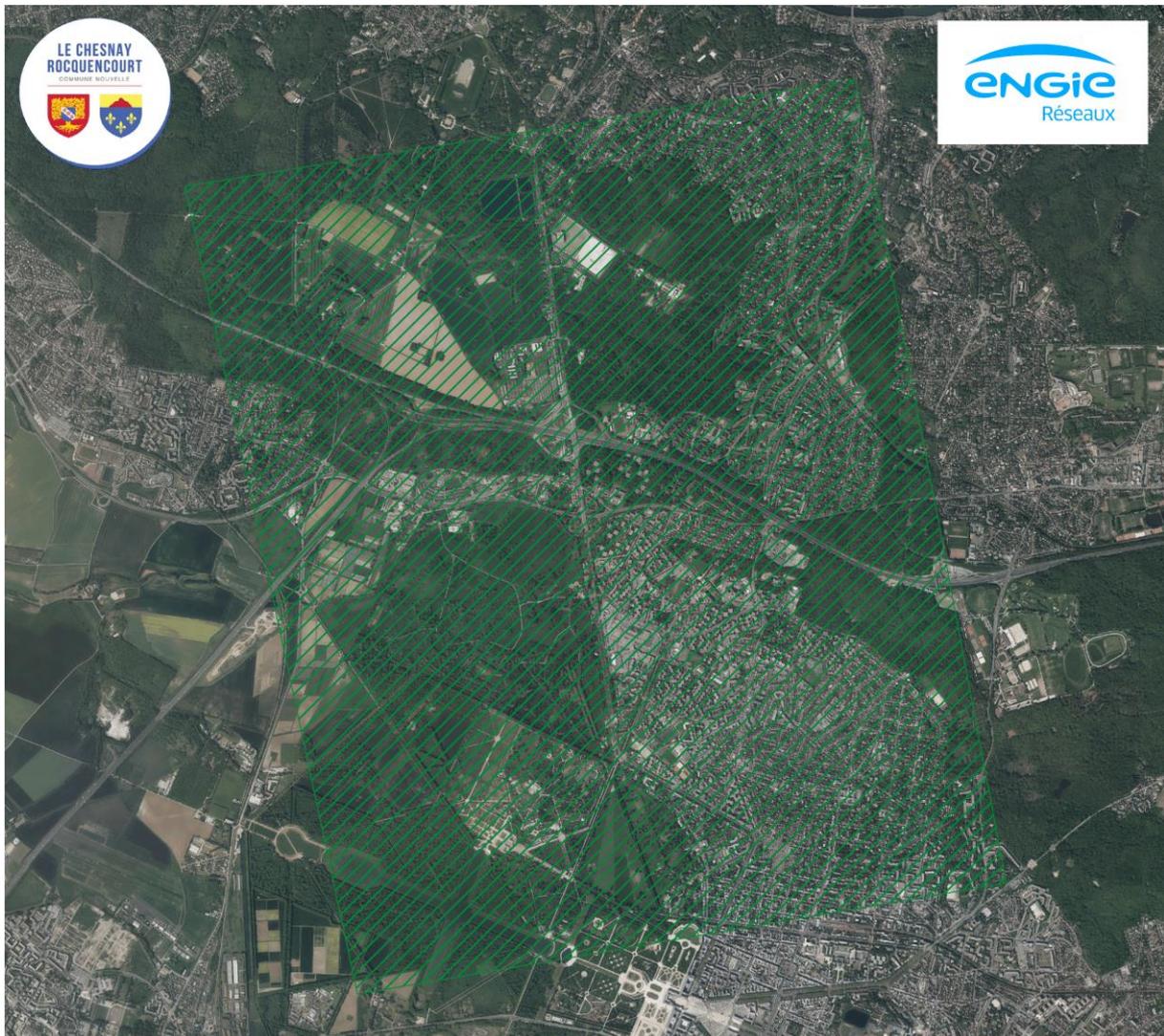




GRAND PARC NORD
Autorisation de Recherche



Dossier de demande d'autorisation de recherche de gîte géothermique basse température « Grand Parc Nord »



Rapport n°95704/A– Mars 2020

Projet suivi par Nicolas Monneyron – 06.30.92.78.75 – nicolas.monneyron@engie.com

Fiche signalétique

Dossier de demande d'autorisation de recherche de gîte
géothermique basse température « Grand Parc Nord »

CLIENT

ENGIE Réseaux

1 Place Samuel-Champlain – Faubourg de l'Arche
Paris, La Défense 92930

Nicolas Monneyron

SITE

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Nicolas Monneyron

Interlocuteur commercial

Olivier Durier

Rapport n°

95704

Version n°

A

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Clément Crayssac / Nicolas Fréchin	Ingénieur d'étude	Mars 2020	
Approbation	Nicolas Fréchin	Expert géothermie	Mars 2020	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
V21	12/03/2020	170	10	Corrections demandées par la DRIEE
VF	10/04/2020	170	10	Mise à jour de 2 annexes non signées

Table des matières

1. Résumé non technique.....	12
1.1. Introduction à la Géothermie basse température.....	12
1.2. Présentation des intervenants.....	14
1.3. Contexte administratif.....	15
2. Informations générales.....	18
2.1. Justification de la demande.....	18
2.1.1. Contexte Général.....	18
2.1.2. Contexte du secteur « Grand Parc Nord ».....	19
2.2. Renseignements sur le demandeur.....	21
2.2.1. Identification du demandeur.....	21
2.2.2. Capacités techniques.....	21
2.2.3. Capacités financières.....	22
2.2.4. Philosophie du projet et schéma juridique.....	23
2.3. Références réglementaires.....	26
2.3.1. Contexte législatif et réglementaire.....	26
2.3.2. Déroulé de la procédure réglementaire.....	28
2.3.3. Durée du titre sollicité.....	28
2.3.4. Nombre prévisionnel de forages de production et d'injection.....	28
3. Perspectives d'utilisation en surface de l'énergie thermique extraite.....	29
3.1. Le réseau Parly II.....	29
3.2. Le réseau de La Celle Saint-Cloud.....	30
3.3. Démarche de prospection.....	31
3.4. Prospection par commune.....	33
3.4.1. La Celle Saint-Cloud.....	33
3.4.2. Rocquencourt.....	34
3.4.3. Bailly - Noisy le Roi.....	35
3.5. Récapitulatif.....	36
4. Mémoire de justification du périmètre de recherche.....	37
4.1. Présentation de la géothermie.....	37
4.1.1. Généralités sur la géothermie.....	37
4.1.2. Géologie et potentiel géothermique.....	37
4.1.3. Marché français et perspectives de développement.....	39
4.1.4. Méthodes d'exploitation.....	39

5.	Périmètre de recherche demandé	43
5.1.	Description du périmètre de recherche sollicité.....	43
5.2.	Programme de recherche Géosciences.....	47
5.2.1.	Axe n°1 : Connaissance géologique et RETEX	47
5.2.2.	Axe n°2 : Réinterprétation des données sismiques existantes	50
5.2.3.	Axe n°3 : Modélisation de réservoir et géochimie	54
5.2.4.	Axe n°4 : Ingénierie de forage	55
5.2.5.	Axe n°5 : Sélection d'un site de forage et Rédaction du DOTEX	63
5.3.	Budget prévisionnel et financement du Programme	64
5.3.1.	Programme Etude Sous-sol (cf. chapitre 5.2).....	64
5.3.2.	Programme Etude Energie Surface (cf. chapitre 3).....	65
5.3.3.	Programme Etudes environnement.....	65
5.3.4.	Programme Juridique et Financier	66
	La description des travaux du Volet 4 « Juridique et financier » du programme de recherche figure au chapitre 2.2.4.	66
5.3.5.	Mise en cohérence des engagements financiers et du programme de recherche.....	67
5.3.6.	Synthèse du budget prévisionnel.....	68
5.4.	Planning prévisionnel	69
6.	Analyse de l'état initial du périmètre de recherche	70
6.1.	Description de l'environnement du périmètre de recherche sollicité.....	70
6.2.	Relief et topographie.....	71
6.3.	Caractéristiques climatiques	72
	Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques	75
6.4.	75	
6.4.1.	Contexte géologique	75
6.4.2.	Contexte hydrogéologique.....	80
6.4.3.	Eaux souterraines.....	81
6.4.4.	Aquifères profonds cibles	84
	Caractéristiques hydrographiques	93
6.5.	93	
6.5.1.	Principaux cours d'eau	93
6.5.2.	Zones humides	93
	Prélèvements en Eau	95
6.5.3.	95	
6.6.	Description du milieu naturel.....	96
6.6.1.	Occupation et usages des sols sur le périmètre de recherche.....	96
6.6.2.	Milieux naturels fragiles ou remarquables	97
6.7.	Description du milieu humain	105
6.7.1.	Département d'Ile de France	105

6.7.2.	La Communauté d'Agglomération de Versailles Grand Parc	105
6.7.3.	La Communauté d'Agglomération de Saint Germain Boucles de Seine	106
	Population et urbanisation	107
6.7.4.	107	
6.7.5.	Documents d'urbanisme	107
6.7.6.	Sites classés – patrimoines remarquables	108
6.7.7.	Voies de communication et de transports	110
6.7.8.	Les nuisances sonores	113
6.7.9.	La qualité de l'air	117
6.7.10.	Les risques naturels et anthropiques	119
	Risques industriels et technologiques	125
6.7.11.	125	
6.8.	Description des techniques d'exploration envisagées	127
6.8.1.	Les travaux géologiques	127
6.8.2.	Les travaux de forage	127
7.	Justification du périmètre de recherche dit « Grand Parc Nord »	133
7.1.	Justification de la zone demandée au regard de l'intérêt géothermique	133
7.1.1.	Démarche d'exploration géothermique de Engie sur la région	134
7.1.2.	L'activité d'exploration géothermique sur la zone	135
	Justification de la méthodologie exploratoire de Engie	135
7.2.	135	
7.2.1.	Illustration de l'expérience de Engie	135
7.2.2.	Expérience de Engie dans la conduite d'opération de forage	137
7.3.	Conclusion sur la justification de la demande	138
8.	Analyse des effets du projet sur l'environnement – Mesures d'intégration	139
8.1.	Analyse des impacts et mesures sur l'environnement	139
	En phase études géologiques	139
8.1.1.	139	
8.1.2.	En phase de travaux de forage	139
9.	Document de santé et de sécurité pour la réalisation d'un doublet au Dogger	145
9.1.	Plan de prévention et de secours type en phase forage	145
9.2.	Document de santé et de sécurité type afférent aux travaux	146
9.2.1.	Aménagements pour la protection publique	146
9.2.2.	Protection de la santé du personnel sur un chantier de géothermie au Dogger	150
9.3.	Document de santé et de sécurité type en phase d'exploitation des puits	152
9.3.1.	Mesures de sécurité pour la protection publique	152
9.3.2.	Mesures de sécurité pour la protection des travailleurs	152
10.	Remise en état du site	155

10.1.Fermeture des puits	155
10.2.Remise en état de l'emplacement.....	155

Table des figures

Figure 1 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (source : ADEME/BRGM)	13
Figure 2 – Réseau de chaleur géothermiques en Ile de France en juin 2016 (source : étude de marché AFGP 2015)	13
Figure 3 – Réseaux de chaleur Parly II et de La Celle Saint-Cloud	14
Figure 4 – Périmètre de l'autorisation de recherche « Grand Parc Nord »	17
Figure 5 – Arbre des choix « ENRChoix » de l'ADEME	19
Figure 6 – Les différents types de géothermie (source : ADEME)	20
Figure 7 – Géothermies exploitées par ENGIE Réseaux en Ile-de-France	22
Figure 8 – Périmètre de la SAS-LTE	24
Figure 9 – Montage juridique du projet	25
Figure 10 – Délais prévisionnels pour l'obtention d'une autorisation de recherche	28
Figure 11 – Le réseau Parly II	30
Figure 12 – Réseau de chaleur de La Celle Saint-Cloud	30
Figure 13 – Données disponibles sur le réseau de La Celle Saint-Cloud dans l'annuaire des réseaux de chaleur et de froid (source : via sèva, 2010)	31
Figure 14 – Les communes étudiées	33
Figure 15 – Localisation des prospectes sur la Celle-St-Cloud	34
Figure 16 – Localisation des prospectes sur Rocquencourt	35
Figure 17 – Localisation des prospectes sur Bailly et Noisy-Le-Roi	35
Figure 18 – Répartition des besoins en chaleur sur les 4 communes	36
Figure 19 – Typologie des prospectes retenus	36
Figure 20 – Doublets géothermiques possibles (source : géothermie perspective)	38
Figure 21 – Schémas de principe d'un forage de type pétrolier (source documentaire : Ademe/BRGM)	40
Figure 22 – Photo d'un site de forage (Dammarie-les-Lys, 2017)	41
Figure 23 – Exemples d'ateliers de forages géothermiques (source documentaire ADEME/BRGM)	41
Figure 24 – Têtes de puits	42
Figure 25 – Têtes de puits en surface	42
Figure 26 – Centrale géothermique de Villepinte ayant permis le démantèlement d'une chaufferie charbon	42
Figure 27 – Périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée pour le projet « Grand Parc Nord »	43
Figure 28 – Périmètre de l'autorisation de recherche sollicité pour le projet « Grand Parc Nord » – perspective large	45
Figure 29 – Titres miniers en activité (en mars 2018) pour les hydrocarbures, en Ile-de-France (source : Minergies)	46
Figure 30 – Forages de référence à proximité	48
Figure 31 – Coupe synthétique de l'ouvrage de Chèvreloup	49
Figure 32 – Extrait de la base de données Minergies (les ouvrages entourés en rouge ont traversé le Trias)	50
Figure 33 – Plan des lignes potentiellement sélectionnées pour l'étude du Dogger	51
Figure 34 – Plan des lignes potentiellement sélectionnées pour l'étude du Trias	52
Figure 35 – Exemple de profils sismiques interprétés dans le bassin parisien	53

