquencourt indique qu'il existe plusieurs espaces naturels à proximité du projet, notamment :

➤ La forêt de Marly :

La forêt de Marly est une forêt domaniale de 2 000 hectares. Elle constitue le reliquat d'un immense massif boisé aujourd'hui fractionné qui ceinturait la région parisienne et réunissait les forêts de Marly, Saint-Germain, Rambouillet, Compiègne et Fontainebleau. Elle s'étend sur environ 12 km d'est en ouest sur plusieurs communes. Elle coupe environ 25 ha du territoire de l'ancienne commune de Rocquencourt. Elle est gérée par l'Office National des Forêts.

Elle est constituée de peuplement très varié comprenant des chênes rouvres (environ 50% de la surface en futaie ou en taillis sous futaie), des châtaigniers et hêtres. Une partie de la forêt est identifiée en tant que ZNIEFF de type 2.

➤ L'arboretum de Chèvreloup :

L'arboretum nationale de Chèvreloup est un établissement rattaché au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Il est implanté dans un domaine de 200 hectares, ce qui représente 2/3 du territoire de l'ancienne commune de Rocquencourt. L'arboretum rassemble une collection de 2 700 espèces et variétés d'arbres. Des serres botaniques et des serres horticoles y sont également présentes.

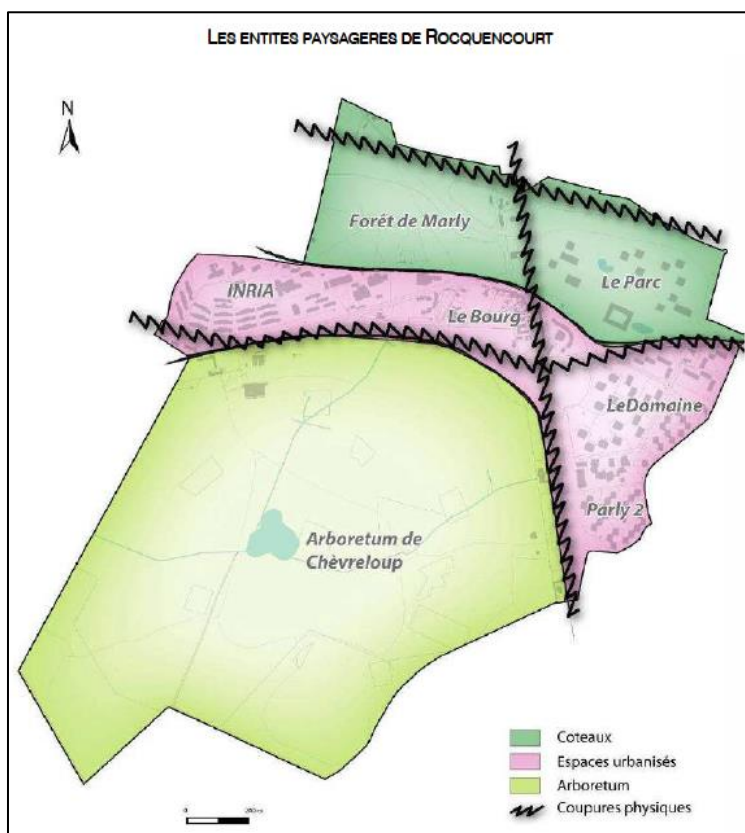


Figure 130 – Entités paysages de Rocquencourt (Source : Diagnostic état initial environnement – PLU Rocquencourt)

Un pré-diagnostic écologique a été réalisé en janvier 2023 par l'entreprise OTE Ingénierie (rapport complet disponible en Annexe 16).

L'aire d'étude prend place dans un parc au Nord-Ouest de la ville du Chesnay-Rocquencourt. Cet espace aménagé permet d'assurer la mobilité des piétons et cyclistes au sein de l'espace urbain.

Aucune espèce végétale d'intérêt communautaire n'a été observée sur cette zone. Un arbre remarquable a été identifié à l'Est de la zone d'étude, il s'agit d'un Séquoia géant présentant de nombreuses caractéristiques favorables à la biodiversité (taille, nombreuses cavités, ...).

L'enjeu habitat retenu dans la zone du projet est donc très faible.

6.2.10.3.3. La flore

La commune du Chesnay-Rocquencourt compte au moins une centaine de familles de plantes. Les familles les plus représentatives sont celles des astéracées (80 taxons), des poacées (79 taxons), rosacées (62 taxons). Elle compte également des espèces à enjeux prioritaires.

Un pré-diagnostic écologique a été réalisé en janvier 2023 par l'entreprise OTE Ingénierie (rapport complet disponible en Annexe 16).

Des relevés écologiques ont été réalisés sur site. Le passage du 12 janvier 2023 a permis d'identifier différentes espèces.

➤ La flore commune

Les espèces identifiées sur le site d'étude sont listées dans le tableau ci-après.

Tableau 22 – Espèces identifiées au sein de la zone d'étude (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingénierie – Annexe 16)

Nom commun	Nom scientifique	Protection Régionale	Protection Nationale	Liste Rouge Ile-de-France	Liste Rouge Nationale	Habitat X23
Érable plane	<i>Acer platanoides</i>	-	-	-	-	X
Cerfeuil commun	<i>Anthriscus cerefolium</i>	-	-	-	-	X
Ronce commune	<i>Rubus fruticosus</i>	-	-	LC	-	X
Pin sylvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	-	-	-	-	X
Ail des vignes	<i>Allium vineale</i>	-	-	LC	-	X
Cèdre de l'Atlas	<i>Cedrus atlantica</i>	-	-	-	-	X
Ficaire	<i>Ficaria verna</i>	-	-	-	-	X
Séquoia géant	<i>Sequoiadendron giganteum</i>	-	-	-	-	X
Oléastre épineux	<i>Elaeagnus pungens</i>	-	-	-	-	X

Liste rouge : La Liste rouge de la Flore vasculaire d'Ile de France. Document PDF. DD = données insuffisantes ; NT = quasi-menacé ; VU = vulnérable ; EN = en danger ; CR et CR* : en danger critique d'extinction – présumé éteint

Aucune espèce protégée ou menacée n'a été identifiée au sein de la zone d'étude.

➤ La flore remarquable

Un arbre remarquable (Séquoia géant) est localisé à l'Est de la zone d'étude (cf. Figure 131).



Figure 131 – Localisation du Séquoia géant sur le secteur d'étude (*Sequoiadendron giganteum*) (Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingénierie – Annexe 16)

Aucune espèce végétale menacée ou protégée en région Île de France à l'échelle nationale n'a été répertoriée sur le site.

➤ Les espèces invasives ou envahissantes

Aucune espèce dite « Plantes Exotiques Envahissantes » d'Île-de-France n'a été identifiée sur le site d'étude.

La synthèse des enjeux écologiques associés à la flore et aux habitats dans la zone d'étude en période hivernale est disponible dans le tableau ci-après.

Tableau 23 – Synthèse des enjeux écologiques associés à la flore et aux habitats dans la zone d'étude en période hivernale
(Source : Pré-diagnostic écologique – OTE Ingenierie – Annexe 16)

		VEGETATION		Enjeu retenu
		Habitats	Flore	
Diversité spécifique				
Habitats	X23 – Grands parcs non domestiques	Très faible	Très faible	Très faible

L'enjeu retenu dans la zone du projet est donc très faible.

6.2.11. Description de l'environnement humain

La commune du Chesnay-Rocquencourt appartient à la communauté d'agglomération « Versailles Grand Parc » regroupant 18 communes. La superficie de son territoire s'élève à 12 400 ha et sa population compte 268 545 habitants (recensement INSEE 2019) soit une densité de 2 173 hab/km².

Le projet sera implanté sur deux terrains appartenant à la commune du Chesnay-Rocquencourt. Le bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et le doublet GLCR1 – GLCR2 seront situés au niveau de l'échangeur est reliant les routes départementales D186 et D307. Un second doublet sera installé sur la boucle ouest de l'échangeur et relié via 2 canalisations passant sous la route de Versailles, au niveau de la piste cyclable, pour rejoindre le bâtiment de géothermie situé sur la boucle est. Dans un rayon de 1 km autour du projet, le territoire est occupé par :

- Au nord-ouest, l'institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (Inria) et une zone résidentielle ;
- Au sud-ouest, l'arboretum de Chèvreloup ;
- Au nord-est, le parc de Rocquencourt et des résidences privés, quelques commerces et un complexe sportif ;
- Au sud-est, des résidences, hôpitaux, commerces, cimetières, parcs etc.

Les principaux établissements recevant du public sont localisés sur la Figure 132, ils comprennent :

- **Au nord-ouest :**
 - Un centre sportif et de loisir à 517 m,
 - Une maison de retraite à 319 m,
- **Au nord-est :**
 - Un complexe sportif à 725 m,
 - Un établissement de culte à 995 m,
 - Un lycée et une école primaire à 766 m,
- **A l'est :**
 - Une mairie déléguée à 360 m,
- **Au sud-est :**
 - Deux écoles primaire et maternelle à 304 m et à 910 m,
 - Un théâtre à 314 m,
 - Un gymnase à 304 m,
 - Un centre commercial à 700 m,
 - Des banques à 734 m,
 - Un hôpital privé à 790 m.

Plusieurs habitations se trouvent dans un rayon de 1 km autour du projet. Les habitations les plus proches sont situées à 200 m à l'est du doublet GLCR3 – GLCR4 et 100 m à l'est du projet d'implantation du bâtiment des deux centrales géothermiques et du doublet GLCR1 – GLCR2.

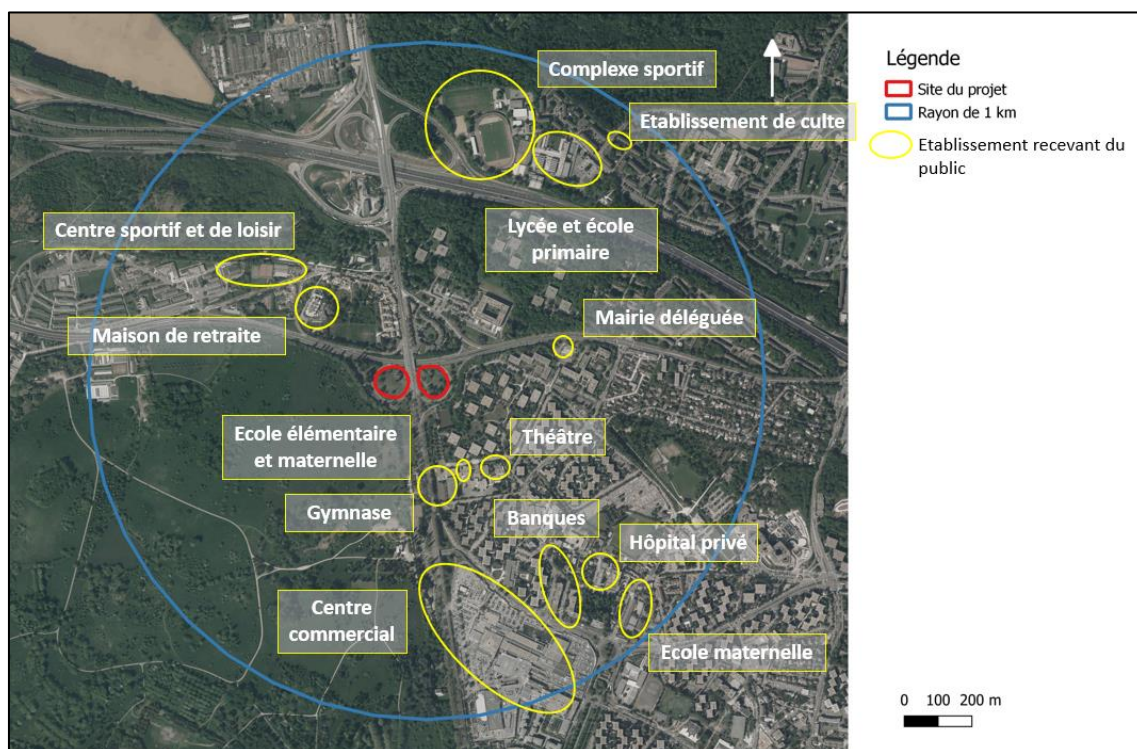


Figure 132 – Localisation des principaux ERP (Etablissement recevant du public) à proximité du projet (Source : Géoportail)

6.2.12. Risques industriels

La commune du Chesnay-Rocquencourt n'a pas de plan de prévention des risques technologiques.

Les données Géorisques précisent qu'il existe une canalisation de matières dangereuses acheminant du gaz naturel. Celle-ci est située à proximité immédiate du site. Les plans des réseaux transmis à la suite des DT/DICT seront étudiés avec précision pour éviter tout dommage.

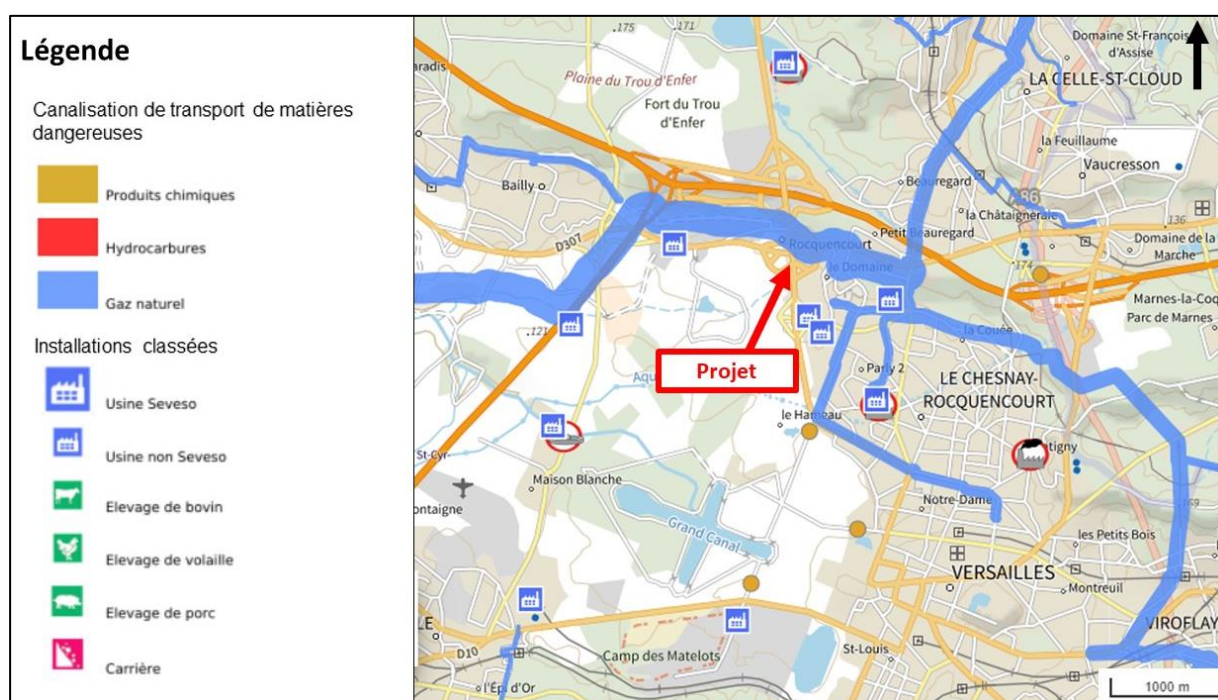


Figure 133 – Cartes des risques industriels à proximité du site (source : Géorisques.fr)

6.2.13. Servitudes d'urbanisme

6.2.13.1. Plan local d'urbanisme

Le Plan local d'urbanisme (P.L.U) de la commune de Rocquencourt, définissant les servitudes et règles générales d'utilisation des terrains de la commune, a été approuvé par délibération du Conseil Municipal en date du 19 décembre 2011 et modifié le 18 juin 2018.

Les deux PLU adoptés antérieurement à la fusion des communes historiques Le Chesnay et Rocquencourt restent applicables, chacun sur leur territoire respectif. Le service Urbanisme de la mairie du Chesnay Rocquencourt indique qu'à ce jour aucune procédure n'a été lancée pour établir un nouveau PLU sur la commune nouvelle.

➤ Boucle ouest :

Le projet de plateforme contenant le doublet GLCR3 – GLCR4 est situé au niveau de la boucle ouest. Cette boucle est située en zone N « zone naturelle » correspondant à la zone couvrant des espaces naturels ou forestiers, équipés ou non qui, compte tenu soit de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt, soit de l'existence d'une exploitation forestière, soit de leur caractère d'espaces naturels, doivent être préservés (article R.123-8 du Code de l'Urbanisme). Elle comprend les espaces suivants : l'arboretum de Chèvreloup et la forêt de Marly de part et d'autre de l'A13.

Dans le règlement du PLU de la commune il est précisé pour cette zone les éléments suivants :

- **Article N1 : Les occupations et utilisations du sol interdites :**

- « Les installations et constructions nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif à l'exception de celles visées à l'article 2, [...] »
- Les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation préalable ou à déclaration,
- Les affouillements et exhaussements des sols non nécessaires à l'acte de construire, [...] »

- **Pour l'ensemble des articles N6 à N13 il est indiqué que :**

« En dehors des secteurs Na, Nt et Ns, la zone N est inconstructible. [...] »

➤ Boucle est :

Le site du projet d'implantation du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et d'implantation du doublet GLCR1 – GLCR2 est situé en zone UR (cf. Figure 134) correspondant à « une zone de grands ensembles résidentiels du territoire » et plus particulièrement en zone d'espaces paysagers inconstructibles au titre de l'article L.151-23 du Code de l'Urbanisme. Dans l'article UR 13 du règlement du PLU de la commune de Rocquencourt, précisant les obligations imposées aux constructeurs en matière de réalisation d'espaces libres et de plantations, il est précisé les éléments suivants :

- **Article 13-1 Analyse paysagère du site :**
- *« Les projets de constructions doivent être étudiés en tenant compte d'une analyse paysagère du site (le terrain et son environnement) en respectant le principe de la conservation au maximum des éléments paysagers et plantations d'intérêt, en particulier les arbres. Les arbres ne nécessitant pas d'être abattus pour la réalisation de la construction doivent être préservés sauf impossibilité technique ou si leur suppression est rendue nécessaire pour la sécurité des personnes et des biens. »*
- **Article 13-2 Dispositions générales : 13-2-1 Les espaces libres**
- *« Les espaces paysagers existants à la date d'approbation du règlement (le 19/12/11) doivent être conservés ;*
- *Les espaces végétalisés sur dalle doivent comporter au moins 0,30 mètre d'épaisseur de terre végétale comportant tous les composants techniques nécessaires à la création et au maintien d'un espace vert de qualité ;*
- *Un arbre est imposé pour 200 m² d'espaces libres (arbre existant conservés ou à planter). Le nombre minimal est arrondi au nombre entier supérieur. Les arbres doivent être plantés dans un espace de pleine terre au moins égal à un carré de 1,50 mètre. »*

Les services de la ville du Chesnay-Rocquencourt ont été approchés le 7/11/2022 afin d'évaluer la conformité du projet au Plan Local d'Urbanisme. Les parties concernées ont affirmé la nécessité de modifier le PLU en place pour que le projet puisse se réaliser. La commune, sa direction de l'urbanisme, ENGIE et Antea Group mettent actuellement au point la procédure adéquate pour procéder aux modifications dans le temps imparti.

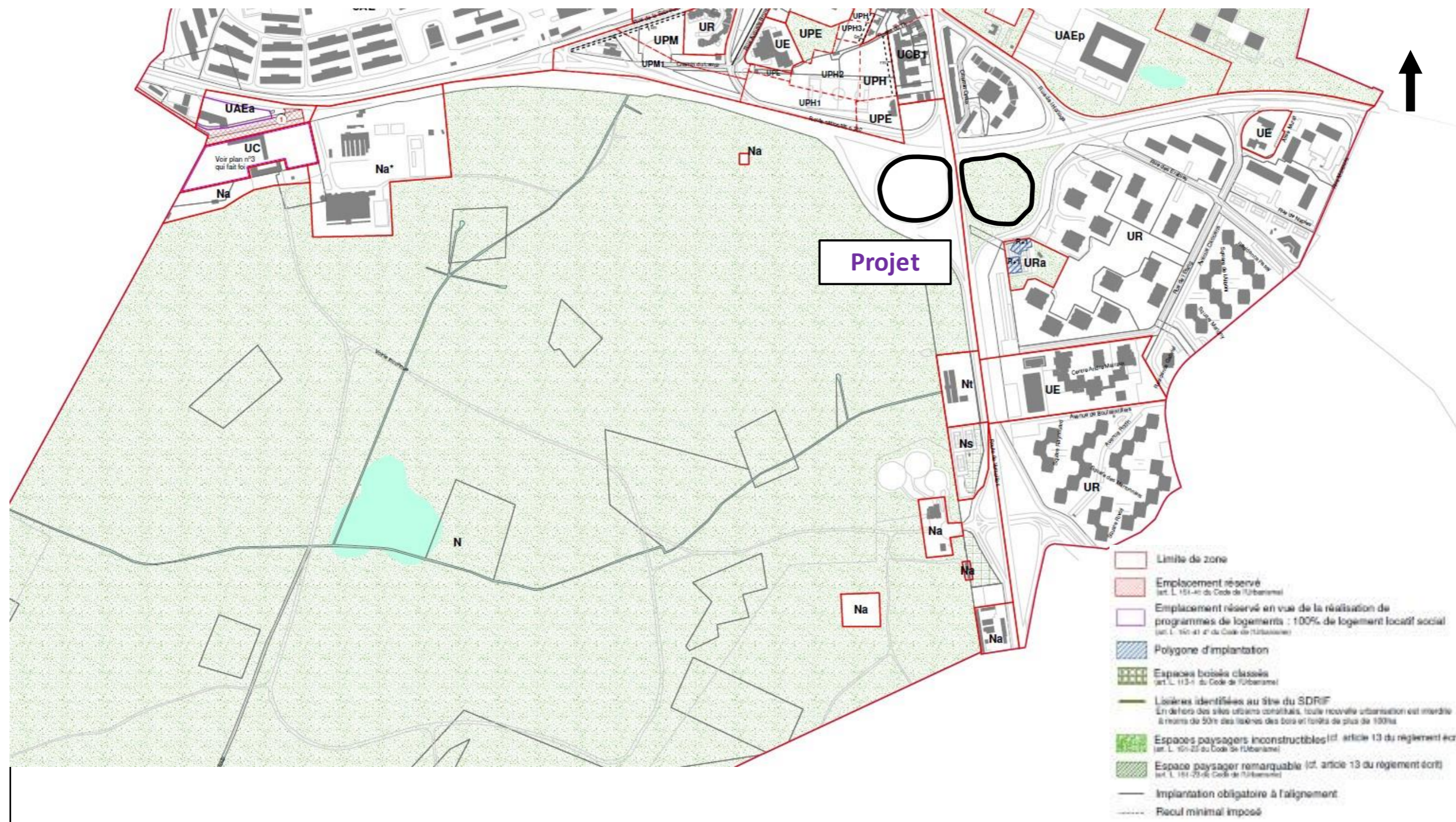


Figure 134 – Plan de zonage de l'ancienne commune de Rocquencourt (Source : P.L.U Rocquencourt)

6.2.13.2. Servitudes

D'après le plan des servitudes du PLU de Rocquencourt, la zone d'étude est concernée par :

- Une servitude attachée aux réseaux de télécommunication (PT3) ;
- Une servitude de protection des monuments historiques (AC1) ;
- Une servitude attachée à l'établissement des canalisations de transport et de distribution de gaz (I3) située au Nord du projet ;
- Un site inscrit (AC2).

L'ensemble de la commune est situé dans le périmètre de protection des domaines classés de Versailles et de Trianon.

Un extrait du plan des servitudes d'utilité publique est disponible sur la figure ci-après.

Des démarches sont engagées vis-à-vis des différents services concernés afin d'établir la recevabilité du projet de géothermie par rapport à ces servitudes.

L'Architecte des Bâtiments de France est informé du projet afin de mener son analyse et d'en valider la conception globale. L'objectif est de faciliter la compréhension du projet et son acceptabilité de par l'environnement patrimonial exceptionnel du Chesnay-Rocquencourt.

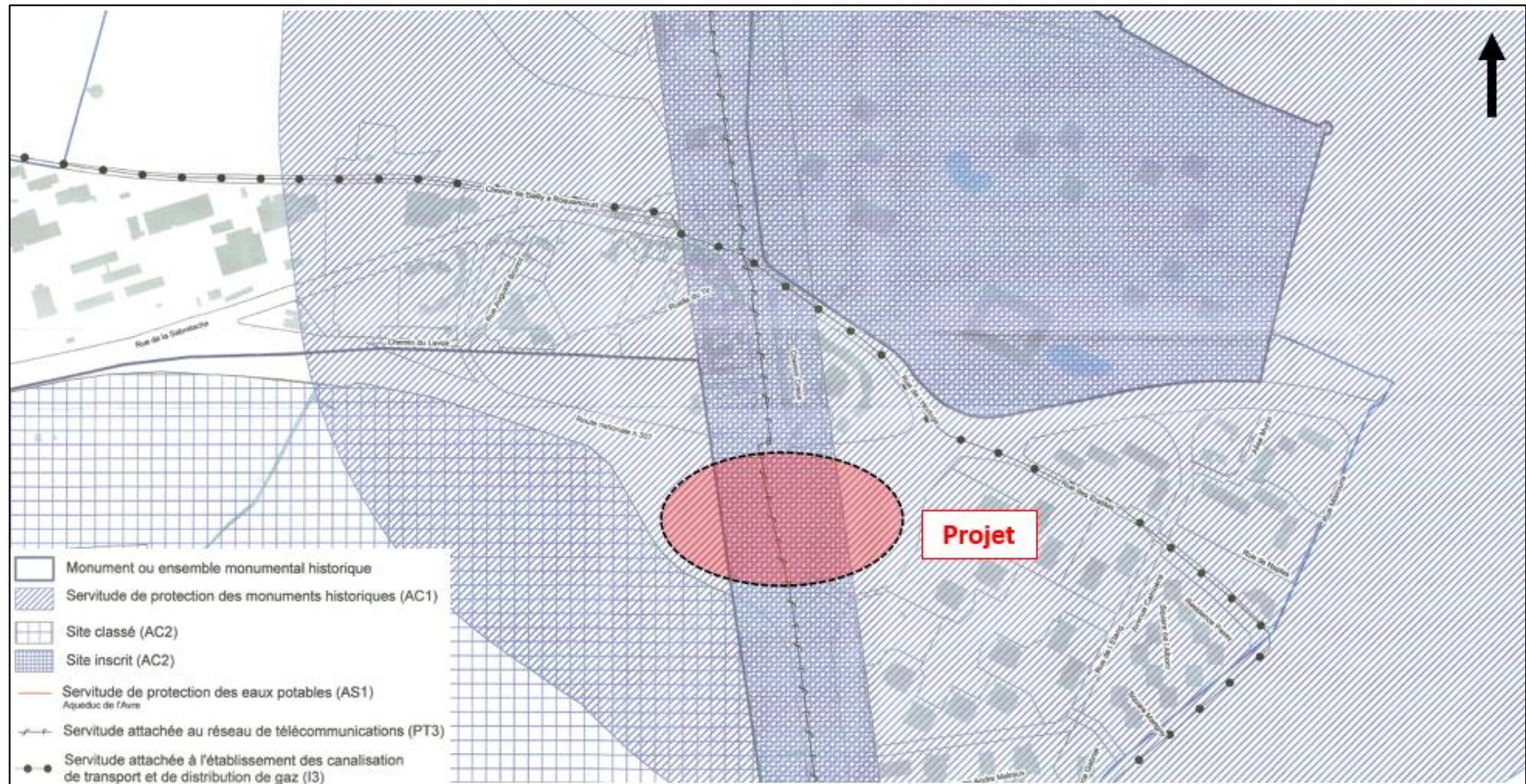


Figure 135 – Extrait du plan des servitudes d'utilité publique de la commune du Chesnay-Rocquencourt (Source : PLU Chesnay-Rocquencourt)

6.2.14. Patrimoine culturel et archéologique

6.2.14.1. Sites inscrits et classés

Attachée à la protection des paysages, la politique des sites vise à préserver des lieux dont le caractère exceptionnel justifie une protection de niveau national, et dont la conservation ou la préservation présente un intérêt général au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Au fil des décennies, cette politique est passée du classement de sites ponctuels à celui de grands ensembles paysagers, et d'une politique de conservation pure à une gestion dynamique des sites.

Il existe deux niveaux de protection institués après enquête publique par arrêté ministériel ou par décret en Conseil d'État :

- Les sites classés : le classement est réservé aux sites les plus remarquables, dont le caractère paysager, doit être rigoureusement préservé. Les travaux y sont soumis, selon leur importance, à autorisation préalable du préfet ou du ministre de l'Écologie. Dans ce dernier cas, l'avis préalable de la commission départementale de la nature des paysages et sites (CDNPS) est obligatoire.
- Les sites inscrits à l'inventaire supplémentaire : l'inscription est proposée pour des sites moins sensibles mais présentant suffisamment d'intérêt pour être surveillés de près. Les travaux y sont soumis à déclaration auprès de l'ABF (Architecte des Bâtiments de France.). Celui-ci dispose d'un avis consultatif sauf pour les permis de démolir où il est conforme.

La carte interactive CARMEN de la DRIEAT Île-de-France (cf. Figure 136) montre qu'il existe plusieurs sites classés situés à moins de 2 km du site du projet de géothermie. Les sites classés les plus proches sont :

- L'ensemble formé par la plaine de Versailles, site classé n°2004, situé à 110 m au sud-ouest du projet,
- La plaine du Trou-de-l'Enfer dans la forêt de Marly, site classé n°5566, situé à 1 km au nord-ouest du projet,
- Le bois de Fausses-Reposes, site classé n°5611, situé à 1,4 km à l'est du projet.

Les sites inscrits les plus proches sont :

- La route royale de Versailles, site inscrit n°1204, située au droit du site. Il s'agit de la route passant à l'ouest de la zone d'implantation,
- Le domaine de Beauregard, site inscrit n°5595, situé à 510 m au nord-est du projet.

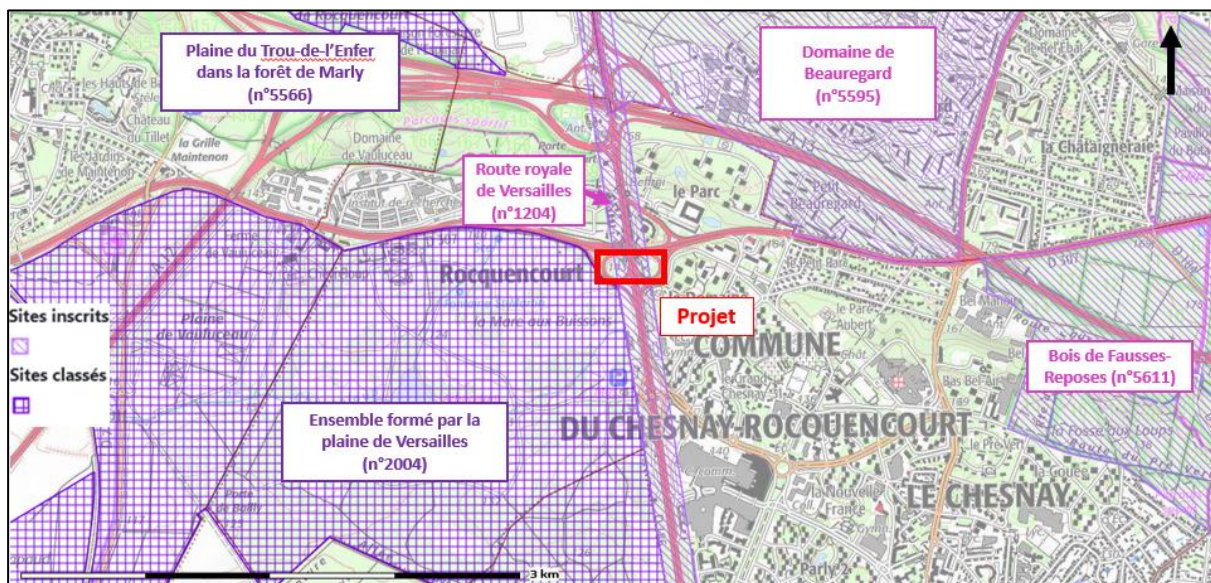


Figure 136 – Cartes des sites classés et inscrits à proximité du projet (source : DRIEAT Île-de-France)

6.2.14.2. Sites patrimoniaux remarquables (SPR)

Les sites patrimoniaux remarquables ont été créés par la loi du 7 juillet 2016 relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine. Ce dispositif a pour objectif de protéger et mettre en valeur le patrimoine architectural, urbain et paysager de nos territoires.

Les sites patrimoniaux remarquables sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public. »

Les espaces ruraux et les paysages qui forment avec ces villes, villages ou quartiers un ensemble cohérent ou qui sont susceptibles de contribuer à leur conservation ou à leur mise en valeur peuvent être classés au même titre.

Ces enjeux sont retranscrits dans un plan de gestion du territoire qui peut prendre deux formes : soit un plan de sauvegarde et de mise en valeur (document d'urbanisme), soit un plan de valorisation de l'architecture et du patrimoine (servitude d'utilité publique).



Figure 137 – Sites patrimoniaux remarquables situés à proximité du projet (Source : Atlas des patrimoines, ministère de la Culture)

D'après la consultation de la carte interactive de l'Atlas des patrimoines du ministère de la culture, aucun site patrimonial remarquable n'est situé sur la commune du Chesnay-Rocquencourt.

Les sites patrimoniaux remarquables les plus proches du projet sont le SPR de Versailles (situé à 2,6 km au sud du projet) et le SPR de Croissy-sur-Seine (situé à environ 4,3 km au nord).

6.2.14.3. Monuments historiques

Un monument historique est un immeuble ou un objet mobilier recevant un statut juridique particulier destiné à le protéger, du fait de son intérêt historique, artistique, architectural mais aussi technique ou scientifique.

Le statut de « monument historique » est une reconnaissance par la Nation de la valeur patrimoniale d'un bien. Cette protection implique une responsabilité partagée entre les propriétaires et la collectivité nationale au regard de sa conservation et de sa transmission aux générations à venir.

La base Mérimée est une base de données sur le patrimoine architectural français mise à jour périodiquement. Elle a été créée en 1978 et mise en ligne en 1995 par le ministère de la Culture et de la Communication, direction de l'Architecture et du Patrimoine.

D'après la base Mérimée, un site historique est situé sur la commune du Chesnay-Rocquencourt.

Les monuments historiques référencés sur la commune du Chesnay Rocquencourt et les communes voisines sont listés dans le Tableau 24 ci-après.

Tableau 24 – Liste des monuments historiques situés sur les communes voisines du Chesnay-Rocquencourt

Site	Classement	Adresse et commune
Parc de l'ancien château de Rocquencourt	Inscription MH le 23 novembre 1946	LE CHESNAY ROCQUENCOURT
Domaine national de Versailles	Classement MH par arrêté du 31 octobre 1906	VERSAILLES
Ancienne chapelle de Béthune	Classement MH par arrêté du 19 octobre 1970	6 place Laboulaye, VERSAILLES
Domaine national réservoir de Picardie – Pavillon des Filtres	Classement MH par l'arrêté du 25 juin 1979	51 avenue des Etats-Unis, VERSAILLES
Eglise paroissiale Notre-Dame	Classement MH par l'arrêté du 4 août 2005	Rue de la Paroisse, VERSAILLES
Ancien couvent de la Reine, actuellement Lycée Hoche	Classement MH par arrêté du 19 août 1926. Inscription MH par arrêté du 3 octobre 1969	73 avenue de Saint-Cloud, VERSAILLES
Eglise Saint-Symphorien	Inscription MH par l'arrêté du 8 décembre 1953	VERSAILLES
Cathédrale Saint-Louis	Classement MH par l'arrêté du 30 octobre 1906	VERSAILLES
Eglise Saint-Nicolas et Saint Marc	Classement MH par arrêté du 5 novembre 1928 ; Inscription MH par l'arrêté du 27 février 1934	4 rue de Sèvres, VILLE-D'AVRAY

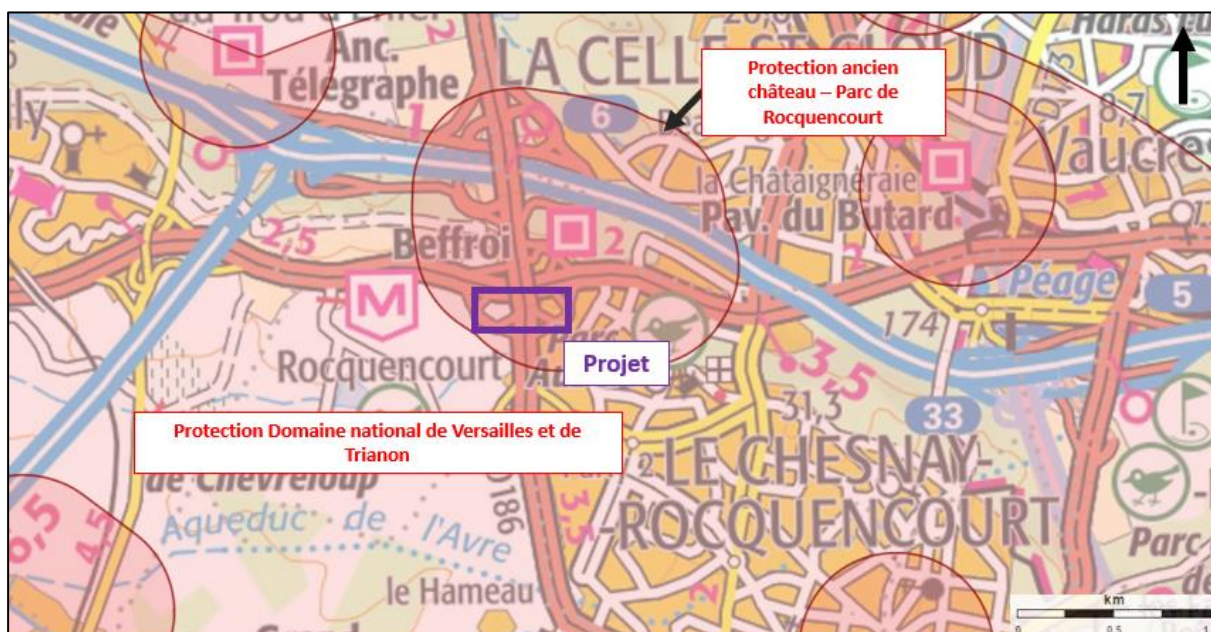


Figure 138 – Périmètre de protection au titre des abords de monuments historiques - Yvelines (Source : Atlas des patrimoines, ministère de la Culture)

Le site du projet est situé dans le périmètre de protection du Domaine national de Versailles et de Trianon ainsi que dans le périmètre de protection du parc de Rocquencourt.

Des démarches sont engagées vis-à-vis des différents services concernés afin d'établir la recevabilité du projet de géothermie par rapport à ces servitudes.

L'Architecte des Bâtiments de France est informé du projet afin de mener son analyse et d'en valider la conception globale. L'objectif est de faciliter la compréhension du projet et son acceptabilité de par l'environnement patrimonial exceptionnel du Chesnay-Rocquencourt.

6.2.14.4. Sites archéologiques

Le projet est localisé hors de tout site archéologique (source : Inrap, Institut national de recherches archéologiques préventives).

Le site archéologique le plus proche est le Château de Versailles.

6.2.14.5. Patrimoine mondial UNESCO

La France compte 49 biens inscrits au patrimoine mondial : 42 bien culturels, 6 bien naturels et un bien mixte. L'inscription d'un bien sur la Liste du patrimoine mondial et les obligations qui lui sont attachées découlent d'une convention internationale de l'UNESCO, la Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel de 1972, ratifiée par la France en 1975.

Au sein du ministère de la Culture, la direction générale des patrimoines et de l'architecture est chargée de mettre en œuvre la convention en ce qui concerne les biens culturels. Le ministère de la Transition écologique se charge des biens naturels.

Tout bien inscrit sur la liste du patrimoine mondial comprend un périmètre matérialisé par une carte précise. Il peut également comprendre une zone tampon qui constitue, selon les termes de l'UNESCO, une protection supplémentaire de nature réglementaire ou coutumière.

Le projet est situé dans l'emprise de la zone tampon de protection du Château de Versailles, à la bordure de la zone de protection.