Figure 36 – Origine de la chaleur géothermale	54
Figure 37 – Longueur productrice forcée en fonction de l'inclinaison du forage (Source : Ungemach et al., 2016) : augmentation d'un facteur 5 entre une trajectoire avec 30° d'inclinaison, et une trajectoire à 80°	56
Figure 38 – Exemple de trajectoire pour un forage de production subhorizontal	56
Figure 39 – Illustration de la procédure d'un radial jetting	58
Figure 40 – Mise en œuvre du procédé Raddial Drilling pour la production d'huile à partir du Dogger dans le bassin parisien (opération Lundin 2013)	58
Figure 41 – Représentation des écoulements pour un puits multi-drains à deux jambes (Hill et al., 2008)	59
Figure 42 – Opération de sidetrack avec whipstock (source : Eastman Christensen)	59
Figure 43 – Exemple de trajectoires conduisant à la réalisation de trois drains (source : Weatherford)	60
Figure 44 – Schéma conceptuel du puits anti-corrosion (source : GPC IP)	61
Figure 45 - Etapes de création d'une fenêtre au niveau du réservoir (tiré de Multilateral Wells - A.D. Hill, Ding Zhu et Micheal J. Economides - SPE)	62
Figure 46 - Différentes catégories de trajectoires (d'après USR Drilling Services)	63
Figure 47 – Estimation des montants à engager en phase de recherche	68
Figure 58 – Carte du relief	71
Figure 59 – PLU Le Chesnay – Plan de zonage Nord	72
Figure 60 – PLU Le Chesnay – Plan de zonage Sud	72
Figure 61 : Normales des précipitations sur la période 1981-2010 de la station « Versailles – INRA »	72
Figure 62 – Normales des températures sur la période 1981-2010 de la station « Versailles – INRA »	72
Figure 63 – Normales des précipitations sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »	73
Figure 64 – Normales des températures sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »	73
Figure 65 – Ensoleillement et DJU sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »	74
Figure 66 – Pression et vents extrêmes sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »	74
Figure 67 – Géologie simplifiée du bassin parisien (d'après Demars, 1994)	75
Figure 68 – Coupe géologique du bassin parisien – Localisation des aquifères (doc. BRGM)	76
Figure 69 – Extrait de la carte géologique à 1/50 000 Versailles n°182 (BRGM)	76
Figure 70 – Extrait de la carte géologique à 1/50 000 Versailles n°182 (BRGM) – zoom sur la zone d'étude	77
Figure 71 – Formations aquifères parmi les niveaux profonds	80
Figure 72 – Cartographie de la masse d'eau FRHG104 : « Eocène du Valois »	82
Figure 73 – Contour du SDAGE relatif à l'aquifère Albien-Néocomien (tirets rose clair)	82
Figure 74 – Périmètre du SAGE « Mauldre »	83
Figure 75 – Exploitabilité géothermique du Dogger en Ile-de-France (source : www.geothermie-perspectives.fr)	84
Figure 76 – Carte des transmissivités autour du projet Grand Parc Nord (en D.m) – perspective large (d'après BRGM 83-SGN-375)	86
Figure 77 – Température de gisement au Dogger (en °C)	87
Figure 78 – Les principales formations réservoir du Trias du bassin de Paris (d'après l'étude Clastiq du BRGM, 2008)	89
Figure 79 – Carte de l'épaisseur des grès de Boissy (d'après BRGM, 2008)	89
Figure 80 – Carte de l'épaisseur des grès de Chaunoy (d'après BRGM, 2008)	90
Figure 81 – Carte de transmissivité (en D.m) issue de 83 SGN 375 SPG	91

Figure 82 – Carte de température au Trias, extraite de « Potentiel géothermique du bassin parisien – BRGM / Elf Aquitaine – 1976 »	92
Figure 83 – Résultat des analyses physico-chimiques réalisées au Trias à Achères (source : BRGM - 80 SGN 794)	92
Figure 84 – Principaux cours d'eau présents dans le périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée (source : geoportail.gouv.fr)	93
Figure 85 – Enveloppes d'alerte des zones humides (source : DRIEE Ile-de-France)	94
Figure 86 – Principaux captages présents dans le périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée (source : BNPE)	95
Figure 87 – Occupation et usages des sols (source : département Yvelines)	96
Figure 88 – Carte des zones de protection autour du projet (source : géoportail)	97
Figure 89 – Carte des zones de protection au proche du projet (source : géoportail)	97
Figure 90 – Schéma Régional de Cohérence Ecologique : Objectifs de préservation et de restauration de la trame verte et bleue	103
Figure 91 – Carte de la Communauté d'Agglomération de Versailles Grand Parc (CAVGP ou VGP)	106
Figure 92 – Carte de la Communauté d'Agglomération de Saint Germain Boucles de Seine (CASGBS ou SGBS)	107
Figure 93 – Sites inscrits, classés, patrimoniaux remarquables (source : DRIEE)	109
Figure 94 – Réseau routier PER « Grand Parc Nord » (source : geoportail.gouv.fr)	110
Figure 95 – Réseau ferroviaire PER « Grand Parc Nord » (source : geoportail.gouv.fr)	111
Figure 96 – Réseau aérien PER « Grand Parc Nord » (source : geoportail.gouv.fr)	112
Figure 97 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Lden sur une journée complète	114
Figure 98 – Carte des zones de dépassement de la valeur réglementaire de 68 dB(A) pour l'indicateur Lden	114
Figure 99 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Ln sur la période nuit	115
Figure 100 – Carte des zones de dépassement de la valeur réglementaire de 62 dB(A) pour l'indicateur Ln	115
Figure 101 – Classement sonore des infrastructures bruyantes (source : DRIEE)	116
Figure 102 – Plan d'exposition au bruit (source : geoportail.gouv.fr)	117
Figure 103 – Indice général CITEAIR des Yvelines (source AIRPARIF)	118
Figure 104 – Types de risques identifiés dans les communes du PER dans les Yvelines (Source : DDRM – 2015)	119
Figure 105 – Carte du risque de retrait, gonflement des argiles dans le périmètre de recherche	120
Figure 106 – Plan de prévention des risques de mouvements de terrains liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier et de craie à Louveciennes	121
Figure 107 – Plan de prévention des risques de mouvements de terrains liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier et de craie à Bougival	122
Figure 108 – Plan de prévention des risques de mouvements de terrains liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier et de craie à La Celle-Saint-Cloud	123
Figure 109 : Carte du Plan de Prévention des Risques d'Inondation de la vallée de la Seine et de l'Oise	124
Figure 110 – Carte des risques industriels et technologiques au niveau du PER	125
Figure 111 – Schémas de principe d'un forage de type pétrolier (source documentaire : Ademe/BRGM)	129
Figure 112 – Photo d'un site de forage (Dammarie-les-Lys, 2017)	130
Figure 113 – Exemples d'ateliers de forages géothermiques (source documentaire ADEME/BRGM)	130
Figure 114 – Têtes de puits	131
Figure 115 – Têtes de puits en surface	131
Figure 116 – Centrale géothermique de Villepinte ayant permis le démantèlement d'une chaufferie charbon	131

Figure 117 – Carte multicritère présentant les zones favorables du Dogger pour la géothermie (Source : BRGM – ADEME – ARENE)	133
Figure 118 – Carte de la région parisienne provenant du site geothermies.fr, montrant la répartition des installations de géothermie actuelles et anciennes.	134
Figure 119 – Les projets SOGESUB, GéoMétropole, ArGeo, Geothilys, Ygeo, Villages Nature, Géotelluence, GéoPicta et récemment GéoMarne sont des exemples de la capacité d'Engie à mener des projets géothermiques à terme dans des conditions optimales	136
Figure 120 – Carte des transmissivités autour du projet Grand Parc Nord (en D.m)	163
Figure 121 – Carte des transmissivités autour du projet Grand Parc Nord (en D.m) – perspective large (d'après BRGM 83-SGN-375)	163
Figure 122 – Température de gisement au Dogger (en °C)	163

Table des tableaux

Tableau 1 – tableau PPE de la géothermie basse enthalpie d'après l'étude de marché 2015 de l'AFPG	39
Tableau 2 – Coordonnées du périmètre demandé	44
Tableau 3 – Récapitulatif des lignes sismiques sélectionnables pour l'imagerie Dogger	51
Tableau 4 – Récapitulatif des lignes sismiques sélectionnables pour l'imagerie Trias	52
Tableau 5 – Estimation du facteur de skin d'inclinaison pour un ouvrage sub-horizontale	57
Tableau 7 – Litho stratigraphie et profondeurs verticales des formations géologiques jusqu'au socle pour une altitude de +140 m NGF	79
Tableau 8 – Masse volumique et viscosité de l'eau géothermale	87
Tableau 9 – Population des communes incluses dans le périmètre de recherche (source : Insee, 2017)	107

Table des annexes

Annexe 1 : Engagement souscrit au titre des dispositions des Articles 43 et 44 du Décret n°2006-648 du 2 juin 2006.....	156
Annexe 2 : Carte de localisation de l'autorisation de recherche du « Grand Parc Nord » au 1/100 000 ^{ème}	157
Annexe 3 : glossaire des termes utilisés dans ce document	158
Annexe 4 : Avis favorable Maire Le Chesnay – Rocquencourt.....	163
Annexe 5 : Références sites ENGIE Réseaux	164
Annexe 6 : Chiffres d'affaires ENGIE Energie Services 2015-2016-2017-2018 et Kbis.....	165
Annexe 7 : Fiche complète de la ZNIEFF de type 1 : Forêt domaniale de Fausses-Reposes.....	166
Annexe 8 : Fiche complète de la ZNIEFF de type 2 : Forêt de Marly.....	167
Annexe 9 : Fiche complète de la ZNIEFF de type 2 : Forêts domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes et Parc de Saint-Cloud.....	168
Annexe 10 : Plan et Prévention de Secours (PPS) Géothermie Village Nature	169

1. Résumé non technique

ENGIE Réseaux souhaite étudier l'opportunité de réaliser un ou plusieurs projets de géothermie basse Température dans le périmètre concerné par la présente demande. Cette prospective d'exploration des ressources géothermiques du territoire s'appuie sur l'existence des réseaux de chaleur de Parly II et de la Celle Saint-Cloud ainsi que sur de nombreux besoins énergétiques dans les communes aux alentours.

Le département des Yvelines est très peu, et même quasiment pas, mis en valeur par rapport à son potentiel géothermie profonde, qui pourtant est présent via les réservoirs du « Dogger » (de 1300 m à 1700 m de profondeur, de 60°C à 85°C) et du « Trias » (un peu plus profond et plus chaud). Cette situation peut se comprendre historiquement par des tentatives qui n'ont pas été couronnées de succès dans l'Ouest et Nord-Ouest parisien. L'investissement d'un doublet de géothermie au « Dogger » coûte environ 10 millions d'euros et nécessite de sécuriser l'investissement par de nombreuses études géosciences, énergétique, environnementales et juridiques. Depuis les premières expériences des années 80, les progrès technologiques (traitement des données, logiciels de modélisation de réservoirs...) et l'exploitation industrielle du « Dogger » permettent de fiabiliser cette solution énergétique renouvelable. Reconsidérer l'intérêt de la géothermie profonde dans les Yvelines pour les réseaux de chauffage urbain, tel est l'ambition de cette demande d'autorisation de recherche.

1.1. Introduction à la Géothermie basse température

La géothermie basse température ou basse enthalpie consiste en l'extraction d'une eau entre 60°C et 85°C dans des 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.

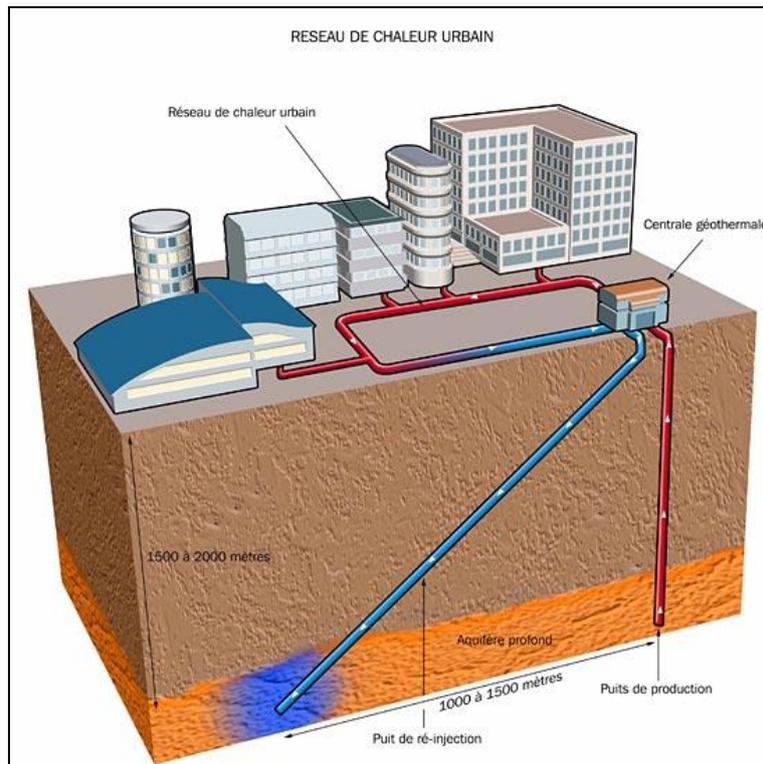


Figure 1 – Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (source : ADEME/BRGM)

L'Ile-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'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 forage. Les réseaux de chaleur bénéficiant de la géothermie alimentent près de 210 000 équivalents logements.

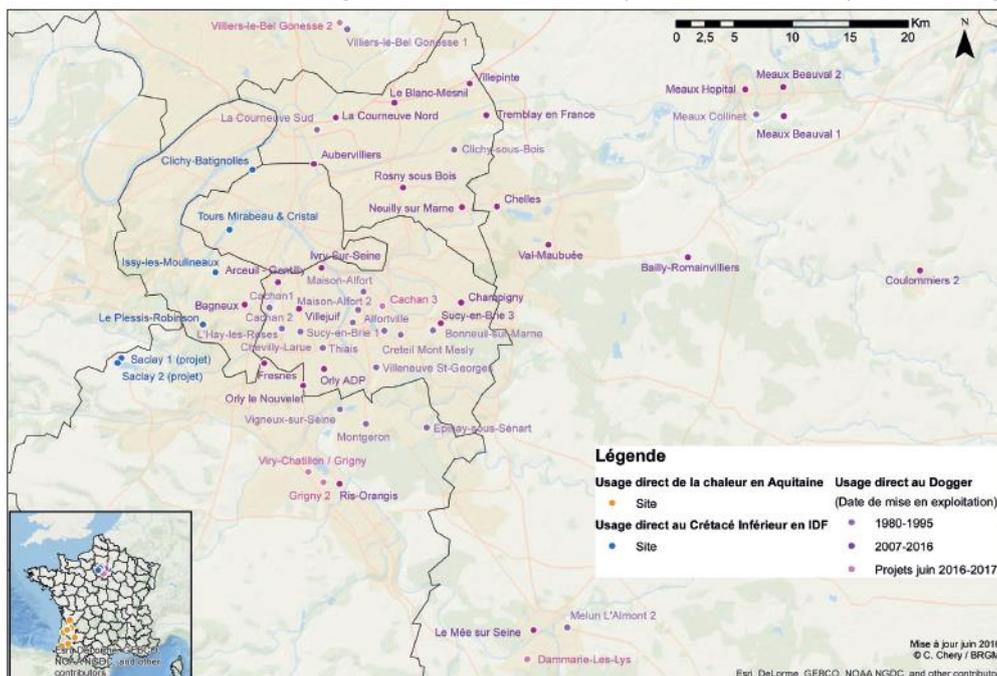


Figure 2 – Réseau de chaleur géothermiques en Ile de France en juin 2016 (source : étude de marché AFPG 2015)

1.2. Présentation des intervenants

Les réseaux Parly II situé sur la commune du Chesnay et le réseau de La Celle Saint-Cloud fonctionnent exclusivement au gaz naturel. Ils peuvent intégrer une géothermie dans leur mix énergétique.

Spécialiste des réseaux de chaleur, ENGIE Réseaux développe depuis 2009 son expertise dans la production et la distribution locale d'énergies renouvelables et de récupération. 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 par Engie Réseaux est d'origine locale et renouvelable grâce à 14 réseaux de biomasse, 10 réseaux géothermiques, ce qui représente près de 400 000 logements chauffés.

En France, ENGIE Réseaux gère au total près de 50 réseaux de chaleur et de froid, et compte 800 collaborateurs pour un chiffre d'affaires annuel de 474 M€. Parmi ces réseaux on retrouve le réseau de chaleur du Chesnay. Ce réseau fonctionne à 100% au gaz et l'objectif porté par ENGIE Réseaux est d'y intégrer des énergies renouvelables adaptées à l'aménagement durable du territoire. Une étude prospective du patrimoine bâti a été menée dans la zone d'intérêt. Elle a comme objectif d'estimer les besoins en fourniture de chaleur, qui pourraient être couverts par réseau de chaleur.



Figure 3 – Réseaux de chaleur Parly II et de La Celle Saint-Cloud

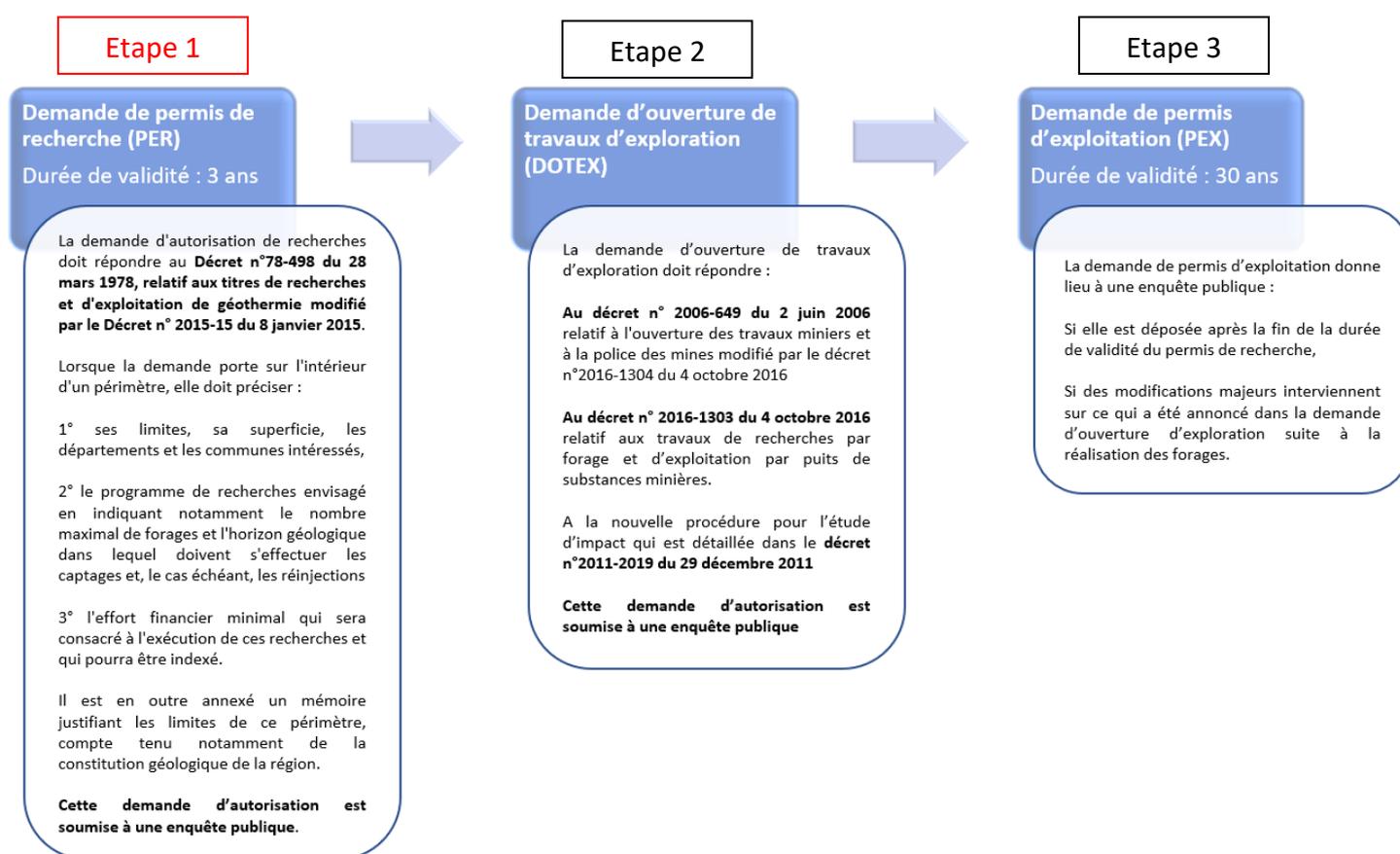
Le Chesnay est une commune de 28 000 habitants située dans les Yvelines qui souhaite s'inscrire dans une démarche active vers la transition énergétique. Ainsi, la ville du Chesnay a été informée en date du 12/02/19 du projet d'ENGIE Réseaux de réfléchir à l'implantation d'une géothermie sur son territoire.

Le cabinet du Maire de la commune a émis un avis favorable le 11/03/19 pour qu'ENGIE Réseaux poursuive ses démarches conduisant à obtenir une autorisation de recherche, assortie d'une demande de périmètre d'exclusivité sur la commune en vue de l'implantation d'une géothermie basse température (Annexe 4).

1.3. Contexte administratif

Engie Réseaux sollicite une demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique basse enthalpie (inférieur à 150°C) au Dogger et au Trias dans le secteur « Grand Parc Nord ». Cette demande est régie par le code minier (Titre V : « Gîtes géothermiques à basse température ») complétée par le décret n°78-498 du 28 mars 1978, relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie. Ce décret définit les modalités administratives à respecter ainsi que les conditions d'obtention et de maintien du titre minier.

Le processus administratif qui régit la réalisation d'une opération de géothermie basse enthalpie est fractionné en trois étapes successives. L'ensemble du processus est décrit dans la figure ci-dessous :



L'autorisation de recherche demandée dans ce dossier doit permettre :

- De caractériser la ressource géothermique au Dogger et au Trias. L'objectif est de préciser les chances de succès du projet vis-à-vis de chacun des aquifères et d'orienter au mieux les cibles au niveau des réservoirs. Au vu des incertitudes existantes sur le potentiel de l'Ouest Parisien, des études approfondies sont nécessaires.
- D'intégrer une réflexion sur l'architecture des forages. Différentes pistes seront étudiées pour améliorer la productivité des ouvrages pour répondre aux besoins à traiter en surface dans un contexte géologique potentiellement défavorable.
- De trouver un site de forage adapté et approprié qui respectera les contraintes environnementales et réglementaires, ainsi que les contraintes en termes de maîtrise foncière.

Le périmètre de l'autorisation « Grand Parc Nord » concerne le département des Yvelines (78). 8 communes sont au moins partiellement couvertes par ce périmètre : Le Chesnay (78), Rocquencourt (78), Versailles (78), Bailly (78), Marly-le-Roi (78), Louveciennes (78), Bougival (78) et La Celle Saint-Cloud (78).

	X Lambert 93	X Lambert 93	X Lambert II Etendu	Y Lambert II Etendu
NE	636730	6862981	585395	2429510
NO	631987	6862219	580655	2428707
SO	633207	6855458	581924	2422953
SE	637799	6857250	5866512	2423784

Le périmètre est assimilable à un rectangle orienté selon l'axe des chaufferies Parly 2 et La Celle-Saint-Cloud séparées de 2,8 km environ. Il couvre une superficie d'environ 28 km². Il est représenté en hachuré vert, sur un fond de carte IGN en Figure 4.

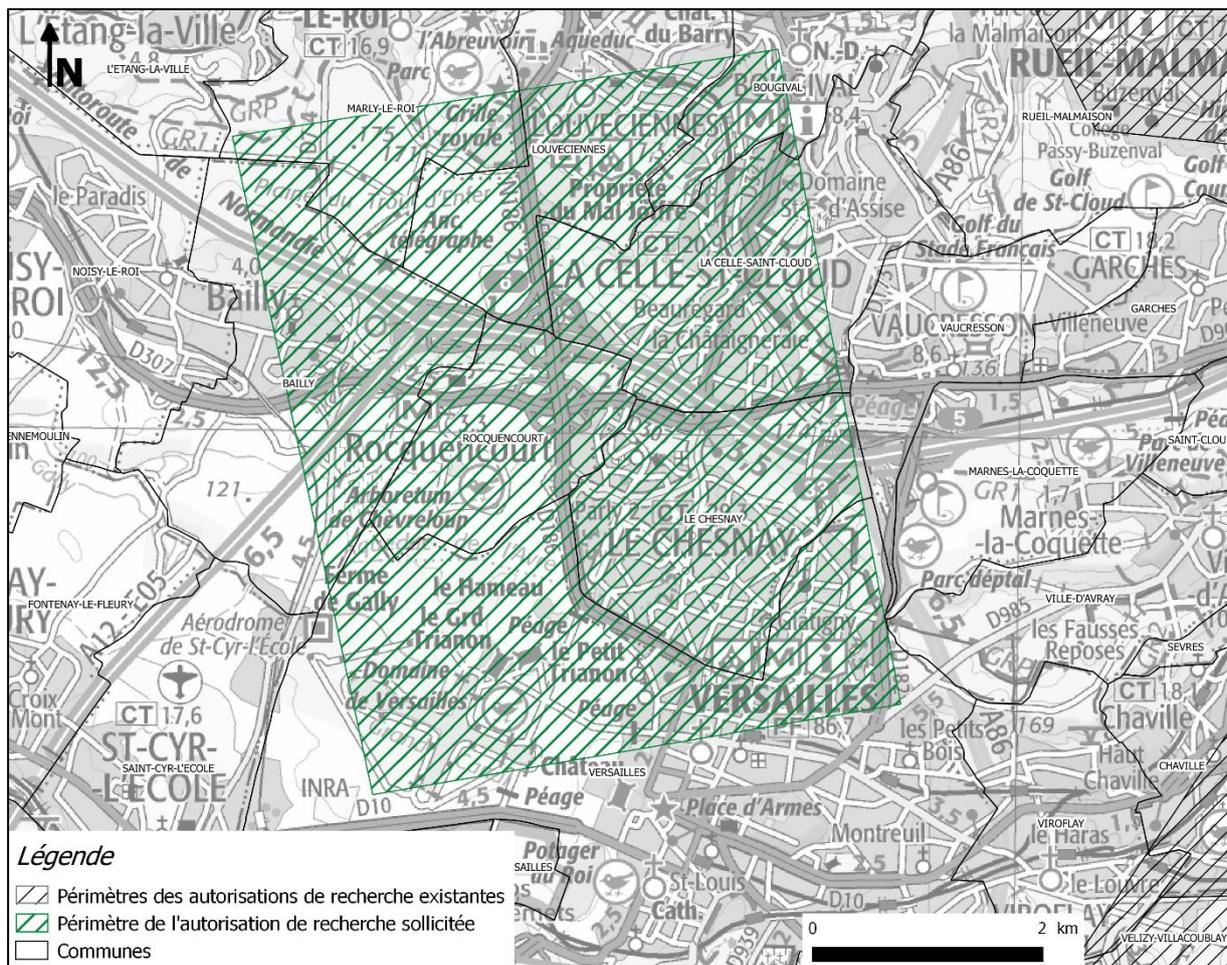


Figure 4 – Périmètre de l'autorisation de recherche « Grand Parc Nord »

L'autorisation de recherche de gîte géothermique est sollicitée pour une durée maximale de 3 ans.

L'effort financier qui sera consacré à l'exécution de ces recherches est estimé à 190k€ pour la partie sous-sol.