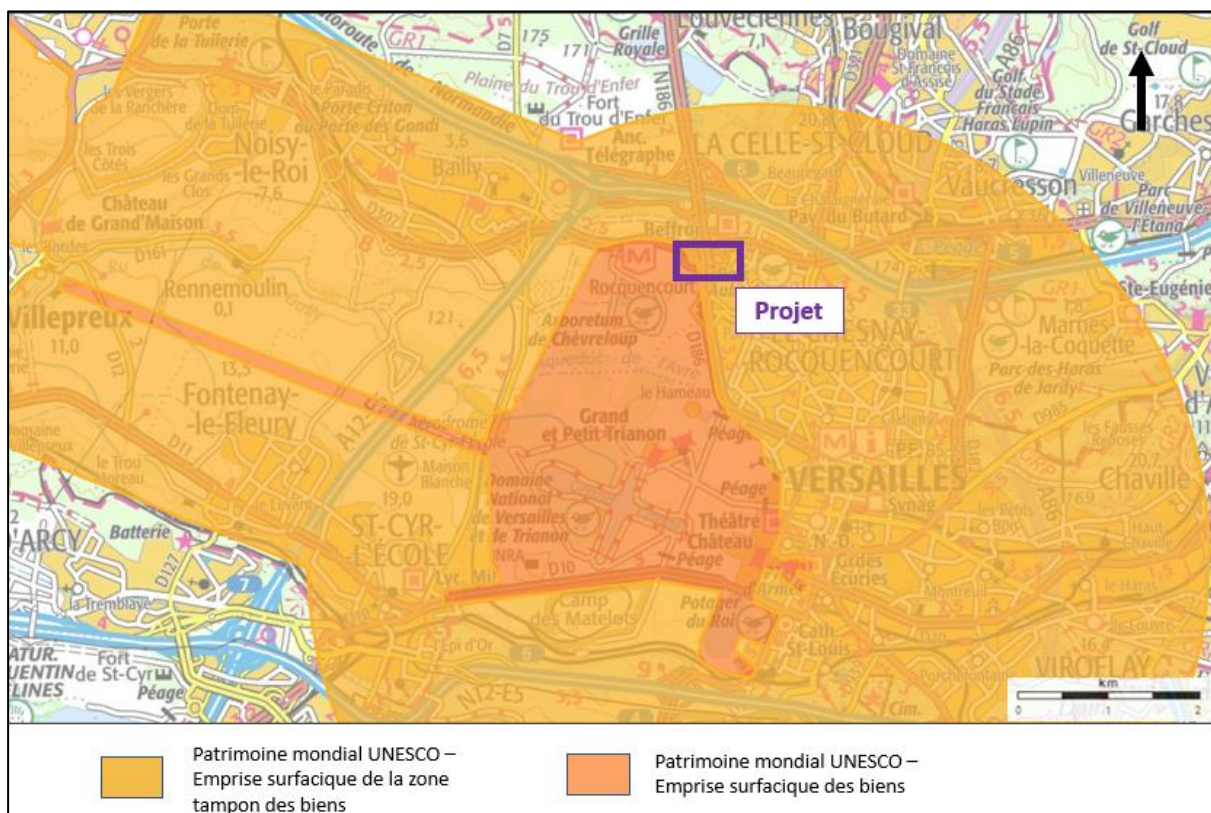


Figure 139 - Emprise surfacique des biens et zones tampon des biens classés au patrimoine de l'UNESCO (Source : Atlas des patrimoines, Ministère de la Culture)

Des démarches sont engagées vis-à-vis des différents services concernés afin d'établir la recevabilité du projet de géothermie par rapport à ces servitudes.

L'Architecte des Bâtiments de France est informé du projet afin de mener son analyse et d'en valider la conception globale. L'objectif est de faciliter la compréhension du projet et son acceptabilité de part l'environnement patrimonial exceptionnel du Chesnay-Rocquencourt.

6.2.15. Infrastructures et transports

6.2.15.1. Réseaux routiers

La Figure 140 présente le réseau routier à proximité de la zone d'étude.

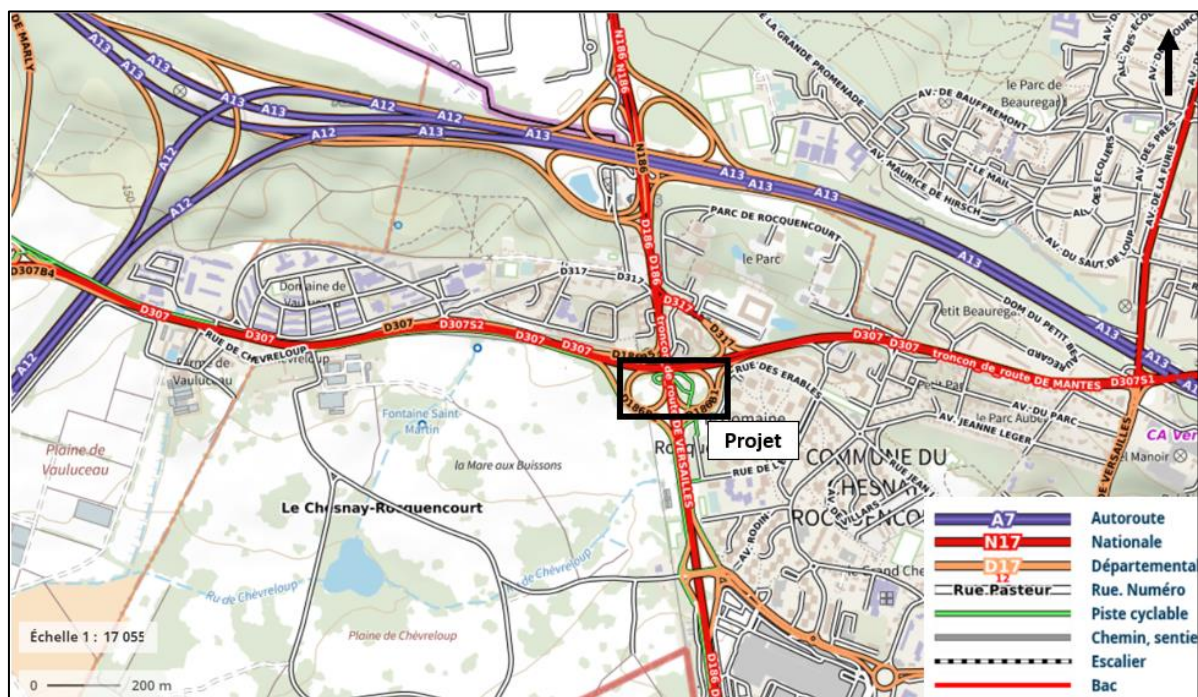


Figure 140 – Réseau routier à proximité du site du projet (Source : géoportail.gouv.fr)

La commune bénéficie de trois principaux axes routiers :

- L'autoroute A13, d'axe est-ouest ;
- La route départementale D307, d'axe est-ouest ;
- La route départementale D186 (route de Versailles), d'axe nord-sud.

Les données du SIR indiquent que le trafic est soutenu sur la route département D307 au niveau de la commune avec en moyenne 33 590 véhicules circulant par jour sur les années 2017-2018. En 2017 le trafic est également soutenu sur la D186 avec un trafic journalier d'environ 19 548 véhicules. Un important trafic est enregistré sur la portion de la D186 située au nord du projet entre les deux échangeurs avec un trafic moyen journalier annuel de 55 003 véhicules en 2017.

D'après le PLU de Versailles, l'autoroute A13 reliant Versailles à Paris présentait en 2006 un trafic moyen journalier annuel supérieur à 125 000 véhicules sur l'ancienne commune du Chesnay.

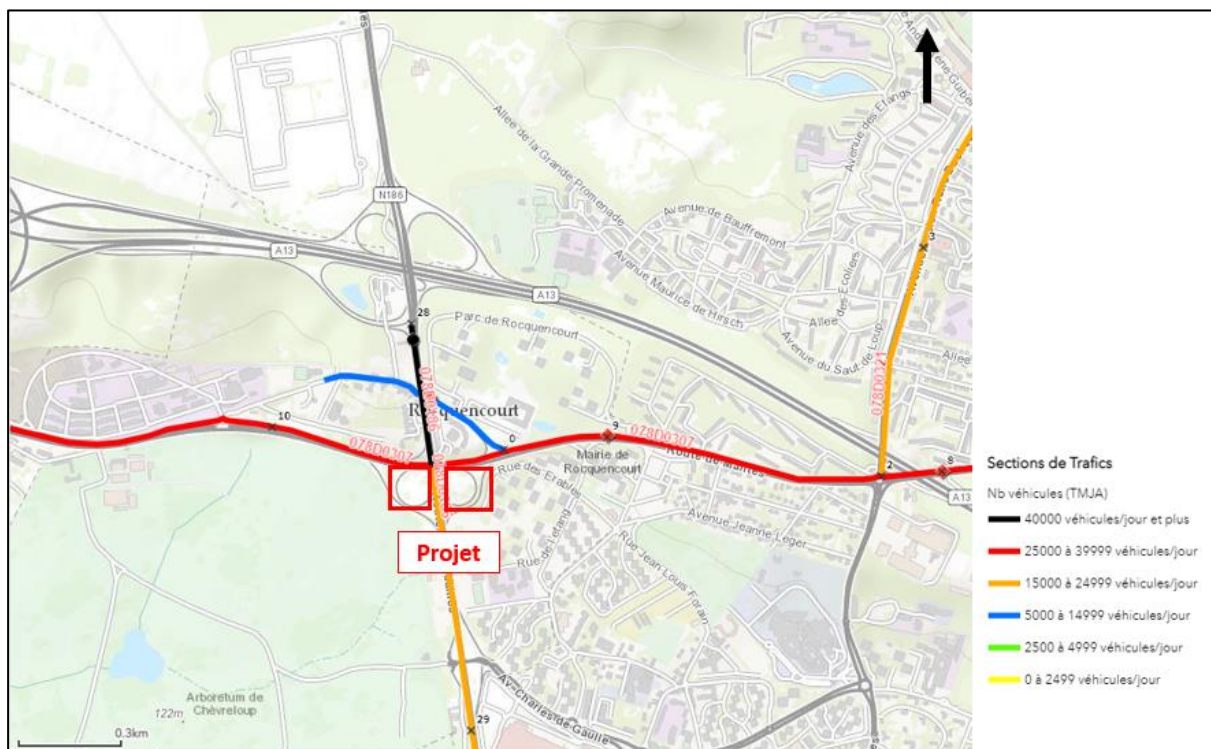


Figure 141 – Extrait de la cartographie des trafics annuels sur les routes Départementales des Yvelines (Source : SIR 2017)

6.2.15.2. Transports en commun

L'ensemble des lignes de transports desservant la commune du Chesnay-Rocquencourt est présenté en Figure 142.

La Figure 143 détaille l'ensemble des lignes de transports en commun à proximité de l'emplacement du projet.



Figure 142 – Extrait du plan de transport de la commune du Chesnay-Rocquencourt (Source : Île-de-France Mobilités)

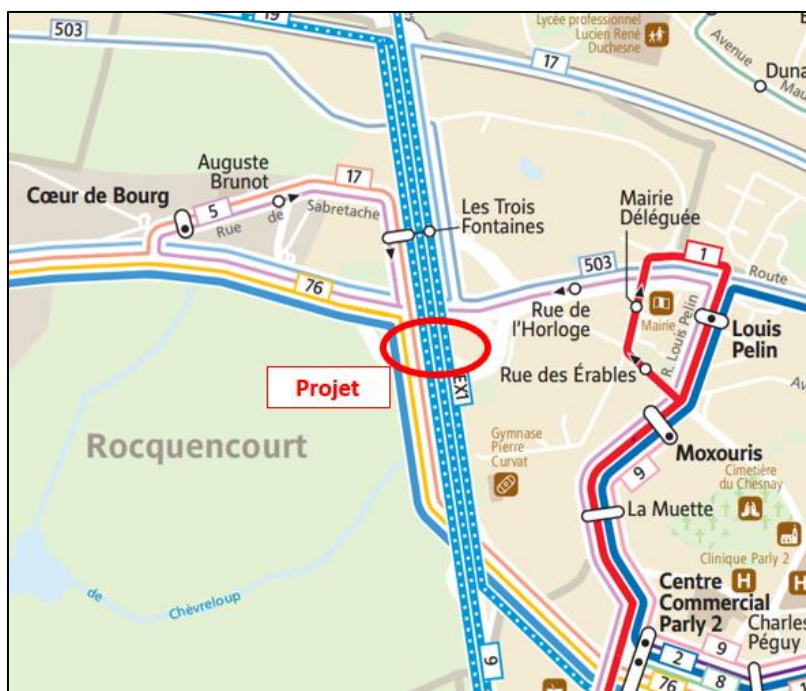


Figure 143 – Extrait du plan de transport au droit du site (Source : Île-de-France Mobilités)

La station la plus proche du site est l'arrêt Les Trois Fontaines sur les lignes de bus 5,9,19,17 et EX1.

6.2.15.3. Circulations douces

Il existe sur la commune plusieurs passages permettant le franchissement de la RD186 et de l'échangeur RD186 – RD307, soit à proximité immédiate du projet (cf. Figure 144).

Ils sont constitués de souterrains et d'escaliers. A l'est de la RD186, la RD 307 ne dispose que d'une seule traversée piétonne au croisement avec la rue Louis Pelin et à l'ouest de la RD 186, la RD307 ne dispose d'aucune traversée piétonne notamment au droit du Hameau de Chèvreloup, entraînant une coupure entre le nord et le sud de la commune.

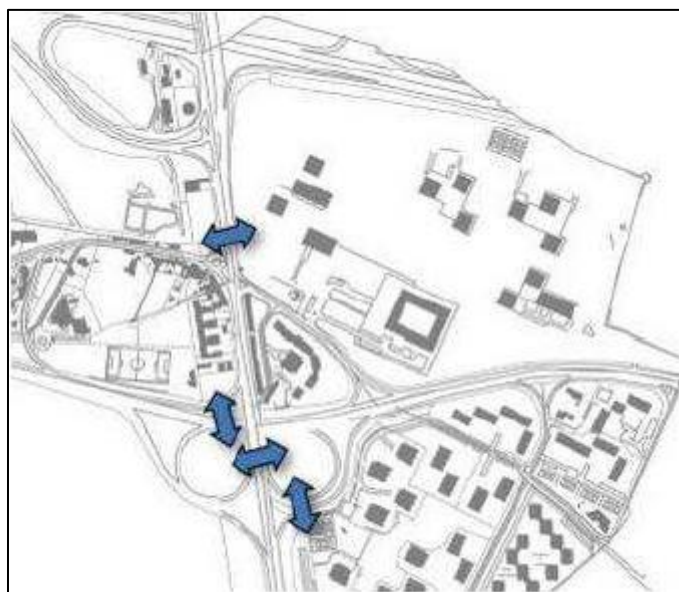


Figure 144 – Franchissement piétons des routes départementales au droit du projet (Source : PLU de Rocquencourt)

6.2.16. Commodité du voisinage

6.2.16.1. Notions d'acoustique

Le bruit est dû à une variation de la pression régnant dans l'atmosphère. Il est caractérisé par sa fréquence (de grave à aiguë) mesurée en Hertz et par son intensité (pression acoustique) exprimée en décibel (dB).

Pour tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine inégale aux différentes fréquences, la mesure physique du bruit est corrigée par une courbe de pondération. Le niveau sonore exprimé en décibel est alors pondéré selon le filtre A et s'exprime en dB(A). Les décibels ne s'additionnent pas de façon arithmétique mais selon une progression logarithmique. Ainsi, lorsque le bruit est doublé en intensité, le nombre de décibels est augmenté de 3.



Figure 145 – Addition logarithmique des décibels (source : Observatoire du bruit de Paris)

L'échelle des décibels varie de 0 dB(A) seuil de l'audition humaine, à 120 dB(A) limite supérieure des bruits usuels de l'environnement.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), un effet critique pour la santé est attendu dans les espaces extérieurs si le niveau sonore atteint 50 à 55 dB(A) sur une durée consécutive de 16 heures (cf. tableau ci-après).

Tableau 25 – Niveaux sonores et effet critique pour la santé (source : OMS)

Seuil de référence : 0 dB(A)	Niveau de pression acoustique minimal pour qu'il puisse être perçu par l'oreille humaine
Seuil de risque : 80 dB(A)	Niveau servant de base à la réglementation au Travail A partir de ce seuil, la durée d'exposition est un facteur important de risque
Seuil de danger : 85 dB(A)	Port de protections auditives pour tout salarié exposé à un niveau de 85 dB(A) sur une période de 8h

Les niveaux sonores dans l'environnement extérieur s'étalent généralement de 20 dB(A) bruit d'un vent léger, à 140 dB(A) bruit d'un avion au décollage (cf. figure suivante).

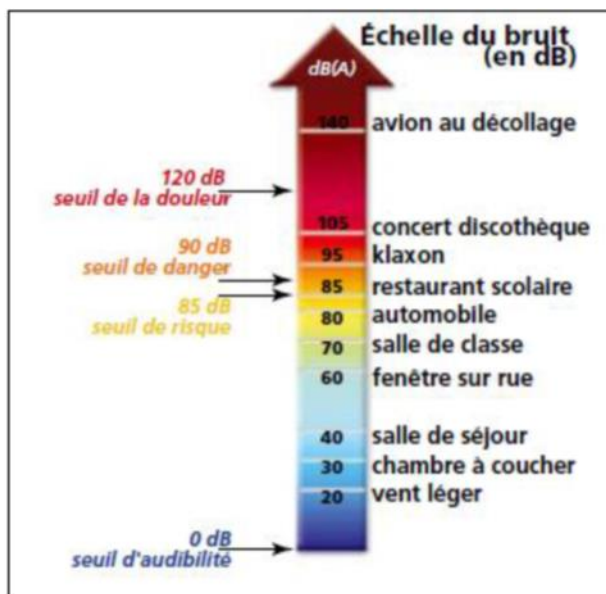


Figure 146 – Echelle du bruit (source : ADEME, 2008)

6.2.16.2. Notions de vibration

Une vibration peut être définie comme un mouvement oscillatoire, les deux paramètres communément retenus pour la caractériser étant :

- Sa fréquence (exprimée en Hz) : elle constitue le paramètre représentatif de l'apparition des dégâts aux constructions. En effet, la probabilité d'apparition de dégâts augmente lorsque la fréquence diminue, mais cela ne signifie pas forcément que pour une structure donnée, des dégâts apparaîtront inéluctablement si l'on accroît le nombre de sollicitations ;
- Sa vitesse (exprimée en m/s) : elle est liée à la composition du massif en termes d'homogénéité ; une roche très fracturée arrêtera rapidement les vibrations, tandis qu'une roche homogène pourra les propager à plus grande distance.
- Les vibrations mécaniques transmises aux structures par le sol sont les plus importantes. On peut considérer plusieurs types ou degrés de nuisances directement liés aux vibrations :
 - La destruction : très rare ;
 - Des fissurations apparentes dans les enduits ;
 - Une dégradation mineure dans des constructions peu récentes ou dans un état d'entretien médiocre ;
 - La gêne ressentie par les habitants d'une maison sous l'effet des vibrations.

Les vibrations transmises par l'air sont parfois fortement ressenties en raison du tremblement des vitres qu'elles provoquent mais ne sont pas génératrices de dégâts.

6.2.16.3. Cadre réglementaire : Plan de Prévention du Bruit dans l'environnement (PPBE)

L'une des premières nuisances déplorées par les populations riveraines s'avère être le bruit que ce soit en zone rurale ou urbaine. L'Union Européenne et la France souhaitent limiter les nuisances sonores en se concentrant sur les 4 axes suivants :

- Évaluer l'exposition au bruit des populations selon une méthode harmonisée,
- Informer les populations sur le niveau d'exposition au bruit,
- Réduire les bruits excessifs et préserver les zones de calme,
- Intégrer dans l'urbanisation future des dispositifs de prévention des nuisances sonores.

La directive européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement prévoyait 2 étapes dans la cartographie du bruit des infrastructures de transports terrestres :

- Une première échéance au 30 juin 2007 pour les très grandes infrastructures (infrastructures routières dont le trafic annuel est supérieur à 6 millions de véhicules et des infrastructures ferroviaires dont le trafic annuel est supérieur à 60 000 trains) ;
- Une seconde échéance au 30 juin 2012 pour les grandes infrastructures (infrastructures routières dont le trafic annuel est supérieur à 3 millions de véhicules et des infrastructures ferroviaires dont le trafic annuel est supérieur à 30 000 trains).

Le diagnostic apporté par ces cartes stratégiques du bruit a permis l'établissement de Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE) pour chaque infrastructure. Il doit maintenant être décliné pour définir des actions locales.

6.2.16.4. Carte de bruit

Indices de bruit utilisés

L'indice **Lden (Level Day Evening Night)** correspond à l'indicateur du niveau de bruit global pendant une journée (jour, soir et nuit). Il est calculé à partir des niveaux sonores moyennés sur les périodes 6h-18h (jour), 18h-22h (soir) et 22h-6h (nuit).

Une pondération de +5 dB(A) et +10 dB(A) est appliqué respectivement sur les périodes de soir et de nuit, pour tenir compte de la sensibilité accrue de la population au bruit au cours de ces périodes.

L'indicateur réglementaire **Ln (Level night)** représente le niveau sonore moyen pour la nuit (22h-6h).

Exposition au bruit sur 24h des grandes voies routières

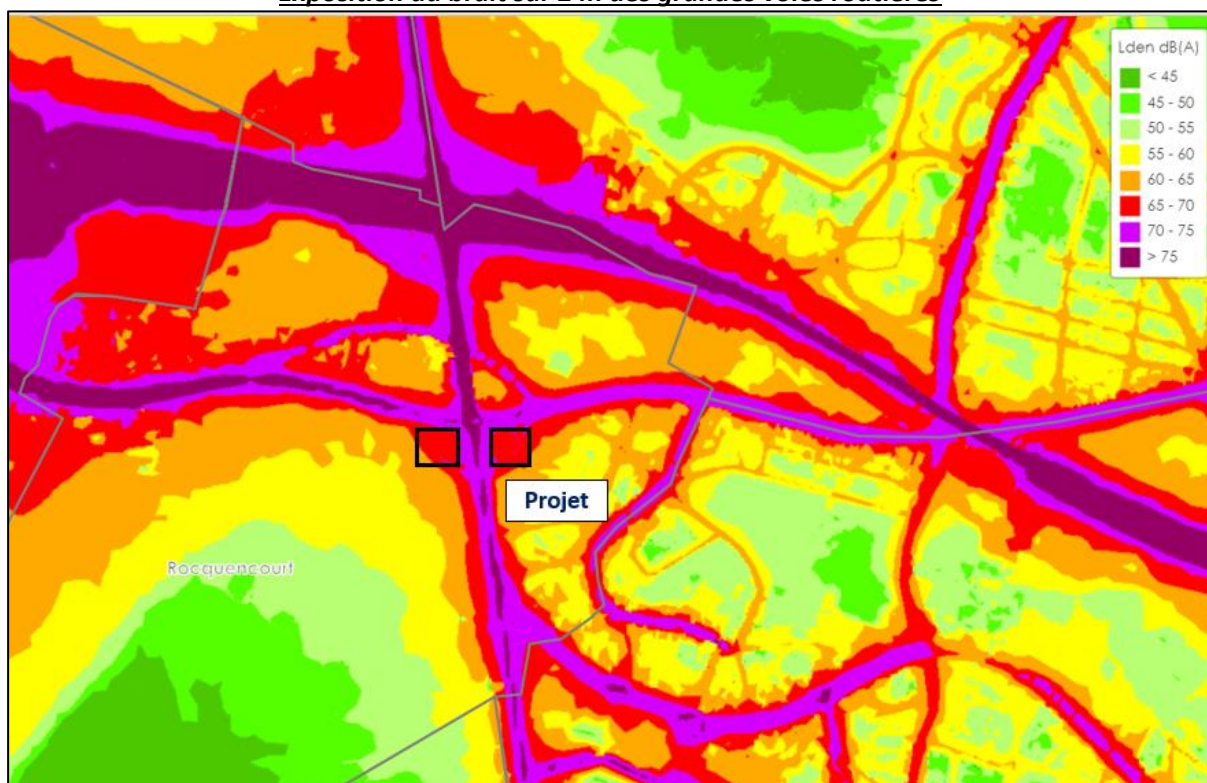


Figure 147 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Lden sur une journée complète
 (Source : <https://carto.bruitparif.fr/>)

Exposition au bruit sur la nuit des grandes voies routières



Figure 148 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Ln sur la période nuit
 (Source : <https://carto.bruitparif.fr/>)

Les infrastructures de transports terrestres sont classées en 5 catégories selon le niveau de bruit qu'elles engendrent, la catégorie 1 étant la plus bruyante. La délimitation des secteurs affectés par le bruit d'infrastructures terrestres oblige les constructeurs à respecter les normes d'isolation acoustique pour les constructions nouvelles.

Tableau 26 – Classement sonore des réseaux routier et ferroviaire à grande vitesse (Source : PLU Rocquencourt)

Catégorie de classement de l'infrastructure	Niveau sonore de référence Laeq (6h-22h) en dB(A)	Niveau sonore de référence Laeq (22h-6h) en dB(A)	Largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure
1	$L > 81$	$L > 76$	$d = 300 \text{ m}$
2	$76 < L < 81$	$71 < L < 76$	$d = 250 \text{ m}$
3	$70 < L < 76$	$65 < L < 71$	$d = 100 \text{ m}$
4	$65 < L < 70$	$60 < L < 65$	$d = 30 \text{ m}$
5	$60 < L < 65$	$55 < L < 60$	$d = 10 \text{ m}$

Le classement des réseaux routiers principaux présents sur la commune du Chesnay-Rocquencourt est le suivant :

- L'A13 est classée en catégorie 1 ;

- La RN 186 est classée en catégorie 2 ;
- La RD 186 et la RD 307 sont classées en catégorie 3 ;
- La RD 317 est classée en catégorie 4 ;
- Les rues Louis Pelin et Moxouris sont classées en catégorie 4.

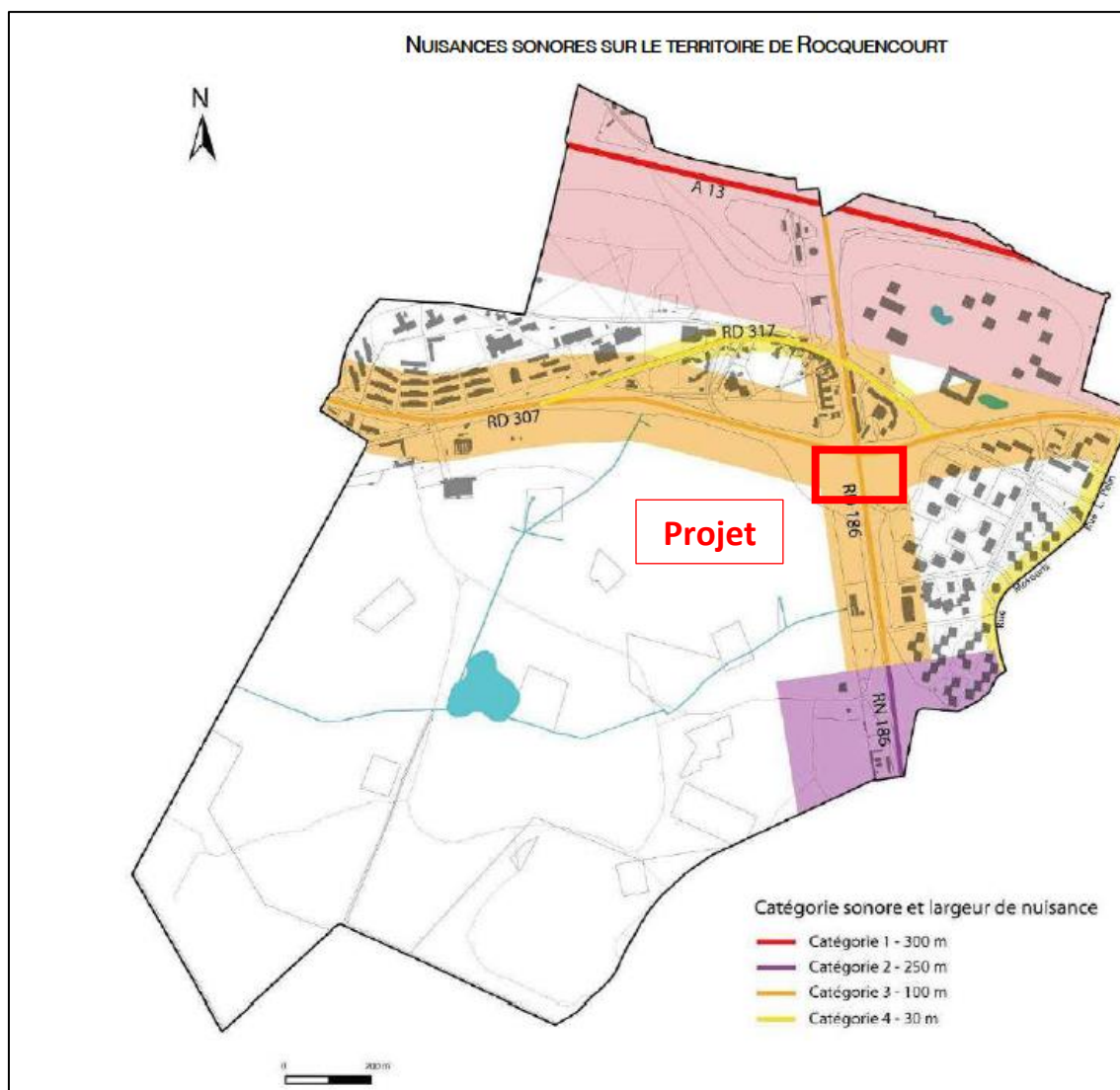


Figure 149 – Carte des nuisances sonores sur le territoire de l'ancienne commune de Rocquencourt (Source : PLU de Rocquencourt)

Le projet est inclus dans la zone de nuisance de catégorie 3 de la RD 186 et de la RD 307.

L'état acoustique du site a été appréhendé en réalisant une modélisation de l'état initial. L'objectif est d'adapter les mesures de réduction de bruit en fonction des spécificités de la zone d'implantation. Le rapport complet de l'étude réalisée par Sixense est disponible en Annexe 17.

Une campagne de mesures acoustiques a donc été réalisée le mercredi 1^{er} février 2023. La figure ci-après représente la localisation des trois points de mesures qui ont été implantés au niveau des « zone à émergences réglementées », notés ZER.

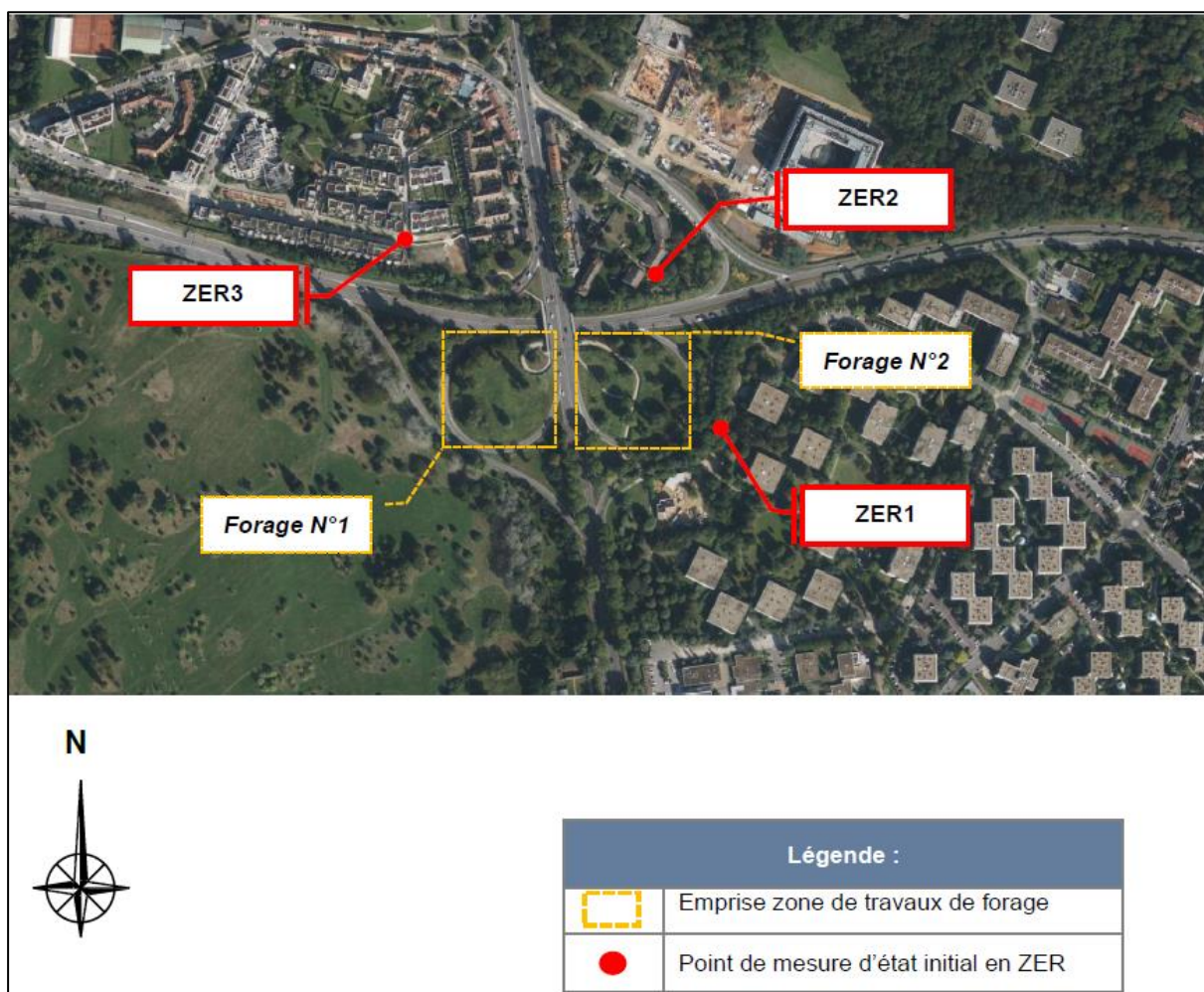





Figure 150 – Localisation du projet et des points de mesures (Source : Sixense)

La figure ci-après présente la localisation des points de mesures, ainsi que les principales sources de bruit perçues en ces points.

Référence	ZER1	ZER2	ZER3
Localisation	A l'Est du chantier rue des Erables, 78150 Le Chesnay- Rocquencourt à h=1,5m	Au Nord-Est du chantier rue du Chemin Creux, 78150 Le Chesnay- Rocquencourt à h=1,5m	Au Nord-Ouest du chantier Cr Exelmans, 78150 Le Chesnay- Rocquencourt à h=1,5m
Prise de vue			
Degré de perception des sources de bruit (de + à ++)	<ul style="list-style-type: none"> - Trafic routier (++) - Trafic aérien (+) - Vents dans les arbres (+) - Activités humaines (+) 		

Légende : (+) Perceptible, (++) Assez perceptible

Figure 151 – Descriptif des points de mesures (Source : Sixense)

Les résultats des mesures sont exprimés par les indicateurs acoustiques suivants :

- Le L_{Aeq} , qui prend en compte toutes les sources de bruit ;
- Le L_{50} (niveau sonore dépassé pendant 50% du temps), qui permet de s'affranchir des sources de bruit intermittentes comme les passages de véhicules isolés.

Les niveaux sonores résiduels caractérisés lors de la campagne de mesures sont présentés dans le tableau ci-après, selon les périodes réglementaires diurnes et nocturnes.

Tableau 27 – Niveau de bruit résiduel mesuré (Etat initial) (Source : Sixense)

Référence	Jour	Jour (7h-22h)		Nuit (22h-7h)	
		L_{Aeq} en dB(A)	L_{50} en dB(A)	L_{Aeq} en dB(A)	L_{50} en dB(A)
ZER1	Mercredi 01/02/2023	55,5	54,0	49,0	48,5
ZER2		59,5	59,0	54,5	53,0
ZER3		56,0	55,0	52,0	51,0

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB(A).

Les niveaux sonores mesurés en ZER2 de jour comme de nuit sont les plus élevés : cela est dû au trafic routier des RD307 et RD186 : c'est le point de mesure le plus proche des routes.

De nuit, les niveaux sonores enregistrés sont légèrement plus faibles que pendant la période diurne ; cela peut s'expliquer par la baisse de l'activité humaine et du trafic routier.

Les niveaux sonores résiduels de référence qui peuvent être retenus sont disponibles dans le tableau ci-après :

Référence	Jour (7h-22h)	Nuit (22h-7h)
ZER1	55,5	49,0
ZER2	59,5	54,5
ZER3	56,0	52,0

Les valeurs de niveaux sonores comprises entre 49,0 à 59,5 décibels rendent compte d'un environnement « audible » (cf. figure ci-après).

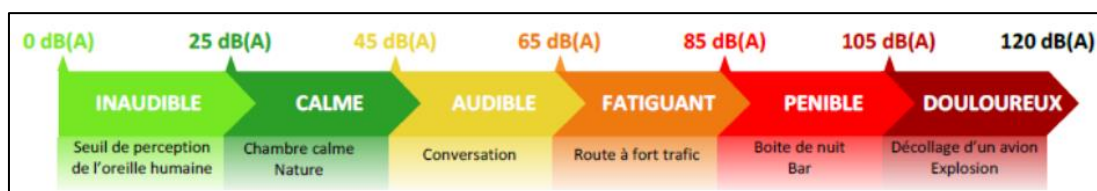


Figure 152 – Plage de sensibilité de l'oreille

6.2.16.5. Emission lumineuse

Le contexte réglementaire national sur la pollution lumineuse est relativement récent et découle du Grenelle de l'Environnement. Selon l'article 41 de la loi Grenelle 1 : « Les émissions de lumière artificielle de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne feront l'objet de mesures de prévention, de suppression ou de limitation. ».

Il est désormais encadré par le décret n°2011-831 du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses, qui a créé un chapitre spécifique au titre VIII du livre V du Code de l'Environnement. En particulier, l'article R.583-2 s'intéresse à prévenir, réduire et limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie, pour certaines catégories d'installations lumineuses : éclairage extérieur de voirie, éclairage de mise en valeur du patrimoine, éclairage des équipements sportifs, éclairage des bâtiments (illumination des façades des bâtiments et éclairage intérieur diffusant vers l'extérieur), éclairage des parcs de stationnement, éclairage événementiel extérieur, éclairage des chantiers.

Au regard de la carte de pollution lumineuse ci-après, le projet se situe dans une zone géographique où la pollution lumineuse est très puissante et omniprésente

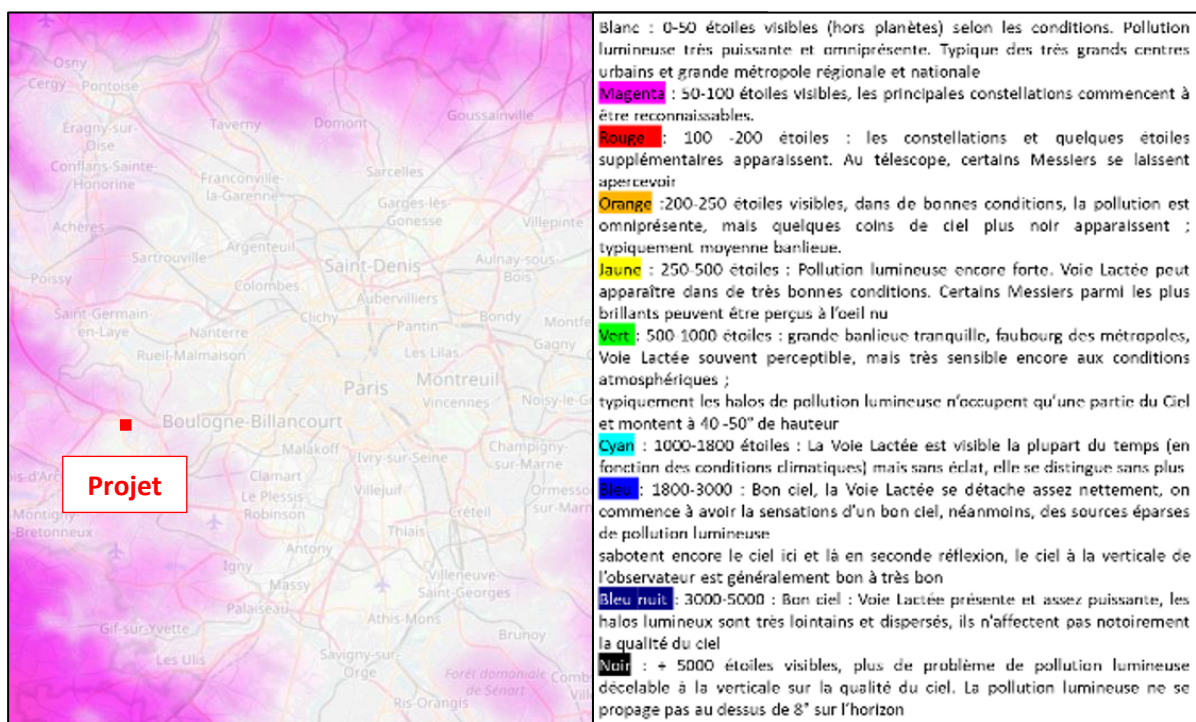


Figure 153 – Carte de pollution lumineuse (Source : avex-asso.org)

6.2.16.6. Niveau vibratoire

Aucune source de vibration n'est aujourd'hui présente sur le site.

6.2.17. Situations réglementaires et administratives

6.2.17.1. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Le SDAGE est un document de planification introduit par la Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992, qui fixe, pour une période de six ans, les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux.

Le SDAGE, établi en application des articles L.212-1 et suivants du Code de l'environnement, est le document de planification de la gestion de l'eau établi pour chaque bassin hydrographique. Il fixe les orientations fondamentales permettant d'assurer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, détermine les objectifs associés aux différents milieux aquatiques, aussi appelés masses d'eau. Il prévoit également les dispositions nécessaires pour atteindre ces objectifs environnementaux, prévenir la détérioration de l'état des eaux et décliner les orientations fondamentales (articles L.211-1 et L.430-1 du Code de l'environnement). C'est une composante essentielle de la mise en œuvre, par la France, de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE). Il planifie la gestion de l'eau pour les six années suivant son adoption et, au-delà, anticipe les évolutions à venir, provoquées par le changement climatique et par le déclin sans précédent et en accélération de la biodiversité. Il s'agit d'un document stratégique de long terme, qui identifie les articulations entre la politique de l'eau et les autres politiques publiques.

Le SDAGE a donc pour vocation d'encadrer le choix de tous les acteurs du bassin dont les activités ou les aménagements ont un impact sur la ressource en eau. Le SDAGE est doté d'une portée juridique et les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles avec ses dispositions.

La commune du Chesnay-Rocquencourt appartient au SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Le SDAGE 2022-2027 du bassin Seine-Normandie a été approuvé par arrêté en date du 23 mars 2022. Il donne les orientations à suivre en matière de gestion de l'eau sur le bassin Seine-Normandie.

Il se fixe cinq orientations fondamentales :

- Orientation fondamentale 1 - Pour un territoire vivant et résilient : des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée,
- Orientation fondamentale 2 - Réduire les pollutions diffuses en particulier sur les aires d'alimentation de captages en eau potable
- Orientation fondamentale 3 - Pour un territoire sain : réduire les pressions ponctuelles
- Orientation fondamentale 4 - Pour un territoire préparé : assurer la résilience des territoires et une gestion équilibrée de la ressource en eau face aux enjeux du changement climatique
- Orientation fondamentale 5 - Agir du bassin à la côte pour protéger et restaurer la mer et le littoral

Pour se conformer à ces orientations fondamentales, des « orientations » et des « dispositions » sont prises.

Le projet est potentiellement concerné par les dispositions suivantes :

- Disposition 4.4.6 - Limiter ou réviser les autorisations de prélèvements
- Disposition 4.7.1 - Assurer la protection des nappes stratégiques

La géothermie n'implique pas ou peu de prélèvements nets d'eau dans les nappes souterraines. La disposition 4.4.6 ne sera donc pas entravée par le projet de géothermie.

L'aquifère de l'Albien et du Néocomien est classé comme stratégique. Un ensemble de mesures décrites dans l'étude d'impact du projet permettront de garantir la protection de cet aquifère.

Le respect des orientations du SDAGE en relation avec le projet est vérifié.

6.2.17.2. **Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)**

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 d'une rivière. Une fois, adopté par arrêté préfectoral, le SAGE s'applique à toutes les administrations, collectivités territoriales et à l'Etat. Les documents d'urbanisme locaux (SCOT, PLU et cartes communales) doivent être rendus compatibles avec les objectifs de protection définis par le SAGE dans un délai de 3 ans une fois celui-ci approuvé.

La commune du Chesnay-Rocquencourt fait partie du périmètre du SAGE de la Mauldre. Le SAGE de la Mauldre a été approuvé le 4 janvier 2001 puis mis en révision en 2011 afin de se mettre en conformité avec la loi sur l'eau et le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau Côtiers normands.

Le SAGE de la Mauldre révisé a été approuvé par arrêté préfectoral n°2015-000184 du 10 août 2015.

Le SAGE de la Mauldre dénombre 5 grands enjeux, déclinés comme suit :

- Enjeu n°1 : Assurer la gouvernance et la mise en œuvre du SAGE ;
- Enjeu n°2 : Restaurer la qualité des milieux aquatiques superficiels ;
- Enjeu n°3 : Préserver la ressource en eau souterraine ;
- Enjeu n°4 : Prévenir et gérer le risque d'inondation ;
- Enjeu n°5 : Valoriser le patrimoine et les usages liés à l'eau.

Au droit du site, il n'y a aucun risque d'inondation, aucune rivière à proximité et aucune zone humide. Il n'y a donc aucun risque de contamination superficielle de la Mauldre.

Un ensemble de mesures décrites dans l'étude d'impact du projet permettront de préserver la ressource en eau souterraine.

Le respect des enjeux du SAGE en relation avec le projet est vérifié.

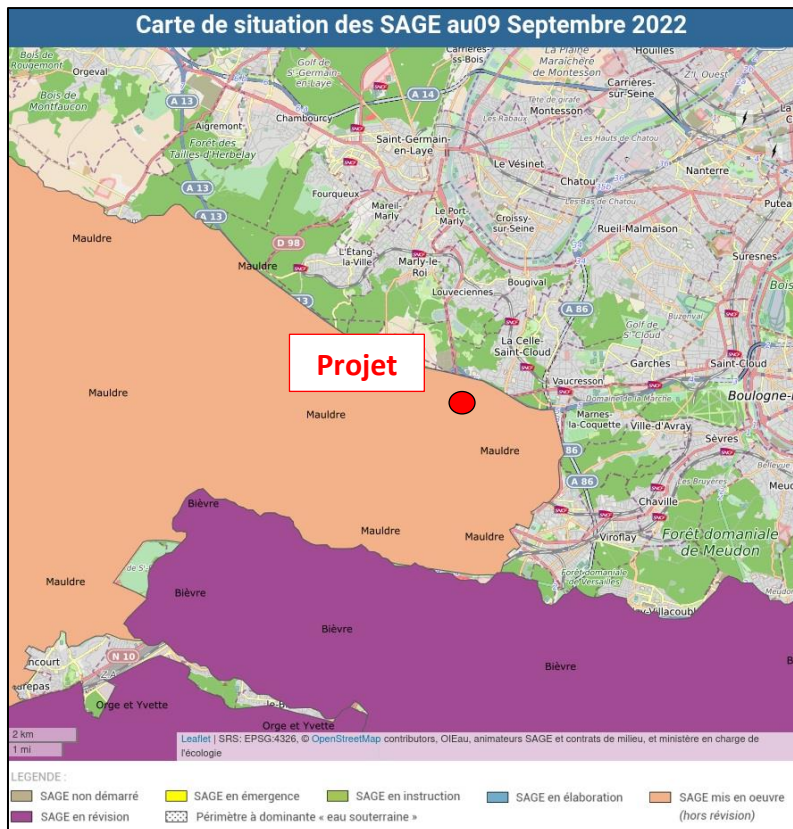
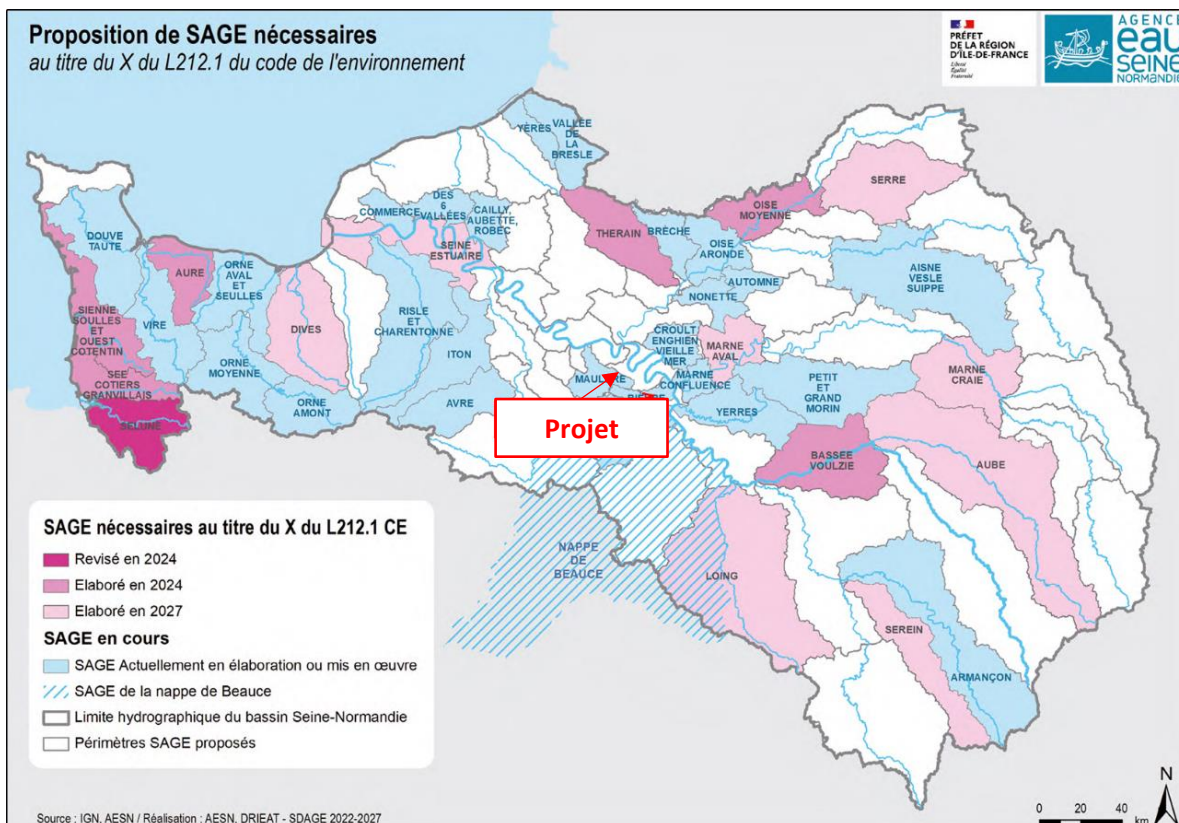


Figure 154 – Carte des SAGE autour de la zone d'étude (source : <https://www.gesteau.fr>)

6.2.17.3. Réseaux

Une demande de renseignement a été effectuée auprès des concessionnaires présents dans le secteur via l'application sogelink.fr. Les concessionnaires concernés sont :

➤ **Boucle ouest :**

- Axione ;
- Bouygues Energies et Services ;
- Service des Fontaines ;
- ENEDIS ;
- Orange ;
- SEOP ;
- SEVESC ;
- SFR Fibre SAS.

➤ **Boucle est :**

- Bouygues Energies et Services ;
- ENEDIS ;
- GRDF ;
- Orange ;
- SEOP ;
- SEVESC.

Les plans des réseaux fournis sont disponibles en Annexe 18.

Des nouvelles DICT seront réalisées avant les travaux.

Le Service des Fontaines a fait état de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt qui traverse la boucle ouest de l'échangeur, où sera implanté le doublet GLCR3 – GLCR4, et qui passe au sud de la boucle est.

Le tracé de l'aqueduc est présenté en Figure 155. Une visite de site a été réalisée pour connaître la localisation et l'état précis de l'aqueduc. Les résultats sont présentés en Annexe 15.

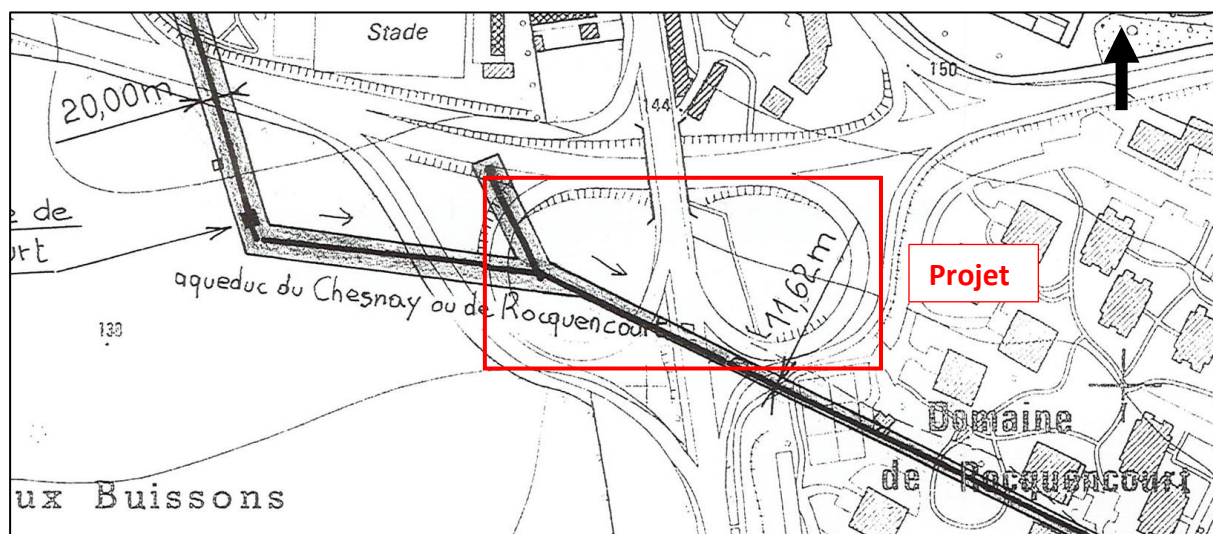


Figure 155 – Tracé de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt (Source : Service des fontaines)

6.2.18. Enjeux du site

L'analyse de l'état actuel 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.

- Enjeu nul ou négligeable
- Enjeu faible
- Enjeu modéré
- Enjeu fort

Tableau 28 – Synthèse des enjeux du projet

Thème	Constats	Intensité de l'enjeu
Milieu physique		
Climat	Le site d'étude n'est pas situé dans un environnement de conditions climatiques extrêmes.	Faible
Qualité de l'air	Le site d'étude est situé dans un environnement où la qualité de l'air est relativement bonne.	Faible
Sol et sous-sol	Le site d'étude est situé à une altitude d'environ +143 m NGF (boucle est) et +139 m NGF (boucle ouest) et dans une zone urbanisée présentant de nombreuses structures routières. Aucun site BASOL au droit du projet, le site le plus proche est situé à 1,4 km. Aucun site BASIAS n'est référencé au droit du projet mais plusieurs sites sont situés à moins de 1 km du projet. Le site le plus proche est situé à environ 500 m.	Faible
Eaux souterraines	Absence de captage d'eau potable communal.	Faible
Eaux superficielles	La commune est traversée par le ru de Chèvreloup mais il n'est pas présent sur le site du projet. L'aqueduc du Chesnay passe au niveau de la boucle ouest de l'échangeur et au sud de la boucle est. Il traverse donc la zone du projet notamment au niveau de l'implantation du doublet GLCR3 – GLCR4 au niveau de la boucle ouest. Un repérage de l'installation a été réalisé sur site.	Fort
Paysage	Site visible depuis les routes d'accès, il est constitué actuellement d'un couvert végétal et de quelques arbres.	Modéré
Risques naturel	Le site d'étude n'est pas concerné par un l'aléa du retrait-gonflement des sols argileux. Zone de sismicité 1 (très faible). Site exempté du risque d'inondation par ruissellement. Commune non soumise à un plan de prévention des risques naturels.	Faible
Milieu naturel		

Espaces naturels et continuités écologiques	Aucun site Natura 2000, PNR, RNR, RNN, APPB, ZICO à proximité du projet. La ZNIEFF la plus proche est située à 1 km du projet. Il s'agit de la Forêt de Marly. L'ENS le plus proche du projet est situé à 2,8 km du projet. Il s'agit du domaine départemental du Haras de Jardy. Le site n'est pas identifié comme une zone humide que ça soit sur critère pédologiques à l'issu de sondages à la tarière, ou sur critères floristiques. Le site n'est pas situé dans un réservoir de biodiversités. Le site n'est pas situé dans un réservoir de biodiversités	Faible
Faune, Habitats et flores	Quelques espèces protégées au niveau de la commune. Un inventaire faune, flore a été réalisé en janvier 2023 : il a montré que les sites de forage présentent peu d'enjeux pour la faune, la flore et les habitats.	Faible
Milieu humain		
Caractéristiques socio-économiques	Premières habitations situées à 100 m du doublet GLCR1 – GLCR2 et à environ 200 m du doublet GLCR3 – GLCR4. Bureaux et commerce présents dans un rayon de 1 km. Des établissements sensibles sont présents dans un rayon d'1 km (une école maternelle, primaire et un lycée situé à 300, 720 et 910 m, des établissements sportifs à 300, 520 et 730 m, une maison de retraite à 320 m, un centre commercial à 700 m, un hôpital privé à 790 m). Projet localisé au niveau de deux échangeurs entre deux routes départementales. Commune soumise au SAGE de la Mauldre.	Modéré
Réseaux et urbanisme	Canalisation de gaz à proximité. Aqueduc souterrain passant sur la boucle ouest et au sud de la boucle est. Nombreux réseaux présents. Présence de servitudes d'utilités publiques. PLU à modifier.	Fort
Patrimoine culturel et architectural	Projet situé sur le site inscrit « route royale de Versailles » et à proximité du site classé « Ensemble formé par la plaine de Versailles ». Absence de SPR dans le secteur. Présence d'1 monument historique à proximité. Le projet est situé dans 2 périmètres de protection de monuments historiques « Protection ancien château – Parc de Rocquencourt » et « protection domaine national de Versailles et de Trianon ». Absence de vestiges archéologiques au droit du site. Projet situé dans l'emprise surfacique de la zone tampon de protection du Château de Versailles, patrimoine de l'UNESCO.	Fort
Transport et circulation	Trafic fort des voies de circulation (A13 : 125 000 véh./jour, RD186 entre 19 548 et 55 003 véh./j selon les portions, D307 : 33 590 véh./jour). Les voies d'accès devront être dimensionnées pour les poids-lourds.	Fort
Commodité du voisinage	Présence de réseaux routiers à proximité. L'indice Lden sur une journée au droit du site est élevé du fait la présence de l'A13 à proximité et de la présence d'autres réseaux routiers. Ambiance sonore modérée à forte respectant les réglementations. Pollution lumineuse importante.	Modéré à fort

6.2.19. **Interrelation entre les milieux**

Les milieux, classés par thématique, peuvent être corrélés entre eux.

On peut citer, par exemple, une corrélation entre le milieu physique « géologie » et le milieu humain « santé publique ». En effet, par l'état de l'air, du sol, des eaux, ou d'autres intermédiaires, le milieu physique peut influencer la santé des populations riveraines.

6.3. Incidence du projet sur l'environnement

L'analyse des impacts du projet se décompose en deux parties traitant des :

- **Projet de géothermie : Impacts liés aux forages ;**
- **Projet de centrales : Impacts liés au bâtiment intégrant deux centrales géothermiques ;**
- **Projet de réseaux : Impacts liés à la création d'un réseau de chaleur, des différents raccordements et des sous-stations correspondantes.**

L'analyse des effets du projet est conduite pour :

- Les phases de travaux qui consistent en la réalisation des forages, et la mise en œuvre des installations et équipements associés (centrales géothermiques, raccordements et réseaux de chaleur) ;
- La phase d'exploitation du site, soit le fonctionnement normal des forages, des centrales géothermiques et des réseaux associés.

Pour chacune de ces phases, les effets sont étudiés sur :

- Le milieu physique ;
- Le milieu naturel ;
- Le milieu humain.

La cessation d'activité et la remise en état du site seront traitées selon les règles en vigueur et détaillées au chapitre 8.

6.3.1. Rappel du principe du doublet géothermique

Le projet prévoit la réalisation de deux doublets géothermiques.

Un doublet géothermique fonctionne selon le principe suivant (cf. Figure 156) :

- Un forage permet de puiser l'eau à grande profondeur, là où elle est naturellement très chaude,
- Ramenée à la surface du sol, par sa pression naturelle ou à l'aide d'une pompe, l'eau est envoyée par une canalisation étanche à une centrale géothermique,
- La production de chaleur a lieu dans la centrale géothermique, au moyen d'un échangeur de chaleur constitué d'une série de plaques en métal inoxydable (titane) assurant une grande surface d'échange. L'eau issue du sous-sol circule d'un côté, l'eau alimentant les installations de chauffage des immeubles circule de l'autre côté. Il n'y a aucun contact direct entre les deux eaux,
- L'eau provenant du sous-sol est renvoyée en profondeur après avoir cédé une part de sa chaleur,
- Un réseau de chaleur permet d'acheminer l'eau réchauffée après passage dans les échangeurs vers les divers immeubles clients.

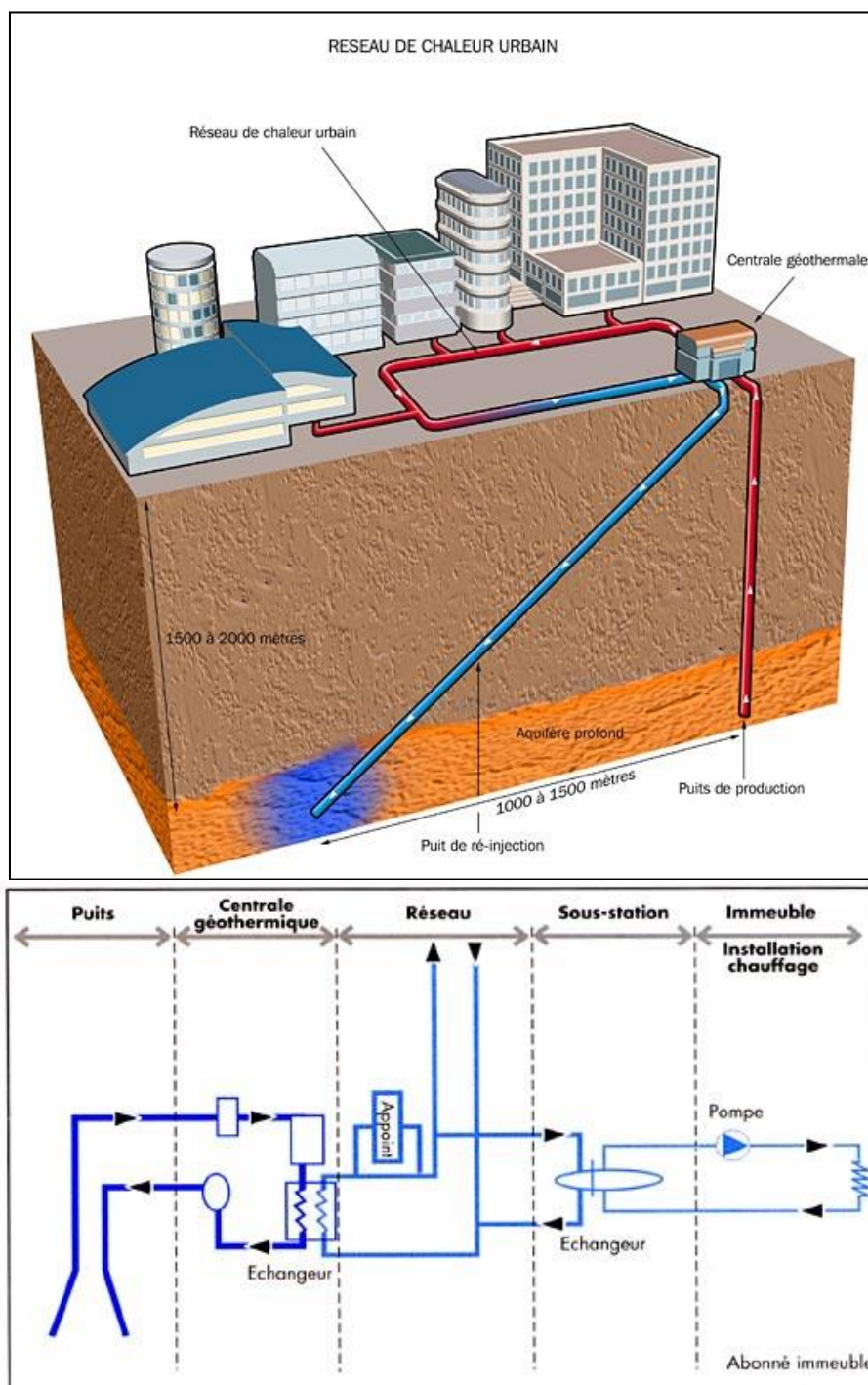


Figure 156 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (Source : ADEME / BRGM)

6.3.2. Analyse des effets sur le milieu physique

6.3.2.1. Impact sur les sols et sous-sols

6.3.2.1.1. Impacts liés à la phase travaux

Les travaux qui consistent en la réalisation des terrassements, des travaux de forage, et de la mise en œuvre des installations et équipements vont se dérouler en plusieurs phases :

- Travaux préparatoires :
 - Débroussaillage et abattage de végétaux,
 - Décapage de terre végétale et démontage des équipements en place,
 - Forage des avant-trous,
 - Terrassements,
 - Réalisation des caves d'avant-trous,
 - Traitement des assises et couche de forme,
 - Travaux de forages ;
- Travaux projetés – viabilisation :
 - Terrassements en tranchées,
 - Cheminement des réseaux électriques,
 - Réseau d'eaux pluviales de toiture et de surface,
 - Réseau d'eaux usées,
 - Réseau de sécurité incendie (ESP),
 - Réseau d'Eau Potable (ESP),
 - Réseau d'Eau Chaude de Chauffage (ECC),
 - Réseau de gaz,
 - Raccordement et piquage sur les réseaux existants ;
- Génie civil : mise en place des ouvrages béton, bâtiment pour un local géothermie (local géothermie, local PAC, local électricité...)
- Voiries et aménagements extérieurs.

6.3.2.1.1.1. Projet de géothermie

Impacts sur la topographie et la nature physique des sols

La boucle est sur laquelle vient s'inscrire le 1^{er} doublet de forage présente une pente inclinée vers le sud. L'altitude est comprise entre + 140 m NGF et + 143 m NGF au droit du site.

La boucle ouest sur laquelle vient s'inscrire le 2^{ème} doublet de forage présente une pente inclinée vers le sud-ouest. L'altitude est comprise entre +137 m NGF et +142 m NGF au droit du site.

Les terrassements vont engendrer des déplacements de matériaux. Au cours de ces opérations, si les matériaux du site sont en excès, ceux-ci seront stockés sur site. A l'inverse, si des matériaux sont

manquants, ceux-ci feront l'objet d'un approvisionnement spécifique avec prioritairement un recours aux excédents de terre stockées sur site.

Des premières opérations de terrassement jusqu'au montage des infrastructures, la topographie des terrains sera donc légèrement modifiée.

Au droit du projet, les sols se caractérisent par la succession lithologique suivante sur les premiers mètres :

- Remblais ;
- Sables et grès de Fontainebleau.

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 strates géologiques supérieures pour créer les niveaux d'infrastructures du projet.

En l'état de nos connaissances et d'après le contexte hydrogéologique du site, les terrassements ne devraient pas intercepter de nappe.

➔ Effets négatifs, directs, temporaires, faibles

Impacts sur la qualité 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 (fuites d'hydrocarbures, d'huiles, de circuits hydrauliques, ...), d'une mauvaise manœuvre (renversement d'un engin, débordements sur le circuit boue en phase forage) ou encore d'une mauvaise gestion des déchets générés par le chantier (eaux usées, laitance de béton...).

Cela étant, des mesures de prévention seront mises en place afin de limiter ce risque (cf. paragraphe ci-après).

➔ Effets négatifs, directs, temporaires, faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Des dispositions pourront être prises ou imposées aux entreprises de travaux afin d'éviter toute pollution des sols. Elles comprendront à minima les préconisations suivantes :

- Mise en place de moyens visant à limiter les pollutions des sols (surfaces bâchées ou bétonnées pour le stockage de produits dangereux, bacs de décantation, etc.).
- Pendant la phase forage une plateforme bitumée et des réseaux de rejets associés seront mis en place. Ces mesures permettront d'éviter tout rejet dans le milieu naturel de la boue de forage ou des produits polluants.
- L'ensemble des produits polluants utilisés pendant les travaux seront disposés dans des cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké (ex : les cuves de fuel alimentant les moteurs des machines).

- Des bâches étanches pourront être systématiquement disposées sous les moteurs et les réservoirs des différents appareils utilisés sur le chantier (groupes électrogènes, compresseurs, etc.).
- Le remplissage des réservoirs de carburant et d'huile sera réalisé sur des bacs de rétention.
- Emploi d'huiles végétales et non polluantes pour le décoffrage du béton.
- Minimisation des quantités de déchets, tri sélectif, choix de matériaux préfabriqués.
- Sensibilisation du personnel à la préservation de l'environnement.
- Mise en place d'une procédure d'urgence « pollution » afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires.
- Aucune vidange ou maintenance des véhicules ne sera autorisée dans l'enceinte du chantier. Par conséquent, il n'y aura pas d'impact lié à la manipulation des huiles et des liquides d'entretien pour la maintenance courante des engins.

Au regard de ces éléments, l'impact des travaux sur la qualité des sols est jugé faible. Rappelons par ailleurs que cet impact sera limité à la durée des travaux.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.1.1.2. **Projet de centrales**

Impacts sur la nature physique des sols

L'incidence des travaux des centrales géothermiques incluses dans un même bâtiment, sur les sols sera limitée à l'emprise du périmètre d'intervention et se traduira par l'excavation localisée et partielle des strates géologiques pour la réalisation des fondations au droit du bâtiment construit. Ces travaux ne seront pas de nature à modifier la nature des sols.

➔ Absence d'effet

Impacts sur la qualité des sols

Des pollutions accidentelles peu étendues sont susceptibles de survenir en cas d'anomalie sur des véhicules ou matériels (fuites d'hydrocarbures, d'huiles, de circuits hydrauliques, ...), d'une mauvaise manœuvre (renversement d'un engin) ou encore d'une mauvaise gestion des déchets générés par le chantier (eaux usées, laitance de béton, ...). Du fait de la présence de niveaux perméables (sables et grès de Fontainebleau) une infiltration dans les sols vers les eaux souterraines est envisageable.

Sur les itinéraires des véhicules utilitaires, les voies routières et les équipements existants pourraient être dégradés (dépôt de boues, affaissement, endommagement...) durant la période de travaux. Une attention particulière sera prise par les opérateurs pour limiter les nuisances du chantier.

➔ Effets directs négatifs temporaires faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Des dispositions pourront être prises ou imposées aux entreprises de travaux afin d'éviter toutes pollutions. Elles comprendront à minima les préconisations suivantes :

- Mise en place de moyens visant à limiter les pollutions des sols (surfaces bâchées ou bétonnées pour le stockage de produits dangereux, bacs de décantation, etc.).
- L'ensemble des produits polluants utilisés pendant les travaux seront disposés dans des cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké (ex : les cuves de fuel alimentant les moteurs des machines).
- Des bâches étanches pourront être systématiquement disposées sous les moteurs et les réservoirs des différents appareils utilisés sur le chantier (groupes électrogènes, compresseurs, etc.).
- Le remplissage des réservoirs de carburant et d'huile sera réalisé sur des bacs de rétention.
- Emploi d'huiles végétales et non polluantes pour le décoffrage du béton.
- Minimisation des quantités de déchets, tri sélectif, choix de matériaux préfabriqués.
- Sensibilisation du personnel à la préservation de l'environnement.
- Mise en place d'une procédure d'urgence « pollution » afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires.
- Aucune vidange ou maintenance des véhicules ne sera autorisée dans l'enceinte du chantier.
- Réalisation des fonds de fouille avec des matériaux inertes qui ne sont pas de nature à polluer les sols.

Le béton utilisé pour la construction du bâtiment sera autant que possible préfabriqué, de manière à limiter la fréquence de lavage des camions-toupie.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.1.1.3. **Projet de réseaux**

Impacts sur la nature physique des sols

L'incidence des travaux de réseaux de chaleur sur les sols sera limitée à l'emprise du périmètre d'intervention et se traduira par l'excavation localisée et partielle des strates géologiques pour la mise en place de ces réseaux. Ces travaux ne seront pas de nature à modifier la nature des sols. Les travaux de sous-stations n'auront pas d'impact sur la nature physique des sols.

➔ Absence d'effet

Impacts sur la qualité des sols

Des pollutions accidentelles peu étendues sont susceptibles de survenir en cas d'anomalie sur des véhicules ou matériels (fuites d'hydrocarbures, d'huiles, de circuits hydrauliques, ...), d'une mauvaise manœuvre (renversement d'un engin) ou encore d'une mauvaise gestion des déchets générés par le chantier (eaux usées, laitance de béton, ...). Du fait de la présence de niveaux perméables (sables de Fontainebleau) une infiltration dans les sols vers les eaux souterraines est envisageable.

Sur les itinéraires des véhicules utilitaires, les voies routières et les équipements existants pourraient être dégradés (dépôt de boues, affaissement, endommagement...) durant la période de travaux. Une attention particulière sera prise par les opérateurs pour limiter les nuisances du chantier.

Les travaux de sous-traitance n'auront pas d'impact sur la qualité des sols.

➔ Effets directs négatifs temporaires faibles**Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts**

Des dispositions pourront être prises ou imposées aux entreprises de travaux afin d'éviter toutes pollutions. Elles comprendront à minima les préconisations suivantes :

- Diagnostic amiante en amont de la phase travaux.
- Nettoyage des engins et matériaux sur chantier pour éviter toutes dispersions hors du site.
- Nettoyage des voiries souillées par les entreprises.
- Mise en place de moyens visant à limiter les pollutions des sols (surfaces bâchées ou bétonnées pour le stockage de produits dangereux, bacs de décantation, etc.).
- L'ensemble des produits polluants utilisés pendant les travaux seront disposés dans des cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké (ex : les cuves de fuel alimentant les moteurs des machines).
- Des bâches étanches pourront être systématiquement disposées sous les moteurs et les réservoirs des différents appareils utilisés sur le chantier (groupes électrogènes, compresseurs, etc.).
- Le remplissage des réservoirs de carburant et d'huile sera réalisé sur des bacs de rétention.
- Minimisation des quantités de déchets, tri sélectif, choix de matériaux préfabriqués.
- Sensibilisation du personnel à la préservation de l'environnement et sur les risques de pollution.
- Mise en place d'une procédure d'urgence « pollution » afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires.
- Aucune vidange ou maintenance des véhicules ne sera autorisée dans l'enceinte du chantier.
- Après la réalisation des tranchées : réutilisation d'une partie des terres excavées.

➔ Mesures de réduction des impacts**6.3.2.1.2. Impacts liés à la phase exploitation****6.3.2.1.2.1. Projet de géothermie****Impacts sur la topographie et la nature physique des sols**

Le projet de forage tel qu'il est prévu entrainera une légère modification de la topographie environnante.

➔ Absence d'effet**Impacts sur la qualité des sols**

Les risques potentiels de pollution des sols lors de l'exploitation du site seront principalement liés à :

- L'utilisation et le stockage de produits chimiques :
 - Déversements des produits lors du remplissage des cuves,

- Détérioration de l'étanchéité des rétentions,
 - Détérioration de l'étanchéité des canalisations de transport des produits,
- La production de déchets dangereux par l'activité ;
 - Le déplacement des véhicules (usure des pneumatiques, fuite d'huile et d'hydrocarbures, etc.) ;
 - Un quelconque percement des canalisations enterrées.

Cela étant, des mesures de prévention seront mises en place afin de limiter ce risque (cf. paragraphe ci-après).

➔ **Effets négatifs, directs, faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Afin d'empêcher toute pollution du sol et des sous-sols par déversement de matières dangereuses polluantes, les mesures suivantes seront mises en place :

- Les zones d'activités du site seront étanches : goudronnées (voies de circulation) ou bétonnées (aire de dépotage) ;
- Toutes les matières polluantes présentes sur site seront stockées sur des rétentions adaptées et dûment dimensionnées ;
- Une procédure d'urgence « pollution » sera mise en place afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires. Un kit de dépollution sera à disposition de l'exploitant sur le site. Étant donné ses activités, le personnel est formé à l'utilisation de produits absorbants et autres techniques visant à circonscrire la pollution ;
- Les eaux pluviales de voiries chargées en hydrocarbures seront collectées et dirigées vers des séparateurs d'hydrocarbures avant rejet vers le réseau d'assainissement ;
- L'étanchéité des réseaux de collecte des eaux usées et pluviales sera vérifiée régulièrement ;
- Si pour une raison quelconque un percement de 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.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.1.2.2. **Projet de centrales**

Impacts sur la qualité des sols

Le bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques sera placé sur une dalle béton étanche. Aucun rejet liquide ou solide en fonctionnement normal n'est à prévoir.

Au vu des activités d'entretien et de maintenance, les risques potentiels de pollution des sols lors de l'exploitation du site seront principalement liés à :

- L'utilisation et le stockage de produits chimiques :
 - Ecoulement de produits dangereux (produits inhibiteurs du fluide géothermal, huile, etc.),
 - Détérioration de l'étanchéité des rétentions,
 - Détérioration de l'étanchéité des canalisations de transport des produits,
- La production de déchets dangereux par l'activité ;
- Le déplacement des véhicules (usure des pneumatiques, fuite d'huile et d'hydrocarbures, etc.) ;

➔ Effets négatifs, directs, faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Afin d'empêcher toute pollution du sol et des sous-sols, les mesures suivantes seront mises en place :

- Les zones d'activités du site seront étanches : goudronnées (voies de circulation) ou bétonnées (aire de dépotage) ;
- Toutes les matières polluantes présentes sur site seront stockées sur des rétentions adaptées et dûment dimensionnées
- Une procédure d'urgence « pollution » sera en mise en place afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires. Un kit de dépollution sera à disposition de l'exploitant sur le site. De par ses activités, le personnel est formé à l'utilisation de produits absorbants et autres techniques visant à circonscrire la pollution ;
- Les eaux pluviales de voiries chargées en hydrocarbures seront collectées et dirigées vers des séparateurs hydrocarbure avant rejet vers le réseau d'assainissement communal ;
- L'étanchéité des réseaux de collecte des eaux usées et pluviales sera vérifiée régulièrement ;
- Si pour une raison quelconque un percement de canalisation 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.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.1.2.3. Projet de réseaux

Impacts sur la qualité des sols

La présence de canalisations souterraines transportant de l'eau chaude pourrait conduire à une pollution thermique des sols ou à une dilatation des conduits. Une dilatation des conduits engendrerait un endommagement des sols.

Au vu des activités d'entretien et de maintenance, les risques potentiels de pollution des sols lors de l'exploitation des réseaux seront principalement liés à :

- Le déplacement des véhicules (usure des pneumatiques, fuite d'huile et d'hydrocarbures, etc.) ;
- Une pollution thermique (modification significative de la température du milieu) via la diffusion de calories par conduction thermique des conduites vers le sol ;
- Un quelconque percement des canalisations enterrées avec par exemple une fuite d'eau adoucie à haute température (75°C) au niveau d'un tube caloporteur. Un phénomène de ce type pourrait être engendré par :
 - Une avarie du réseau de chaleur lui-même (dilatation, corrosion, pression externe et interne au niveau des tubes...) ;
 - Un endommagement du réseau de chaleur lors de futurs travaux de terrassement.