2. Informations générales

2.1. Justification de la demande

2.1.1. Contexte Général

En Ile-de-France, compte tenu de la forte densité urbaine, le développement du chauffage urbain est l'enjeu prioritaire et stratégique pour permettre une valorisation à grande échelle des ENR(renouvelable) et R(récupérable) sur les territoires. Ainsi, la stratégie développée dans le SRCAE (Schéma Régional Climat Air Energie) en matière de réseaux de chaleur doit concilier quatre dynamiques :

- Prendre en compte la diminution globale des besoins de chauffage des bâtiments, suite aux réhabilitations thermiques dans l'existant et, à partir de 2012, la construction obligatoire de bâtiments à basse consommation ;
- Augmenter la part des énergies renouvelables et de récupération dans le bouquet énergétique alimentant les réseaux de chaleur qui représente 30% de la chaleur livrée en 2009, en substitution des énergies fossiles actuellement utilisées ;
- Augmenter le nombre de logements et bâtiments alimentés par le chauffage urbain (1,1 million d'équivalent-logements en 2009) en :
 - Raccordant les bâtiments situés à proximité immédiate des réseaux existants afin de supprimer les consommations d'énergies fossiles dans des chaufferies collectives en pied d'immeubles et dans les des systèmes de chauffage individuel,
 - Etendant les réseaux actuels pour raccorder des bâtiments existants ou nouveaux,
 - Créant de nouveaux réseaux dans les zones à urbaniser et dans les quartiers existants et rénovés.
- Interconnecter les réseaux en vue d'une meilleure optimisation globale des systèmes de production énergétique.

Afin de faciliter la compréhension de ces dynamiques, l'ADEME a conceptualisé une priorisation des choix en matière d'énergies renouvelables et de récupération conforme SRCAE :

1. Multiplier et étendre les réseaux de chaleur en privilégiant le recours aux énergies renouvelables.
2. Valoriser les énergies de récupération et favoriser la génération de ces énergies en commun sur le territoire (chaleur fatale).
3. Encourager le développement et l'exploitation durable des géothermies.
4. Assurer une utilisation plus cohérente de la biomasse énergie sur le territoire avec des systèmes de dépollution performants.

Lorsqu'un réseau de chaleur est existant, plusieurs solutions peuvent être envisagées pour l'alimenter. La Figure 5 correspond à l'arbre à choix privilégié par l'ADEME.

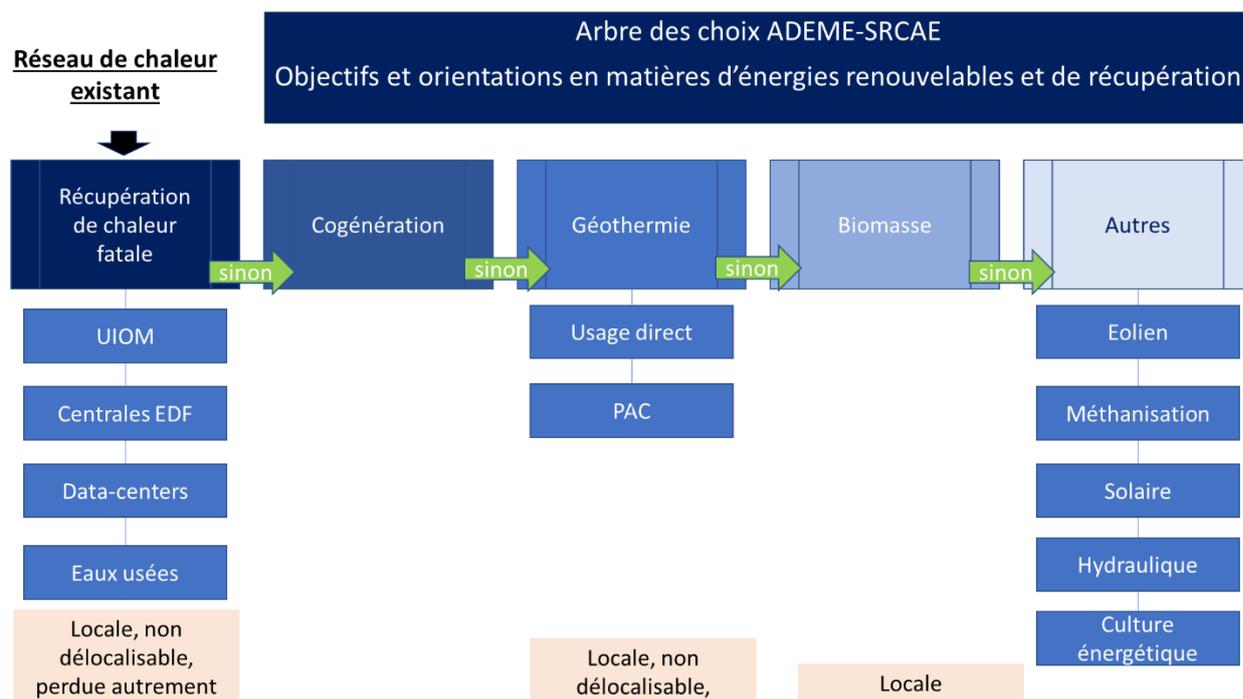


Figure 5 – Arbre des choix « ENRChoix » de l'ADEME

2.1.2. Contexte du secteur « Grand Parc Nord »

ENGIE Réseaux souhaite étudier l'opportunité de réaliser un projet de géothermie basse enthalpie en s'appuyant sur les réseaux de chaleur de Parly II et de la Celle Saint-Cloud ainsi que sur les prospects existants sur les communes incluses dans la demande d'autorisation de recherche.

ENGIE Réseaux a missionné le bureau d'étude technique Antea Group pour caractériser les ressources d'énergies renouvelables disponibles. En première approche, Il apparait que la géothermie pourrait subvenir à une partie des besoins thermiques du réseau (à partir des aquifères du Dogger et du Trias).

De plus, parmi les différentes énergies renouvelables et de récupération, la géothermie présente deux avantages majeurs en vue d'une valorisation thermique :

- À la différence de l'éolien et du solaire, elle ne présente aucun risque d'intermittence,
- À la différence de la biomasse, elle n'implique l'émission d'aucune particule fine.

On distingue plusieurs types de géothermies, synthétisées sur la figure suivante :

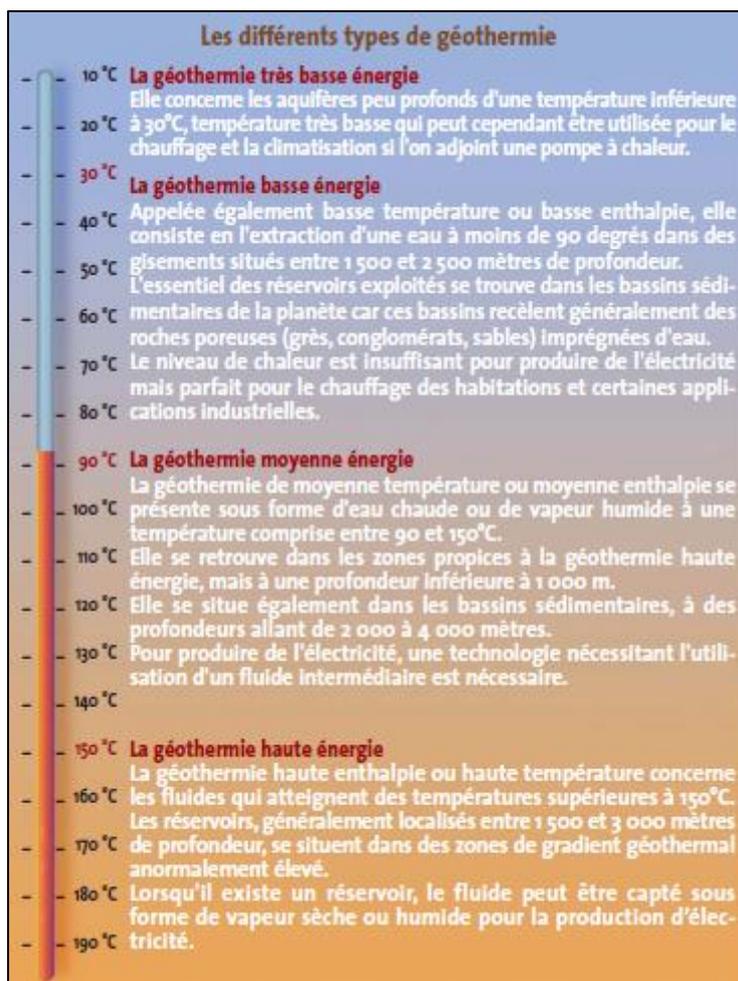


Figure 6 – Les différents types de géothermie (source : ADEME)

Pour conclure, le présent dossier correspond donc à une **demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique basse température** (inférieure à 150°C) au Dogger et au Trias dans un périmètre situé sur 8 communes, dont celle du Chesnay, qui sont toutes regroupées dans le département des Yvelines.

2.2. Renseignements sur le demandeur

2.2.1. Identification du demandeur

Spécialiste des réseaux de chaleur, ENGIE Réseaux développe son expertise dans la production et la distribution locale d'énergies renouvelables et de récupération. ENGIE Réseaux, entité d'ENGIE Energie Services, filiale d'ENGIE, 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 Réseaux gère 50 réseaux de chaleur et de froid en France, et compte 800 collaborateurs pour un chiffre d'affaires de 474 M€.

Le siège social se situe :

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

Le directeur général est :
Pierre HOURCADE

L'engagement souscrit au titre des dispositions des Articles 43 et 44 du Décret n°2006-648 du 2 juin 2006 signé par Pierre Hourcade, Directeur ENGIE RESEAUX, est disponible en Annexe 1.

2.2.2. Capacités techniques

Depuis plus de trente ans, ENGIE Réseaux (ex-Cofely Réseaux) a acquis une forte expérience de la géothermie grâce aux nombreux réseaux de chauffage urbain qu'elle exploite, en étant l'un des acteurs principaux de la géothermie basse et très basse énergie du Bassin Parisien.

L'entreprise gère notamment 14 réseaux de biomasse, 10 réseaux géothermiques, ce qui représente 32% d'énergies renouvelables et 400 000 logements chauffés (cf. Annexe 5). A cet égard ENGIE Réseaux est capable de :

- Concevoir des installations performantes, fiabilisées à des coûts mesurés et qui bénéficient d'un retour d'expérience en matière d'analyse de risque et un savoir-faire dans l'intervention de haute technologie ;
- Mener les études pour évaluer le meilleur mix énergétique et associer différentes énergies renouvelables (géothermie, solaire, biomasse...) sur un même réseau de chaleur ;
- Intégrer les installations dans le paysage urbain et minimiser l'impact environnemental des projets.

ENGIE Réseaux est donc un prestataire de service qui regroupe les compétences techniques, juridiques et financières nécessaires aux opérations de géothermie basse énergie.

2.2.3. Capacités financières

Les bilans financiers d'ENGIE Energie Services pour les quatre derniers exercices 2015, 2016, 2017 et 2018, sont consignés en Annexe 6, ainsi que le Kbis d'ENGIE Energie Services. Ils démontrent la capacité financière d'ENGIE Réseaux à mener à bien les études et recherches prévues dans ce dossier. Ils prouvent également la capacité de financement et d'investissement de l'entité pour réaliser des travaux importants, tels que des forages géothermiques, du début à la fin de vie du projet, tout en maintenant l'intégrité de l'environnement à court et long terme.

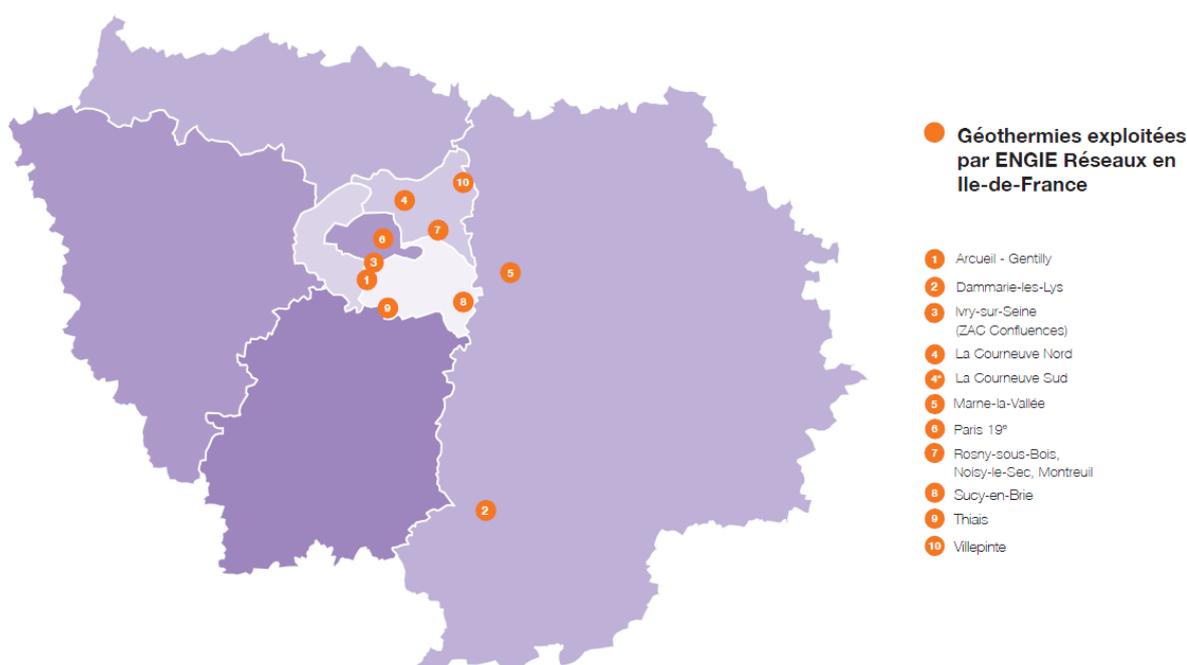


Figure 7 – Géothermies exploitées par ENGIE Réseaux en Ile-de-France

2.2.4. Philosophie du projet et schéma juridique

Si la demande d'autorisation est déposée par ENGIE Réseaux, il est important de comprendre l'implication de la ville du Chesnay et de la Celle saint cloud dans ce projet.