➔ **Effets négatifs, directs, faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Afin d'empêcher toute pollution du sol et des sous-sols, les mesures suivantes seront mises en place :

- Une procédure d'urgence « pollution » sera en mise en place afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires. Un kit de dépollution sera à disposition de l'exploitant sur le site. De par ses activités, le personnel est formé à l'utilisation de produits absorbants et autres techniques visant à circonscrire la pollution ;
- La diffusion de chaleur dans le sol sera réduite par la structure des ouvrages 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 dégel des sols, d'augmentation de la sécheresse...
- Pour réduire les risques d'endommagement par des engins de terrassement du réseau de chaleur et donc réduire le risque de fuites, les mesures suivantes seront prises :
 - Implantation des réseaux au fond d'une tranchée avec pose d'un grillage avertisseur violet au-dessus des conduites pour signaler leur présence. La génératrice des conduites se situera à au moins 80 cm de profondeur ;
 - Des informations précises seront diffusées aux propriétaires des terrains traversés, en particulier les communes, pour les avertir des précautions d'usage à adopter aux abords de l'ouvrage pour garantir leur sécurité et l'intégrité des réseaux.
- Pour maintenir la bonne étanchéité des réseaux, les mesures suivantes seront prises :

- Implantation des réseaux au fond d'une tranchée avec pose d'un grillage avertisseur violet au-dessus des conduites pour signaler leur présence. La génératrice des conduites se situera à au moins 80 cm de profondeur ;
 - A la fin des travaux et avant la mise en service du réseau de chaleur, des essais de pressions seront réalisés afin de s'assurer de l'étanchéité des réseaux ;
 - Des équipements seront mis en place pour contrôler la pression dans les conduites et maîtriser les phénomènes de dilatations thermiques et les surpressions :
 - Installation de soupapes au niveau des organes générant de la pression comme les pompes ;
 - Mise en place d'équipements spécifiques permettant de maîtriser les phénomènes de dilatations thermiques (lyres de dilatation, coudes et baïonnettes naturellement présents dans le tracé du réseau, compensateurs munis d'un soufflet, points fixes...) ;
 - Enregistrement des différents paramètres clés du fonctionnement du réseau par l'installation de capteurs (température, pression, débit, ...).
- Si pour une raison quelconque un percement de 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.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.2. **Impact sur les eaux superficielles et souterraines**

6.3.2.2.1. **Impacts liés à la phase travaux**

6.3.2.2.1.1. **Projet de géothermie**

Impacts sur les eaux superficielles

Les principaux effets de la phase travaux sur la qualité des eaux superficielles sont globalement identiques aux effets sur le sol ou le sous-sol.

De manière plus spécifique, les risques de pollution lors de travaux de forage sont principalement liés :

- Aux rejets d'eau de ruissellement potentiellement polluées dans le réseau d'eau pluviale,
- Aux rejets d'eaux chaudes sur le sol ou dans le réseau d'assainissement puis dans le milieu naturel.

Rappelons également qu'un cours d'eau canalisé est recensé à proximité immédiate du projet.

➔ **Effets négatifs, directs, temporaires, faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures mises en place pour la protection des sols et sous-sol sont également valables ici.

De plus, pendant la phase forage, chaque atelier de forage est installé sur une plateforme qui empêche toute infiltration dans le sol. La plateforme, en béton hydrofuge ou revêtue de bitume, est construite avec un maillage de caniveaux (notamment autour de la foreuse) en légère pente canalisant les eaux de ruissellement du chantier vers un même point.

Les cuves de fuel alimentant les moteurs diesel sont munies de cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké.

Un séparateur d'hydrocarbures, ainsi qu'une rétention de 10 m³ seront mis en place au niveau du point de collecte des eaux de ruissellement, avant rejet dans le réseau d'eau pluviale. A défaut d'autorisation l'Article 21 de l'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières sera respecté pour qu'il ne puisse y avoir d'entraînement par les eaux pluviales de matières dangereuses ou insalubres dans le milieu naturel.

Le rejet dans le réseau public d'assainissement ne se fait qu'après refroidissement à 30°C, après autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques par le concessionnaire du réseau, et établissement d'une convention de rejet. Elle sera finalisée et signée par l'entreprise de forages retenue sur appel d'offres et le concessionnaire.

Le refroidissement se fera par plusieurs moyens :

- Passage dans des bacs de stockage, où se fera un échange thermique avec l'atmosphère,
- Passage dans une tour de refroidissement à convection d'air forcé dimensionnée pour un débit total de 100 m³/h et un épuisement thermique de 25 °C. La puissance thermique maximale évacuée étant inférieure à 3 000 kW cet équipement sera soumis à déclaration.
- Éventuellement mélange avec de l'eau du réseau.



Figure 157 – Exemple de tour de refroidissement utilisée sur les chantiers de géothermie (Source : SMP)

Ces équipements permettront donc de limiter l'impact du rejet dans le réseau par une diminution forte de la température des effluents. L'impact environnemental est limité à la génération d'un panache de vapeur au niveau de la tour et des bourbiers pendant les phases d'essai et de développement des puits.

La prévention contre les éruptions de fluide et les déversements accidentels est assurée par un BOP (Blow Out Preventer). La pression nominale usuelle des BOP est de plus de 200 bars (sur tige et tige en dehors) ce qui est sécuritaire, car la pression en tête de puits n'excède pas quelques bars.

De plus, le chantier disposera d'un stock de sel en permanence (25 tonnes, permettant la fabrication de plus de 100 m³ de saumure à $d = 1,15$, pour neutraliser l'artésianisme). Il sera installé une ligne d'injection de saumure en continu.

➔ Mesures de réduction des impacts

Impacts sur les eaux souterraines

Les principaux effets de la phase travaux sur la qualité des eaux souterraines sont globalement identiques aux effets sur le sol ou le sous-sol.

De manière plus spécifique, chaque forage en lui-même est un ouvrage entrant en contact avec les formations aquifères et doit donc présenter toutes les garanties nécessaires pour préserver la qualité des ressources en eau souterraines.

En cours de travaux, les incidences que ces forages sont susceptibles d'avoir sur les aquifères sont les suivantes :

- Contamination possible des aquifères utiles par pertes de boue de forage,
- Contamination possible des aquifères par utilisation de produits potentiellement polluants.

➔ Effets négatifs, directs, temporaires, faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures mises en place pour la protection des sols et sous-sols sont également valables ici.

De plus, pendant la phase forage, pour éviter la contamination des aquifères utiles par les boues de forage, les mesures suivantes sont envisagées :

- La boue de forage aura toujours une pression de fond maintenue légèrement inférieure (avec contrôle de densité, teneur en solides et viscosité) à celles des différentes nappes profondes afin d'éviter toute pénétration dans ces aquifères,
- Utilisation d'eau claire, par branchement au réseau AEP. Une quantité modérée de bentonite (argile naturelle) est ajoutée pour constituer un fluide (boue de forage) aux propriétés rhéologiques et physiques (densité, viscosité, filtrat) adaptées aux terrains traversés. La boue a ici à la fois un rôle de refroidissement de l'outil de forage, de remontée des cuttings et de tenue des parois de l'ouvrage en cours de forage,
- Utilisation de boue aux polymères, si nécessaire. Ces produits sont intrinsèquement biodégradables et sans toxicité reconnue. L'utilisation de produits non potentiellement contaminants sera privilégiée dans la formulation des fluides de forage,
- En cas de pertes totales dans les aquifères sensibles, le forage sera poursuivi à l'eau avec des envois périodiques de bouchons de boue bentonitique,

- En cas de difficultés liées à un éventuel artésianisme, le puits sera maîtrisé avec une saumure. En cas de besoin, un autre alourdissant pourra être utilisé (carbonate de calcium, utilisé préférentiellement à la baryte, plus dense mais moins facile à éliminer et qui par ailleurs pourrait contribuer à créer des anomalies en baryum dans certains aquifères régionaux). De plus le foreur mettra en place un BOP permettant de contrôler le forage en toute circonstance.
- Enfin, il ne sera pas utilisé de « boue à l'huile » (contenant des hydrocarbures), qui sont parfois utilisées dans des forages pétroliers, notamment pour éviter l'hydratation de certains bancs argileux ou pour réduire le filtrat.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.2.1.2. **Projet de centrales**

Les fondations à envisager pour le bâtiment intégrant les deux centrales de géothermie sont sans impact sur les écoulements de la nappe superficielle. Le projet n'intercepte aucun périmètre de protection de captage. Il n'y a donc pas de risque que les travaux entraînent une dégradation de la qualité de l'eau souterraine exploitée pour l'alimentation en eau potable.

Le seul impact à envisager est l'infiltration d'eau de pluie pendant les travaux de terrassement liés aux fondations de la centrale qui pourrait entraîner vers la nappe superficielle d'éventuels produits polluants déversés accidentellement en surface.

➔ **Effets négatifs, directs, faibles**

Les mesures mises en place pour supprimer tout risque de contamination des sols et sous-sols permettront également de prévenir un risque de pollution des eaux superficielles et souterraines.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.2.1.3. **Projet de réseaux**

Le seul impact à envisager est l'infiltration d'eau de pluie pendant les travaux de terrassement liés à la mise en place des réseaux de chaleur qui pourrait entraîner vers la nappe superficielle d'éventuels produits polluants déversés accidentellement en surface.

➔ **Effets négatifs, directs, faibles**

Les mesures mises en place pour supprimer tout risque de contamination des sols et sous-sols permettront également de prévenir un risque de pollution des eaux superficielles et souterraines.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.2.2. **Impacts liés la phase exploitation**

L'exploitation des forages géothermiques, des centrales géothermiques et des réseaux de chaleur seront à l'origine des rejets suivants :

- Eaux usées :
 - Effluents liquides provenant des différents usages domestiques de l'eau potable (sanitaires, etc.), essentiellement porteuses de pollution organique,
 - Eaux usées industrielles provenant des installations techniques :
 - Eaux de vidange annuelle des chaudières,
 - Eaux de purge du réseau de chaleur,
 - Eaux de régénération des résines échangeuses d'ions de l'adoucisseur,
 - Eaux de lavage et de nettoyage des sols,
- Eaux pluviales :
 - Eaux pluviales de ruissellement sur les toitures, considérées comme des eaux non polluées,
 - Eaux pluviales de ruissellement sur les voiries potentiellement chargées en matières en suspension et en hydrocarbures.
- Eaux souterraines liées à la géothermie.

6.3.2.2.1. **Projet de géothermie**

Impacts sur les eaux superficielles :

Gestion des eaux géothermales

Les incidences que chaque forage est susceptible d'avoir sur les aquifères sont les suivantes :

- Mise en communication artificielle de niveaux aquifères initialement indépendants,
- Mise en communication accidentelle des aquifères avec l'intérieur du puits par percement du cuvelage de production.

➔ **Effets directs négatifs potentiellement importants**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures mises en place pour protéger les sols et sous-sols permettront également de limiter voire supprimer l'impact sur les eaux superficielles et/ou souterraines. Les principales mesures sont rappelées ci-après :

- Les zones d'activités du site seront étanches : goudronnées (voies de circulation) ou bétonnées (aire de dépotage) ce qui permettra de collecter les eaux de ruissèlement potentiellement polluées ;
- Toutes les matières polluantes présentes sur site seront stockées sur des rétentions adaptées et dûment dimensionnées ;
- Une procédure d'urgence « pollution » sera en mise en place afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires. Un kit de dépollution sera à disposition de l'exploitant sur le site. De par ses activités, le personnel est formé à l'utilisation de produits absorbants et autres techniques visant à circonscrire la pollution ;

- Les eaux pluviales de voiries chargées en hydrocarbures seront collectées et dirigées vers des séparateurs d'hydrocarbures avant rejet vers le réseau d'assainissement communal ;
- L'étanchéité des réseaux de collecte des eaux usées (et pluviales sera vérifiée régulièrement).

Les mesures mises en place pour supprimer l'impact de l'exploitation des forages sur les eaux superficielles sont les suivantes :

- Ne pas laisser les puits sans surveillance,
- Mise en place d'un détecteur de niveau d'eau dans la cave de tête de puits, relié à une alarme,
- Mise en place d'un système de fermeture de vanne tête de puits, manipulable depuis la surface de la plate-forme.

Les mesures mises en place pour supprimer l'impact de l'exploitation des forages sur les eaux souterraines sont les suivantes :

- Isolement des aquifères par cimentation des annulaires,
- Protection des tubages par injection d'inhibiteurs,
- Contrôle périodique des tubages par diagraphies.

Pour éviter la mise en communication artificielle des niveaux aquifères entre eux, les horizons aquifères seront isolés par tubages cimentés aux terrains, de façon à éviter toute communication entre les différentes zones perméables régionalement isolées.

Ainsi, le premier aquifère, le plus vulnérable à d'éventuelles pollutions de surface (Aquifère de l'Oligocène et aquifère du Lutétien), sera isolé par un télescopage de deux casings cimentés aux terrains.

L'aquifère sensible de l'Albien et du Néocomien sera également protégé par un double casing (13^{3/8} et 9^{5/8}) cimenté sous pression aux terrains.

Une attention particulière sera accordée aux diverses cimentations, qui sont exécutées par des équipes spécialement entraînées. Un log caliper permettra de déterminer le volume réel de l'open-hole (zone non tubée du puits). L'annulaire est calculé pour déterminer le volume de ciment à pomper et permettre une parfaite circulation du laitier entre le tubage et la formation. La cimentation sera contrôlée par un test d'étanchéité et par une diagraphie spécifique (CBL/VDL et/ou imagerie selon le diamètre).

Pour améliorer la protection, il sera mis en place des tubages en acier étiré sans soudure, de nuance K55, assemblés par vissage. En outre l'épaisseur de ces tubages est choisie de manière à leur assurer une durée de vie prolongée. Afin de réduire au minimum l'incidence de la qualité du matériau sur la vitesse de corrosion, le plan d'assemblage de chaque phase de tubage sera conçu en assortissant la plus grande longueur possible de tubes issus d'une même coulée (vérifiée par certificats de provenance).

La corrosion de la face interne sera ralentie par l'injection d'un inhibiteur. La permanence du film sera vérifiée en continu au moyen d'une sonde de contrôle rétractable en tête de puits.

Un « état zéro » des tubages sera fait à l'issue de la réalisation des forages (caliper de précision 40 ou 60 bras).

Par ailleurs, il est prévu d'effectuer un contrôle préventif de tenue de la cimentation (complété par un log de mesure de corrosion) tous les 3 ans sur le puits injecteur et tous les 5 ans sur le puits producteur.

Le suivi continu des paramètres d'exploitation permet d'identifier ou de suspecter une fuite (notamment par une chute de température de quelques degrés sur le puits de production, ou une diminution de la pression d'injection sur le puits injecteur).

Si, malgré les précautions prises et les contrôles effectués, un percement de tubage survenait, les mesures suivantes seront prises par le Maître d'Ouvrage :

- Si la fuite intervient sur le puits producteur, dans un premier temps, l'exploitant peut maintenir ou augmenter le pompage. En diminuant la pression de l'eau du Dogger, on évite ou on limite sa pénétration dans les aquifères supérieurs. Dans un second temps, un atelier de forage est mobilisé afin de remonter la pompe, après avoir neutralisé l'artésianisme, afin de procéder à une « réparation » du puits, après avoir localisée par diagraphies la profondeur et l'importance de la fuite. L'opération de remise en état peut aller d'un rechemisage partiel (casing patch) à un retubage sur plusieurs centaines de mètres, selon l'importance des zones dégradées ;
- Si la fuite intervient sur la tête du puits producteur, la vanne de fermeture, située dans la cave de la tête de puits, est actionnée à partir du sol. Pour les cas très rares où la fuite intervient juste sous la vanne de tête et sous la ligne d'injection de saumure, il sera fait appel à des sociétés pétrolières spécialisées dans ce type d'intervention, qui procèdent notamment par injection sous pression de billes de caoutchouc. Par ailleurs, afin de limiter les phénomènes de corrosion sur la tête de puits, le tubage de tête comprendra une cimentation de surface avec une pente rejetant les eaux vers l'extérieur. Le tubage 18 ^{5/8} sera remonté le plus haut possible. Un détecteur de niveau d'eau placé dans la cave de la tête de puits permettra de déclencher une alerte ;
- Si la fuite intervient sur le puits injecteur, le doublet sera arrêté. Un atelier de forage spécialisé (workover) sera alors mobilisé afin de stopper l'artésianisme puis de procéder à une « réparation » du puits, avec les mêmes moyens de diagnostic (diagraphies) et de remise en état (rechemisage partiel ou complet) que pour le puits de production.

En fin de service, lorsque l'exploitation du doublet géothermique sera définitivement abandonnée, les puits seront scellés. Des bouchons de ciment seront mis en place à des cotes qui assureront l'isolation des aquifères entre eux, selon un programme de fermeture soumis à l'approbation de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.2.2. **Projet de centrales**

Impacts sur les eaux superficielles :

Gestion des eaux usées sanitaires et industrielles

Les seuls rejets des installations sont les purges des installations de production d'eau déminéralisée ou les vidanges des circuits de chauffe et de refroidissement lors des maintenances. Ces eaux usées sont collectées par un réseau interne dédié (deux fosses de relevage) et transiteront par des séparateurs hydrocarbures avant d'être rejetés vers le réseau d'assainissement communal.

➔ **Effets directs négatifs négligeables**

Gestion des eaux pluviales

Les eaux pluviales du site seront constituées :

- Des eaux pluviales de voiries ;
- Des eaux pluviales de toitures.

Les eaux pluviales de voiries, s'abattant sur les surfaces imperméabilisées de l'établissement (parkings, voies d'accès en enrobé), seront susceptibles de contenir des hydrocarbures provenant des véhicules et engins. Ces eaux seront collectées par un réseau interne spécifique puis dirigées vers un séparateur d'hydrocarbures avant de rejoindre le réseau d'assainissement communal.

Les eaux pluviales de toitures seront collectées et dirigées vers un bassin de récupération des eaux pluviales qui sera enterré mais ne transiteront pas par les séparateurs d'hydrocarbures internes, spécifiquement dédiés aux eaux de voiries du site. Ces eaux ne présenteront aucune pollution liée à l'activité du site et pourront donc être récupérées sans traitement préalable.

➔ **Effets directs négatifs négligeables**

Gestion des eaux géothermales

Durant l'exploitation, l'eau géothermale circule dans une boucle d'échange complètement isolée du milieu de surface. Il n'y a pas de déversement de fluide géothermal dans le milieu naturel.

Si pour une raison quelconque un percement de canalisation enterrée survenait, ou si une fuite au niveau des échangeurs de chaleur apparaissait, 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.

Le risque de déversement accidentel d'eau géothermale intervient lors des opérations d'entretien des forages nécessitant l'ouverture ou le démontage de la tête de puits. Un dégorgeement artésien du forage peut alors survenir si la saumure destinée à « tuer » le puits (c'est à dire à supprimer l'artésianisme naturel par la contre-pression d'une eau salée plus dense) a été insuffisamment dosée ou si elle se trouve diluée par des phénomènes de convection.

En fonctionnement courant, il peut y avoir des rejets d'eau géothermale en faibles volumes, associés aux phases de nettoyage des filtres. Ces eaux seront collectées dans un réservoir dédié, et refroidies avant d'être évacuées dans le réseau d'assainissement ou d'être citernée.

➔ Effets directs négatifs négligeables

Gestion des eaux d'extinction incendie

En cas d'incendie dans le bâtiment contenant les deux centrales géothermiques, les eaux d'extinction seront confinées en sous-sol, pompées et éliminées par un organisme agréé.

Ailleurs, les eaux d'extinction ruisselleront vers les fossés périphériques EP. Une vanne d'isolement permettra de confiner ces eaux avant leur pompage et élimination par un organisme agréé.

➔ Effets directs négatifs négligeables

Impacts sur les eaux souterraines :

Gestion des eaux usées sanitaires et industrielles

L'ensemble des eaux usées sanitaires et industrielles sera collecté puis dirigé vers le réseau d'assainissement communal. Aucun rejet vers les sols, sous-sols et eaux souterraines ne sera possible.

➔ Absence d'impact

Gestion des eaux pluviales

L'ensemble des eaux de ruissellement sera collecté puis dirigé vers le réseau d'assainissement communal après traitement en séparateur hydrocarbures pour les eaux de voiries. Aucun rejet vers les sols, sous-sols et eaux souterraines ne sera possible.

➔ Absence d'impact

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures mises en place pour protéger les sols et sous-sols permettront également de limiter voire supprimer l'impact sur les eaux superficielles et/ou souterraines. Les principales mesures sont rappelées ci-après :

- Les zones d'activités du site seront étanches : goudronnées (voies de circulation) ou bétonnées (aire de dépotage) ce qui permettra de collecter les eaux de ruissèlement potentiellement polluées ;
- Toutes les matières polluantes présentes sur site seront stockées sur des rétentions adaptées et dûment dimensionnées ;

- Une procédure d'urgence « pollution » sera en mise en place afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires. Un kit de dépollution sera à disposition de l'exploitant sur le site. De par ses activités, le personnel est formé à l'utilisation de produits absorbants et autres techniques visant à circonscrire la pollution ;
- Les eaux pluviales de voiries chargées en hydrocarbures seront collectées et dirigées vers des séparateurs d'hydrocarbures avant rejet vers le réseau d'assainissement communal ;
- L'étanchéité des réseaux de collecte des eaux usées (et pluviales sera vérifiée régulièrement).

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.2.3. **Projet de réseaux**

Au vu des activités d'entretien et de maintenance, les risques potentiels de pollution des sols lors de l'exploitation des réseaux seront principalement liés à :

- Le déplacement des véhicules (usure des pneumatiques, fuite d'huile et d'hydrocarbures, etc.) ;
- Une pollution thermique (modification significative de la température du milieu) via la diffusion de calories par conduction thermique des conduites vers le sol ;
- Un quelconque percement des canalisations enterrées avec par exemple une fuite d'eau adoucie à haute température (75°C) au niveau d'un tube caloporteur. Un phénomène de ce type pourrait être engendré par :
 - Une avarie du réseau de chaleur lui-même (dilatation, corrosion, pression externe et interne au niveau des tubes...) ;
 - Un endommagement du réseau de chaleur lors de futurs travaux de terrassement.

➔ Effets négatifs, directs, faibles

Les mesures mises en place pour supprimer tout risque de contamination des sols et sous-sols permettront également de prévenir un risque de pollution des eaux superficielles et souterraines.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.3. **Impact sur le climat et l'énergie**

6.3.2.3.1. **Impacts liés à la phase travaux**

La principale source d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et d'énergie identifiées lors de la phase de travaux de forage correspond à la consommation journalière de gasoil non routier (GNR) de l'appareil de forage.

En première approche, la consommation journalière moyenne pour un appareil de forage est de l'ordre de 3 815L/jour. Selon l'arrêté du 12 avril 2012, les émissions de CO₂ associées au GNR sont de 3,17 kg/L.

Ainsi, pour 220 jours d'opérations, et selon les ratios précédemment cités, la phase forage induit l'émission de **2 660 tCO₂**.

Les principales sources d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et d'énergie identifiées lors des phases de travaux de la centrale, des réseaux et des sous-stations sont les suivantes :

- La consommation de carburant par les engins de chantier et le groupe électrogène de secours.
- La consommation de matériaux de chantier.
- Les déplacements liés au déplacement du personnel, aux apports de matériaux, à l'enlèvement de déchets.

À ce stade du projet, il est difficile de chiffrer précisément les GES. Notons cependant que ces émissions seront limitées à la durée des travaux et qu'elles resteront modestes devant les émissions évitées par l'exploitation de la géothermie.

➔ **Effets directs négatifs faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

L'appareil de forage sera alimenté électriquement de manière à effacer la consommation de GNR.

Des dispositions pourront être prises ou imposées aux entreprises de travaux. Elles comprendront à minima les préconisations suivantes :

- Des affiches pédagogiques seront disposées dans la base vie pour sensibiliser le personnel aux écogestes du quotidien,
- Limitation de la vitesse de circulation sur le chantier,
- Interdiction de brûler des déchets sur le chantier.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.3.2. Impacts liés à la phase exploitation

En phase exploitation, les puits n'engendrent pas d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) excepté au cours des opérations de workover. A ce stade du projet, il est difficile de chiffrer précisément les émissions correspondantes. Elles restent toutefois très faibles devant l'économie induite à ce niveau par la géothermie.

Le fonctionnement des installations est lié aux besoins de production de chaleur.

La réalisation du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques, des réseaux de chaleur et des sous-stations correspondantes aura un impact considérablement favorable pour l'environnement

En phase exploitation, les puits n'engendrent pas d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) excepté au cours des opérations de workover.

La circulation 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.

En cas de fuite au niveau de la pompe à chaleur, le fluide frigorigène est susceptible d'être émis à l'atmosphère. Différents types de fluide sont possibles. Certains ont un potentiel de déplétion ozonique (ODP) nul et un potentiel de réchauffement global (PRG) élevés.

➔ **Effets directs négatifs faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures suivantes seront mises en place :

- Contrôle des pompes à chaleur par une personne compétente au moins une fois par an,
- Le recours aux nouveaux fluides frigorigènes de type HFO (hydrofluoroléfine) sera privilégié afin de limiter l'impact au niveau de la couche d'ozone et en matière d'effet de serre.
- La quantité des hydrocarbures halogénés reçus, stockés, consommés, récupérés et recyclés sera tenue à jour.

A titre d'exemple, le bilan carbone d'un projet au Dogger récent a été calculé. Il comprenait les émissions liées à :

- La réalisation d'un doublet au Dogger ;
- La construction d'un réseau de chaleur pendant 2 années ;
- La construction d'une centrale géothermique ;
- Les immobilisations nécessaires à l'exploitation d'un réseau de chaleur.

Ce bilan a été comparé avec un scénario de référence comprenant l'exploitation d'un réseau de chaleur au gaz et au fioul sans nouveaux travaux d'extension de réseaux.

Il est apparu que la rentabilité carbone du projet était obtenue en moins de 3 ans.

Au regard de ces éléments, dans leur ensemble l'impact des phases travaux et d'exploitation sur le climat est jugé comme positif.

➔ **Effets directs positifs**

6.3.2.4. **Impact sur le paysage**

6.3.2.4.1. **Impacts liés à la phase travaux**

6.3.2.4.1.1. **Projet de géothermie**

Impacts sur la perception paysagère

Les impacts visuels liés à la réalisation des travaux de forage seront :

- Le nivellement de deux plateformes de forage,
- La partie supérieure du mât de forage d'une hauteur de 40 à 50 m environ,
- L'éclairage de nuit des installations et en particulier de la tête du mât,
- La formation de vapeur d'eau dégagée par l'eau géothermale, lors de certaines conditions météorologiques (température et taux d'humidité de l'air ambiant),
- L'abatage de quelques arbres et la réduction de la surface enherbée sur les parcelles pour la création des plateformes de forage entraînera une perte de la qualité paysagère de la route de l'échangeur.

L'organisation du chantier (clôtures, stockage de matériel) et les éventuelles salissures (notamment sur les voies de circulation) engendrées à l'extérieur du chantier entraîneront également des modifications sur la perception visuelle du secteur. Toutes ces modifications peuvent être sources de gêne pour les véhicules empruntant l'échangeur.

Du fait de sa position géographique, les travaux de sols et les équipements associés seront visibles dans l'aire d'étude rapprochée.

Une compilation de photos et de vues aériennes sont disponibles ci-après et permettent de caractériser :

- L'aire du chantier qui sera mobilisée en phase travaux ;
- Les aménagements du site envisagés à ce stade en phase travaux avec des photos d'installations de chantier de forages récents.

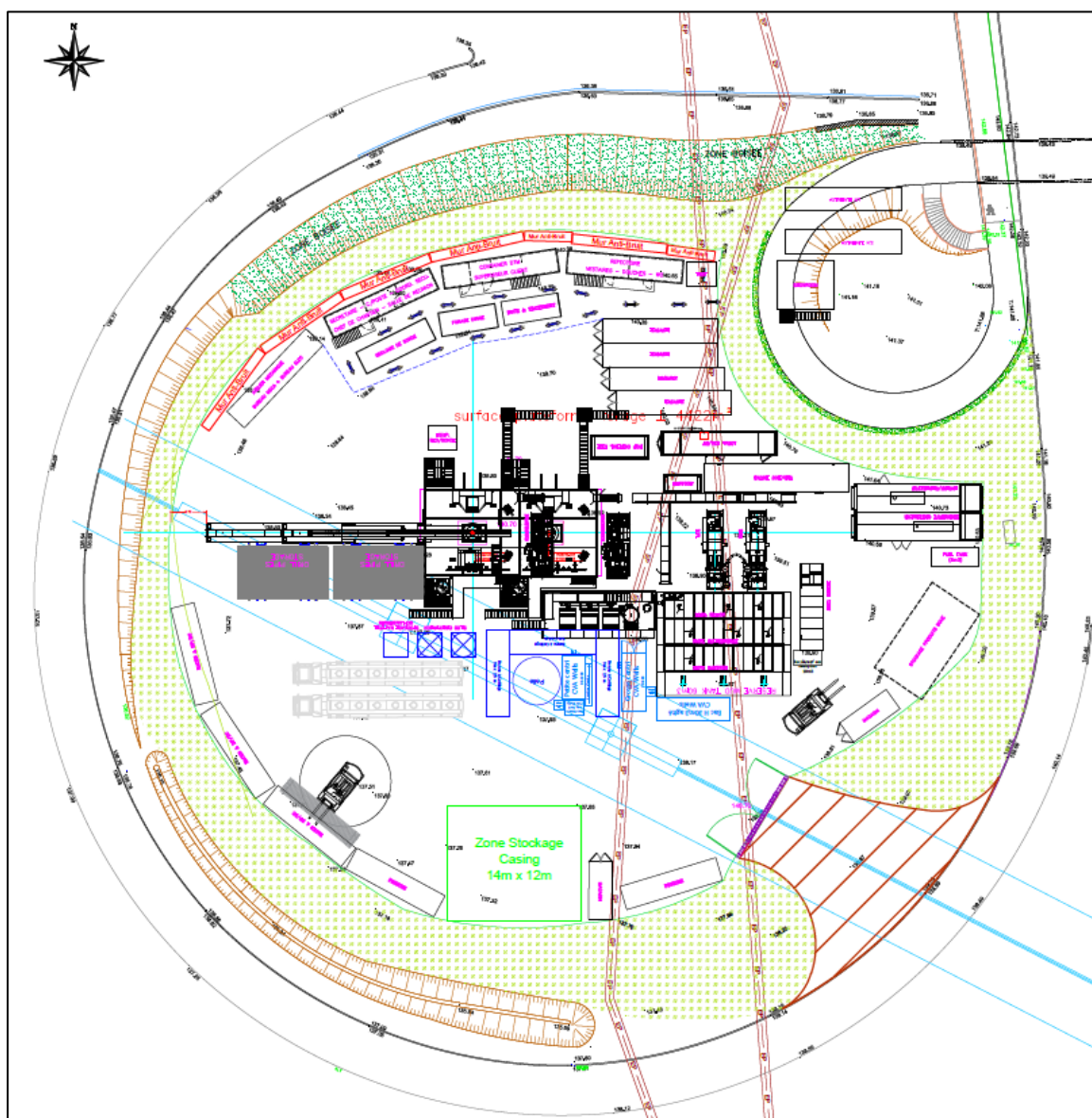


Figure 158 – Etendue de la zone chantier en phase travaux – plateforme boucle ouest (Source : SMP)

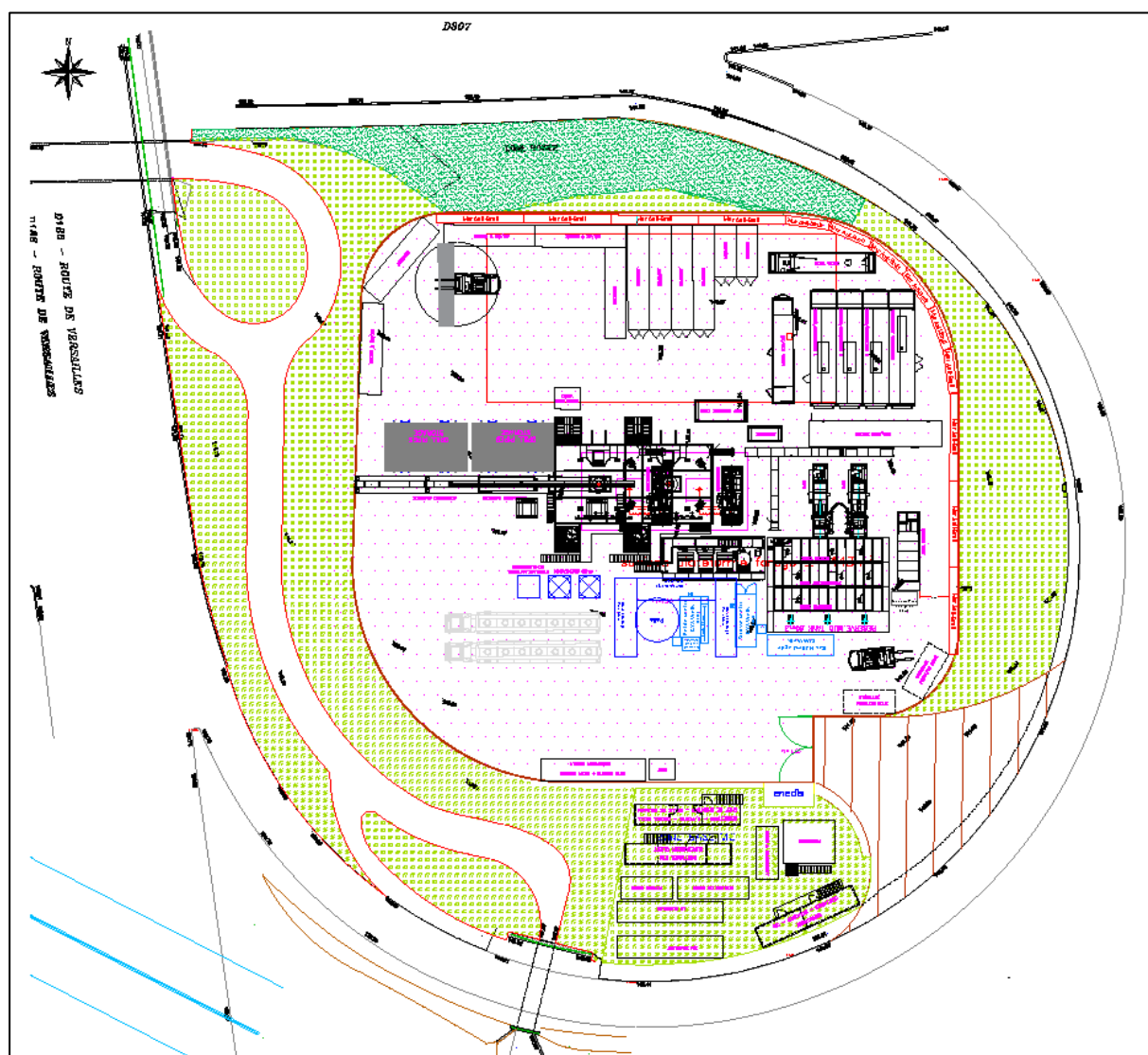


Figure 159 – Etendue de la zone chantier en phase travaux – plateforme boucle est (Source : SMP)

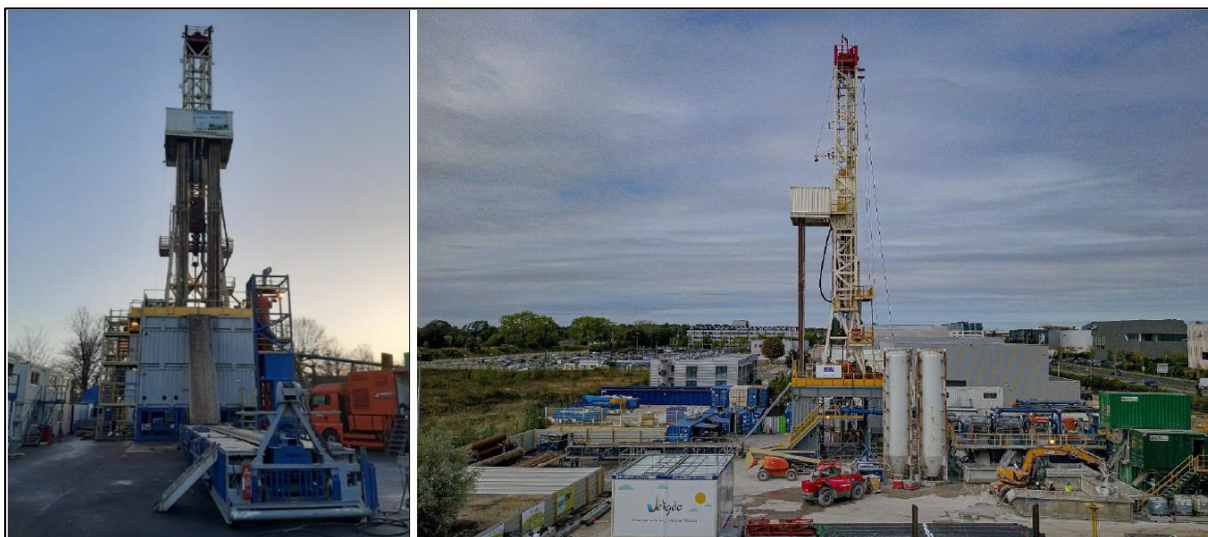


Figure 160 – Photos de deux installations de chantier de forage à Champs-sur-Marne (Novembre 2020) et Vélizy-Villacoublay (Septembre 2021)

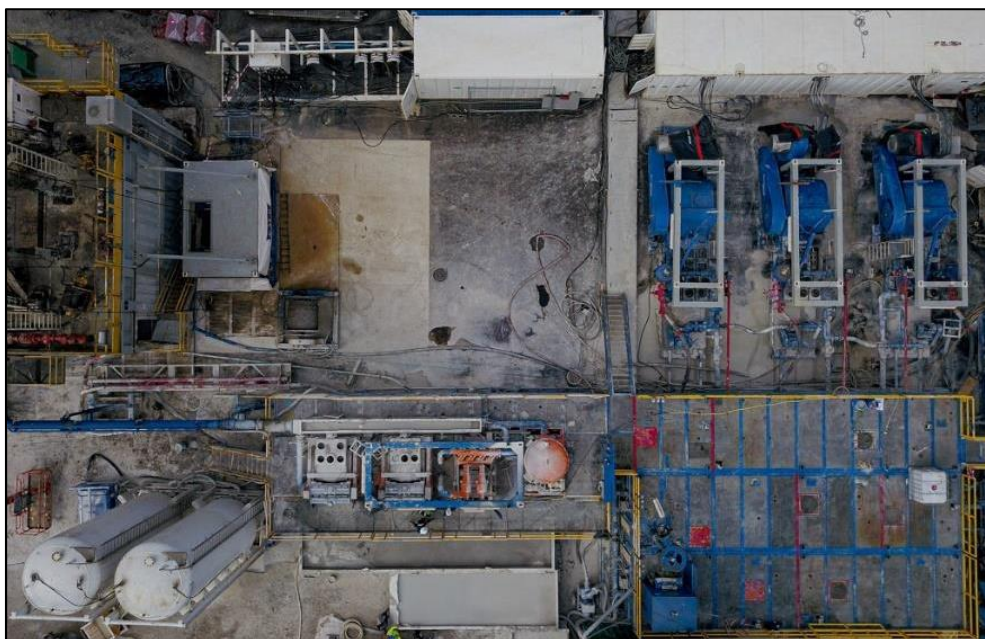


Figure 161 – Photo aérienne d'une installation de forage à Vélizy-Villacoublay (Septembre 2021)

➔ Effets faibles (temporaires)

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Pour limiter l'impact visuel sur le site pendant la phase des travaux, des mesures pourront être mises en place pour limiter au maximum la gêne visuelle :

- Les zones de stockage des matériaux, placées à l'intérieur de l'enceinte du site, seront propres et nettoyées de tout emballage. Le stockage des matériaux se fera de façon structurée ;

- Les matériaux et équipements seront stockés correctement, empilés et protégés/ couverts, si nécessaire ;
- L'état de propreté des installations fera l'objet de contrôles réguliers de la part de la maîtrise d'ouvrage ;
- Compte tenu de la technologie requise et des profondeurs à atteindre, la présence d'un mât de forage de grande hauteur est inévitable. La seule mesure applicable est la limitation dans le temps de l'impact visuel, par un travail en continu des équipes de foreurs ;
- L'éclairage de nuit est également indispensable pour le fonctionnement du chantier. Les projecteurs seront dirigés uniquement vers le chantier ;
- La vapeur d'eau ne peut être éliminée simplement. Elle peut former temporairement un brouillard plus ou moins léger autour des installations de forage.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.4.1.2. **Projet de centrales**

Impacts sur la perception paysagère

Les phases de travaux constituent souvent une modification physique et sociétale du paysage quotidien. De façon générale, les travaux débutent par la mise en place des palissades de chantier et panneaux associés qui permettront aux usagers des voies de circulation et aux promeneurs de constater l'avancement du chantier.