La demande de recherche de gîtes géothermiques présentée dans ce dossier, vise donc à permettre au territoire d'améliorer l'efficacité énergétique et environnementale du réseau, avec une alimentation en part d'Énergie renouvelable à 60 %. C'est pourquoi la ville est partie prenante du projet et a donné son accord à ENGIE Réseaux pour le dépôt de l'autorisation de recherche (cf. Annexe 4)

Dans le cadre de ce projet de géothermie, il est envisagé la création d'une société avec la participation d'une ou de plusieurs collectivités en application de l'article L.2253-1 du Code général des collectivités locales (CGCT), tel que modifié par l'article 109 de la loi n°2015-992 du 17 août 2015 sur la transition énergétique (ci-après dénommée « SAS-LTE »).

Selon les termes de cet article, les collectivités territoriales et leurs groupements peuvent désormais participer au capital d'une société commerciale dont l'objet social est la production d'énergies renouvelables par des installations situées sur leur territoire ou à proximité et participant à l'approvisionnement énergétique de leur territoire :

« Sont exclues, sauf autorisation prévue par décret en Conseil d'Etat, toutes participations d'une commune dans le capital d'une société commerciale et de tout autre organisme à but lucratif n'ayant pas pour objet d'exploiter les services communaux ou des activités d'intérêt général dans les conditions prévues à l'article L. 2253-2.

Par dérogation au premier alinéa, les communes et leurs groupements peuvent, par délibération de leurs organes délibérants, participer au capital d'une société anonyme ou d'une société par actions simplifiée dont l'objet social est la production d'énergies renouvelables par des installations situées sur leur territoire ou sur des territoires situés à proximité et participant à l'approvisionnement énergétique de leur territoire ».

Cette SAS-LTE (Loi de Transition Énergétique) serait constituée par les deux actionnaires suivants :

- ENGIE Energie Services (majoritaire)
- Les collectivités (minoritaires)

L'objet social de la SAS-LTE est dans le cadre du présent projet de, financer, construire et exploiter une unité de production de chaleur renouvelable d'origine géothermique dans le but notamment d'approvisionner en direct les RCU (Réseaux de chaleurs urbains) existants et à créer sur les territoires des collectivités partenaires.

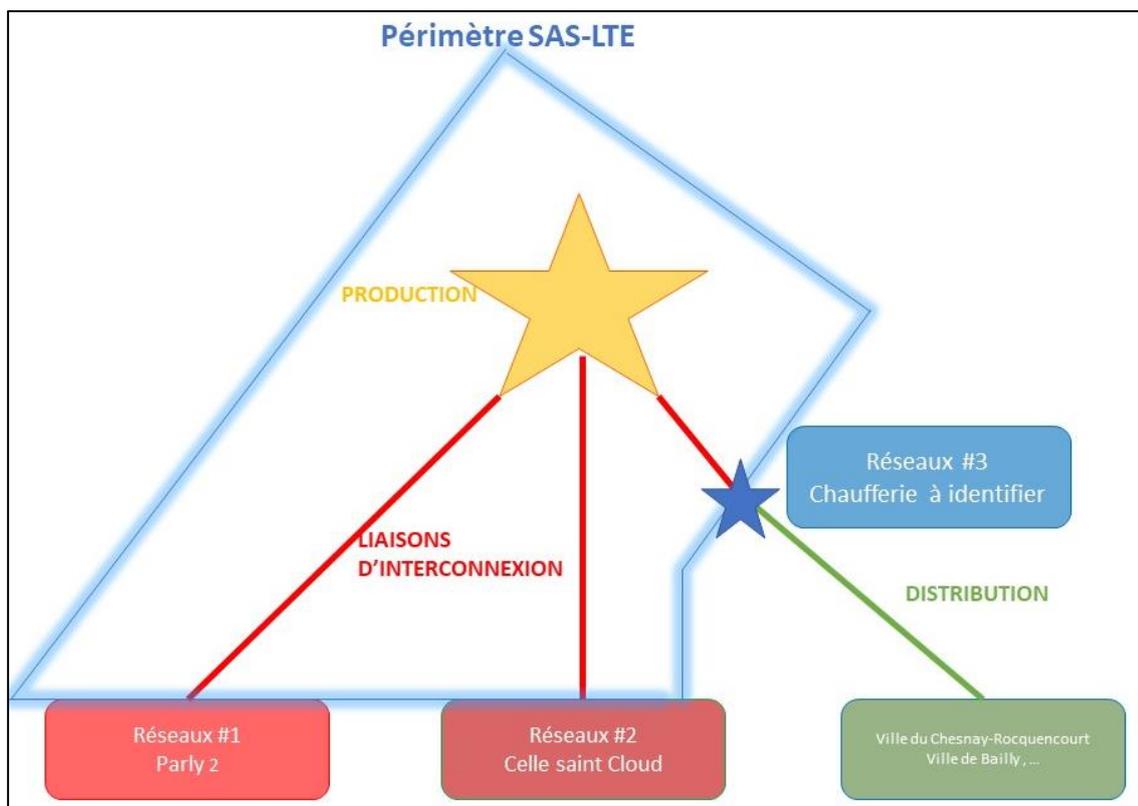


Figure 8 – Périmètre de la SAS-LTE

Le montage juridique suivant pourra être appliqué :

- Les parties études, conception et mise en service seront réalisées par ENGIE Réseaux en propre tant que la SAS-LTE n'est pas créée puis en tant que maître d'ouvrage délégué par la SAS-LTE une fois cette société constituée. A terme, le permis d'exploitation sera soit muté ou amodié en faveur de la SAS-LTE pour l'exploitation du gîte géothermique.

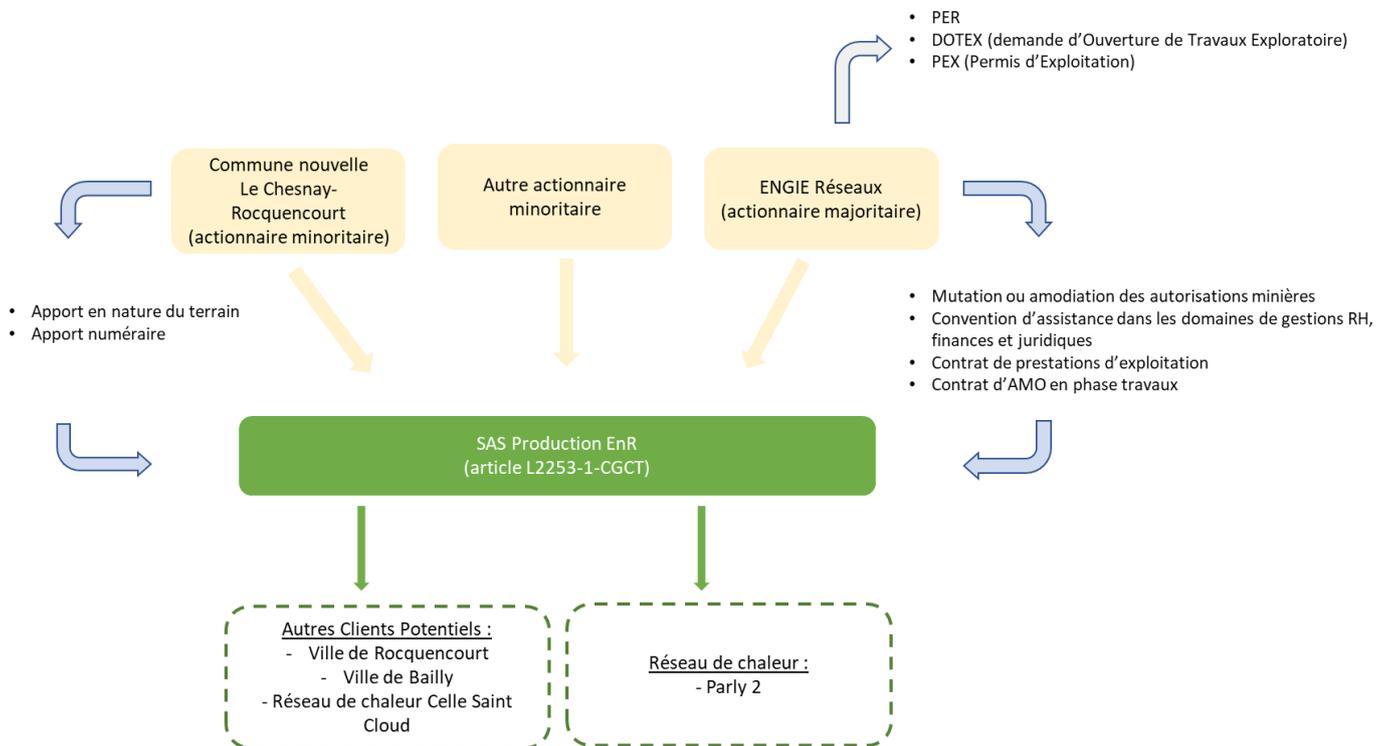


Figure 9 – Montage juridique du projet

Par ailleurs, ENGIE Réseaux étudiera aussi la possibilité pour un syndicat de copropriété de prendre une participation dans une société commerciale (SAS) dans laquelle ENGIE serait actionnaire de référence et qui aurait pour objet la construction dans l'enceinte de la copropriété, le financement et l'exploitation d'une centrale de géothermie produisant de la chaleur renouvelable pour les besoins de chauffage de la copropriété. Si cette prise de participation s'avérait possible, elle permettrait d'élargir l'actionnariat de la SAS-LTE à toutes les parties prenantes impliquées le cas échéant, dans ce projet.

2.3. Références réglementaires

2.3.1. 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*").

Sont repris ci-dessous les articles du code minier en lien avec la présente démarche :

- Article L122-1 du code minier : le permis exclusif de recherches de substances concessibles confère à son titulaire l'exclusivité du droit d'effectuer tous travaux de recherches dans le périmètre qu'il définit et de disposer librement des produits extraits à l'occasion des recherches et des essais.
- Article L122-2 du code minier : Nul ne peut obtenir un permis exclusif de recherches s'il ne possède les capacités techniques et financières nécessaires pour mener à bien les travaux de recherches et pour assumer les obligations mentionnées dans des décrets pris pour préserver les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 et aux articles L. 161-1 et L. 163-1 à L. 163-9. Un décret en Conseil d'Etat définit les critères d'appréciation de ces capacités, les conditions d'attribution de ces titres ainsi que la procédure d'instruction des demandes.
- Article L122-3 du code minier : Le permis exclusif de recherches est accordé, après mise en concurrence, par l'autorité administrative compétente pour une durée initiale maximale de cinq ans.
- Art. L124-4 : Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative. Cette autorisation détermine soit l'emplacement du ou des forages que son titulaire est seul habilité à entreprendre, soit le tracé d'un périmètre à l'intérieur duquel les forages peuvent être exécutés. Sa validité ne peut excéder trois ans.
- Art. L124-5 : L'arrêté initial d'autorisation ou un arrêté ultérieur de l'autorité administrative peut, à la demande du pétitionnaire, fixer un périmètre de protection à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés tous travaux souterrains susceptibles de porter préjudice à l'exploitation géothermique. La détermination du périmètre de protection, lorsqu'elle n'est pas prévue par l'arrêté initial d'autorisation, est effectuée selon une procédure définie par décret en Conseil d'Etat. Le périmètre de protection peut être modifié ou supprimé dans les mêmes formes que celles prévues pour sa détermination.
- Art. L124-6 : L'instruction de la demande d'autorisation de recherches prévue à l'article L.124-4 comporte l'accomplissement d'une enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre 1er du code de l'environnement. L'avis d'enquête publique réalisée lors de l'instruction d'une demande d'autorisation de recherches de gîtes géothermiques à basse température est adressé aux propriétaires des habitations dans le rayon de 50 mètres mentionné à l'article L. 153-2.
- Art. L124-7 : le dossier soumis à l'enquête publique prévue à l'article L. 124-6 ne comporte pas les renseignements confidentiels relatifs aux résultats des travaux déjà effectués.
- Art. L124-8 : Les demandes d'autorisation de recherches suscitées par l'appel à la concurrence sont soumises à l'enquête publique prévue par l'article L. 124-6.
- Art. L124-9 : Un décret en Conseil d'Etat fixe les conditions et les modalités d'application des dispositions de la présente section.
- Art. L161-1 : Les travaux de recherches ou d'exploitation minière doivent respecter, sous réserve des règles prévues par le code du travail en matière de santé et de sécurité au travail, les contraintes et les obligations nécessaires à la préservation de la sécurité et de la salubrité publiques, de la solidité des édifices publics et privés, à la conservation des voies de communication, de la mine et des autres mines, des caractéristiques essentielles du milieu environnant, terrestre ou maritime, et plus généralement à la protection des espaces naturels et des paysages, de la faune et de la flore, des équilibres biologiques et des ressources naturelles

particulièrement des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1, L. 331-1, L. 332-1 et L. 341-1 du code de l'environnement, à la conservation des intérêts de l'archéologie, particulièrement de ceux mentionnés aux articles L. 621-7 et L. 621-30 du code du patrimoine, ainsi que des intérêts agricoles des sites et des lieux affectés par les travaux et les installations afférents à l'exploitation. Ils doivent en outre assurer la bonne utilisation du gisement et la conservation de la mine.

Le décret qui précise les conditions administratives d'obtention des titres de recherche et d'exploitation est le Décret n°78-498 du 28 mars 1978, relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie modifié par le Décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015. C'est le Titre 1er (Gîtes à basse température (<150°C)) qui est concerné ici.

La demande d'autorisation de recherches de gîtes géothermiques à basse température contient les indications suivantes :

- 1° les nom, prénoms, qualité, nationalité et domicile du demandeur, ou, si la demande émane d'une personne morale de droit public ou de droit privé, sa nature, son siège, sa nationalité, son objet et les noms, prénoms et qualités du ou des représentants habilités auprès de l'Administration, ainsi que, le cas échéant, l'identité des actionnaires connus du demandeur comme détenant plus de 10 % du capital social ;
- 2° la justification des capacités techniques et financières du demandeur ;
- 3° la durée du titre sollicité ;
- 4° Le cas échéant, le programme et l'échelonnement des travaux et des perspectives d'utilisation de l'énergie thermique extraite ainsi que, pour les autorisations de recherches, le programme de recherches envisagé sur la durée du titre sollicité ;
- 5° s'il est demandé un périmètre de protection et quelles sont les limites et les justifications de ce périmètre ;
- 6° tous renseignements utiles sur les dispositions prévues pour l'exécution, l'entretien et le contrôle des ouvrages, notamment en vue de la conservation et de la protection des eaux souterraines ;
- 7° l'importance, la nature et les caractéristiques des éventuels déversements et écoulements susceptibles de compromettre la qualité des eaux et les dispositions prévues pour éviter une altération de cette qualité ;
- 8° les volumes d'exploitation et éventuellement les périmètres de protection que le pétitionnaire envisage de solliciter dans une demande ultérieure de permis d'exploitation.

La demande est accompagnée d'un extrait d'une carte officielle à une échelle qui ne pourra être inférieure au 1/50000, sur lequel sont reportés, s'il y a lieu, les emplacements des ouvrages et, le cas échéant, les périmètres sollicités.

De plus, lorsque la demande d'autorisation de recherches porte sur l'intérieur d'un périmètre, elle précise de plus :

- 1° ses limites, sa superficie, les départements et les communes intéressés ;
- 2° le programme de recherches envisagé en indiquant notamment le nombre maximal de forages et l'horizon géologique dans lequel doivent s'effectuer les captages et, le cas échéant, les réinjections ;
- 3° l'effort financier minimal qui sera consacré à l'exécution de ces recherches et qui pourra être indexé.
- Il est en outre annexé un mémoire justifiant les limites de ce périmètre, compte tenu notamment de la constitution géologique de la région, et fournissant, le cas échéant, des renseignements sur les travaux déjà effectués et leurs résultats.

Cette demande d'autorisation fait l'objet du présent document qui reprend ce contenu. Elle est régie par des procédures d'autorisations délivrées par arrêtés préfectoraux.

2.3.2. Déroulé de la procédure réglementaire

La recevabilité du dossier est examinée par la DRIEE au regard du décret 78-498 du 28 mars 1978 relatif au titres de recherches et d'exploitation de géothermie, qui précise la procédure de demande d'autorisation. La demande d'autorisation de recherche est soumise à enquête publique dans les conditions prévues par le III de l'article R122-11 et par les articles R123-8 à R 123-23 du Code de l'Environnement.

Le Préfet statue ensuite par arrêté dans un délai de 4 mois à compter de la clôture de l'enquête publique, sachant qu'à défaut d'une décision expresse avant l'expiration d'un délai de 18 mois à compter de la réception de la demande, une décision implicite de rejet intervient.

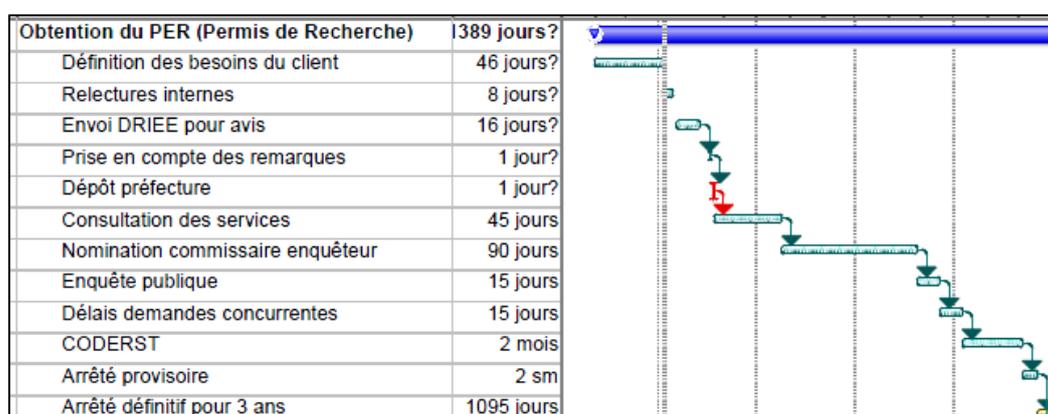


Figure 10 – Délais prévisionnels pour l'obtention d'une autorisation de recherche

2.3.3. Durée du titre sollicité

L'autorisation de recherche de gîte géothermique est sollicitée pour une durée de 3 ans, durée maximale proposée par la réglementation en vigueur.

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

2.3.4. Nombre prévisionnel de forages de production et d'injection

A la fin des études décrites dans le Programme de Recherche sur le territoire situé au droit de la Ville du Chesnay et de la Celle-Saint-Cloud, nous pensons identifier, la possibilité de développer un à plusieurs projet(s) géothermique(s) si les résultats s'ils se révèlent positifs et suffisamment productifs.

Le Titre d'Autorisation prévoit donc l'étude de :

- un à deux forage de production et un à deux forage d'injection au DOGGER,
- un forage de production et un forage d'injection au TRIAS

La Puissance Calorifique maximum sollicitée en cas de succès serait de 20MW par doublet soit 40MW à l'échelle du périmètre demandé.

3. Perspectives d'utilisation en surface de l'énergie thermique extraite

Il est prévu de valoriser l'énergie thermique extraite via un réseau de chaleur. Pour que le projet puisse voir le jour dans des conditions techniques et économiques acceptables, il convient que les bâtiments alimentés par le réseau de chaleur géothermique soient relativement proches les uns des autres.

Pour le présent projet, l'idée directrice est de s'appuyer sur les réseaux de chaleur existants au Chesnay (Parly II) et à la Celle Saint-Cloud qui pourraient être étendus sur les communes voisines (à savoir Rocquencourt, Bailly et Noisy-le-Roi). Une étude prospective du patrimoine bâti a donc été menée dans la zone d'intérêt. Elle a comme objectif d'estimer les besoins en fourniture de chaleur, qui pourraient être couverts par un réseau de chaleur.

3.1. Le réseau Parly II

La copropriété Parly II située sur Le Chesnay et Rocquencourt abrite un réseau de chaleur depuis une quarantaine d'années. Ce réseau de 7 km fournit de la chaleur aux 7500 logements composant la copropriété, ainsi qu'à la piscine municipale. Au total, le réseau fournit 100 GWh/an de chaleur, dispatchée sur 29 sous-stations.

En termes de moyens de production, le réseau est composé d'une chaufferie principale fonctionnant au gaz de 70 MW et d'une cogénération de 16.6 MW installée en 2001. La cogénération qui fonctionne du 1er Novembre au 31 Mars, fournit environ 56 GWh/an. Les 44 GWh/an de besoins restants sont produits par la chaufferie gaz.

Pour des raisons économiques et écologiques, il conviendrait de verdir le réseau en intégrant une ressource énergétique renouvelable dans le mix énergétique. La géothermie est une des solutions techniques envisageables sur ce territoire.

En effet, une géothermie permettrait de couvrir 20 à 40 GWh/an des besoins. Ce qui diminuerait considérablement la part de gaz dans le mix énergétique.

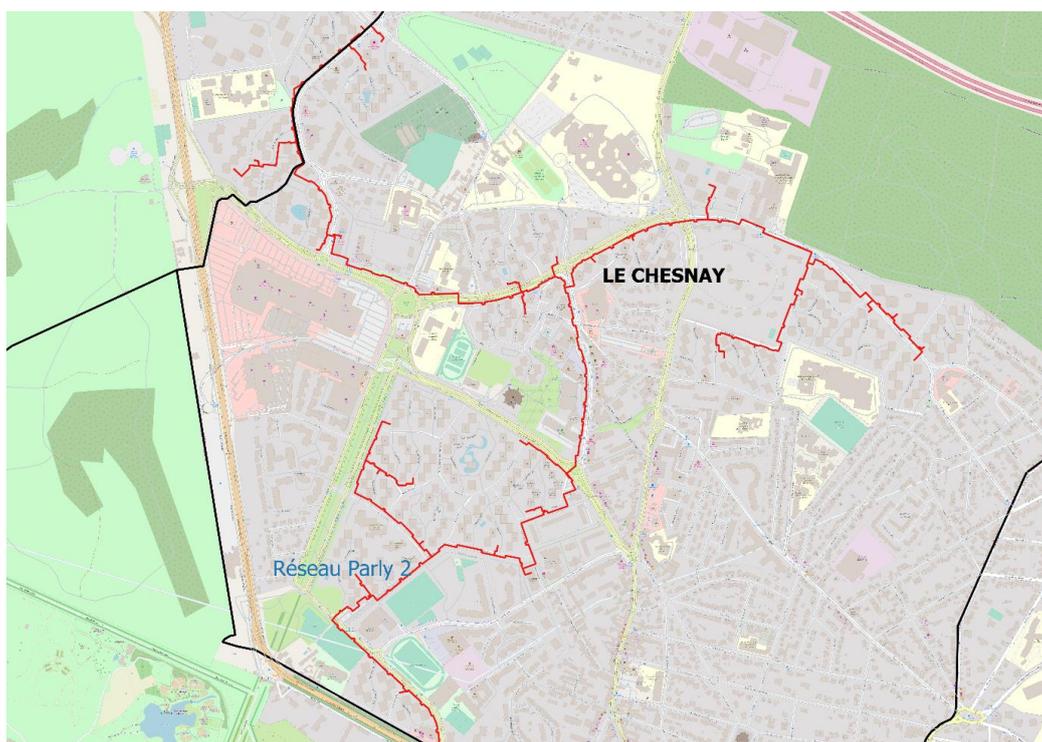
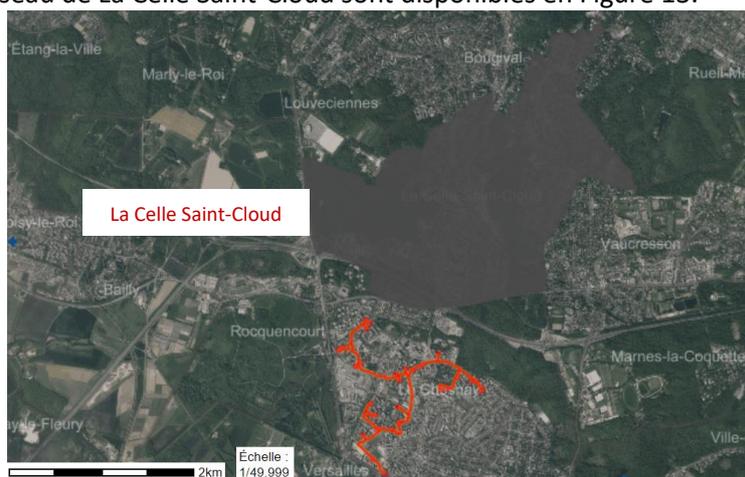


Figure 11 – Le réseau Parly II

3.2. Le réseau de La Celle Saint-Cloud

Le réseau de chaleur de La Celle Saint Cloud mesure 3 km et fournit de la chaleur à environ 1900 équivalents logements. En termes de moyens de production, le réseau est composé d'une chaufferie fonctionnant au gaz. Ce réseau n'a pas été vectorisé comme le montre la figure ci-dessous. Les données recueillies sur le réseau de La Celle Saint-Cloud sont disponibles en Figure 13.



Légende :

- Sous-stations
- Sous-stations du réseau de chaleur en IDF
- Réseaux de chaleur à jour
- Reseaux_Ile_de_France_L93
- Communes concernée par un réseau de chaleur non vectorisé
- Communes concernée par un réseau de chaleur non vectorisé

Figure 12 – Réseau de chaleur de La Celle Saint-Cloud

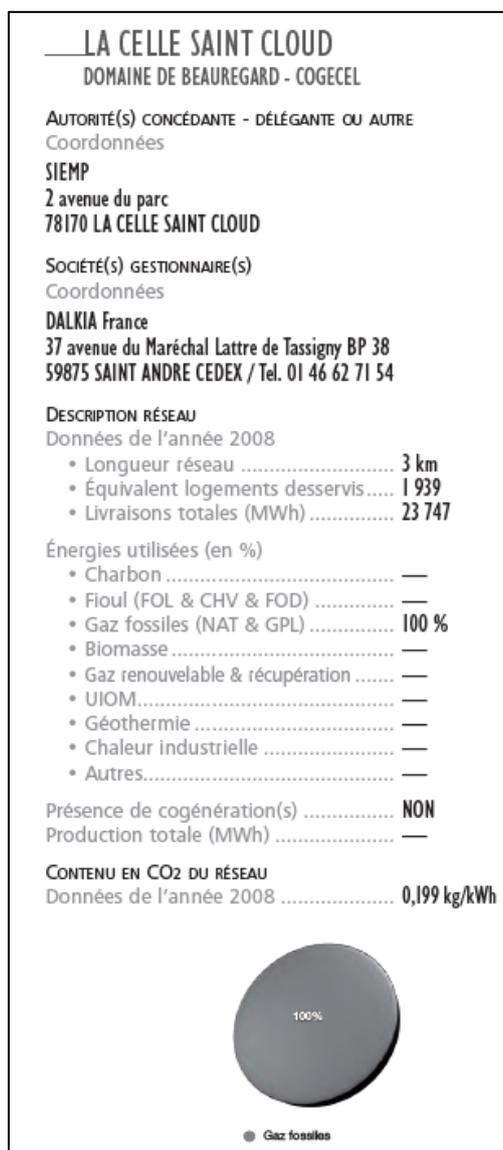


Figure 13 – Données disponibles sur le réseau de La Celle Saint-Cloud dans l'annuaire des réseaux de chaleur et de froid (source : via sèva, 2010)

3.3. Démarche de prospection

En marge du réseau de chaleur existant, le territoire concerné a fait l'objet d'une prospection énergétique. Les principales cibles prises en compte dans cette étude sont l'habitat collectif, le patrimoine communal, l'éducation et la santé.