Les opérations liées à la phase de travaux de la centrale nécessiteront l'utilisation d'engins de chantier tels que des grues, pelles mécaniques, chargeurs sur roues, tracteurs, camions-bennes, etc. Ces engins seront peu perceptibles. L'éloignement du chantier par rapport à la zone urbanisée fait que ces engins seront peu perceptibles.

L'abatage de quelques arbres sur les parcelles notamment pour la création du bâtiment intégrant les centrales géothermiques entraînera une perte de la qualité paysagère au niveau de l'échangeur.

➔ **Effets directs négatifs faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Des mesures pourront être mises en place pour limiter au maximum la gêne visuelle :

- Les zones de stockage des matériaux, placées à l'intérieur de l'enceinte du site, seront propres et nettoyées de tout emballage. Le stockage des matériaux se fera de façon structurée,
- Les matériaux et équipements seront stockés correctement,
- L'état de propreté des installations fera l'objet de contrôles réguliers,
- Une remise en état du site sera réalisée à la fin des travaux.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.4.1.3. **Projet de réseaux**

Impacts sur la perception paysagère

Les opérations liées à la phase de travaux des réseaux et des sous-stations nécessiteront l'utilisation d'engins de chantier tels que des grues, pelles mécaniques, chargeurs sur roues, camions-bennes, etc. Ces engins seront perceptibles très temporairement.

Pendant les travaux, la perception du paysage pourra également être temporairement modifiée par la présence d'une base vie normale.

➔ **Effets directs négatifs faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Des mesures pourront être mises en place pour limiter au maximum la gêne visuelle :

- Les zones de stockage des matériaux, placées à l'intérieur de l'enceinte du site, seront propres et nettoyées de tout emballage. Le stockage des matériaux se fera de façon structurée,
- Les matériaux et équipements seront stockés correctement,
- L'état de propreté des installations fera l'objet de contrôles réguliers,
- Une remise en état du site sera réalisée à la fin des travaux,
- L'avancement se fera par tronçons : l'impact visuel sera donc plus limité dans le temps.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.2.4.2. Impacts liés à la phase exploitation

6.3.2.4.2.1. Projet de géothermie

Impacts sur la perception paysagère

Durant la phase d'activité des doublets, les impacts visuels seront limités à ceux associés au bâtiment contenant les deux centrales géothermiques semi-enterrées. Les têtes de puits émergent dans des caves enterrées ou semi-enterrée : par conséquent elles n'auront pas d'impact visuel (cf. Figure 162).



Figure 162 – Vue aérienne en phase exploitation des boucles est et ouest du projet de géothermie

6.3.2.4.2.2. **Projet de centrales**

Impacts sur la perception paysagère

Durant la phase d'activité des doublets, les impacts visuels seront limités à ceux associés au bâtiment contenant les deux centrales géothermiques semi-enterrées.

Le bâtiment sera bien intégré dans le paysage environnant : les façades et la toiture seront en harmonie avec le secteur.

Le bâtiment géothermie répondra également aux réglementations applicables suivantes :

- Le Code du Travail et plus particulièrement :
 - Le décret du 07/03/08, articles R.4216-1 à R.4216-31, R.4227-28 à R.4227-54 relatif aux dispositions applicables aux lieux de travail,
 - Les règles de prévention des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs exposés au bruit, déterminées d'une part par les articles R. 4213-5 à R. 4213-6 et d'autre part par les articles R. 4431-1 à R. 4437-4,
- L'Arrêté du 05/08/92 fixant des dispositions pour la prévention des incendies et le désenfumage de certains lieux de travail,
- Le règlement sanitaire.

Les locaux devront répondre aux exigences réglementaires et notamment concernant :

- Les dégagements,

- Le désenfumage,
- Le cloisonnement intérieur,
- Les moyens de prévention et de lutte contre l'incendie (moyens d'extinction, système d'alarme, consigne de sécurité, ...),
- Les consignes d'exploitation.

L'emprise au sol du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques pourrait être d'environ 730 m².

L'aménagement des espaces paysagers du projet vise à :

- Respecter l'identité des lieux en s'appuyant sur la trame verte constituée par la ceinture forestière des coteaux et la dimension historique portée par le territoire ;
- Maintenir les usages existants, construire des espaces de vie simples et qualitatifs en lien avec la continuité douce cyclable et pédestre de chaque côté de la D186 ;
- Intégrer le projet dans son contexte par un accompagnement végétal adapté et local de chacune des parties du projet (ouest - est) et de ses limites ;
- Limiter autant que possible l'imperméabilisation des sols et travailler sur la durabilité des espaces (gestion raisonnée).

Le projet de paysage s'appuie sur des motifs et épaisseurs végétales qui accompagnent les circulations, cadrent les usages et animent les perceptions. Il s'agit de conserver l'écriture simple et rustique des sites, de marquer les effets de seuil et de transition, de valoriser les ouvertures et perméabilité existante comme supports préalables de réflexion.

Les intentions paysagères du projet visent à :

- Favoriser la biodiversité en s'appuyant sur un étagement de la végétation et la constitution d'une trame végétale en lien avec le contexte ;
- Construire des lisières plantées perméables qui fabriquent des effets de transition à toutes les échelles et orientent les perceptions ;
- Permettre une gestion extensive, économe et raisonnée de la parcelle ;
- Limiter l'imperméabilisation des sols et favoriser la réutilisation des sols en place ;
- Permettre l'insertion discrète des bâtiments à construire, depuis l'axe de la RD 186 aboutissant à la Porte Saint Antoine.

Afin de visualiser au mieux l'impact paysager du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques, les figures disponibles ci-après montrent : un plan de masse de la parcelle est, des coupes d'élévations, des plans de façades, des vues d'insertion paysagère et des vues aériennes avec différentes orientations. Ces figures proviennent du regroupement de plans d'architecte et de paysagiste disponibles en Annexe 19.

Une notice paysagère complète est également disponible en Annexe 20.

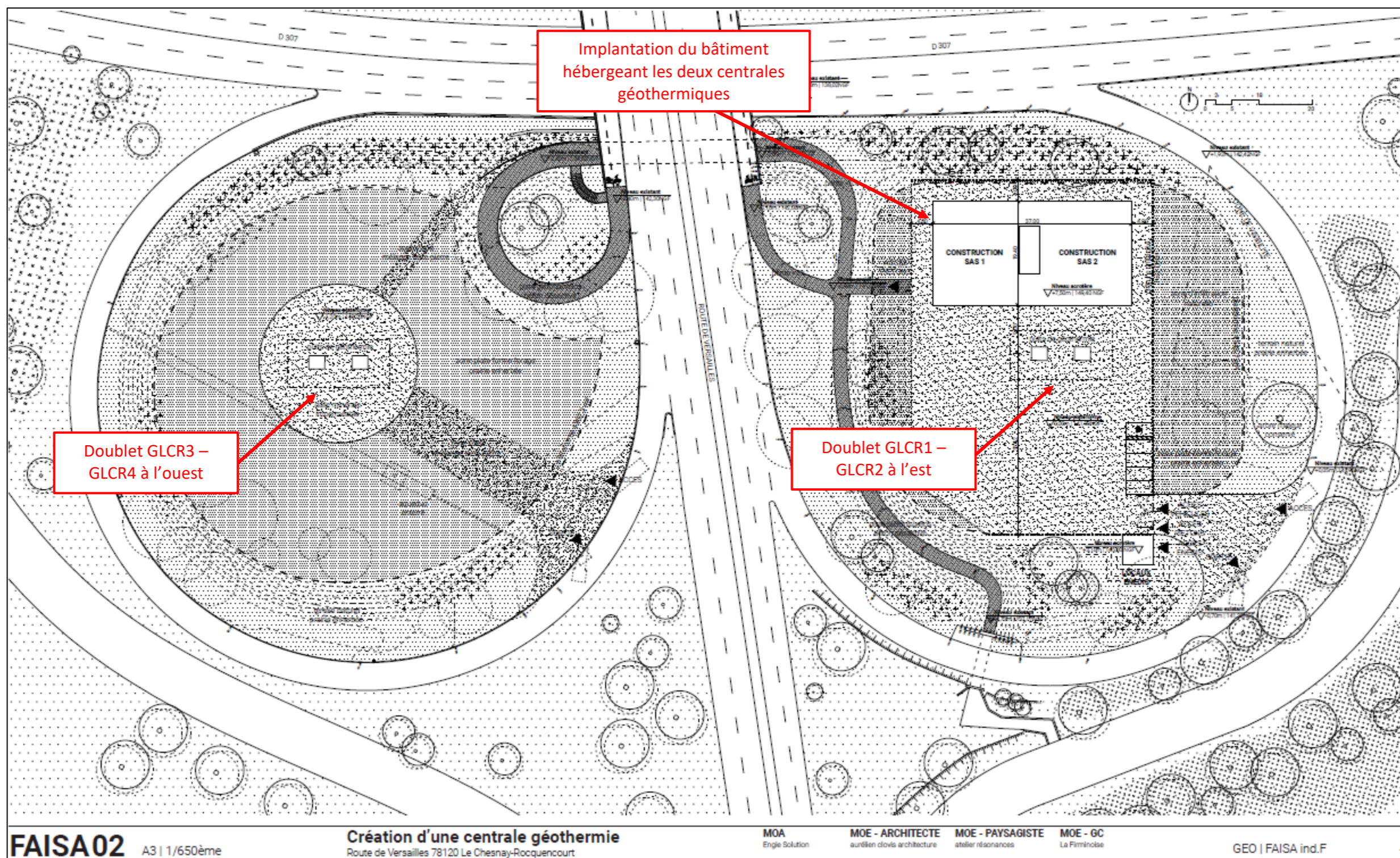


Figure 163 –Plan de masse du bâtiment de géothermie et des deux doublets GLCR1-2 et GLCR3-4 (Source : ENGIE Solutions)

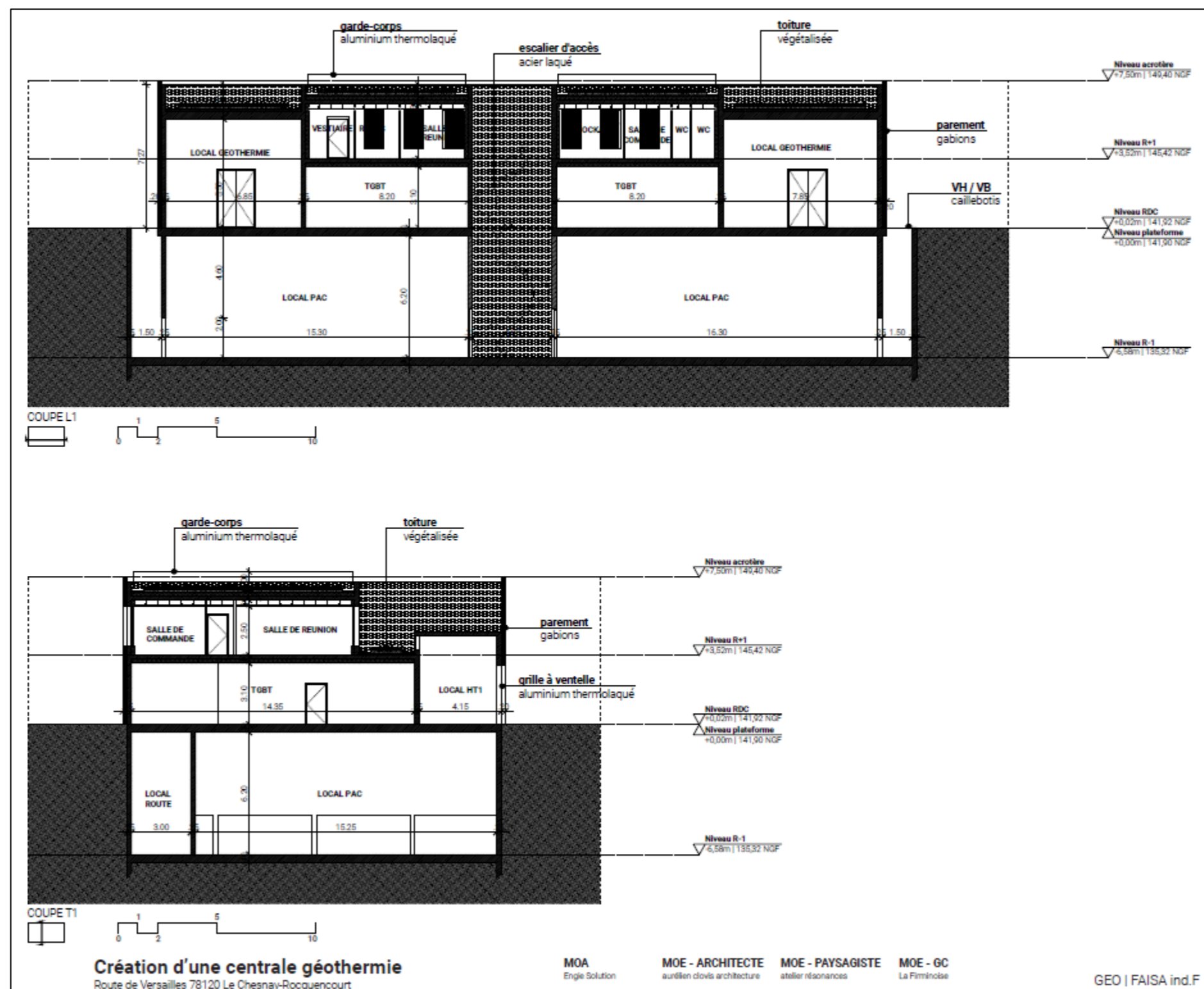


Figure 164 – Boucle est : plan de masse du bâtiment contenant les deux centrales géothermiques (Source : ENGIE Solutions)

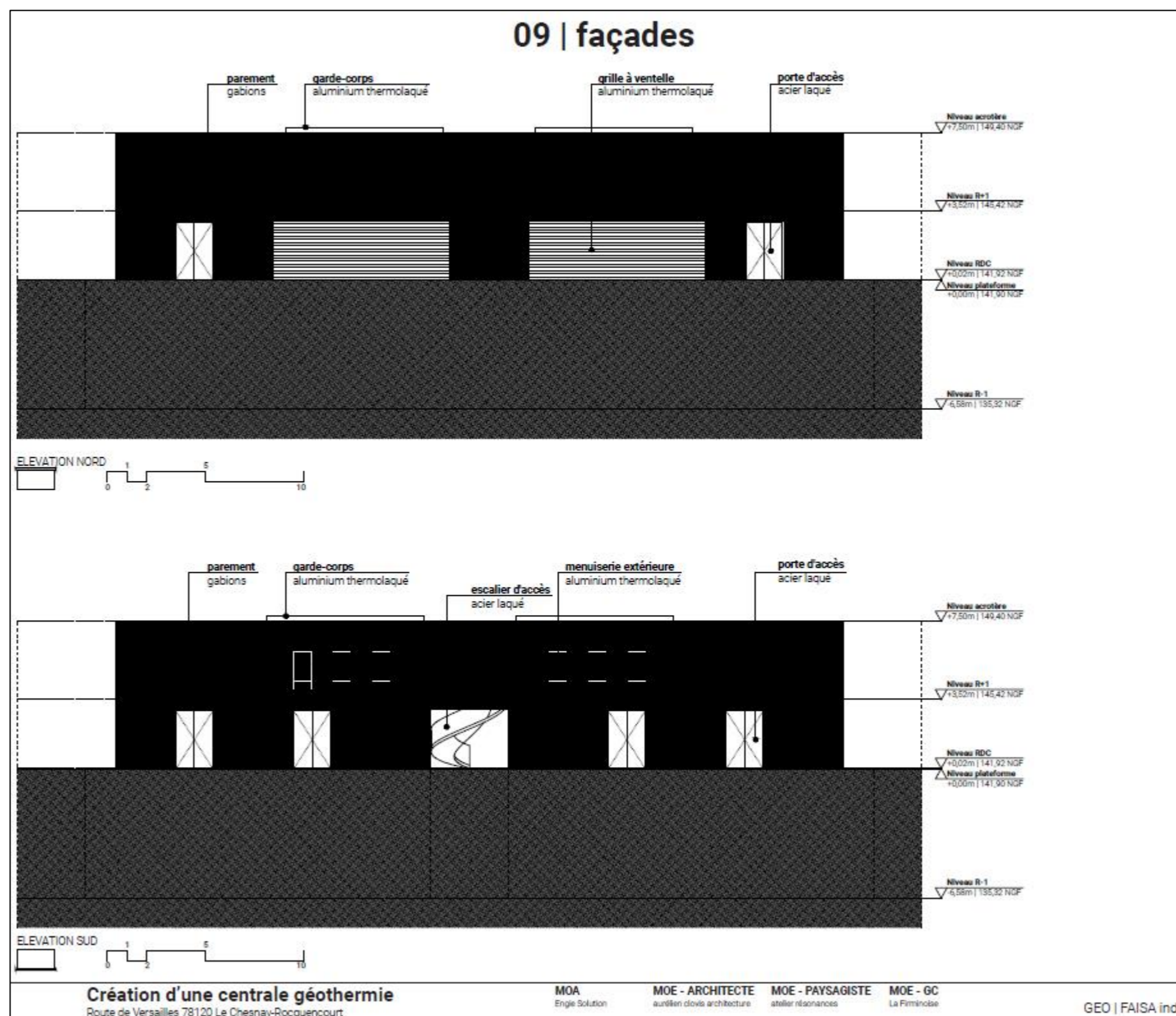


Figure 165 – Plan de façades du bâtiment contenant les deux centrales géothermiques – élévations nord et sud (Source : ENGIE Solutions)

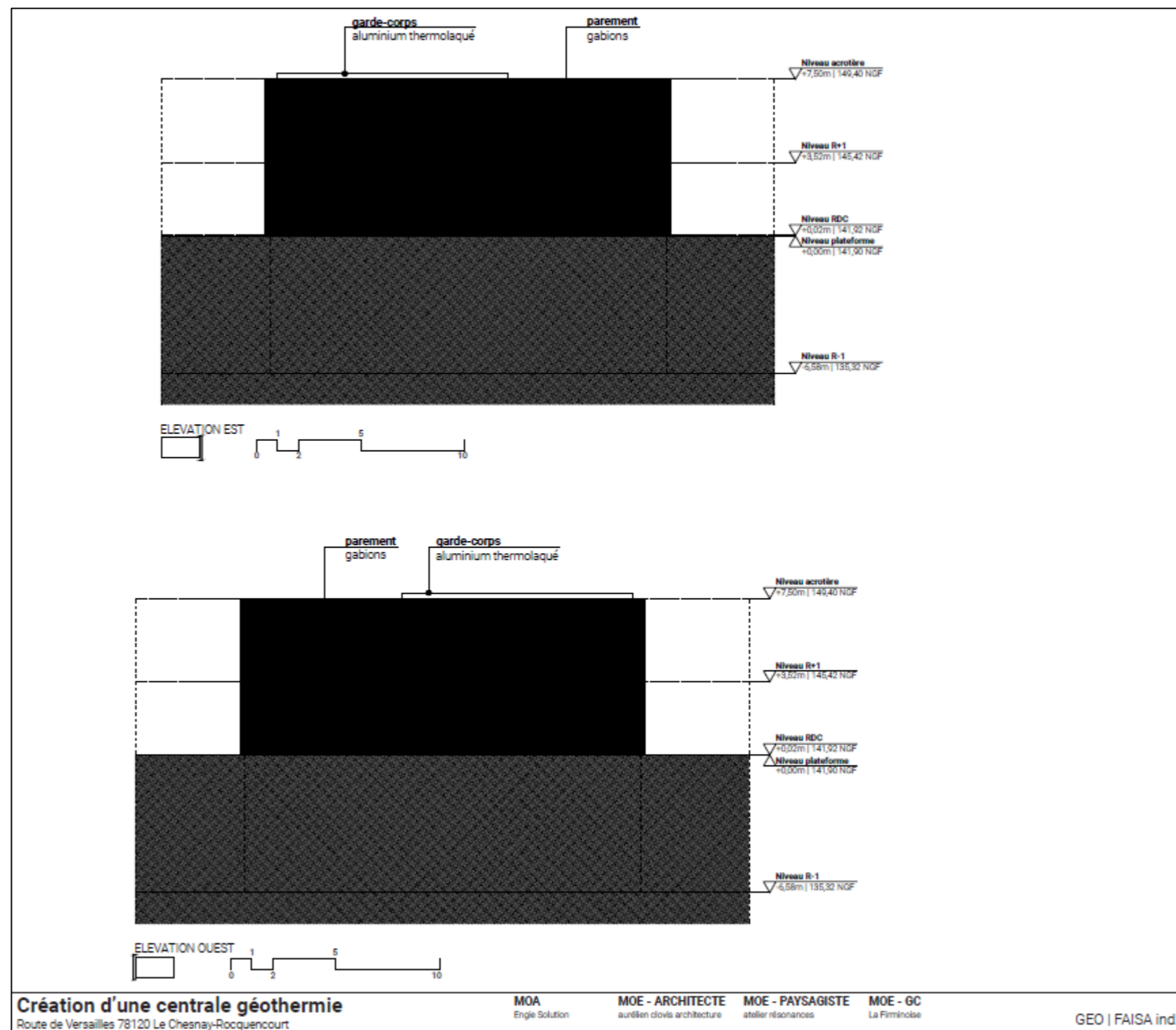


Figure 166 – Plan de façades du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques – élévations est et ouest (Source : ENGIE Solutions)

11 | insertion du projet 1



vue actuelle



insertion projet

FAISA 11 A3 | sans échelle

Création d'une centrale géothermie
Route de Versailles 78120 Le Chesnay-Rocquencourt

MOA
Engie Solution

MOE - ARCHITECTE
aurélien dovis architecture

MOE - PAYSAGISTE
atelier résonances

MOE - GC
La Firminoise

GEO | FAISA ind.F

14

Figure 167 – Insertion paysagère du projet vue n°1 (Source : ENGIE Solutions)

11 | insertion du projet 2



insertion projet



vue actuelle

FAISA 11 A3 | sans échelle

Création d'une centrale géothermie
Route de Versailles 78120 Le Chesnay-Rocquencourt

MOA
Engie Solution

MOE - ARCHITECTE
aurélien clovis architecture

MOE - PAYSAGISTE
atelier résonances

MOE - GC
La Firminoise

GEO | FAISA ind.F

15

Figure 168 – Insertion paysagère du projet vue n°2 (Source : ENGIE Solutions)

11 | insertion du projet 3



insertion projet



vue actuelle

FAISA 11 A3 | sans échelle

Création d'une centrale géothermie
Route de Versailles 78120 Le Chesnay-Rocquencourt

MOA
Engie Solution

MOE - ARCHITECTE
aurélien clovis architecture

MOE - PAYSAGISTE
atelier résonances

MOE - GC
La Firminoise

GEO | FAISA ind.F

16

Figure 169 – Insertion paysagère du projet vue n°3 (Source : ENGIE Solutions)



Figure 170 – Vue aérienne du projet angle nord ouest (Source : ENGIE Solutions)



Figure 171 – Vue aérienne du projet angle sud est (Source : ENGIE Solutions)

Le projet comprenant l'aménagement de plateformes et des constructions sur plateforme aménagée, la définition des hauteurs a été rapportée au système altimétrique NGF en référence au contexte des points de vue depuis le château de Versailles (échelle de l'altitude amplifiée x 10).

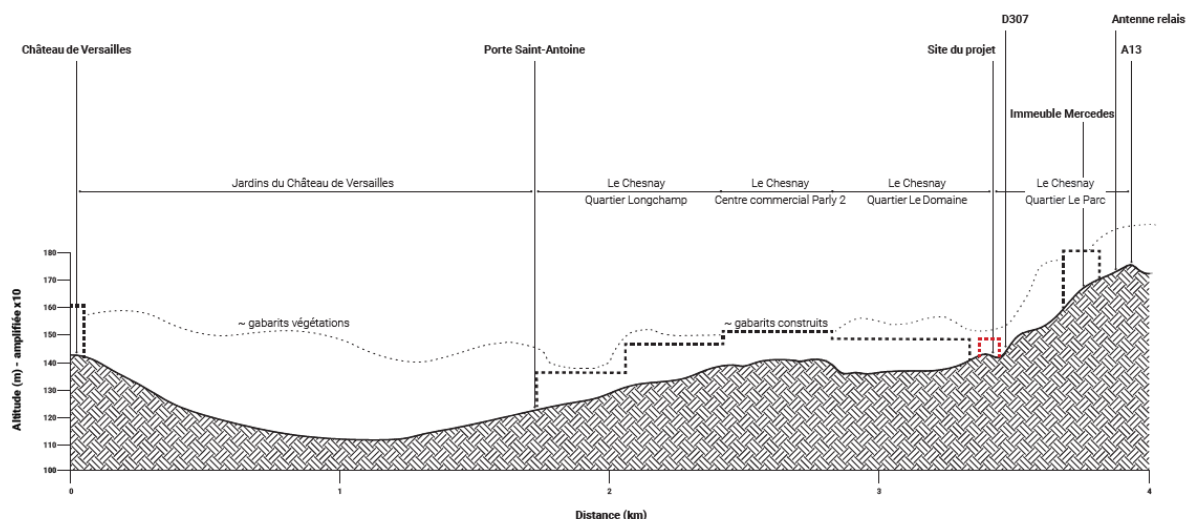


Figure 172 – Coupe d'insertion du projet à l'échelle du grand paysage (Source : ENGIE Solutions)

Il apparaît donc que l'impact paysagé associé au futur bâtiment sera très faible.

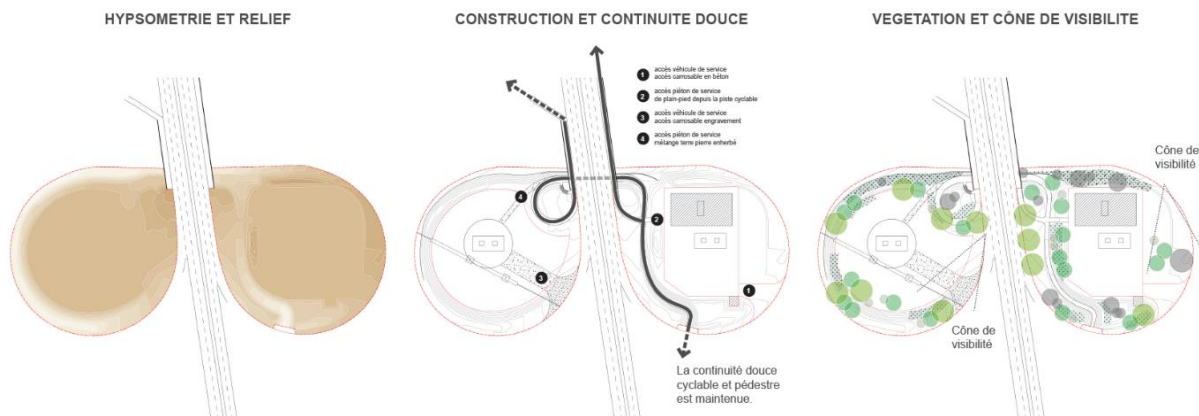
Les dispositions d'aménagement et de construction seront conformes aux prescriptions imposées par le Plan Local d'Urbanisme et l'Architecte des Bâtiments de France afin d'assurer une intégration de l'installation des plus harmonieuses dans son environnement.

➔ **Effets directs négatifs faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Le projet, avec notamment le bâtiment intégrant les centrales géothermiques, sera conçu de façon à s'intégrer dans son environnement.

Quelques principes d'aménagement paysager qui seront mis en place sont présentés dans les figures ci-après.



Un travail topographique qui s'appuie sur le contexte pour mettre en scène la relation entre le coteau boisé et la plaine jardinée ouverte

L'implantation des bâtiments et des puits de forages s'inscrit dans la dichotomie exprimée autour de l'axe historique D186 entre espace urbain, jardiné et agricole.

Le projet s'appuie sur la végétation existante et des essences locales pour reconstruire un couvert arboré en lien avec le coteau. Trois Platanus acerifolia sont plantés le long de la D186 pour signifier l'axe historique.

Figure 173 – Principes d'aménagement paysager du projet (Source : ENGIE Solutions, janvier 2023)

Sur la parcelle ouest, la plateforme béton d'environ 1 000 m² s'efface dans la prairie et le site n'est pas clôturé, permettant de maintenir un horizon dégagé.

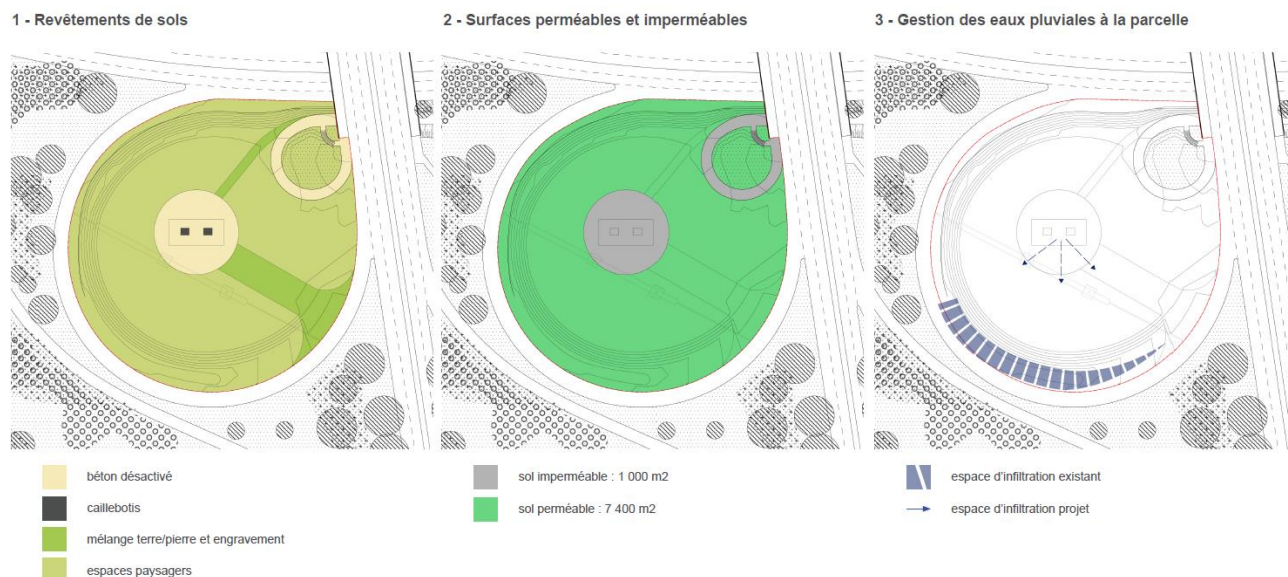


Figure 174 – Parcelle Ouest – Revêtement de sol et infiltration (Source : ENGIE Solutions, janvier 2023)

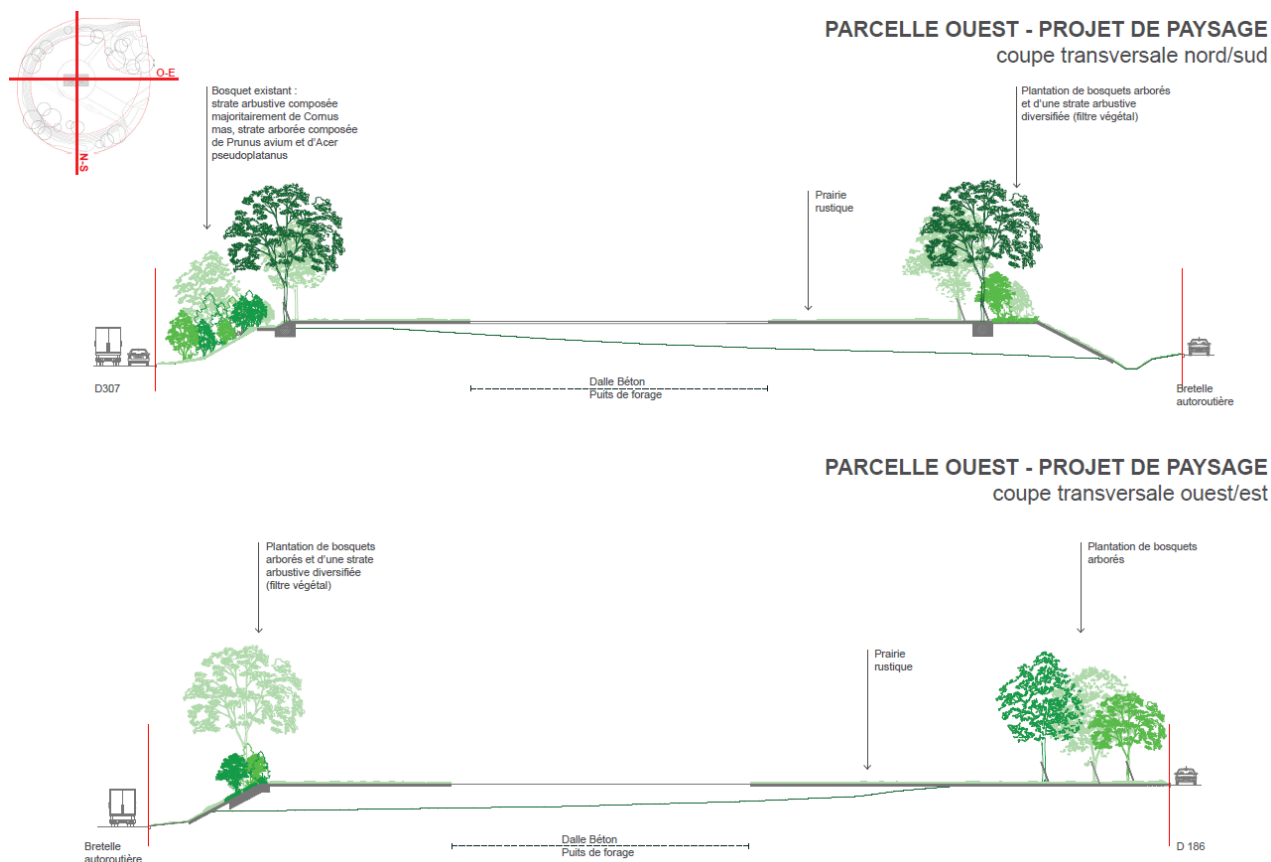


Figure 175 – Coupes d'insertion du projet – Boucle Ouest : altimétrie projet de la plateforme : 140,70 NGF

Sur la parcelle est, la clôture présente en arrière-plan s'efface au profit du paysage boisé implanté. A l'ouest, les effets de masse arborée se dilatent et se détachent de la prairie pour donner à voir l'horizon. A l'est, les haies libres fabriquent des transitions douces et délimitent l'espace.

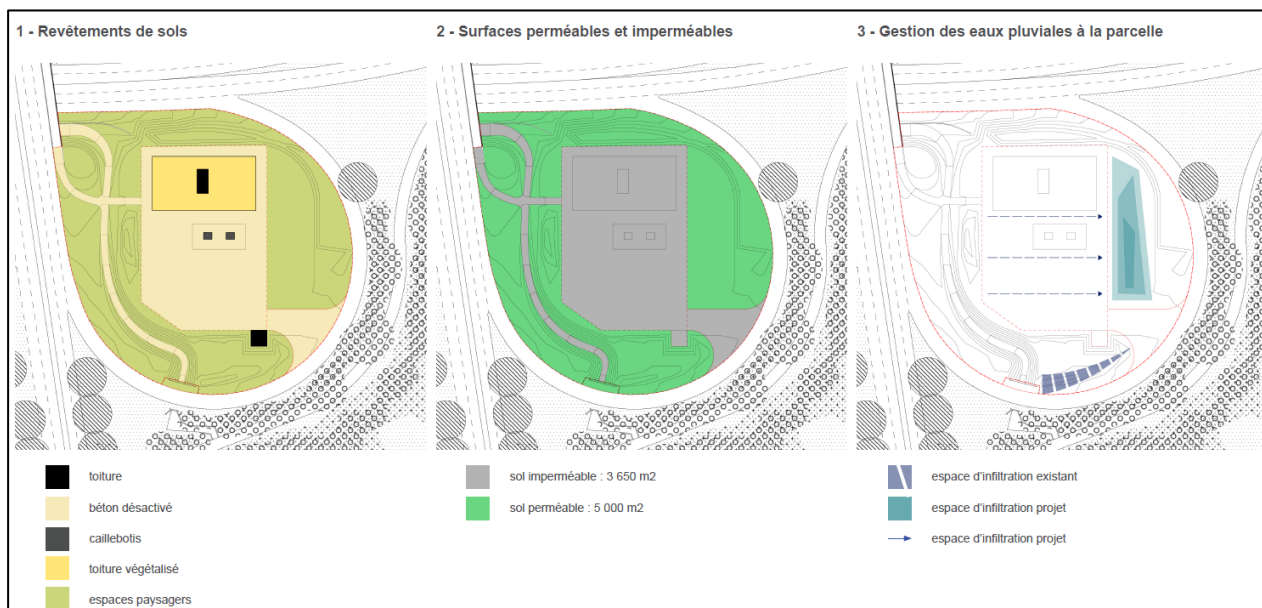


Figure 176 : Parcelle Est – Revêtement de sol et infiltration (source : ENGIE Solutions, janvier 2023)

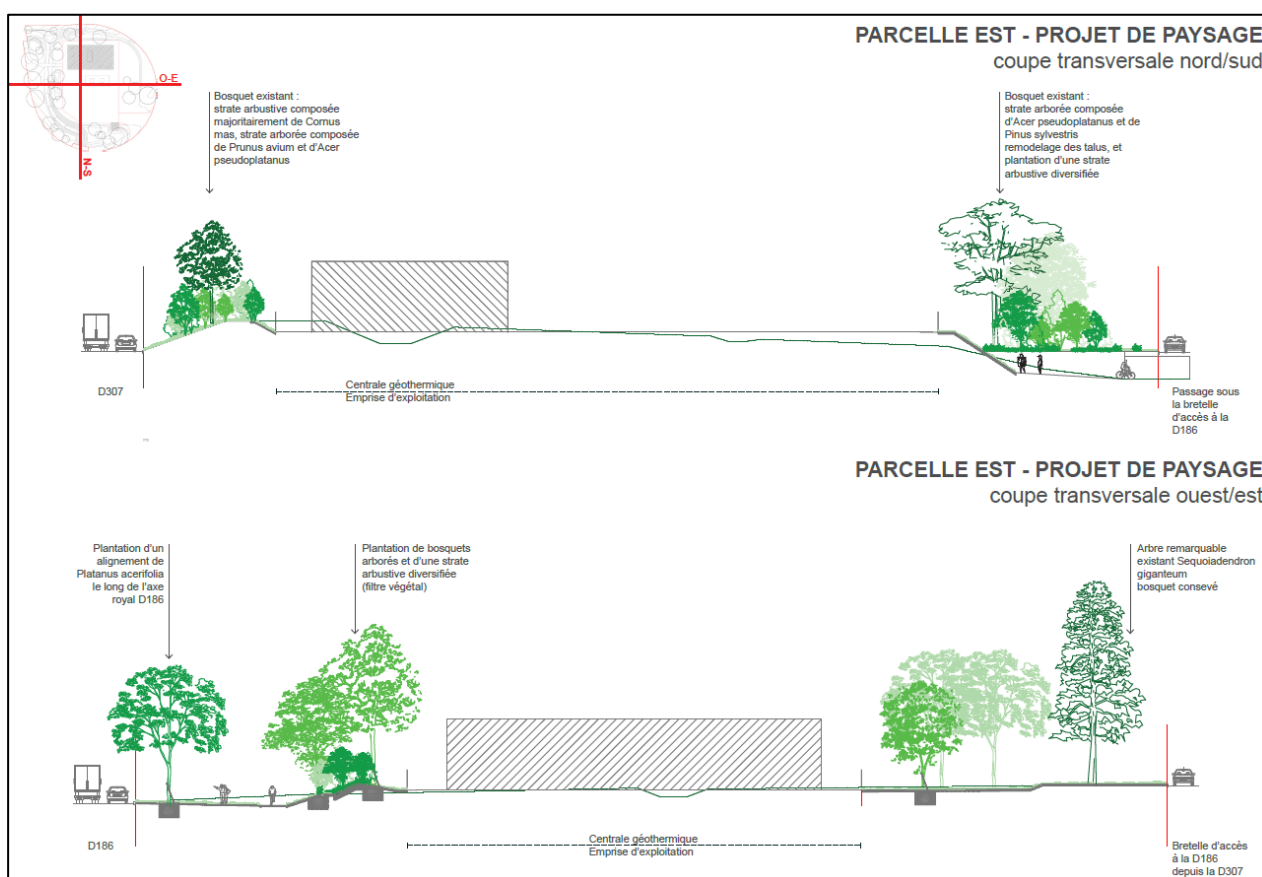


Figure 177 – Coupes d'insertion du projet – Boucle Est : altimétrie projet de la plateforme : 141,90 NGF



Figure 178 – Croissance des plantations N+3

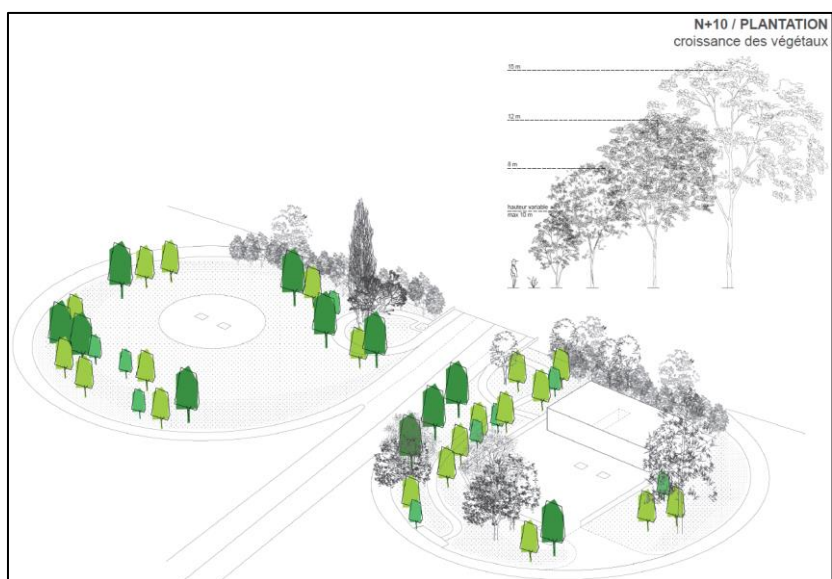


Figure 179 – Croissance des plantations N+10



Figure 180 – Croissance des plantations N+20

En résumé, les mesures suivantes seront mises en place pour limiter l'impact visuel du site :

- Le style architectural et le choix de matériaux retenus pour les centrales géothermiques seront en adéquation avec l'environnement dans lequel le bâtiment sera intégré,
- La volumétrie du bâtiment sera pensée la plus compacte possible pour s'intégrer à l'environnement voisin (la centrale comprendra un niveau de sous-sol),
- Une uniformisation visuelle de la structure du bâtiment sera permise avec la mise en place d'un lien filtré vers la toiture végétalisée,
- Une uniformisation visuelle des ouvertures sera mise en œuvre,
- L'insertion paysagère du bâtiment sera également favorisée par la mise en place d'un alignement des ouvertures et un rythme progressif du bardage,
- L'insertion paysagère sera favorisée par le choix de l'altimétrie et des revêtements de sols retenus sur les deux boucles ;
- Une phase de déconstruction interviendra suite à la réalisation des forages et permettra la végétalisation des deux boucles pour reconstruire un couvert arboré en lien avec le coteau ;

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.2.4.2.3. **Projet de réseaux**

Impacts sur la perception paysagère

Les sous-stations du réseau ne seront pas visibles, tout comme le réseau lui-même, qui est enterré.