Un premier repérage du secteur a été réalisé à partir de plans et de vues aériennes. Cela a permis de faire une première identification des grands ensembles immobiliers. L'exploitation des bases de données disponibles a permis d'avoir une meilleure connaissance du patrimoine bâti des villes et recueillir certaines informations telles que l'année de construction, le nombre de logement, les coordonnées du gestionnaire ou Syndic etc...

Dans un deuxième temps, des visites sur place ont été organisées afin de confirmer ou d'infirmer le premier repérage, de sélectionner de nouveaux bâtiments susceptibles d'être raccordés au réseau de chauffage urbain et de récolter le maximum d'informations aidant à créer le plan de développement.

Pour chaque bâtiment identifié, une recherche plus approfondie a eu pour but de déterminer :

- Le mode de chauffage actuel / combustible : électrique, gaz, fioul ;
- Le mode de chauffage actuel / technologie : chaufferie collective ou chaudières individuelles ;
- La localisation de la chaufferie (si collective) : sous-sol, terrasse et localisation précise par rapport au bâtiment ;
- Le nombre de logements (si immeuble d'habitation) ;
- Eventuellement, la puissance énergétique nécessaire au chauffage des locaux, le type d'émetteurs installés et le mode de production de l'eau chaude sanitaire.

Une fois ces informations réunies, elles ont été analysées et triées, le but étant de ne conserver pour la prospection que des immeubles ayant les caractéristiques suivantes :

- Chauffage collectif (gaz ou fioul),
- Equipements de production de chaleur vieillissants,
- Proximité immédiate des futures extensions du réseau.

L'évaluation des besoins de chacun des immeubles a été déterminée de la manière suivante (par ordre de priorité) :

- Rencontre avec le gestionnaire de l'immeuble concerné,
- Veille commerciale Engie,
- Ratios de consommations.

Les développements ont été analysés afin d'obtenir les meilleures densités pour le réseau, en prenant en compte des éventuels risques de baisses de consommation et une probabilité commerciale.

3.4. Prospection par commune

Notre étude porte sur les 4 communes suivantes :

- La Celle-Saint-Cloud
- Rocquencourt
- Bailly
- Noisy-le-Roi

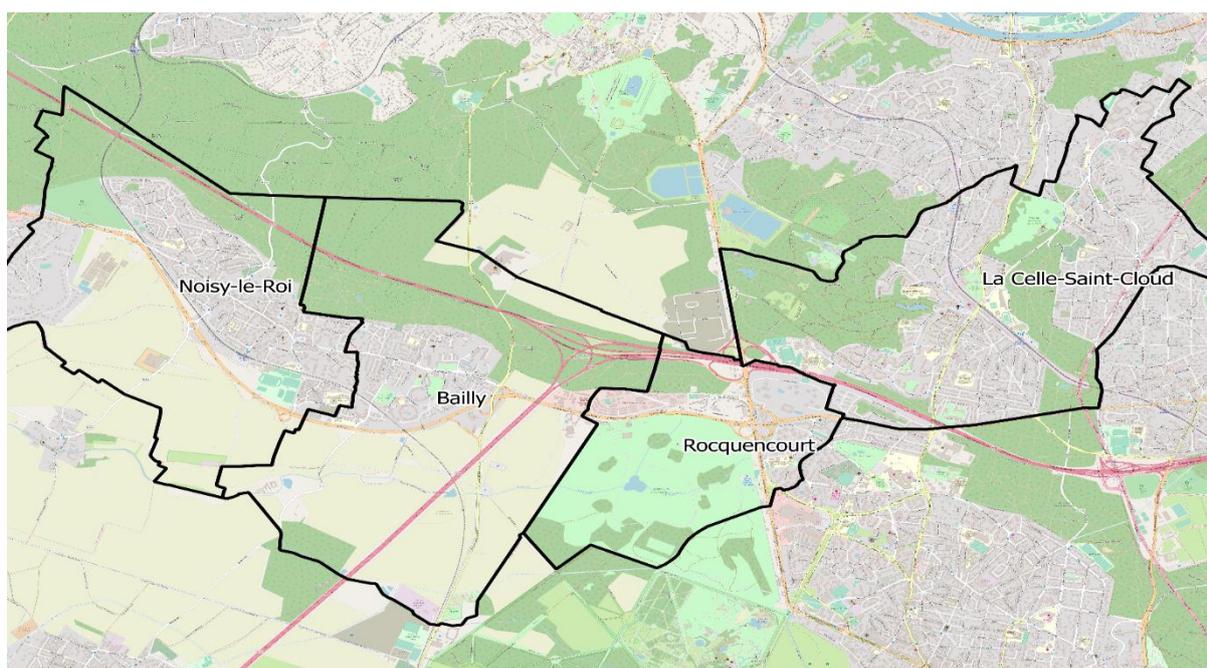


Figure 14 – Les communes étudiées

3.4.1. La Celle Saint-Cloud

Située au nord de la commune du Chesnay, La Celle Saint-Cloud est essentiellement composée d'immeubles d'habitations et d'équipements publics. Nous avons identifié 5 grandes résidences et plusieurs bâtiments publics dont la mairie. Après évaluation, les besoins en chaleurs ont été estimés à 38 GWh/an sur la zone Sud de la commune. La zone située au-delà de la mairie et longeant l'avenue Charles de Gaulle ne sera pas incluse dans la présente étude et fera l'objet d'analyses supplémentaires à cause de difficultés techniques liées au relief.

Outre le domaine du beaugard qui intègre 2500 logements, l'élément le plus notable est la présence de plusieurs établissements éducatifs. Ces derniers représentent en effet 11 GWh/an de besoins.

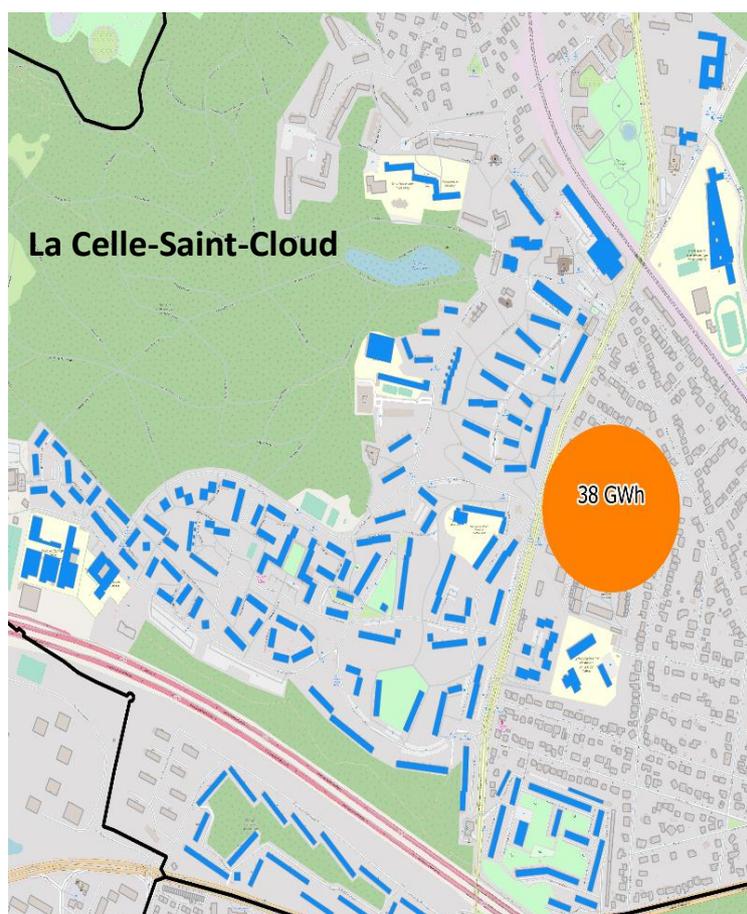


Figure 15 – Localisation des prospects sur la Celle-St-Cloud

3.4.2. Rocquencourt

La commune de Rocquencourt se situe à proximité immédiate de la Celle Saint-Cloud avec un potentiel de besoins énergétiques de 11 GWh/an. Elle est composée de plusieurs quartiers :

- Le Parc, qui comprend 12 résidences nichées au cœur de la forêt ;
- Le Domaine, qui constitue le centre de la commune ;
- Le Bourg, situé entre l'INRIA et la résidence du Clos des 3 Fontaines ;
- Parly 2, réparti entre Le Chesnay et Rocquencourt ;
- Le hameau de Chèvreloup, qui jouxte l'Arborétum et la caserne des pompiers de Paris.

Sur Rocquencourt, le patrimoine est majoritairement composé de résidences. On note toutefois la présence de l'INRIA et d'une partie du centre technique de secours partagée avec la commune de Bailly. L'ensemble des besoins des bâtiments sélectionnés est estimé à 11 GWh/an.

La partie de la Résidence Parly 2 se trouvant à Rocquencourt, n'a pas été incluse dans les estimations, étant donné qu'elle est raccordée au Réseau Parly 2 de la commune du Chesnay. Il convient également de noter que le site anciennement occupé par Mercedes et qui accueillera le campus Akka Technologies à partir de 2021, n'a pas été comptabilisé. Toutefois, des démarches seront engagées avant leur implantation, dans l'éventualité de la création d'un réseau de chaleur.

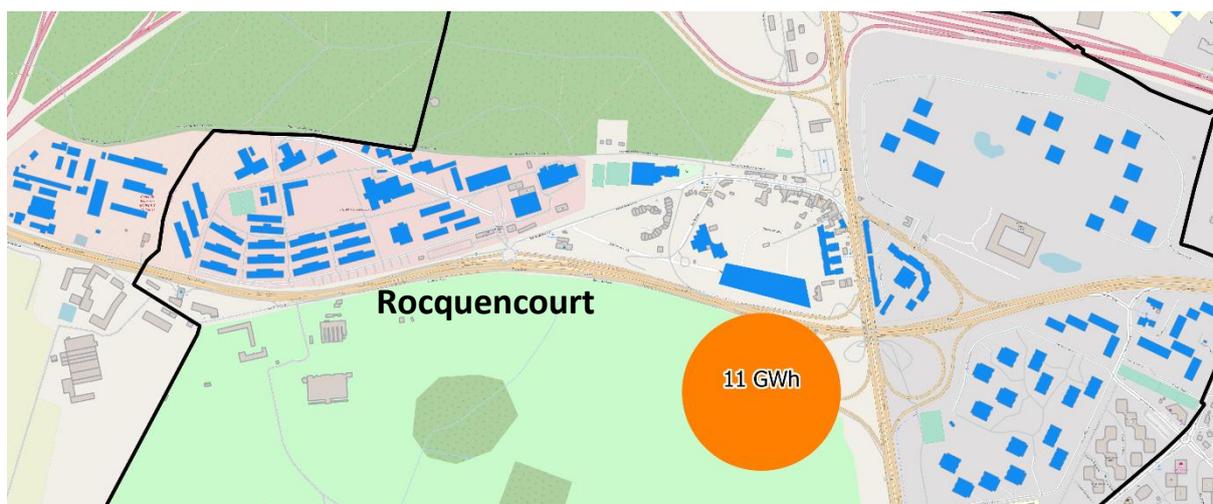


Figure 16 – Localisation des prospects sur Rocquencourt

3.4.3. Bailly - Noisy le Roi

A l'Ouest de Rocquencourt se situent les communes de Bailly et de Noisy-le-Roi avec un potentiel de besoin énergétique de 18 GWh/an. Le patrimoine étudié se trouve sur la commune de Bailly et sur la zone Est de Noisy-le-Roi frontalière avec la commune de Bailly.

Certaines de ces résidences comme la résidence de l'orée de Marly sont dotées de système de cogénération, dont le contrat de fourniture d'électricité arrivera bientôt à échéance. Au vu des récentes réformes sur les contrats de cogénérations, ces prospects sont particulièrement intéressants.

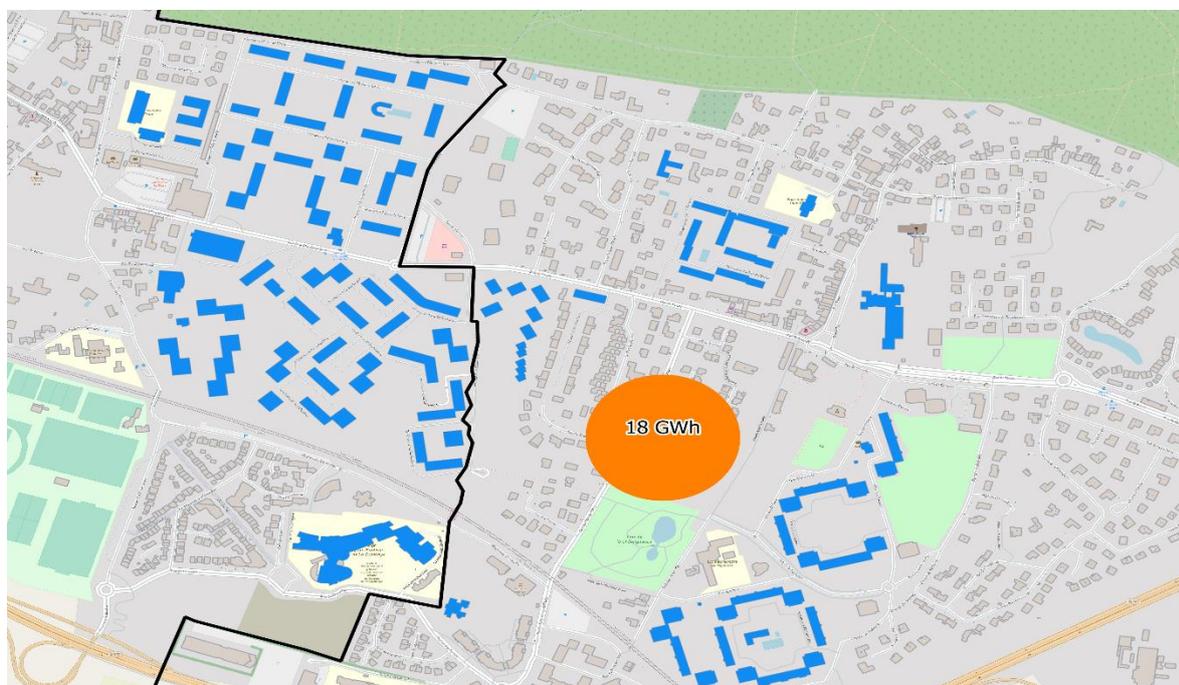


Figure 17 – Localisation des prospects sur Bailly et Noisy-Le-Roi

3.5. Récapitulatif

Les besoins en chaleur sur les 4 communes potentiellement concernées par un réseau de chaleur ont ainsi été estimés à 70 GWh/an. La commune de La Celle Saint-Cloud représente 56 % des besoins soit environ 40 GWh/an.