➔ Absence d'effet

6.3.2.5. **Impact sur les risques naturels**

Les risques naturels peuvent contraindre le projet. Inversement, le projet d'aménagement doit démontrer qu'il intègre ces risques dans sa conception et qu'il ne les aggrave ni n'augmente leur vulnérabilité.

6.3.2.5.1. Impacts liés à la phase travaux

6.3.2.5.1.1. Projet de géothermie

Retrait-gonflement des sols

La mise en communication d'eau géothermale avec une formation géologique de surface de nature argileuse pourrait occasionner un retrait ou gonflement de ces sols même si ce risque n'est pas identifié au droit du projet.

➔ Impact direct négatif temporaire fort

Sismicité

La sismicité est jugée très faible (zone de sismicité 1). La commune n'est pas soumise à un PPRN Séismes (cf. Annexe 02).

- Absence d'effet

Risque inondation

La zone de travaux ne se situe pas dans un périmètre de risque d'inondation naturel. La topographie du site devrait faciliter et empêcher l'acheminement des eaux de ruissèlement vers l'est où se situe les réseaux d'assainissement. De plus les réseaux de la plateforme de forage seront dimensionnés pour empêcher tout risque d'inondation. La réalisation des tranchées pour le passage des différents réseaux seront réalisées préférentiellement par temps sec.

- Impact direct négatif temporaire faible

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures suivantes seront mises en place :

- Réalisation de sondages géotechniques de reconnaissance,
- Dimensionnement des réseaux des plateformes,
- L'ensemble des mesures prises pour éviter tout risque de mise en communication des nappes permettront également d'éviter des phénomènes de retrait-gonflement des argiles (cimentation des tubages).

6.3.2.5.1.2. Projet de centrales

Retrait-gonflement des sols argileux

La mise en communication d'eau avec une formation géologique de surface de nature argileuse pourrait occasionner un retrait ou gonflement de ces sols. Dans la zone d'étude ce risque est inexistant.

- Absence d'effet

Présence d'anciennes carrières

La zone d'implantation du bâtiment intégrant les centrales géothermiques est exemptée du risque lié aux anciennes carrières. Toutefois, des sondages géotechniques réalisés en amont de toute construction confirmeront cette absence de risque.

- Absence d'effet

Sismicité

La sismicité est jugée très faible (zone de sismicité 1). La commune n'est pas soumise à un PPRN Séismes.

- **Absence d'effet**

Risque inondation

Le nouveau bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques n'est pas concerné par des zones inondables.

Bien que ce risque de crue soit négligeable sur la zone de projet, un suivi quotidien de la situation vis-à-vis du risque 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.

Afin de minimiser la pénétration des eaux pluviales pendant la phase de réalisation des fondations des centrales, il sera demandé à l'entreprise de mettre en œuvre l'ensemble des moyens à sa disposition pour dévier / canaliser les ruissellements (puisards, pompes, drains).

Il sera demandé que le matériel de pompage ait une autonomie minimale de 72 heures et soit équipé d'un dispositif automatique de mise en marche en cas de panne.

- **Impact direct négatif temporaire faible**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures suivantes seront mises en place :

- Les « bonnes pratiques » de construction seront respectées afin de diminuer le risque de retrait-gonflement des argiles : fondations continues, armées et bétonnées à pleine fouille d'une profondeur d'au moins 0,80 m en aléas faibles et 1,20 m en aléas forts, chaînages horizontaux (haut et bas) et verticaux (poteaux d'angle) pour les murs porteurs,
- Réalisation de sondages géotechniques de reconnaissance
- Dimensionnement des réseaux des plateformes.

6.3.2.5.1.3. Projet de réseaux

Retrait-gonflement des sols argileux

Non concerné.

- **Absence d'effet**

Présence d'anciennes carrières

Non concerné.

- **Absence d'effet**

Sismicité

Non concerné.

- **Absence d'effet**

Risque inondation

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, les tranchées blindées seront 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, il sera demandé à l'entreprise de mettre en œuvre l'ensemble des moyens à sa disposition pour dévier / canaliser les ruissellements (puisards, pompes, drains).

Il sera demandé que le matériel de pompage ait une autonomie minimale de 72 heures et soit équipé d'un dispositif automatique de mise en marche en cas de panne.

- **Impact direct négatif temporaire faible**

Les travaux de mise en place des sous-stations ne seront a priori pas concernés par ces risques naturels.

6.3.2.5.2. Impacts liés à la phase exploitation

L'exploitation des puits géothermiques, des centrales, des réseaux de chaleur et des sous-stations n'engendrent pas d'effet supplémentaire sur les risques naturels.

- **Absence d'effet**

6.3.2.6. Impact sur l'air

6.3.2.6.1. Impacts liés à la phase travaux

Envol de poussières liées aux travaux de terrassement

Il est difficile aujourd'hui de quantifier les émissions minérales qui seront générées, puisqu'elles dépendront fortement des conditions climatiques (sécheresse des sols, vents, etc.) et des allées et venues des véhicules. Cependant on retiendra que les émissions de poussières seront effectives principalement sur les emprises du chantier (périmètre d'intervention).

- **Impact direct négatif temporaire faible**

Emissions de gaz d'échappement (principalement monoxyde d'azote, oxydes d'azote et particules) issues des engins de chantier et camions

Les véhicules légers, poids lourds et engins seront à l'origine d'émissions de gaz d'échappements.

- **Impact direct négatif temporaire faible**

Eventuels dégazages de l'eau géothermale

L'eau géothermale contient des traces de méthane, de CO₂, de l'azote et en moindre proportion des alcanes en C₁, C₂ et C₃. Les concentrations en ces gaz toxiques et/ou inflammables sont trop faibles (de l'ordre de 0,2 volume de gaz pour 1 volume d'eau), pour constituer un risque de contamination de l'atmosphère pouvant occasionner une intoxication ou une explosion même à l'exutoire du fluide dans les bacs ou un bourbier.

En revanche, l'eau géothermale contient également une faible proportion d'H₂S, dont la toxicité implique que sa présence soit contrôlée.

Lors des acidifications, des dégagements d'H₂S peuvent se produire, par réaction de l'acide sur les sulfures présents dans la formation ou sur les dépôts des parois de tubages (cependant, les tubages neufs ne présentent pas de dépôt).

Pour limiter les odeurs et risques d'intoxication, une solution d'hypochlorite de sodium (ou autre oxydant) est injectée dans l'eau géothermale à sa sortie du puits, par les vannes 2" situées sous le BOP. L'effet oxydant et bactéricide de l'eau de Javel (ou d'un autre oxydant) permet d'éliminer la majeure partie de l'H₂S présent.

- **Impact direct négatif temporaire faible**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les mesures suivantes seront mises en place :

- Vitesse réduite des véhicules,
- Eventuel arrosage des zones de terrassement,
- Eventuel contrôle de la propreté des roues des véhicules de chantier avant départ du site,
- Respect des normes d'émissions en matière de rejets atmosphériques,
- Engins de chantier employés équipés d'un filtre à particules répondant à la réglementation sur les Engins Mobiles Non Routiers,
- Entretien régulier des engins,
- Mise en place de détecteurs sur toute la zone spécifique de danger, qui sera précisée dans le PPSPS, et notamment dans les endroits sensibles (goulotte, plancher de forage, bac ou unité de réception de l'effluent). Ces détecteurs déclenchent une alarme sonore (sirène) et visuelle (gyrophare) lorsque le seuil de 10 ppm est dépassé,
- Port de détecteurs mobiles (dosimètres réglés à 10 ppm) par le personnel,
- Disponibilité de masques à cartouches régénérables par le personnel,
- Approvisionnement d'équipements de sécurité (bouteille à oxygène) pour les personnels appelés à travailler en atmosphère toxique, si nécessaire,
- Présence d'une manche à air sur le chantier,
- Balisage des sorties d'évacuation d'urgence du chantier,
- Formation et information du personnel avec exercice d'alerte, en association avec le coordinateur sécurité nommé par le Maître d'Ouvrage,
- Lors des tests de production ou lors des acidifications, l'eau géothermale passe dans le BOP, puis traverse un séparateur gaz/eau pressurisé. Le gaz séparé est neutralisé par brûlage ou bain d'eau soudée,
- Information des riverains grâce à l'implantation de panneaux d'affichage et d'une communication via un site internet qui précisera l'avancée en temps réel du chantier.

6.3.2.6.2. Impacts liés à la phase exploitation

L'exploitation des puits géothermiques, des centrales, des réseaux de chaleur et des sous-stations n'engendrent pas d'impact sur l'air.

6.3.3. Analyse des effets sur le milieu naturel

6.3.3.1. Analyse des effets sur les espaces naturels

L'état initial a mis en évidence que, dans un rayon de 5 km, le projet n'est pas situé à proximité des espaces naturels protégés suivants un rayon de 5 km : Site Natura 2000, PNR, RNR, RNN, APPB et ZICO. Le projet n'est pas situé sur des EBC.

3 ZNIEFF de type I et 3 ZNIEFF de type II sont situées dans un rayon de 5 km autour du projet.

Les ZNIEFF de type I les plus proches sont les suivantes :

- « 110001691 – Forêt domaniale de Fausses-Reposes » située à environ 1,4 km à l'est du projet ;
- « 110030013 – Bois de Saint-Cucufa et coteaux de gallicourts » située à environ 3,7 km au nord-est du projet ;
- « 110030016 – Prairies et plan d'eau du parc de Villeneuve l'Etang et étang de Villeneuve » située à 3,9 km à l'est du projet.

Les ZNIEFF de type II les plus proches sont les suivantes :

- « 1100011361 – Forêt de Marly » située à environ, 1 km au nord-ouest du projet ;
- « 110030022 – Forêts domaniales de Meudon et de fausses-reposes et parc de Saint-Cloud » située à environ 1,4 km à l'est du projet ;
- « 110020353 – Forêt domaniale de Versailles » située à environ 4,4 km au sud du projet.

Quatre espaces naturels sensibles sont situés dans un rayon de 2,8 à 4,5 km du projet, il s'agit des ENS suivants :

- Domaine départemental du Haras de Jardy situé à 2,8 km à l'est du projet,
- Forêt domaniale de Fausses-Reposes situé à 3,3 km au sud-est du projet,
- Coteau boisé de Garches situé à environ 4,1 km à l'est du projet,
- Parc départemental Casimir-Davaine situé à 4,5 km à l'est du projet.

Considérant :

- La distance séparant le projet de la première ZNIEFF ;
- Les habitats présents où aucun habitat remarquables d'Île-de-France n'a été identifié ;

Le projet n'est pas de nature à remettre en cause l'intégrité physique des sites ZNIEFF ou ENS. Il n'y aura pas d'impact direct ou indirect, temporaire ou permanent du projet sur ces zones.

Ainsi, la réalisation des forages, du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et des sous-stations ne sera pas de nature à générer un réel impact en phase travaux ou en phase d'exploitation sur les espaces naturels protégés avoisinants.

Le choix définitif du tracé des futurs réseaux de chaleur sera fondé sur la volonté d'éviter les zones à enjeux. Le tracé des réseaux s'effectuera principalement en voirie en zone urbaine et devra éviter les espaces naturels protégés.

➔ Effets faibles (temporaires)

Pour limiter l'impact du projet sur l'environnement, les mesures suivantes pourront être mises en place :

- Optimiser l'emprise de chantier afin de réduire l'emprise de la zone de travaux si possible ;
- Évitement, si possible, d'un ou de plusieurs groupes d'arbres dans l'emprise de travaux avec mise en défense des arbres conservés ;
- Remise en état des sols par décompactage profond ;
- Programme de replantation des deux boucles suite aux travaux de forage : masse arborée, state haute et basse et prairie rustique suivant le programme du paysagiste.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.4. Analyse des effets sur le milieu humain du projet de géothermie

6.3.4.1. Impact sur le bruit

6.3.4.1.1. Impacts liés à la phase travaux

6.3.4.1.1.1. Projet de géothermie

Inventaire des sources de bruit

En période des travaux de forage, les nuisances sonores proviendront :

- De la présence d'engins de chantier motorisés (pelles mécaniques, engins de terrassement...) ;
- D'un trafic de poids lourds qui viendra se cumuler au trafic normal ;
- Des équipements ou techniques utilisés pour certaines opérations de construction ;
- Les principales nuisances interviendront pendant la foration. L'atelier de forage de type pétrolier fonctionnera en continu, 24h/24, et les principales nuisances sonores proviendront :
 - Des différents moteurs alimentant les pompes à boue, les groupes électrogènes, etc. Ces bruits seront continus ;
 - Des chocs lors de la manipulation de tiges de forage ou tubages. Ces bruits seront discontinus ;
 - De la circulation des véhicules servant à l'acheminement et au repli du matériel de forage et des matières premières, aux mouvements des engins liés aux travaux de génie civil préalables et à l'évacuation des déchets générés par l'activité. Ces bruits seront discontinus.

Modélisation acoustique du premier doublet GLCR1-2 (Etude Sixense disponible en Annexe 17)

Afin d'évaluer l'impact acoustique des travaux, le chantier a été modélisé dans le logiciel de prévision acoustique CadnaA. Ce logiciel permet de calculer :

- La propagation sonore dans l'environnement (selon la norme ISO 9613), en prenant en compte les différents paramètres influents : topographie, obstacles, nature du sol...
- Les contributions sonores des sources de bruit, en octave, en des points récepteurs ou sous forme de cartes de bruit.

Ce modèle 3D prend notamment en compte :

- Un plan d'installation préliminaire des installations, fourni par ENGIE Solutions ;
- Les données acoustiques des équipements de forage issues d'un chantier similaire avec le rig SMP 104 ;
- Le mode de fonctionnement nominal prévu pour le chantier : fonctionnement continu de 3 génératrices sur 4, de 2 pompes sur 2 et de 3 vibrateurs sur 3.

La figure ci-après permet de représenter la modélisation 3D réalisée par Sixense de l'appareil de forage qui pourrait être mis en place pour le projet.

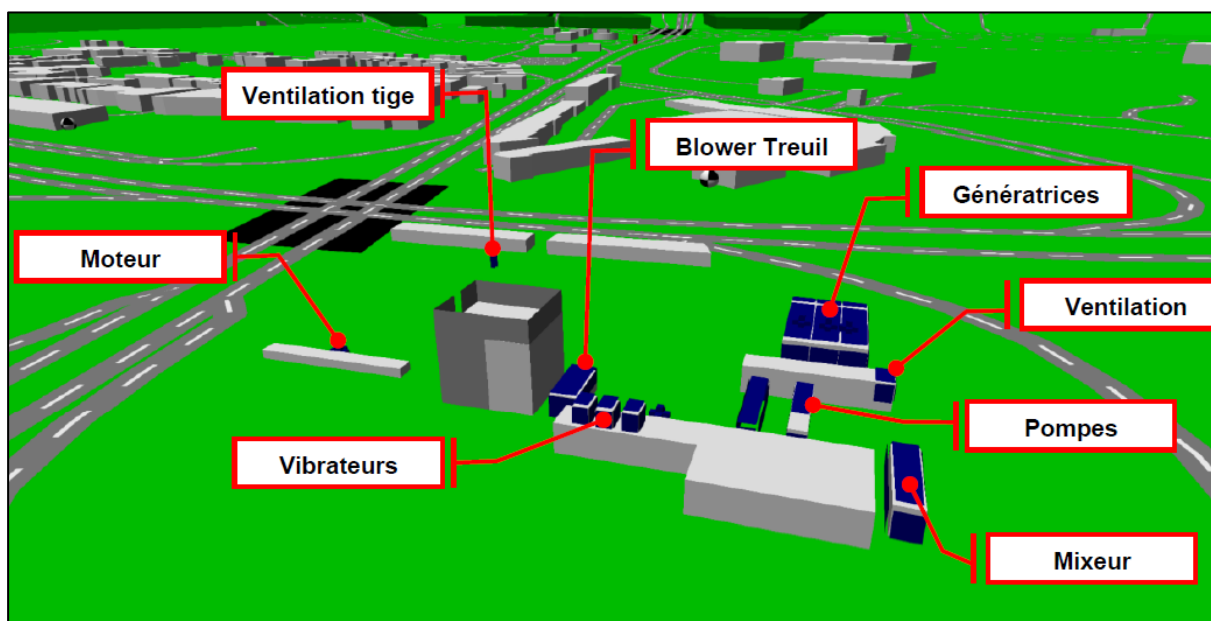


Figure 181 - Vue du modèle 3D du chantier d'une foreuse type SMP 104 (Source : Sixense)

Deux simulations ont été réalisées par Sixense (le rapport complet est disponible en Annexe 17) :

- Un scénario standard : la modélisation de cette configuration est basée sur un scénario sans protection acoustique spécifique ;
- Un scénario avec protections acoustiques qui intègre les mesures suivantes :
 - Traitement sur les sorties d'air des génératrices ;
 - Capotage du treuil ;
 - Capotage des pompes ;
 - Mur acoustique de 6m de hauteur a été modélisé autour des installations.

Dans le scénario standard, les puissances acoustiques de chaque élément sont les suivantes (le scénario optimisé correspond à la mise en place de bâches acoustiques au niveau des sources) :

Installation	Nombre en fonctionnement	L _{WA} unitaire en dB(A) Scénario de base	L _{WA} unitaire en dB(A) Scénario optimisé
Foreuse	1	105	105
Mixeur	1	102	92
Vibrateurs	3	100	100
Pompes	2	117	98
Génératrices - caisson	3	92	92
Génératrices – sortie d'air	3	103	87
Génératrices - cheminée	3	85	85
Ventilation	1	98	98

La figure ci-après illustre l'impact du chantier pour le scénario standard, **sans optimisation acoustique**.

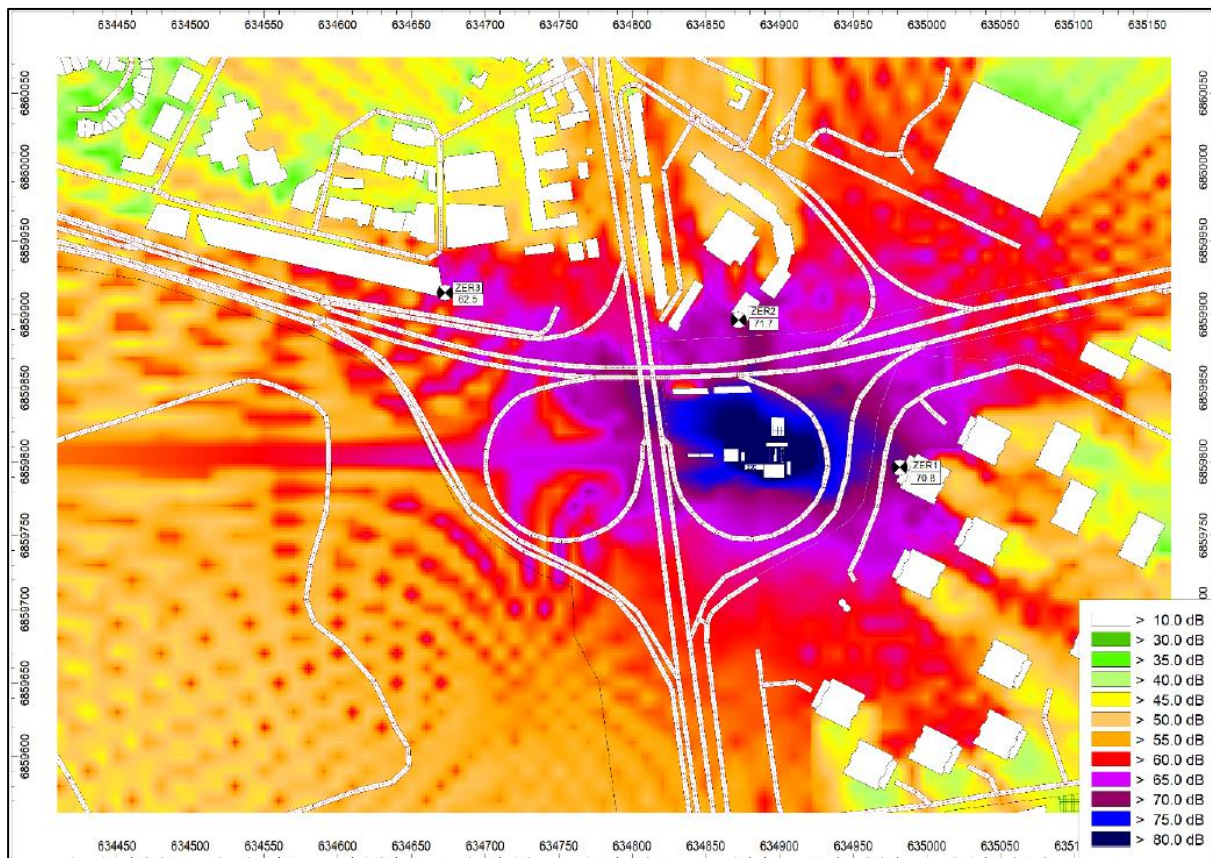


Figure 182 – Carte de bruit du chantier en dB(A) sans optimisation acoustique, calcul à h=1,5 m du sol

Le tableau ci-après présente les émergences prévisibles en limite de chantier.

Réf.	Niveaux sonores acoustiques - en dB(A) – Scénario standard							
	Jour (7h-22h)				Nuit (22h-7h)			
	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence
ZER1	71,0	55,5	71,0	15,5	71,0	49,0	71,0	22,0
ZER2	71,5	59,5	72,0	12,5	71,5	54,5	71,5	17,0
ZER3	62,5	56,0	63,5	7,5	62,5	52,0	63,0	11,0

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB(A).

Dans cette configuration, les niveaux sonores prévisibles pour l'habitation riveraine la plus proche « ZER1 » atteignent 71 dB(A) de jour comme de nuit. Des émergences importantes sont calculées de jour comme de nuit au niveau des 3 habitations.

La figure ci-après illustre l'impact du chantier pour le scénario **avec les optimisations acoustiques**.



Figure 183 – Carte de bruit du chantier en dB(A) avec optimisations acoustiques, calcul à h=1,5 m du sol

Le tableau ci-après présente les émergences prévisibles en limite de chantier.

Réf.	Niveaux sonores acoustiques - en dB(A) – Scénario avec optimisations acoustiques							
	Jour (7h-22h)				Nuit (22h-7h)			
	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence
ZER1	52,5	55,5	57,5	2,0	52,5	49,0	54,0	5,0
ZER2	53,0	59,5	60,5	1,0	53,0	54,5	57,0	2,5
ZER3	52,5	56,0	57,5	1,5	52,5	52,0	55,5	3,5

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB(A).

La mise en place des actions proposées permettrait de réduire sensiblement l'impact du chantier en limite de site :

- Au point ZER1, les émergences en jour sont passées de 15,5 dB(A) à 2 dB(A) et de nuit de 22 dB(A) à 5 dB(A) ;
- Au point ZER2, les émergences en jour sont passées de 12,5 dB(A) à 1 dB(A) et de nuit de 17 dB(A) à 2,5 dB(A) ;

- Au point ZER3, les émergences en jour sont passées de 7,5 dB(A) à 1,5 dB(A) et de nuit de 11 dB(A) à 3,5 dB(A) ;

➔ Effets directs négatifs temporaires importants

Modélisation acoustique du deuxième doublet GLCR3-4 (Etude Sixense disponible en Annexe 17)

Afin d'évaluer l'impact acoustique des travaux, le chantier a été modélisé dans le logiciel de prévision acoustique CadnaA. Ce logiciel permet de calculer :

- La propagation sonore dans l'environnement (selon la norme ISO 9613), en prenant en compte les différents paramètres influents : topographie, obstacles, nature du sol...
- Les contributions sonores des sources de bruit, en octave, en des points récepteurs ou sous forme de cartes de bruit.

Ce modèle 3D prend notamment en compte :

- Un plan d'installation préliminaire des installations, fourni par ENGIE Solutions ;
- Les données acoustiques des équipements de forage issues d'un chantier similaire avec le rig SMP 104 ;
- Le mode de fonctionnement nominal prévu pour le chantier : fonctionnement continu de 3 génératrices sur 4, de 2 pompes sur 2 et de 3 vibreurs sur 3.

La figure ci-après permet de représenter la modélisation 3D réalisée par Sixense de l'appareil de forage qui pourrait être mis en place pour le projet.

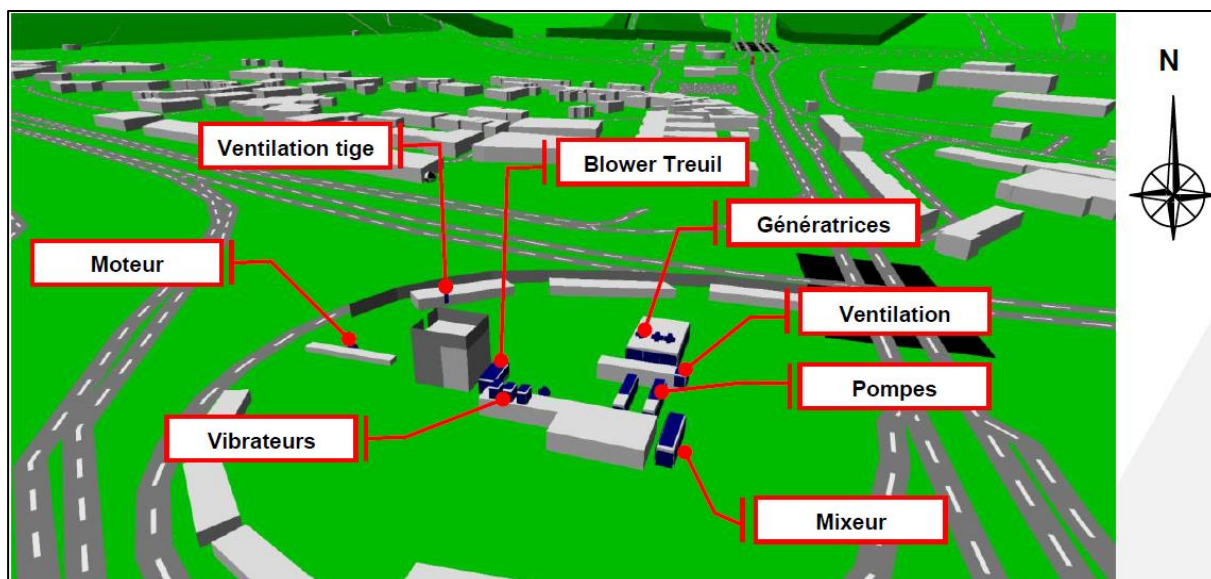


Figure 184 - Vue du modèle 3D du chantier d'une foreuse type SMP 104 (Source : Sixense)

Deux simulations ont été réalisées par Sixense (le rapport complet est disponible en Annexe 17) :

- Un scénario standard : la modélisation de cette configuration est basée sur un scénario sans protection acoustique spécifique ;
- Un scénario avec protections acoustiques qui intègre les mesures suivantes :
 - Traitement sur les sorties d'air des génératrices ;
 - Capotage du treuil ;
 - Capotage des pompes ;
 - Mur acoustique de 6m de hauteur a été modélisé autour des installations.

Dans le scénario standard, les puissances acoustiques de chaque élément sont les suivantes (le scénario optimisé correspond à la mise en place de bâches acoustiques au niveau des sources) :

Installation	Nombre en fonctionnement	L _{WA} unitaire en dB(A) Scénario de base	L _{WA} unitaire en dB(A) Scénario optimisé
Foreuse	1	105	105
Mixeur	1	102	92
Vibrateurs	3	100	100
Pompes	2	117	98
Génératrices - caisson	3	92	92
Génératrices – sortie d'air	3	103	87
Génératrices - cheminée	3	85	85
Ventilation	1	98	98

La figure ci-après illustre l'impact du chantier pour le scénario standard, **sans optimisation acoustique**.

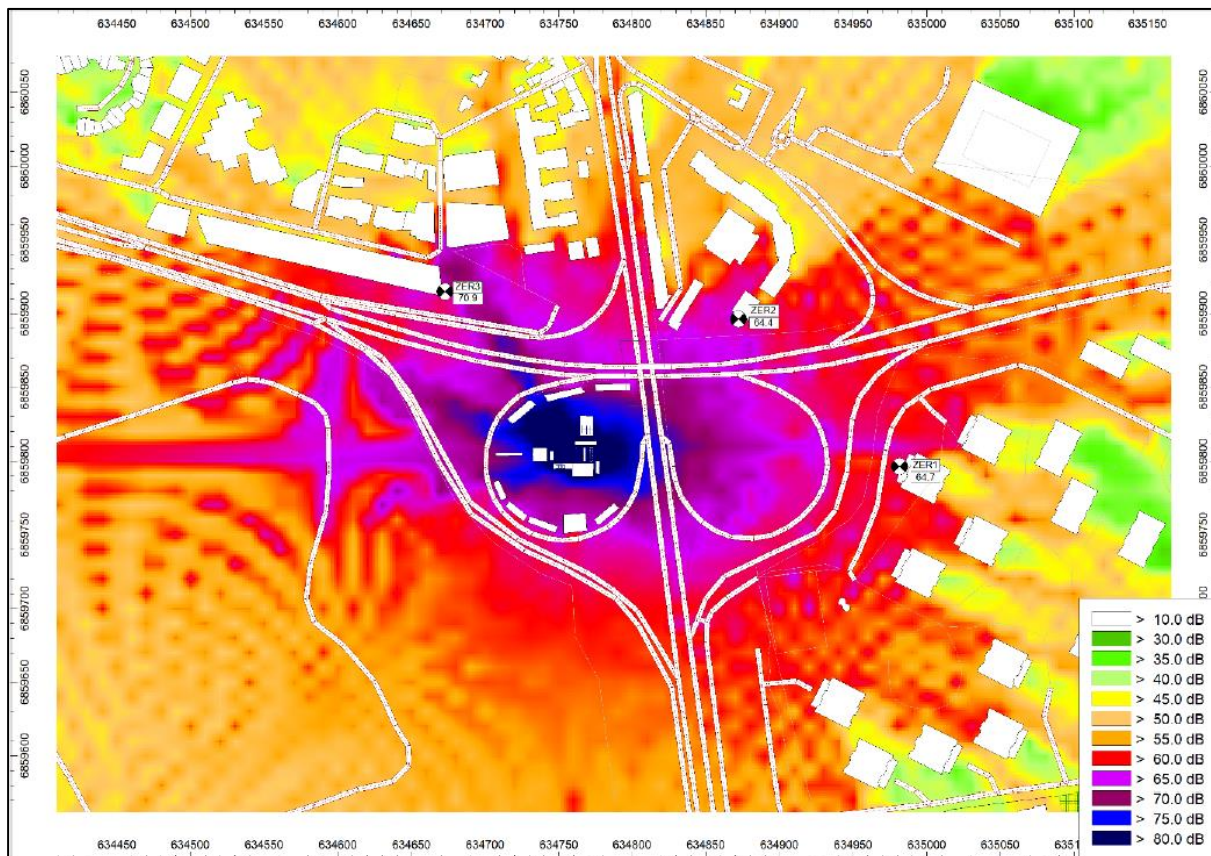


Figure 185 – Carte de bruit du chantier en dB(A) sans optimisation acoustique, calcul à h=1,5 m du sol

Le tableau ci-après présente les émergences prévisibles en limite de chantier.

Réf.	Niveaux sonores acoustiques - en dB(A) – Scénario standard							
	Jour (7h-22h)				Nuit (22h-7h)			
	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence
ZER1	64,5	55,5	65,0	9,5	64,5	49,0	64,5	15,5
ZER2	64,5	59,5	65,5	6,0	64,5	54,5	65,0	10,5
ZER3	71,0	56,0	71,0	15,0	71,0	52,0	71,0	19,0

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB(A).

Dans cette configuration, les niveaux sonores prévisibles pour l'habitation riveraine la plus proche « ZER3 » atteignent 71 dB(A) de jour comme de nuit. Des émergences importantes sont calculées de jour comme de nuit au niveau des 3 habitations.

La figure ci-après illustre l'impact du chantier pour le scénario **avec les optimisations acoustiques**.

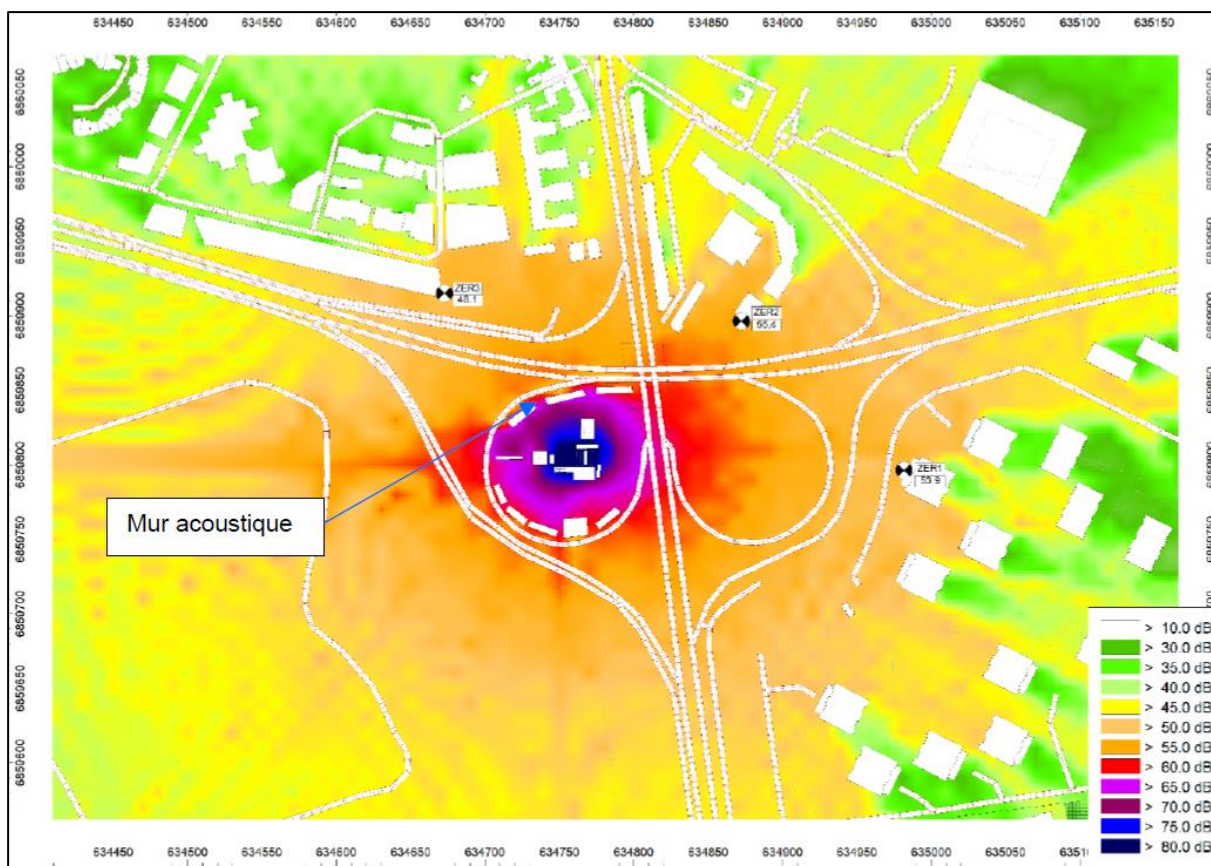


Figure 186 – Carte de bruit du chantier en dB(A) avec optimisations acoustiques, calcul à h=1,5 m du sol

Le tableau ci-après présente les émergences prévisibles en limite de chantier.

Réf.	Niveaux sonores acoustiques - en dB(A) – Scénario avec optimisations acoustiques							
	Jour (7h-22h)				Nuit (22h-7h)			
	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence	Contribution du chantier	Niveau résiduel retenu	Niveau ambiant calculé	Emergence
ZER1	54,0	55,5	58,0	2,5	54,0	49,0	55,0	6,0
ZER2	55,5	59,5	61,0	1,5	55,5	54,5	58,0	3,5
ZER3	48,0	56,0	56,5	0,5	48,0	52,0	53,5	1,5

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB(A).

La mise en place des actions proposées permettrait de réduire sensiblement l'impact du chantier en limite de site :

- Au point ZER1, les émergences en jour sont passées de 9,5 dB(A) à 2,5 dB(A) et de nuit de 15,5 dB(A) à 6 dB(A) ;
- Au point ZER2, les émergences en jour sont passées de 6 dB(A) à 1,5 dB(A) et de nuit de 10,5 dB(A) à 3,5 dB(A) ;

- Au point ZER3, les émergences en jour sont passées de 15 dB(A) à 0,5 dB(A) et de nuit de 19 dB(A) à 1,5 dB(A) ;

➔ **Effets directs négatifs temporaires importants**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Préalablement au démarrage du chantier, il sera fait des mesures de bruits de référence de jour et de nuit.

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 actuel afin de ne pas gêner les riverains. Il est à noter que les premières habitations sont situées à l'est à une centaine de mètre de la future plateforme de forage.

Un calfeutrement des équipements les plus bruyant sera réalisé, afin de diminuer l'incidence sonore du chantier.

Une information sera faite auprès des personnes concernées qui sera renouvelée avant chaque phase bruyante, afin d'exposer la nuisance à venir et ce qui est mis en œuvre pour diminuer la gêne.

Les dispositions générales suivantes seront prises :

- Limitation des circulations de véhicules et définition des sens de circulation sur le chantier pour limiter l'usage des avertisseurs de recul,
- Éloignement - dans la mesure du possible - des équipements et des activités bruyantes des riverains,
- Placement des pompes, du treuil, des groupes électrogènes au sein d'un capotage à structure rigide, permettant un affaiblissement acoustique, (affaiblissement acoustique minimum (RW+Ctr) : 25 dB ; absorption acoustique : α sabine > 0,6),
- Mise en œuvre de panneaux avec bâches acoustiques sur la majeure partie de la limite de chantier (hauteur : 3,5 m ; affaiblissement acoustique minimum (RW+Ctr) : 17 dB ; Absorption acoustique : α sabine > 0,6) de manière à limiter l'impact sonore au sol et pour les premiers niveaux des bâtiments alentours,
- Recours privilégié à l'alimentation électrique du réseau local chaque fois que possible, afin de diminuer les temps de fonctionnement des moteurs thermiques des groupes électrogènes,
- La livraison de matériels ou produits ne sera pas effectuée de nuit. Les transports de nuit concerneront essentiellement des véhicules légers du personnel,
- L'aménagement des horaires des tâches les plus bruyantes en fonction des riverains pour limiter la gêne,
- Un point de monitoring sera installé sur le chantier durant toute la phase travaux de forage.
- Mise en place de traitement sur les sorties d'air des génératrices ;
- Mise en place d'un mur acoustique de 6m de hauteur en limite d'une partie de la zone chantier.

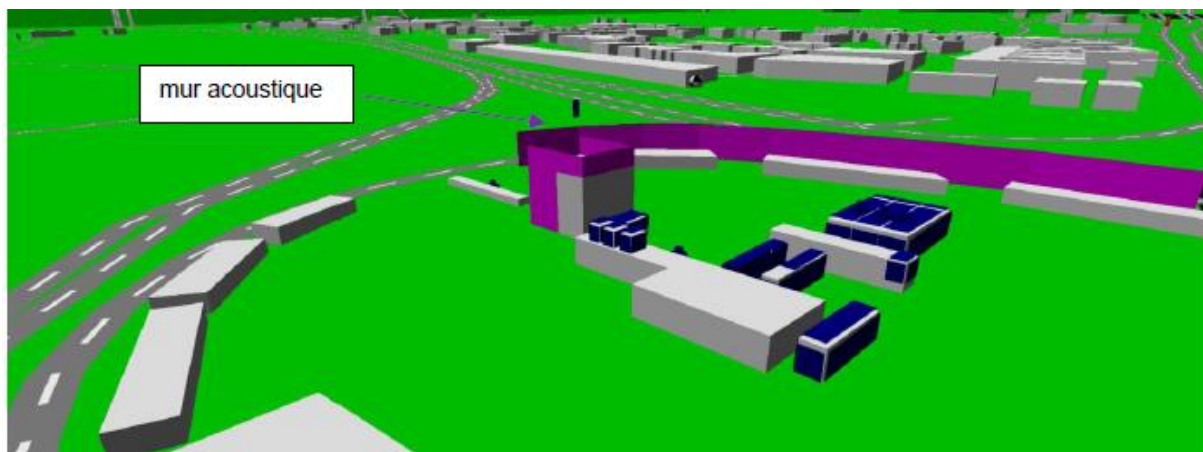


Figure 187 – Mur acoustique modélisé pour le premier doublet GLCR1-2 (Source : Sixense)

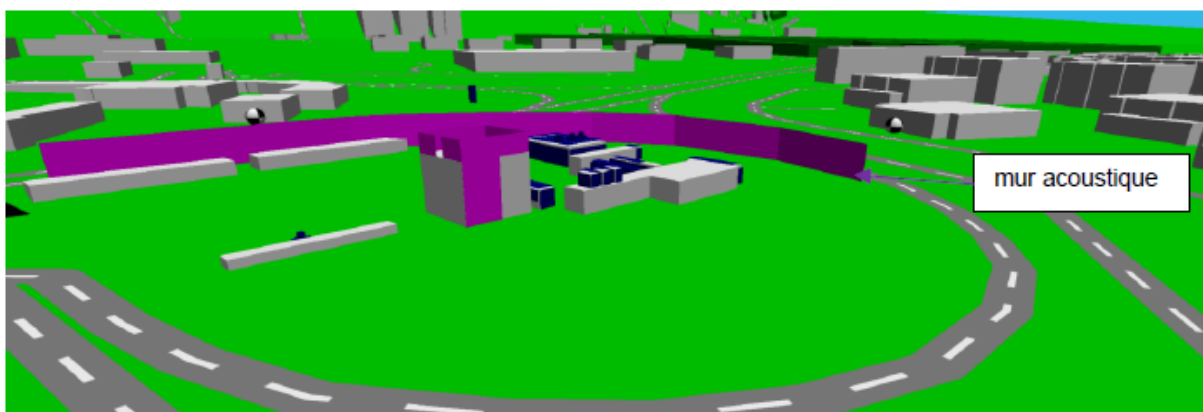


Figure 188 – Mur acoustique modélisé pour le deuxième doublet GLCR3-4 (Source : Sixense)

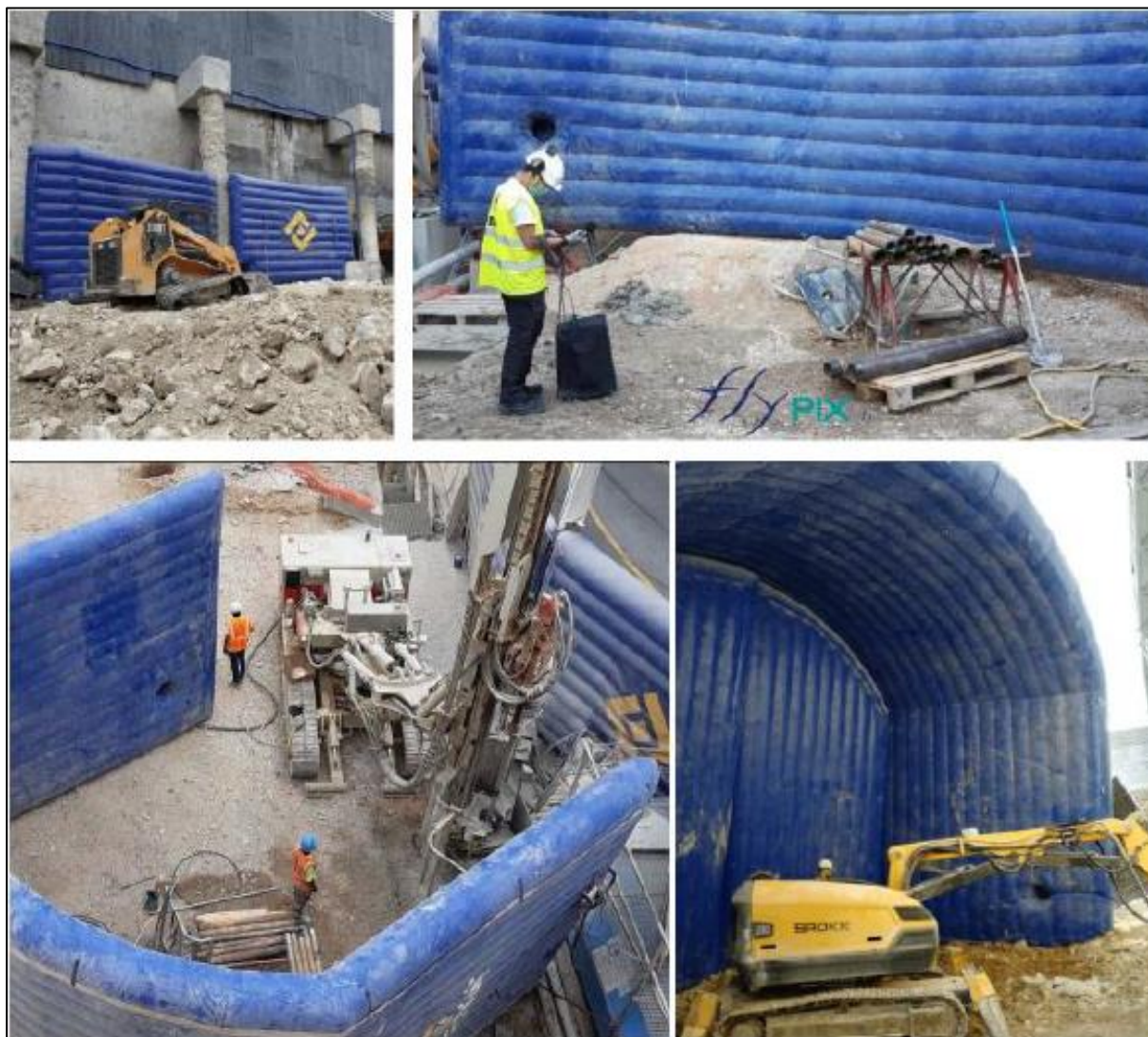


Figure 189 – Illustration d'un mur acoustique type qui pourrait être mis en place pour le projet du Chesnay-Rocquencourt
 (Source : ENGIE Solutions)

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.4.1.1.2. **Projet de centrales et de réseaux**

Pendant cette période, il faut s'attendre à des bruits liés aux activités des véhicules de transport et au montage des infrastructures avec les engins de construction. La circulation des engins occasionne des émissions de poussière diffuses, notamment par temps sec. Ces nuisances sont limitées dans le temps (heures et jours de travail) et l'espace (projet et abords immédiats).

Pour rappel, les chantiers doivent, conformément au Code de la Santé Publique et au Code de l'Environnement :

- Respecter les conditions d'utilisation ou d'exploitation des matériels, et équipements fixés par les autorités compétentes,

- Prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit,
- Ne pas faire preuve d'un comportement anormalement bruyant.

Les prescriptions relatives aux niveaux sonores admissibles, aux conditions d'utilisation, aux méthodes de mesure du bruit, au marquage des objets sont présentées dans :

- La directive européenne 2000/14/CE ;
- L'arrêté du 18 mars 2002.

Les bruits de voisinage au niveau municipal sont réglementés par l'arrêté municipal n°2019-1863 relatif à la lutte contre les nuisances sonores.

Des valeurs d'émissions acoustiques de 70 à 80 dB(A) à 1 m pour les engins mobiles peuvent être prises comme base de calcul pour l'influence sonore. Plus on s'éloigne d'une source sonore, plus son influence diminue. Ce phénomène suit la loi de décroissance en fonction de la distance.

$$L_{Aeq}(T) = L_{Aeq}(T)_{ref} - 23 \cdot \log \frac{d_j}{d_{jref}}$$

Avec :

- $L_{Aeq}(T)$: Niveau de pression acoustique au droit du récepteur (le plus proche voisin)
- $L_{Aeq}(T)_{ref}$: Niveau de pression acoustique mesuré
- d_j : Distance de la source au récepteur
- d_{jref} : Distance de la source au point de mesure

En appliquant cette loi à une source de 80 dB(A), la contribution des engins de chantier mobiles serait inférieure à 40 dB(A) dès 50 m de distance et 30 dB(A) à plus de 100 m.

Notons également que les entreprises veilleront à ne pas dépasser les plages horaires de travail définies par arrêté municipal.

Au regard de ces éléments, nous pouvons supposer que la perception acoustique du chantier des centrales intégrées dans un même bâtiment, des réseaux de chaleur et des sous-stations au niveau des zones à émergence réglementée sera faible et que la réglementation sera respectée.

6.3.4.1.2. Impacts liés à la phase exploitation

6.3.4.1.2.1. Projet de géothermie

Durant la phase d'exploitation, les sources sonores associées aux forages seront nulles excepté au cours des opérations de maintenance des puits.

Les opérations de maintenance avec leurs fréquences prévisionnelles et leurs durées sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 29 – Opérations de maintenance lors de l’exploitation d’un doublet géothermique type

Opération de maintenance	Fréquence indicative de l'opération	Durée de l'opération	Appareil(s) d'intervention
Auscultation/ Diagnostic	Environ 4/an	1,5 journée en moyenne	1 véhicule léger (camion laboratoire)
Analyses géochimiques	Environ 6/an		
Contrôle du tube de traitement	Environ 2/an		
Remontée / descente pompe immergée	En cas de panne ou au minimum tous les 5 ans	2 semaines	1 camion de saumure 1 grue sur camion 1 semi-remorque
Diagraphies (inspection des casings)	Tous les 3 ans pour un injecteur	1 journée pour un injecteur	1 camion de saumure 1 grue sur camion
	Tous les 5 ans pour un producteur	2 semaines pour un producteur	1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) 1 camion de diagraphie
Curage	Environ tous les 10 ans (en fonction de l'état du puits)	3 à 4 semaines par puits	1 camion de saumure 1 grue sur camion
Rechemisage	Environ tous les 10 ans (en fonction de l'état du puits)	1 mois	1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) 1 appareil de work-over

Ainsi, les nuisances sonores liées aux sources mobiles seront raisonnablement limitées.

Au cours de l’exploitation, au droit des puits, les bruits seront issus de la circulation des fluides dans les canalisations. La position en sous-sol et la fermeture des caves par une dalle conduira à une atténuation de l’émergence de bruits.

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 en vigueur sur les émissions sonores.

Il est à noter que les horaires d’intervention seront conformes à la réglementation en vigueur.

Au regard de ces éléments, nous pouvons supposer que la perception acoustique des sources fixes au niveau des zones à émergence réglementée sera faible et que la réglementation sera respectée.

➔ Effets négatifs pérennes négligeables

6.3.4.1.2.2. **Projet de centrales et de réseaux**

Durant la phase d’exploitation, les sources sonores présentes sur le site seront de plusieurs types :

- Sources fixes : pompes à chaleur, pompes PAC, pompes de réinjection, pompes réseaux, pompe PT, échangeurs thermiques, ventilations, etc.
- Sources mobiles : véhicules du personnel.

Les réseaux de chaleur et les sous-stations ne seront pas à l’origine d’impact sur le bruit pendant la phase d’exploitation.

Sources fixes

Notons que le projet du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques fera l'objet d'une notice acoustique dont le but est de préciser les objectifs et les exigences acoustiques retenues pour le projet et de présenter également les dispositions constructives du bâtiment à adopter pour satisfaire aux objectifs acoustiques retenus. L'engagement acoustique porte sur les prescriptions en matière d'atténuation et d'isolation des éléments de l'enveloppe du bâtiment.

Les niveaux sonores de ces équipements sont donnés à titre indicatif (retour d'expérience sur d'autres installations similaires) :

- Les pompes de circulation : 80 dB(A),
- Les pompes à chaleur : entre 45 et 65 dB(A),
- Les transformateurs électriques : 70 dB(A).

Il est à noter que l'installation fonctionnant en continu, 24h/24 et 7j/7, ces conditions correspondent au cas le plus contraignant (nuit, week-end et jours fériés).

Tous les équipements seront implantés à l'intérieur du bâtiment, aucune installation technique ne sera située en extérieur. Seuls les puits de géothermie seront situés en extérieur. Cependant, ces derniers ne seront pas générateurs de nuisances sonores.

L'ensemble des dispositions constructives préconisées seront respectées afin de supprimer l'impact potentiel sonore du projet sur le voisinage.

La mise en place de mesures adaptées permettra de limiter tout impact lors de l'exploitation.

Sources mobiles

Le trafic généré par les véhicules des personnels d'exploitation sera extrêmement faible en comparaison du trafic sur les voies de circulation présentes dans l'environnement immédiat.

Au cours de l'exploitation, au droit des puits, les bruits seront issus de la circulation des fluides dans les canalisations. Au droit de chaque puits de production, s'ajoutera le bruit provenant de la rotation du groupe de pompage immergé. La position en sous-sol et la fermeture des caves par une dalle conduira à une atténuation de l'émergence de ces bruits.

L'installation géothermique sera située à proximité de la chaufferie d'appoint/secours. Les sources de bruit liées à l'exploitation des puits géothermiques comprendront principalement : les pompes de circulation, les pompes à chaleur et les transformateurs électriques.

Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur du site seront conformes aux dispositions en vigueur les concernant en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier se conformeront à une nomenclature homologuée.

Le niveau sonore émergent en cours d'exploitation sera au maximum de 5 dB(A) le jour et 3 dB(A) la nuit.

Au regard de ces éléments, nous pouvons supposer que la perception acoustique des sources fixes et mobiles au niveau des zones à émergence réglementée sera faible et que la réglementation sera respectée.

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Pour limiter l'impact sonore sur le site pendant la phase d'exploitation, les mesures suivantes seront mises en place :

- Installation des équipements à l'intérieur du bâtiment,
- Respect des dispositions constructives en matière d'acoustique.

➔ **Mesures de réduction des impacts**

6.3.4.2. Impacts sur les sources lumineuses

6.3.4.2.1. Impacts liés à la phase travaux

6.3.4.2.1.1. Projet de géothermie

Impacts sur les sources lumineuses

En particulier en phase forage, le chantier fonctionnant 24h/24h, les activités de chantier nécessiteront l'utilisation de sources lumineuses supplémentaires à celles existantes le long des axes routiers encadrant le site (éclairages des installations et des équipements, phares des engins d'exploitation et des PL, ...).

Les projecteurs utilisés seront orientés de manière à supprimer tout risque d'éblouissement.

Le mât sera équipé d'un balisage diurne et nocturne avec un feu d'obstacle au point le plus haut.

Rappelons que le site se situe dans une zone géographique où la pollution lumineuse est très forte. L'impact lumineux du chantier sera donc négligeable au regard du contexte lumineux environnant.

➔ **Absence d'effet**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Aucune mesure n'est nécessaire en l'absence d'impact.

➔ **Absence de mesures**

6.3.4.2.1.2. Projet de centrales

Impacts sur les sources lumineuses

Les travaux du bâtiment intégrant les deux centrales fonctionneront sur des horaires essentiellement diurnes.

Les projecteurs utilisés seront orientés de manière à supprimer tout risque d'éblouissement.

Rappelons que le projet se situe dans une zone géographique où la pollution lumineuse est très forte. L'impact lumineux du chantier sera donc négligeable au regard du contexte lumineux environnant.

➔ Absence d'effet

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Aucune mesure n'est nécessaire en l'absence d'impact.

➔ Absence de mesures

6.3.4.2.1.3 Projet de réseaux

Impacts sur les sources lumineuses

Les travaux de réseaux et de sous-stations fonctionneront sur des horaires essentiellement diurnes.

Les projecteurs utilisés seront orientés de manière à supprimer tout risque d'éblouissement.

Rappelons que le projet se situe dans une zone géographique où la pollution lumineuse est très forte. L'impact lumineux du chantier sera donc négligeable au regard du contexte lumineux environnant.

➔ Absence d'effet

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Aucune mesure n'est nécessaire en l'absence d'impact.

➔ Absence de mesures

6.3.4.2.2. Impacts liés à la phase exploitation

6.3.4.2.2.1. Projet de géothermie

L'exploitation des puits géothermiques n'engendre pas d'impact sur les sources lumineuses.

6.3.4.2.2.2. Projet de centrales

Impacts sur les sources lumineuses

Les émissions lumineuses se limiteront principalement à l'éclairage des abords et de l'accès au site, des mats d'éclairage sur la zone d'accueil, ainsi qu'à la mise en lumière des bâtiments. Ceux-ci ne fonctionneront qu'en cas de besoin.

En période hivernale, les installations pourront aussi faire l'objet d'éclairages adaptés pour des raisons de sécurité.

➔ Effets directs négatifs négligeables

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les éclairages ne fonctionneront qu'en cas de besoin et leur orientation vers le site limitera l'éblouissement vers l'extérieur du site.

Les engins utilisés seront équipés d'éclairage suffisant pour assurer les conditions de sécurité lorsque la luminosité naturelle est insuffisante.

→ Mesures de réduction des impacts

6.3.4.2.2.3. Projet de réseaux

L'exploitation du réseau de chaleur et des sous-stations n'engendre pas d'impact sur les sources lumineuses.

6.3.4.3. Impacts sur le patrimoine culturel et archéologique

6.3.4.3.1. Analyse des effets en phase de travaux et d'exploitation

Monuments historiques, sites inscrits ou classés, SPR

Le site du projet s'inscrit dans une servitude de protection des monuments historiques et sur un site inscrit.

Comme décrit dans l'état initial, trois sites classés et deux sites inscrits sont situés dans un rayon de moins de 1,5 km du site du projet de géothermie.

Les sites classés les plus proches sont :

- L'ensemble formé par la plaine de Versailles, site classé n°2004, situé à 110 m au sud-ouest du projet,
- La plaine du Trou-de-l'Enfer dans la forêt de Marly, site classé n°5566, situé à 1 km au nord-ouest du projet,
- Le bois de Fausses-Reposes, site classé n°5611, situé à 1,4 km à l'est du projet.

Les sites inscrits les plus proches sont :

- La route royale de Versailles, site inscrit n°1204, située au droit du site. Il s'agit de la route passant à l'ouest de la zone d'implantation,
- Le domaine de Beauregard, site inscrit n°5595, situé à 510 m au nord-est du projet.

Plusieurs monuments historiques sont référencés sur la commune du Chesnay-Rocquencourt et les communes voisines. Le site du projet est situé dans le périmètre de protection du Domaine national de Versailles et de Trianon ainsi que dans le périmètre de protection du parc de Rocquencourt.

Le site du projet est situé dans l'emprise de la zone tampon de protection du château de Versailles inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Ces servitudes impliquent qu'une attention particulière soit portée à la qualité architecturale et à l'insertion paysagère de nouveaux projets sur ce site. Des demandes seront à adresser aux services en charge de la protection des deux monuments historiques cités précédemment ainsi que des services en charge du bien classé au patrimoine de l'Unesco.

L'avis de l'Architecte des Bâtiments de France est sollicité sur le projet d'une manière générale, et plus particulièrement sur l'architecture du bâtiment intégrant les deux centrales.

Le choix définitif du tracé du futur réseau de chaleur et de ses sous-stations sera fondé sur la volonté d'éviter les zones à enjeux. Le tracé du réseau s'effectuera principalement en voirie en zone urbaine et devra éviter les périmètres de protection des monuments historiques.

➔ Effets limités

Sites archéologiques

L'aire rapprochée du projet (dans un rayon de 500 m) ne comprend aucun site archéologique.

Dans ces conditions, les travaux et l'exploitation du site n'auront pas d'impact sur le patrimoine archéologique.

Le choix définitif du tracé des futurs réseaux de chaleur et de ses sous-stations sera fondé sur la volonté d'éviter les zones à enjeux. Le tracé des réseaux s'effectuera principalement en voirie en zone urbaine et devra éviter les sites archéologiques.

➔ Absence d'effet

6.3.4.3.2. Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Aucune mesure n'est nécessaire en l'absence d'impact.

➔ Absence de mesures

6.3.4.4. Impacts sur la gestion des déchets

6.3.4.4.1. Impacts liés à la phase travaux

6.3.4.4.1.1. Projet de géothermie

Impacts sur la gestion des déchets

Les déchets (déchets dangereux et déchets non dangereux) et les effluents générés par la phase forage seront essentiellement les suivants :

- Déchets industriels banals (D.I.B) : cuttings de forage et matériels métalliques usés ou déformés lors des opérations (tricônes, raccords, etc. ...),
- Boues de forage,
- Déchets ménagers : emballages vides de produits divers,
- Déchets spéciaux : huiles usagées de moteur,
- Eaux géothermales et eaux de ruissellement,

Tous ces déchets doivent être évacués afin de ne pas créer de pollution potentielle des sols ou porter atteinte au paysage.

➔ **Effets directs négatifs temporaires faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Concernant l'entreprise de forage :

- Les déchets industriels banals (déblais de forage et matériels métalliques) :

Les déblais de forage qui auront été contaminés accidentellement par des hydrocarbures seront évacués vers des décharges acceptant ce type de déchet.

La production de déchets métalliques et de ferrailles sera limitée. Elle est essentiellement constituée de tricônes usés, de câbles métalliques réformés, de tubages... Ces déchets seront transférés vers une entreprise récupérant les métaux.

- Les boues de forage :

Les boues de forage feront l'objet de mesures de précautions particulières bien que potentiellement peu polluantes.

En effet, la boue de forage sera composée d'eau du réseau de ville, d'argile naturelle inerte (bentonite) et d'additifs complémentaires type bactéricides, viscosifiants, etc. La boue circule dans un circuit étanche durant la phase de forage (partiellement à l'air libre au niveau des vibrateurs et bacs à boue).

Les boues subiront un traitement physico-chimique par centrifugation et coagulation lorsqu'elles seront usées. L'objectif de ce traitement est de séparer la phase liquide et la phase solide.

La phase solide sera évacuée par camions dans un centre de traitement agréé.

La phase liquide sera mise en citerne et envoyée par camions dans un centre de traitement agréé.

- Les déchets ménagers :

Les déchets seront collectés, triés, et transportés quotidiennement vers la déchetterie la plus proche. Le volume de déchets de ce type sera faible.

- Les déchets spéciaux :

Le stockage d'huiles, d'hydrocarbures et de tout autre produit toxique ou polluant pour les eaux est interdit en dehors des emplacements prévus à cet effet : citerne à double enveloppe, aire étanche et couverte.

Des bacs de rétention seront placés sous tous les fûts d'huile en service ou non et seront vidangés fréquemment. Les produits de vidange ou issus de fuites ne devront pas entrer en contact avec les milieux naturels. Pour tous les déchets toxiques ou dangereux, l'entreprise fournira les BSDD⁶ aux autorités compétentes.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.4.4.1.2. **Projet de centrales et de réseaux**

Impacts sur la gestion des déchets

Les déchets (déchets dangereux et déchets non dangereux) produits au cours du chantier des centrales géothermiques, de la pose des réseaux et de la mise en place des sous-stations seront essentiellement les suivants :

- Déchets d'emballages (papier, carton, plastique...),
- Bois,
- Ferraille,
- Verre,
- Emballages souillés par des produits dangereux,
- Boues du décanteur / séparateur à hydrocarbures,
- Boues du décanteur de récupération des laitances des toupies béton,
- Huiles usagées.

Tous ces déchets doivent être évacués afin de ne pas créer de pollution potentielle des sols ou porter atteinte au paysage.

➔ Effets directs négatifs temporaires faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Concernant les entreprises de construction :

Des mesures de réduction des déchets à la source seront imposées aux entreprises intervenant sur le chantier. Ces mesures consisteront en :

⁶ BSDD : Bordereau de Suivi de Déchets Dangereux

- La réalisation d'un calepinage soigné des produits en plaques ou générant des chutes (blocs maçonnés, sols souples et durs, cloisons, doublages, faux plafonds...) au travers des études d'exécution ;
- Le choix des produits, procédés et systèmes générant le moins de déchets lors de la mise en œuvre,
- Le choix des produits dont les emballages génèrent moins de déchets (demander aux fournisseurs des emballages réduits, des emballages consignés et la reprise des contenants souillés et les gros emballages).

Ces mesures de réduction à la source des déchets seront accompagnées d'une gestion sur site des déchets dont la génération n'aura pu être évitée.

Des bennes spécifiques dédiées à chaque type de déchets (ferraille, gravats, gravats mélangés, bois, emballages (plastiques, cartons...) et déchets banals) seront réparties sur le chantier.

Les déchets dangereux seront stockés à l'abri des intempéries sur une zone dédiée bétonnée. Les déchets dangereux liquides (huiles usagées, pots de peinture entamés...) seront stockés sur rétention.

Les bennes de chantier et la zone de stockage des déchets dangereux seront repérées par une signalétique claire avec pictogramme. Elles seront facilement accessibles pour leur remplissage et les camions porteurs (dépôt et enlèvement rapide à l'intérieur de la parcelle).

La collecte, l'évacuation et le traitement des déchets seront réalisés par des entreprises autorisées à prendre en charge et à traiter les déchets concernés. À chaque sortie de déchet, un bordereau de suivi des déchets (dangereux ou non) sera émis. Après traitement des déchets, les entreprises veilleront à collecter ces bordereaux. Ils seront conservés sur chantier et annexés à un registre de sortie des déchets qui sera tenu à jour sur site.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.4.4.2. Impacts liés à la phase exploitation

Impacts sur la gestion des déchets

Pour l'ensemble du projet (géothermie, centrales et réseaux), les déchets générés en phase exploitation seront essentiellement des déchets dangereux du type :

- Huiles usagées ;
- Chiffons souillés (huiles) ;
- Boues des séparateurs d'hydrocarbures ;
- Bidons vides souillés ;
- Aérosols.

Hors opérations de maintenance, la quantité de déchets générés sera faible.

➔ Effets directs négatifs temporaires faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Les déchets dangereux liquides (huiles usagées) seront stockés dans des contenants dédiés sur rétention, à l'abri de la pluie et sur un sol en béton.

Les déchets dangereux solides seront stockés dans des bacs de collecte adaptés à chaque type de déchets pour faciliter la récupération par le collecteur (tri sélectif en amont). Les bacs de collecte seront stockés à l'abri des eaux de pluie et sur un sol en béton.

Les déchets liquides/solides (déchets huileux ou hydrocarburés) seront pompés sur site et évacués par un prestataire agréé.

L'évacuation des déchets dangereux s'accompagnera de l'émission d'un Bordereau de Suivi des Déchets Dangereux (BSDD) qui suivra le déchet jusqu'à son traitement final. Le BSDD sera signé par l'exploitant et le transporteur avant que le déchet ne quitte le site. Lorsque le déchet aura été traité, une copie de BSDD sera envoyée à l'exploitant. Les BSDD seront conservés 3 ans.

Un registre chronologique des déchets sortants du site sera tenu à jour sur le site conformément à l'arrêté du 29 février 2012 modifié fixant le contenu des registres mentionnés aux articles R. 541-43 et R. 541-46 du code de l'environnement. Les informations contenues dans ce registre seront conservées durant 3 ans.

Enfin, lors des opérations de stimulation des puits, les saumures utilisées pour « tuer » l'artésianisme seront évacuées par camions-citernes vers une station de traitement. Les acides seront neutralisés. Les dépôts curés seront évacués par une entreprise spécialisée qui se chargera de leur destination selon leur nature ; les BSDD seront remis à l'exploitant pour enregistrement.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.4.5. Impacts sur le trafic

6.3.4.5.1. Impacts liés à la phase travaux

6.3.4.5.1.1. Projet de géothermie

Impacts lors des opérations de forage

La réalisation des travaux va impliquer la rotation de camions et de véhicules légers aux abords du chantier.

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
Pendant les opérations de tubage, cimentations et diagraphies (par puits)	25 camions
Repli de l'appareil de forage	60 camions

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 jour** au cours du chantier de forage.

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**.

➔ Effets directs négatifs temporaires faibles

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Dans le cadre des mesures destinées à atténuer l'impact du projet, le maître d'œuvre veillera à organiser les travaux de façons 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 :

- Des panneaux routiers de chantier informeront les usagers de la route de la sortie d'engins de chantier,
- Le stationnement des véhicules aux abords du chantier sera contrôlé de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès,
- Le raccordement du site à la route sera aménagé de sorte que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans constituer d'obstacles ou de risque vis-à-vis de la circulation,
- Les horaires de livraisons pourront être adaptés pour limiter l'impact sur le trafic.

➔ Mesures de réduction des impacts

6.3.4.5.1.2. **Projet de centrales**

Les travaux pourront impacter la circulation lors des phases structurantes du projet. Les travaux nécessiteront quelques engins de chantier par jour mais seront limités à la durée des travaux.

L'évacuation des déchets et des déblais, l'acheminement de matériaux ainsi que le transport du personnel sur le site des travaux amèneront également un flux supplémentaire de véhicules à intégrer à la circulation routière.

➔ **Effets directs négatifs temporaires faibles**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Le chantier fera l'objet d'une signalisation et d'un affichage conformes à la réglementation et aux usages applicables en matière de circulation urbaine, d'éclairage et de balisage de chantiers de travaux publics et de forage/sondage.

Enfin, une information des modifications de circulation, des conditions de stationnement et de la durée du chantier sera réalisée auprès de la population.

➔ **Mesures de réduction des impacts.**

6.3.4.5.1.3. **Projet de réseaux**

Le projet induit la création d'un linéaire important de réseaux sous voirie.

La pose des réseaux sur les communes impliquera un impact important sur la circulation au sein ces des villes concernées le temps des travaux, notamment sur les routes départementales.

➔ **Effets directs négatifs temporaires importants.**

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Pour limiter l'impact sur le trafic pendant la phase de travaux des réseaux de chaleur, les mesures suivantes seront mises en place :

- Un schéma de circulation des engins de chantier sera fixé afin de s'adapter aux différentes phases des travaux,
- Les engins seront stationnés dans des endroits non susceptibles de créer une gêne pour la circulation automobile,
- Le trafic routier supplémentaire lié à la livraison et l'expédition de matériaux sur chantier restera limité,
- Le tracé retenu pour le réseau de chaleur évitera le plus possible les axes de circulation principaux des communes,
- Des déviations seront mises en place pour absorber le trafic et permettre le passage en toute sécurité des piétons,
- Les accès pour les riverains seront maintenus,
- D'une manière générale, les travaux se dérouleront par phase en demi-carrefour quand cela sera possible.

➔ **Mesures de réduction des impacts.**

6.3.4.5.2. Impacts liés à la phase exploitation

6.3.4.5.2.1. Projet de géothermie

L'accès routier devra être aménagé de façon à permettre l'intervention de véhicules du gabarit d'une grue de capacité de levage minimum 30 T, d'un camion semi-remorque et de poids-lourds sur les têtes de puits en période d'exploitation.

Le tableau ci-dessous présente les différentes opérations de maintenance (légères ou lourdes) prévisibles pour un doublet au Dogger ainsi que leur fréquence, leur durée et les appareils d'intervention associés.

Opérations de maintenance	Fréquence indicative de l'opération	Durée de l'opération	Appareil(s) d'intervention
Auscultation / Diagnostic	Environ 4 par an	1 journée	1 véhicule léger (camion laboratoire)
Géochimie	Environ 12 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
Diagraphie (inspection des cuvelages)	Tous les 3 ans pour le puits injecteur	1 journée	1 camion de saumure (pour le puits producteur) 1 grue sur camion 1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) 1 camion de diagraphie
	Tous les 5 ans pour le puits producteur	2 semaines	
Curage	Environ tous les 10 ans (conditionné par l'état du puits)	1 mois	1 camion de saumure (pour le puits producteur) 1 grue sur camion 1 unité de manœuvre du tube de traitement (pour le puits producteur) 1 machine de workover

Tableau 30 – Fréquences d'intervention sur les forages géothermiques

Hormis les rares périodes où des travaux importants devront être menés sur les forages le projet n'entraînera pas d'impact sur la circulation.

➔ **Effets directs négatifs temporaires faibles.**

6.3.4.5.2.2. Projet de centrale

En phase exploitation, les centrales géothermiques ne demandent aucun personnel sur place et n'accueillent pas de public. Seuls quelques véhicules légers (voitures de service ou camion de type fourgonnette) sont susceptibles de circuler pour la maintenance.

Des livraisons des produits liés à l'exploitation des installations (huiles, produits inhibiteurs du fluide géothermal) seront également très ponctuelles dans le temps.

➔ **Aucun impact n'est envisagé.**

6.3.4.5.2.3. **Projet de réseaux**

L'exploitation du réseau de chaleur et des sous-stations n'engendre pas d'impact sur le trafic hors situation exceptionnelle.

➔ **Aucun impact n'est envisagé**

6.3.4.6. **Impacts sur les réseaux existants**

6.3.4.6.1. **Impacts liés à la phase travaux**

Pour cette phase, la réalisation des tranchées pourrait constituer un risque pour les réseaux existants. En effet, si l'un de ces ouvrages était endommagé, cela conduirait à des pertes financières mais également à une potentielle mise en danger des riverains.

Le Service des Fontaines a fait état de la présence de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt qui traverse la boucle ouest de l'échangeur où seront implantés les deux doublets et passe au sud de la boucle est.

Le tracé de l'aqueduc est présenté en Figure 155. Une visite de site a été réalisée pour connaître la localisation et l'état précis de l'aqueduc. Les résultats sont présentés en Annexe 15.

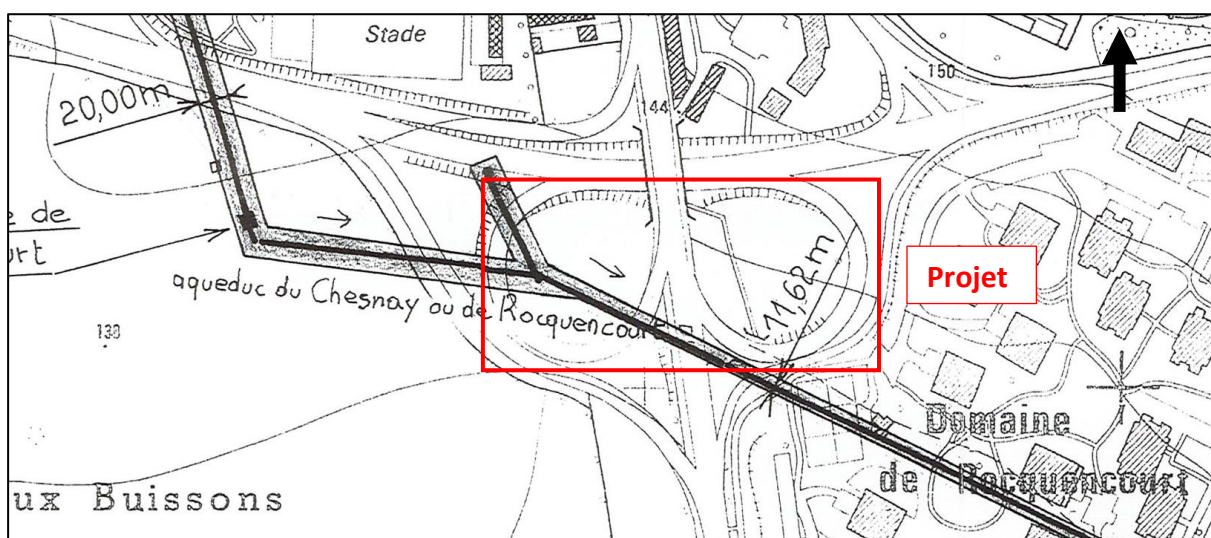


Figure 190 – Tracé de l'aqueduc du Chesnay-Rocquencourt (Source : Service des fontaines)

Le risque principal pour cet aqueduc serait qu'il soit endommagé pendant la phase travaux à cause des charges associées à l'appareil de forage.

➔ Effets directs négatifs temporaires importants.

Mesures d'évitement, réduction et/ou compensation des impacts

Ainsi pour éviter ces impacts, les gestionnaires de réseau seront consultés en amont des travaux afin d'implanter au mieux le nouveau réseau de chaleur et de limiter toutes formes d'interaction entre les différents réseaux.

Un certain nombre de mesures seront mises en place pour protéger l'aqueduc présent sur la plateforme. Ces mesures seront discutées et validées avec le Service des Fontaines en charge de la protection de cet aqueduc :

- Un périmètre sera conservé autour de l'aqueduc sur lequel les appuis de l'appareil de forage ne pourront pas être mis en place ;
- Le niveau de la plateforme sera dimensionné pour conserver une épaisseur de matériaux suffisante pour permettre la répartition des charges temporaires qui s'appliqueront au droit de l'aqueduc ;
- Une dalle béton de transfert sera mise en place afin de limiter les charges sur l'aqueduc. La note de calcul réalisée par Sodeba Ginko dimensionnant la dalle est disponible en Annexe 21. La dalle d'une épaisseur de 50 cm appuiera sur une bande de 1m de part et d'autre de l'aqueduc (cf. Figure 191). L'implantation de la dalle de transfert au-dessus de l'aqueduc existant est disponible en Figure 192.

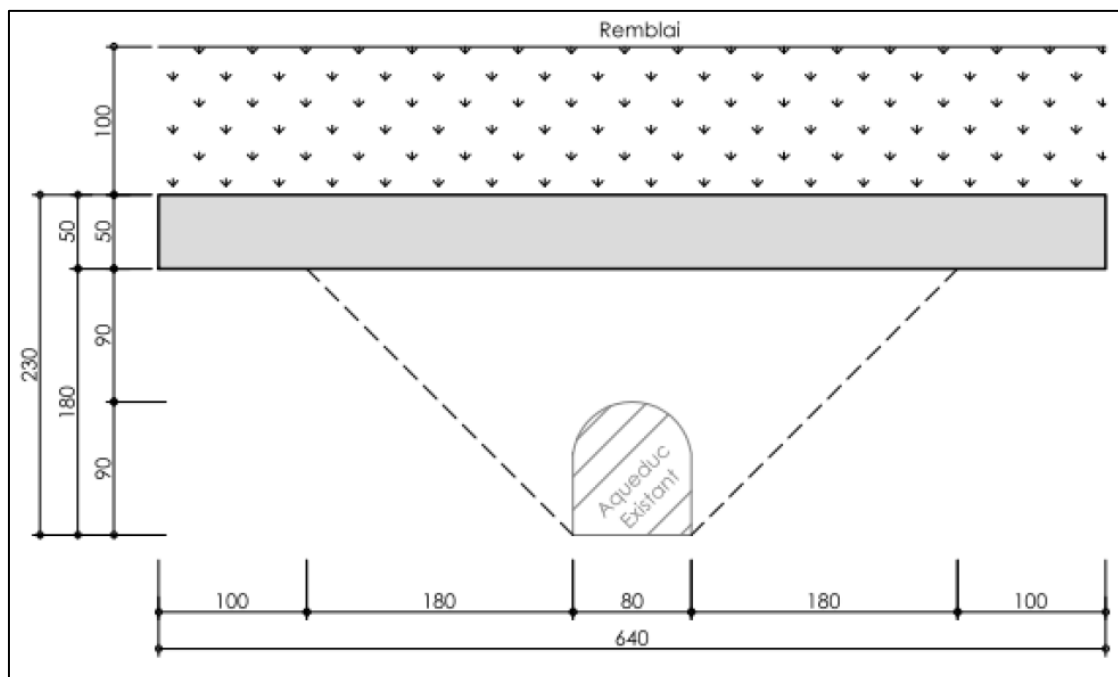


Figure 191 – Schéma de la dalle béton mise en place pour la mise en protection de l'aqueduc (Source : Sodeba Ginko)

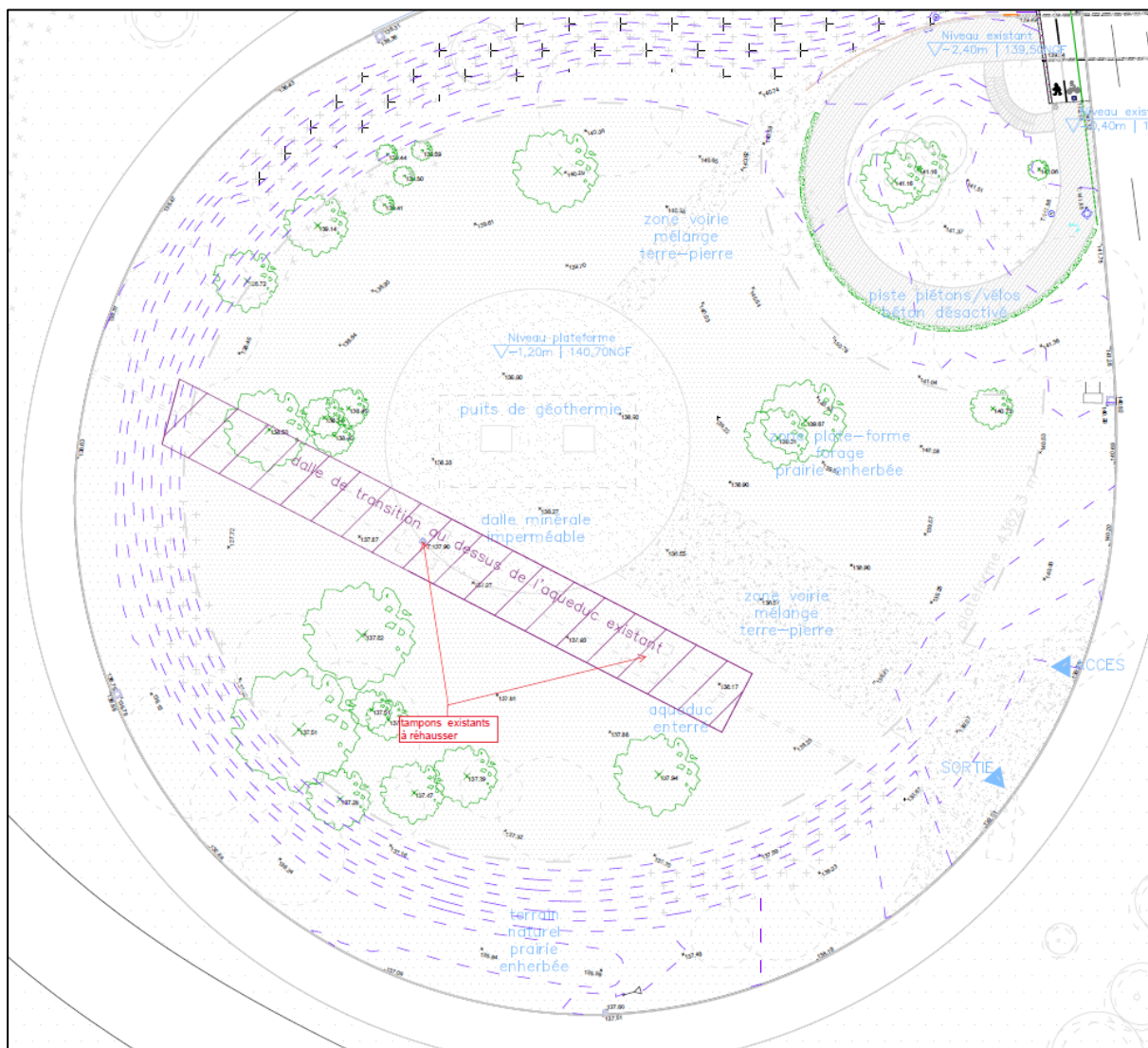


Figure 192 – Plan d'implantation de la dalle béton au-dessus de l'aqueduc (Source : Sodeba Ginko)

➔ Mesure d'évitement des impacts.

6.3.4.6.2. Impacts liés à la phase exploitation

La présence des forages, du bâtiment intégrant les deux centrales géothermiques et des sous-stations n'aura pas d'influence sur les réseaux existants.

Le réseau de chauffage urbain pourrait avoir un impact thermique ou mécanique sur les conduites à proximité. Cette influence peut être considérée comme négligeable puisque le réseau sera isolé et que les distances réglementaires entre réseaux seront respectées.

➔ Aucun impact n'est envisagé.

6.3.4.7. Impacts liés à l'activité économique

6.3.4.7.1. Impacts liés à la phase de travaux

Les travaux n'engendreront pas d'arrêt d'activité économique, ni la destruction de commerces. De même, les travaux n'empêcheront pas l'approvisionnement en chauffage ou en eau chaude sanitaire des abonnés.

La présence des équipes du chantier pourra contribuer au dynamisme économique de la commune du Chesnay-Rocquencourt mais également des communes environnantes (nuitées, repas dans les restaurants du secteur, sous-traitance) sur toute la durée du chantier.

➔ **Les travaux auront un impact positif sur l'activité économique.**

6.3.4.7.2. Impacts liés à la phase exploitation

La réalisation des forages, du bâtiment constitué des deux centrales géothermiques, des réseaux de chaleur et de ses sous-stations auront un impact considérablement favorable pour l'environnement.

L'exploitation de cette énergie géothermale aura également un impact positif quant au prix de fourniture du MWh de chaleur et permettra ainsi de maintenir dans le temps, une fourniture de chaleur plus compétitive.

➔ **L'exploitation de la géothermie aura un impact positif sur l'activité économique.**

6.4. Analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus

Suite à la publication du décret du 29 décembre 2011 relatif à la réforme des études d'impacts des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, une analyse des effets cumulés de l'exploitation du projet avec d'autres projets connus doit être réalisée dans le cadre de la réalisation de l'étude d'impact.

Selon l'article R122-5 du Code de l'Environnement, ces projets sont ceux, qui lors du dépôt de dossier :

- 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 ;

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage.

Les bases de données suivantes ont été consultées :

- Site du CGEDD : Avis de l'Autorité Environnementale ;
- Sites des préfectures des Yvelines (78) et des Hauts-de-Seine (92).

La sélection des projets à retenir pour l'étude des effets cumulés a été réalisée selon deux paramètres : le périmètre géographique et le périmètre temporel.

La définition du périmètre géographique de prise en compte des projets connus a été déterminée en fonction des impacts potentiels du projet et des enjeux propres à la zone.

Dans le cas du projet du Chesnay-Rocquencourt, les impacts potentiels de l'activité peuvent concerner les aires géographiques plus ou moins étendues en fonction de la nature des impacts.

L'aire d'étude éloignée a été fixée aux limites des communes limitrophes du Chesnay-Rocquencourt. Tous les projets situés en dehors de ce périmètre ne sont pas jugés concernés par les effets cumulés avec le projet.

Les projets pris en compte sont ceux qui sont connus au moment du dépôt de l'étude d'impact. Seuls les projets « récents » ayant fait l'objet d'une évaluation ont donc été considérés.

6.4.1. Nouvelle ligne de métro 18 : Aéroport d'Orly > Versailles Chantiers

Le projet du Métro 18 reliera Aéroport d'Orly (94) à Versailles Chantiers (78) en deux phases : la première d'Aéroport d'Orly au CEA Saint-Aubin, la seconde de CEA Saint-Aubin à Versailles Chantiers.

Cette nouvelle ligne entièrement automatique répondra aux besoins de déplacements des habitants, étudiants, chercheurs et salariés qui vivent, étudient ou travaillent à proximité, notamment à Antony, Massy, sur le plateau de Saclay, à Saint-Quentin-en-Yvelines et Versailles.

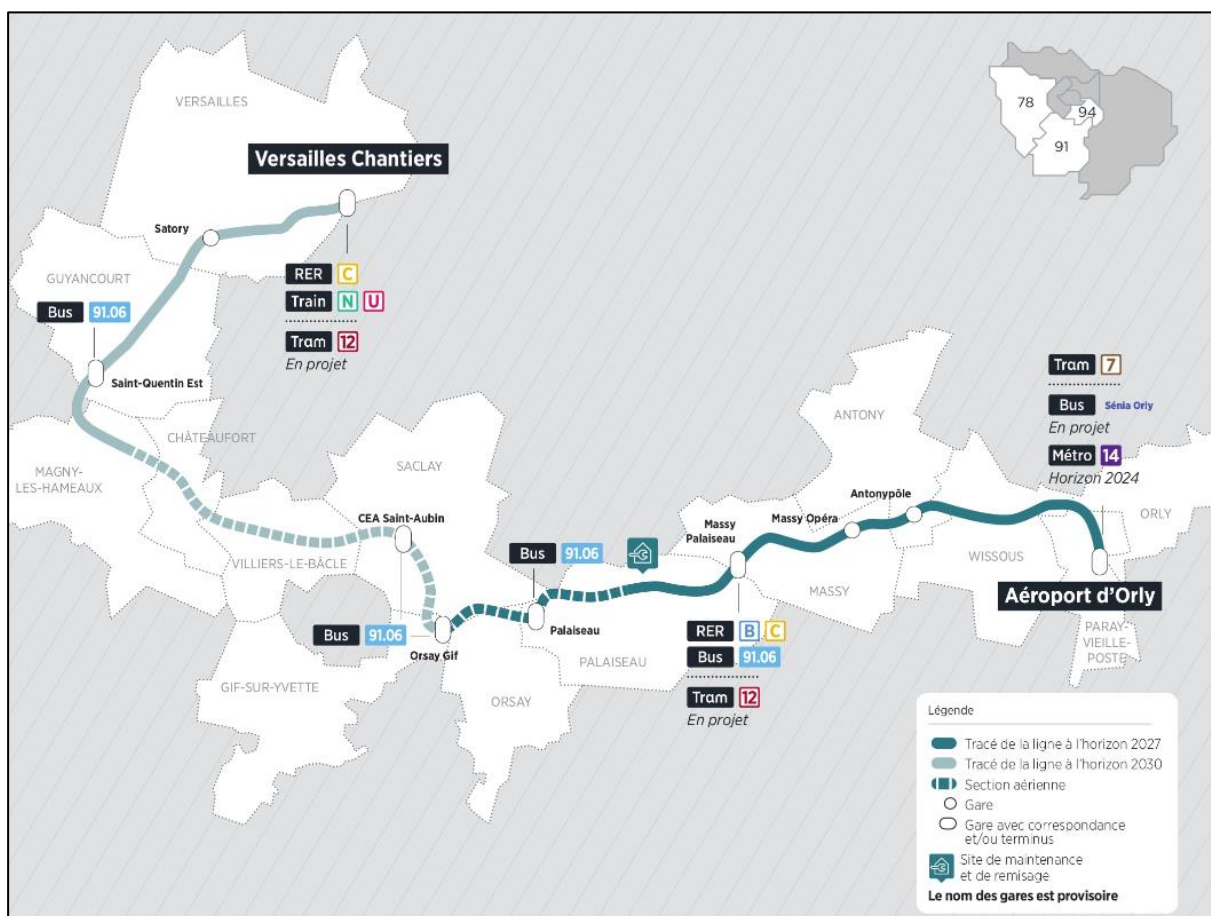


Figure 193 – Plan du projet Métro 18 (Source : ildefrance-mobilité.fr)

La phase travaux qui concernera le tronçon Orsay Gif – Versailles Chantiers est pour l'instant prévue sur la période 2027 – 2030.

Au regard de la nature du projet, aucun effet cumulé n'est possible du fait de la distance entre les deux projets et de l'enchaînement temporel successif.

6.4.2. Création de la ZAC Satory-Ouest à Versailles

Le projet de la ZAC Satory-Ouest, porté par l'établissement public Paris-Saclay, consiste à créer, sur un ancien plateau militaire de 236 ha de la commune de Versailles 550 000 m² de logements, d'équipements publics et d'activités desservis par une gare de la future ligne 18 du Grand Paris Express.

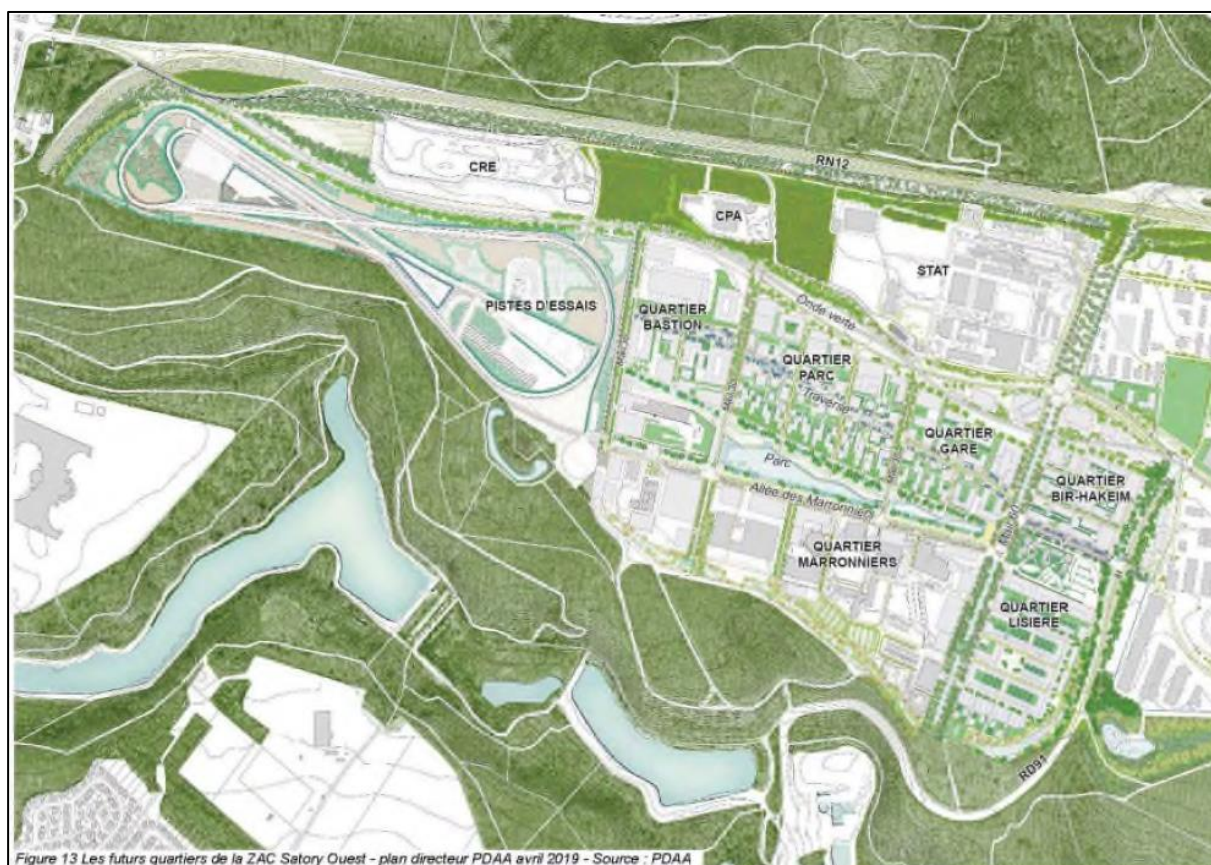


Figure 194 – Plan directeur (Source : Avis autorité environnementale)

Un deuxième avis de l'Autorité environnementale relatif au projet a été adopté le 7 avril 2022.

Aucun effet cumulé n'est possible du fait de la distance entre les deux projets.

6.4.3. Impacts potentiels en fonction de la temporalité des projets

Dans le cas de figure où les travaux de forage ne s'enchaîneraient pas et que la réalisation des deux doublets devait être séparée de plusieurs années, les mesures suivantes devront être prises pour continuer l'exploitation du premier doublet qui serait d'ores et déjà en service (permis par l'absence d'artésianisme du Dogger au droit du projet) :

- Les têtes de puits devront être mises sous protection via l'utilisation de plaques métalliques ;
- Les appuis de l'appareil de forage ne pourront pas être implantés au droit des têtes de puits ;
- Les paramètres d'exploitation (en particulier pression, débit et température) devront être suivis en tout temps au niveau de la centrale existante pour permettre d'identifier la moindre fuite potentielle sur les têtes de puits ;
- Aucun engin de chantier ne pourra rouler au droit des plaques métalliques ;
- Un stock de saumure devra être disponible sur place pendant toute la phase de chantier ;
- Aucune zone de stockage ne pourra être installée au droit des plaques métalliques ;
- La mise en place du BOP ne devra pas impliquer le passage d'une charge importante au droit des têtes de puits.

7. Document de santé et de sécurité

7.1. Plan de prévention et de secours

Le Maître d’Ouvrage réalisera un Plan de Prévention et de Secours (P.P.S.) pour la période des travaux, puis un P.P.S. spécifique à la phase d’exploitation. Ces documents fixeront les principes et les modalités d’organisation relatives à la sécurité et à la santé en application du Code Minier et du Code du Travail. Le Maître d’Ouvrage prendra ses dispositions pour organiser la mission de coordination de la sécurité et de la santé sur le site.

Un exemple de Plan de Prévention et Secours (PPS) pour le site de géothermie Village Nature exploité par Engie est disponible en Annexe 22.

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 leur application.

Un exemplaire du Plan Particulier de Sécurité sera communiqué avant le début des travaux aux administrations concernées.

Les travaux de forage sont soumis à l’Arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d’exploitation par puits de substances minières.

En outre, l’exploitant se doit d’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* ».

7.2. Document de santé et de sécurité afférent aux travaux

7.2.1. Aménagements pour la protection publique

Le terrain concerné par les travaux sera balisé, clos, et interdit d'accès au public.

Préalablement aux travaux, le Maître d'Ouvrage mettra en place des actions d'informations destinées au public et aux riverains. Une réunion publique d'information sur le projet sera 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, impact paysagé...).

En phase 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,
- Au mât de l'appareil de forage,
- À une augmentation du niveau sonore inhérent 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 les plateformes.

Les mesures compensatoires mises en place pour prévenir ces risques sont résumées ci-après.

7.2.1.1. Accès au chantier

Le terrain concerné par les travaux sera balisé, clos, et interdit d'accès au public par voie d'affichage. L'entrée du chantier sera équipée d'un portail fermé à clé avant l'arrivée du matériel, après son départ et lors des interruptions de travaux.

Un parking visiteur sera mis en place 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.

7.2.1.2. Risque minier d'effondrement

Un gîte géothermique est assimilable à un gîte minier. Cependant, contrairement à la plupart des gîtes miniers, il n'y a pas ici d'enlèvement de matériaux. Il en résulte par exemple l'absence de risque lié à une excavation (effondrement, tassements différentiels...).

7.2.1.3. Risque d'éruption de fluide géothermal

La substance exploitée est ici un fluide (eau chaude salée du Dogger), qui, contrairement à d'autres fluides comme les hydrocarbures, ne possède pas de propriétés d'inflammation ou d'explosion.

La prévention contre les éruptions de fluide et les déversements accidentels est assurée par un BOP. La pression nominale usuelle des BOP est de plus de 200 bars (sur tige et tige en dehors) ce qui est sécuritaire, car la pression en tête de puits n'excède pas 8 bars.

De plus, le chantier disposera d'un stock de sel en permanence : 25 tonnes, permettant la fabrication de plus de 100 m³ de saumure à densité = 1,15, pour neutraliser l'artésianisme. Une ligne d'injection de saumure sera maintenue en permanence en état de fonctionnement.

7.2.1.4. **Risque d'émanations gazeuses**

La mise en place d'un BOP en tête de puits permet également d'éviter toute production accidentelle de gaz.

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 par acidifications.

Ce gaz est susceptible d'incommoder les populations par son odeur d'œuf pourri. À fortes doses, il n'est plus perçu par l'odorat et entraîne alors des lésions des centres nerveux et respiratoires.

Des dispositifs d'alerte sonores et visuels seront mis en place, afin de détecter la présence de ce gaz et y remédier.

L'H₂S n'est pas inflammable dans les conditions habituelles (la limite d'inflammabilité dans l'air est de 4,3-45,5 % volume d'air, sa température d'auto-inflammation étant de 270 °C).

La fiche toxicologique du Sulfure d'hydrogène est disponible en Annexe 23.

7.2.1.5. **Risque sur les ressources en eau potable**

Les divers aquifères utilisés ou utilisables pour l'eau potable sont préservés du contact avec l'eau du Dogger par la pose de tubages cimentés aux terrains. L'eau exploitée est intégralement réinjectée dans sa formation d'origine et n'est donc pas renvoyée dans le milieu naturel superficiel où elle pourrait perturber des captages d'AEP.

7.2.1.6. **Risques liés à la circulation des véhicules de chantier**

7.2.1.6.1. **Accès au chantier**

Des panneaux routiers de chantier informeront les usagers de la route de la sortie d'engins de chantier. Le stationnement des véhicules aux abords du chantier sera aménagé de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès.

Un contrôle des capacités de roulage du chemin d'accès sera effectué par l'entreprise de forage préalablement à l'amenée de l'appareil de forage. Des aménagements pourraient y être réalisés au moment des travaux de génie civil de la plateforme.

Le raccordement du site à la route sera aménagé de sorte que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans constituer d'obstacle ou de risque vis-à-vis de la circulation.

7.2.1.6.2. Accroissement du trafic

Tout chantier d'une certaine taille implique la circulation de véhicules lourds et légers, qui accroissent momentanément le trafic routier local.

L'amenée et le repli de l'appareil de forage s'effectuera par convoi exceptionnel.

En dehors des phases d'amenée et de repli des équipements de forage, le nombre de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plateforme de forage restera limité à l'approvisionnement de consommables (fioul, tubage, ciment...) et à l'évacuation des déchets. Ce trafic, très variable en fonction des phases et de l'avancement du chantier n'excèdera pas, en moyenne, une rotation quotidienne de véhicules lourds (15-20 tonnes).

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).

7.2.1.6.3. Circulation des véhicules sur la plateforme

L'accès du public au chantier sera réglementé et soumis à l'accord préalable du Maître d'Ouvrage et du Maître d'œuvre (sauf autorités administratives compétentes, véhicules de secours et forces de police).

Des véhicules légers dûment habilités pourront être amenés à 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 spécifique dans l'enceinte du chantier sera réservée à la manœuvre des véhicules. Cette aire leur permettra de faire demi-tour pour sortir du chantier.

Les engins de manutention seront équipés de dispositifs de sécurité sonores et lumineux. Le dispositif sonore pourra être éventuellement désactivé de 20 h à 8h pour ne pas gêner le voisinage.

7.2.1.7. **Risque pour la circulation aérienne**

La présence d'un mât d'une hauteur comprise entre 40 et 50 m constitue un obstacle potentiel momentané pour la circulation aérienne ou le contrôle aérien. Ce mât sera balisé, éclairé de nuit et sa mise en place fera l'objet d'un accord préalable des autorités compétentes.

7.2.1.8. **Stockage de produits divers**

Aucun produit toxique ne sera utilisé sur le chantier ; les fluides de forage 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.

Les cuves de 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 dans le respect des normes de sécurité (sonde de trop-plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, rétention...).

7.2.1.9. **Risque de nuisances sonores**

Le bruit occasionné par le matériel de forage et les engins de chantier est soumis aux réglementations suivantes :

- Réglementation du bruit des matériels et engins de chantier (décret n°69.380 du 18 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 travaillant sur le site sera donc amené à respecter les dispositifs de préventions et de protection individuels prévus dans ces textes.

Afin de respecter les normes en vigueur, et d'autre part de chercher à ne pas dépasser le niveau sonore actuel 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, afin de diminuer les temps de fonctionnement des moteurs thermiques des groupes électrogènes,
- La livraison de matériels ou produits ne sera pas effectuée de nuit. Les transports de nuit concerneront essentiellement des véhicules légers du personnel.

7.2.2. Protection de la santé du personnel sur le chantier

7.2.2.1. Mesures de prévention

7.2.2.1.1. Registre de sécurité

Un registre de sécurité sera tenu à jour et mis à la disposition de l'Administration pendant toute la durée du chantier.

Les administrations et services suivants seront prévenus de l'existence du chantier et du démarrage des travaux, au moins une semaine avant la date de leur démarrage :

- DRIEAT Île-de-France ;
- Mairies ;
- Préfectures du Val-d'Oise, de Seine-Saint-Denis et de Seine-et-Marne ;
- Police et/ou gendarmerie locale ;
- Pompiers ;
- Services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
- Médecin et pharmacien les plus proches.

Le registre de sécurité comprend les notices d'utilisation des engins présents sur le chantier avec leurs certificats de conformité et leurs rapports de révision.

7.2.2.1.2. Consignes de sécurité

Une information sur les règles de sécurité habituelles, devant se dérouler pendant les horaires de travail, sera dispensée par le chef de chantier forage ou le superviseur de forage à tout le personnel intervenant sur le chantier.

Ces informations porteront entre autres sur les consignes de sécurité suivantes :

- 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) et 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 les plateformes et les voies 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...).

Les consignes de sécurité seront affichées en permanence 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 des personnes et des services à contacter en cas d'accident :
 - Pompiers ;
 - Services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
 - Préfets du Val-d'Oise, de Seine-Saint-Denis, de Seine-et-Marne ;
 - DRIEAT ;
 - Services du Maître d'Ouvrage ou de son concessionnaire ;
 - Services du Maître d'Œuvre ;
 - Services de l'Entrepreneur ;
- Un plan des issues de sécurité en cas de venue de sulfure d'hydrogène.

7.2.2.1.3. 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 Sécurité de l'Entrepreneur de forage. On trouvera notamment :

- Des extincteurs à poudre polyvalente,
- Des extincteurs à poudre de carbone,
- Une couverture anti-feu.

Les emplacements désignés pour ce matériel seront maintenus d'un accès facile et bien signalés.

7.2.2.1.4. Protection contre les émanations d'H₂S

L'eau géothermale contient des traces de méthane, de CO₂, de l'azote et en moindre proportion des alcanes en C₂ et C₃. Les concentrations en ces gaz toxiques et/ou inflammables sont trop faibles (de l'ordre de 0,2 volume de gaz pour 1 volume d'eau), pour constituer un risque de contamination de l'atmosphère pouvant occasionner une intoxication ou une explosion même à l'exutoire du fluide dans les bacs ou un bourbier.

En revanche, l'eau géothermale contient également une faible proportion d'H₂S, dont la toxicité implique que sa présence soit contrôlée et que les mesures préventives suivantes soient impérativement respectées :

- Mise en place de détecteurs sur toute la zone spécifique de danger, qui sera précisée dans le PPSPS, et notamment dans les endroits sensibles (goulotte, plancher de forage, bac ou unité de réception de l'effluent. Ces détecteurs déclenchent une alarme sonore (sirène) et visuelle (gyrophare) lorsque le seuil de 10 ppm est dépassé.
- Port de détecteurs mobiles (dosimètres réglés à 10 ppm) par le personnel,
- Disponibilité de masques à cartouches régénérables par le personnel,

- Approvisionnement d'équipements de sécurité (bouteille à oxygène) pour les personnels appelés à travailler en atmosphère toxique, si nécessaire,
- Présence d'une manche à air sur le chantier,
- Balisage des sorties d'évacuation d'urgence du chantier,
- Mise en place de dispositifs d'alerte visuels et sonores pour prévenir le personnel en cas de danger,
- Formation et information du personnel avec exercice d'alerte, en association avec le coordinateur sécurité nommé par le Maître d'Ouvrage.
- Lors des tests de production ou lors des acidifications, l'eau géothermale passe dans le BOP, puis traverse un séparateur gaz/eau pressurisée. Le gaz séparé est neutralisé par brûlage ou bain d'eau soudée.
- Lors des acidifications, des dégagements d'H₂S peuvent se produire, par réaction de l'acide sur les sulfures présents dans la formation ou sur les dépôts des parois de tubages (cependant, les tubages neufs ne présentent pas de dépôt).
- Pour limiter les odeurs et risques d'intoxication, une solution d'hypochlorite de sodium (ou autre oxydant) est injectée dans l'eau géothermale à sa sortie du puits, par les vannes 2" situées sous le BOP. L'effet oxydant et bactéricide de l'eau de Javel (ou d'un autre oxydant) permet d'éliminer la majeure partie de l'H₂S présent.
- Un secouriste titulaire d'une attestation de secouriste du premier degré sera présent sur chaque atelier de forage ; il y en aura si possible un par équipe. Le chantier sera équipé d'une trousse de secours.

7.3. Document de santé et de sécurité en phase d'exploitation des puits

7.3.1. Mesures de sécurité pour la protection publique

Les têtes de puits seront installées, conçues et protégées de façon à n'être accessibles que par le personnel qualifié chargé d'intervenir.

Une zone sera délimitée autour des têtes de puits à l'intérieur de laquelle les risques inhérents à d'éventuelles ruptures de canalisations sont susceptibles de donner lieu à des fuites incontrôlées de fluide géothermal à une température pouvant occasionner des brûlures au public.

7.3.2. Mesures de sécurité pour la protection des travailleurs

Les risques induits par l'exploitation des doublets géothermiques sont principalement de deux types :

- Risques de fuite ou d'éruption géothermale,
- Risques liés à la manipulation de produits toxiques.

Une séance de formation du personnel sera dispensée :

- Lors de sa prise de fonction, puis périodiquement,
- À l'occasion des modifications importantes des installations ou de l'usage d'un nouveau type de produit.

Celle-ci a pour but d'informer le personnel des risques pouvant résulter de la mise en œuvre et de la manipulation des produits ainsi que des mesures d'urgence à prendre en cas d'incident ou d'accident.

7.3.2.1. Mesures de sécurité en cas de fuite

Les consignes particulières relatives aux risques de fuites ou d'éruption géothermale sont sensiblement différentes.

Une fuite géothermale est définie par l'apparition d'une fuite d'eau sur la boucle de surface au-dessus des vannes maîtresses de la tête de puits.

À l'inverse, une fuite non contrôlée se produit dès lors qu'une fuite apparaît sur ou sous les vannes maîtresses de la tête de puits avec un débit supérieur à la capacité maximale d'évacuation de l'effluent.

7.3.2.1.1. 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 des vannes maîtresses et arrêt des installations de pompage,
- 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 ;
- Fermer les vannes maîtresses dans les caves pour isoler la partie surface de la boucle géothermale ;
- Si les vannes maîtresses sont inaccessibles, l'exploitant essaiera d'isoler les conduites fuyardes à l'aide des vannes situées dans le bâtiment géothermie et procèdera comme décrit au paragraphe suivant.

L'exploitant veillera à tenir à sa disposition les équipements nécessaires à la réalisation de ces opérations ainsi que les équipements de protection individuels appropriés.

7.3.2.1.2. Cas d'une fuite sur ou sous vanne maîtresse

Une éruption non contrôlée des puits de géothermie se produit dès lors qu'une fuite apparaît sur ou sous les vannes maîtresses avec un débit supérieur à la capacité maximale des pompes vides cave (soit 30 m³/h).

Le concessionnaire a la possibilité de contacter 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 doit être capable de :

- Stocker et d'entretenir le matériel d'intervention,
- Maintenir un régime d'astreinte de 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.

En complément, l'exploitant doit maintenir à disposition 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 ($\sim 30 \text{ m}^3/\text{h}$).

7.3.2.2. **Cas de travaux de maintenance**

Les interventions que l'exploitant est susceptible de faire réaliser par une entreprise extérieure sur les puits sous la supervision d'un Maître d'œuvre sont les suivantes :

- Manœuvres de remplacement du groupe de pompage immergé,
- Manœuvres de remplacement du système de traitement de fond de puits,
- Réalisation périodique de diagraphies de contrôle,
- Travaux de maintenance ou de réparation du puits (work-over).

À cette occasion, un document de sécurité spécifique sera établi par l'entrepreneur en charge des travaux décrivant le programme technique et l'ensemble des mesures et des moyens mis en œuvre pour assurer la sécurité des biens et des personnes pendant la phase d'intervention (PPSPS).

À la fin de la validité du titre minier, le transfert à l'État de la surveillance et de la prévention des risques (article 93 du Code Minier) ne comprend pas ici de disposition particulière.

8. Conditions d'abandon des travaux d'exploitation du gîte géothermique

8.1. Remise en état du site

8.1.1. Fermeture des puits

Si pour une raison quelconque, il est décidé de fermer définitivement ces doublets géothermiques, les puits forés seront abandonnés après avoir renforcé par la pose de bouchons de ciment successifs l'étanchéité initiale entre les différents ensembles poreux et perméables régionalement isolés. Ces bouchons de cimentation permettront de supprimer le risque d'émanation ou d'accumulation de gaz. Le programme de fermeture sera établi conformément à l'article 41 du Décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016.

Le programme s'appuiera sur les articles 69, et 70 de l'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières.

Après diagnostic et remédiation éventuelle des cimentations à l'extrados des cuvelages, il est prévu la pose de bouchons de ciment d'une hauteur minimale de 50 mètres entre les différents niveaux perméables à débit potentiel et d'un bouchon de ciment couvrant la série tertiaire jusqu'à environ 20 mètres de la surface (de manière à faciliter une éventuelle reprise du puits). Les cotes de ces bouchons seront définies précisément en fonction des diagraphies.

La qualité de mise en place des bouchons de ciment et leur efficacité sont contrôlées par des tests d'appui (qualité de la prise) et de tenue en pression (étanchéité) dont le programme est préalablement soumis à l'approbation de la DRIEAT et dont les résultats lui sont remis.

8.1.2. Remise en état de l'emplacement

L'abandon ultérieur des plateformes fera l'objet d'une remise en état conformément à l'état initial, soit en un terrain enherbé et arboré. Cette remise en état s'accompagnera :

- Du retrait des équipements d'exploitation,
- De l'enlèvement éventuel des matériaux d'empierrement et de bétonnage de la plate-forme,
- Du remodelage du terrain à l'identique de l'état initial,
- Du régallage et de l'ensemencement des terres végétales préalablement mises en réserve.

8.1.3. Coûts de fermeture

Les coûts d'abandon indicatifs (actualisés en 2021), se décomposent comme suit :

• Amenée/repli de la machine	80 k€
• Aménagement/remise en état du site	20 k€
• Abandon d'un puits de production	430 k€
• Abandon d'un puits d'injection	370 k€
• Frais liés, aléas, MOE, dossiers	300 k€

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 ».

Un décret en Conseil d'Etat définit la nature des garanties pouvant être constituées et les règles de fixation de leur montant.

Les coûts de nettoyage, de bouchage et d'abandon des puits ont été estimés (cf. un maximum de 1 200 000 € HT pour un doublet au DOGGER avec diagraphies incluses, incluant MOE d'accompagnement (rapport, suivi...). Il est à souligner que la profession indique ce coût à un minimum de 600 000 € HT sans frais liés.

Un suivi de l'ouvrage bouché est estimé à 1000 € par an, en particulier pour s'assurer de son bon référencement

Dans le cadre des interventions éventuelles en cas d'accidents avant ou après fermeture, aucun évènement de ce type n'est identifié par la filière (AFPG) ni par ENGIE Solutions.

8.2. Dispositions prises à l'arrêt de l'exploitation géothermique

Lorsqu'il sera décidé de l'arrêt partiel ou total de l'exploitation géothermique, que ce soit pour des raisons techniques, économiques ou autres, le Maître d'ouvrage en informera l'autorité administrative et mettra en place toute mesure destinée à prévenir les désordres pouvant survenir de l'arrêt des exploitations.

Les désordres pouvant avoir un impact sur la sécurité des biens et des personnes sont ici la venue d'eau chaude en surface par artésianisme avec dégagement potentiel d'H₂S et le mélange d'eau du Dogger avec l'eau d'un autre aquifère. Les mesures prises pour remédier à ces désordres sont la fermeture définitive des puits, par cimentation de rebouchage (cf. § 8.1.1).

Il n'y a pas ici, de désordres potentiels liés à un risque d'affaissement de terrain ni d'exhaure minière pouvant avoir des répercussions sur le niveau des nappes superficielles.

L'arrêt de l'exploitation d'un doublet géothermique conduit ainsi à la perte de l'investissement nécessaire pour réaliser les travaux correspondants et au coût du rebouchage (environ 900 k€ Hors Taxes pour un doublet).

Il est à noter que ces montants sont compatibles avec les capacités financières du demandeur. Par ailleurs, dans le cas où l'arrêt de l'exploitation serait lié à un incident ou un accident technique, une partie de ces montants pourrait être pris en charge par un assureur spécifique : la SAF-Environnement.

ANNEXES

Annexe I : **Communiqué AFPG sur la sismicité en géothermie profonde**

Annexe II : **Mémoire risques sismiques – Projet Chesnay-Rocquencourt**

Annexe III : **Arrêté Préfectoral – Autorisation de Recherches –
Projet Grand Parc Nord**

Annexe IV : **Présentation ENGIE Solutions**

Annexe V : **Présentation engagements et missions
ENGIE Solutions**

Annexe VI : **Liasses fiscales ENGIE ENERGIE SERVICES 2019,
2020 et 2021**

Annexe VII : **KBis ENGIE ENERGIE SERVICES**

Annexe VIII : **Rapport commissaire aux comptes 2019, 2020 et
2021 – ERNST & YOUNG**

Annexe IX : **Principales références géothermie profonde –
ENGIE Solutions**

Annexe X : **CV ENGIE Solutions**

Annexe XI : **CV Antea Group**

Annexe XII : **Schéma Directeur énergie – Chesnay-Rocquencourt
– Feuille de route**

Annexe XIII : **Planning projet Chesnay-Rocquencourt**

Annexe XIV : **Arrêté exploitation Parly II**

Annexe XV : **Reconnaissance aqueduc – Service des Fontaines**

Annexe XVI : **Pré-diagnostic écologique – OTE Ingénierie**

Annexe XVII : **Etude d'impact acoustique projet du Chesnay-
Rocquencourt – Sixense**

Annexe XVIII : **Demande renseignement réseaux**

Annexe XIX : **Plans architecte – paysagiste – ENGIE Solutions**

Annexe XX : **Notice paysagère – ENGIE Solutions**

Annexe XXI : **Note de calcul dalle béton – Sodeba Ginko**

Annexe XXII : **Plan de Prévention et Secours – Géothermie Village
Nature – ENGIE**

Annexe XXIII : **Fiche toxicologique sulfure d'hydrogène**

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Sauf avis contraire de votre part, la présente prestation sera intégrée dans la liste des références d'Antea Group. Les noms de nos clients, les titres des prestations ainsi que leurs montants sont ainsi susceptibles d'être communiqués à des tiers.

Ce rapport devient la propriété du client après paiement intégral du coût de la mission ; son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <http://www.annexes.anteagroup.org>.



Acteur majeur de l'ingénierie de l'environnement
et de la valorisation des territoires