Ces besoins augmenteront dans les années à venir avec les futurs projets d'aménagement situés sur les communes de La Celle Saint-Cloud, Rocquencourt et Noisy-le-Roi.

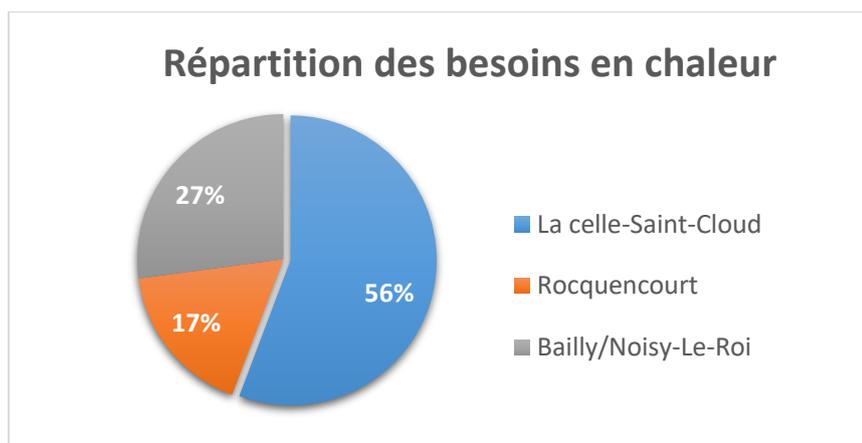


Figure 18 – Répartition des besoins en chaleur sur les 4 communes

Bien que les besoins du secteur résidentiel soient naturellement plus élevés que ceux des autres secteurs, il convient de noter que nous avons autant de prospects résidentiels que d'établissements éducatifs. Sachant que les prospects du secteur tertiaire sont majoritairement des bâtiments communaux, on peut dire que 61 % des prospects appartiennent au secteur public.

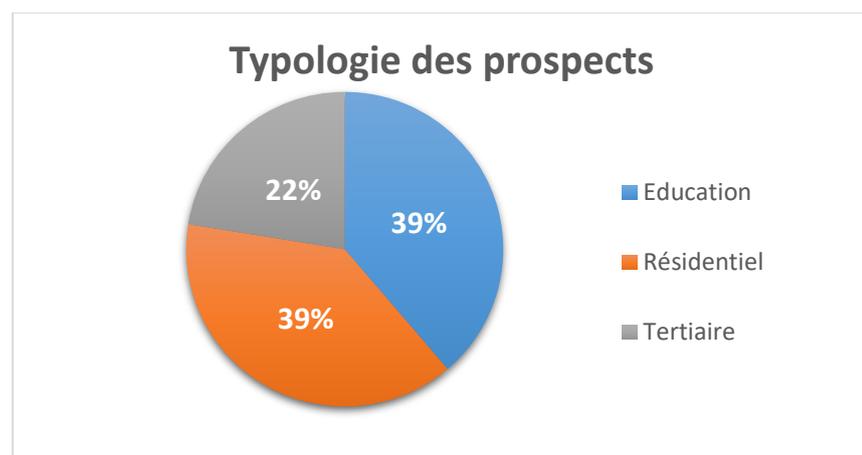


Figure 19 – Typologie des prospects retenus

Additionnés aux 100 GWh/an livrés grâce au réseau de chaleur actuel du Chesnay, le potentiel identifié dans ce secteur relativement dense serait ainsi de 170 GWh/an.

La géothermie qui fait l'objet de la présente demande vise donc à couvrir une partie des besoins en question, le potentiel client maximum pouvant nécessiter deux doublets de géothermie.

4. Mémoire de justification du périmètre de recherche

4.1. Présentation de la géothermie

4.1.1. Généralités sur la géothermie

Les informations présentées dans ce paragraphe sont tirées de « La géothermie – Les enjeux des géosciences – ADEME – BRGM ».

Expérimenté concrètement par des générations de mineurs de fond et aujourd'hui bien mesuré, l'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé "**gradient géothermal**". Il est en moyenne, sur la planète, de 3,3°C par 100 mètres, le flux d'énergie thermique à l'origine de ce gradient étant de l'ordre de 60 mW/m². Mais ces valeurs peuvent être nettement supérieures dans certaines zones instables du globe, et même varier de façon importante dans les zones continentales stables. Ainsi, **le gradient géothermal est en moyenne de 4°C en France**, et varie de 10°C/100 m dans le nord de l'Alsace à seulement 2°C/100 m au pied des Pyrénées.

La chaleur dégagée par notre globe n'a pas pour principal responsable le refroidissement de son noyau, mais **la désintégration des éléments radioactifs** présents dans ses roches : uranium, thorium, potassium, etc. 90% de l'énergie dissipée provient en effet de ce mécanisme. La chaleur émise par la fission varie avec **la composition chimique des roches** – elle est environ trois fois plus élevée, par exemple, pour les granites que pour les basaltes.

Elle varie aussi selon **l'âge des roches**, raison pour laquelle les gradients géothermiques sont plus élevés dans les plates-formes jeunes, comme en France et en Europe du Sud, que dans les socles anciens, comme en Scandinavie.

4.1.2. Géologie et potentiel géothermique

Les deux niveaux géologiques visés dans le cadre de cette recherche sont : les calcaires du Dogger, et les grès du Trias.

On désigne par « Dogger » une période d'environ 10 millions d'années, située entre - 175 Ma et - 165 Ma et, par extension, la couche géologique correspondante, constituée de dépôts à dominante calcaire et située à 1600/1800 mètres de profondeur. L'eau contenue dans cet aquifère se trouve à 60°/80°C et est fortement minéralisée (7 à 35gr/l). Cette ressource géothermale au Dogger est avérée dans le bassin parisien et dans le secteur du projet « Grand Parc Nord ». Pour autant, les exploitations existantes de ce type dans le secteur Ouest parisien sont rares, et les études à entreprendre devront affiner les informations à ce sujet.

A l'échelle géologique, le « Trias » précède le Dogger. Il couvre une période d'environ 50 millions d'années (de - 250 Ma à - 200 Ma). Plus ancien et plus profond, l'aquifère du Trias sera donc aussi, plus chaud. En revanche, pour le Bassin Parisien, il est nettement moins connu que le Dogger et nécessitera des investigations approfondies.

« L'architecture » des forages consiste le plus souvent en la réalisation d'un « doublet ». Pour exploiter un gisement géothermique, il est nécessaire de réaliser 2 puits : un pour puiser l'eau de l'aquifère, et

un autre pour la réinjecter, après avoir récupéré une partie de ses calories. Le 2^{ème} puits se justifie pour plusieurs motifs : d'une part, le rejet en surface de l'eau puisée, qui est fortement chargée en général en sels minéraux, n'est pas compatible avec les normes environnementales et, d'autre part, la réinjection permet le maintien d'une pression constante dans l'aquifère, sans création de déséquilibre. De plus, pour éviter le refroidissement de la ressource lors des réinjections, il est souvent fait appel à des techniques de « puits déviés » comme le montre la Figure 20.

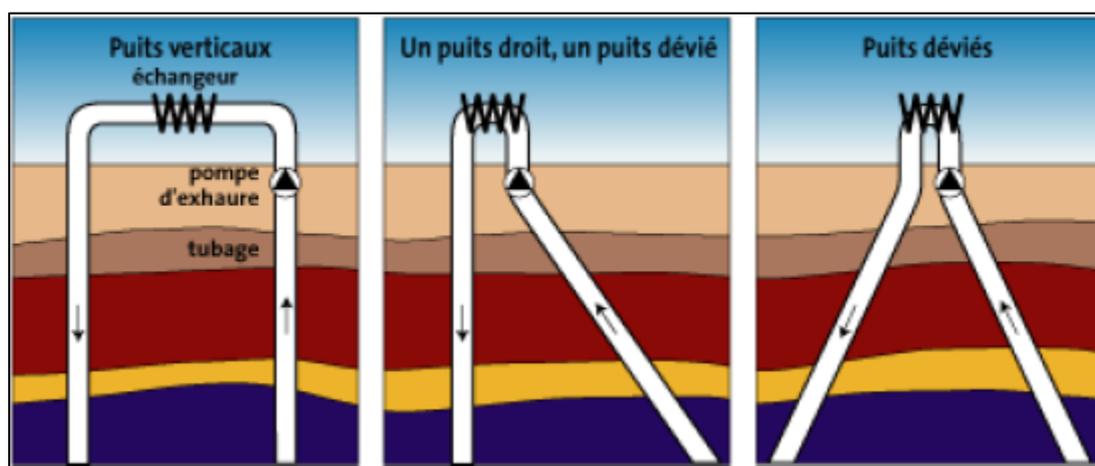


Figure 20 – Doublets géothermiques possibles (source : géothermie perspective)

Cependant, et malgré les précautions prises en utilisant la technique des puits déviés, la densité des opérations de géothermie peut provoquer à terme une baisse de la température de l'aquifère qui conduira au refroidissement progressif de la ressource pouvant mettre en cause son exploitation. L'évaluation de ce risque est prise en compte et fait partie des études préalables au lancement d'une opération de ce type.

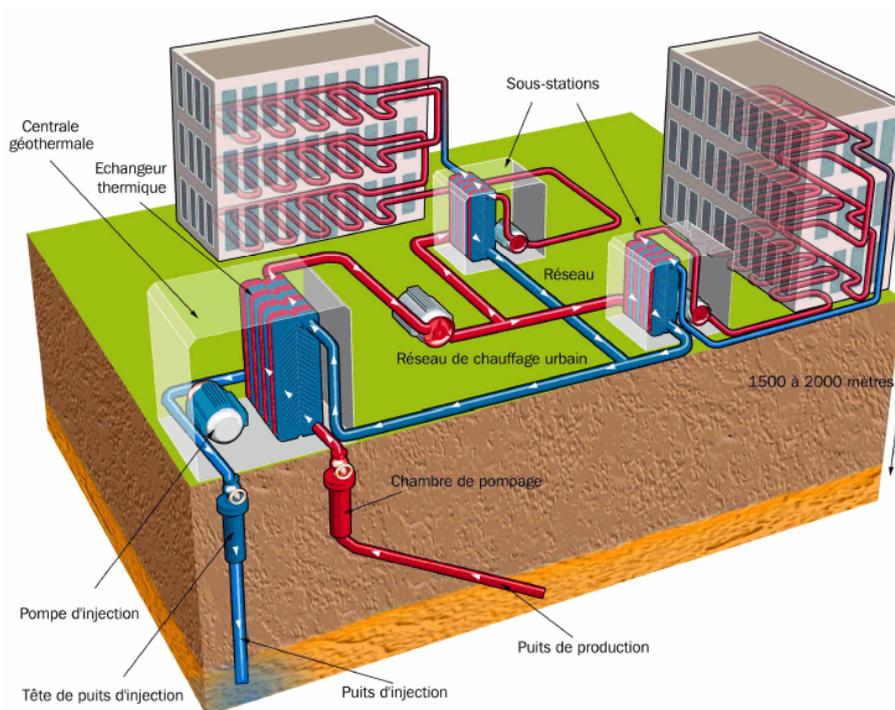


Figure 9 - Schéma d'une géothermie avec ses raccordements

4.1.3. Marché français et perspectives de développement

La géothermie basse énergie française est le **premier marché d'Europe** pour délivrer de la chaleur via des réseaux urbains ou pour des applications agricoles et industrielles. En 2015, huit nouvelles centrales de géothermie basse énergie ont été créées, ce qui amène à 75 le nombre total d'installations de basse énergie en France.

La contribution du Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et de l'AFPG en avril 2015 pour la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) a défini des objectifs pour la géothermie basse énergie pour 2018, 2023 et 2030 (cf. Tableau 1).

Cumulé réseaux de chaleur (PPE)	2012	2014	2015	2018	2023	2030
Puissance (MWth)	290	305	423,7	530	790	1250
Energie annuelle (GWh)	1500	1593	1371	2 767	4 128	6 453
Energie annuelle en ktep	129	137	118	238	355	555

Tableau 1 – tableau PPE de la géothermie basse enthalpie d'après l'étude de marché 2015 de l'AFPG

Pour atteindre ces objectifs, différents axes de développement sont préconisés :

- **Le doublement du Fonds Chaleur Renouvelable,**
- **Le développement des réseaux de froid géothermique,**
- **L'utilisation de technologies en cours de développement,**
- **La valorisation des aquifères profonds peu connus,** comme le Trias à Bobigny et le Lusitanien dans le Bassin Parisien, voire le Jurassique dans le bassin aquitain. L'ADEME a d'ailleurs lancé fin 2016 un appel à projet pour la géothermie au Trias avec des aides pour le développement des projets pilotes, afin d'inciter à l'exploration de cet aquifère profond.

La demande d'autorisation de recherche présentée dans ce dossier s'inscrit complètement dans ces objectifs fixés par la PPE, au sens où l'étude sera consacrée à chercher de nouvelles formes d'architectures de puits dans un secteur peu connu.

4.1.4. Méthodes d'exploitation

4.1.4.1. Généralités sur les forages géothermiques

Pour mobiliser cette ressource géothermale, il est nécessaire de réaliser des forages géothermiques. Les techniques utilisées et les matériels sont alors comparables à ceux d'un forage pétrolier.

Le schéma de principe d'un forage pétrolier est rappelé en Figure 21. Des exemples d'ateliers de forages sont présentés en Figure 23.

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. 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 ("cuttings") 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 21) 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 à l'horizontale 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 tests (eaux chaudes).

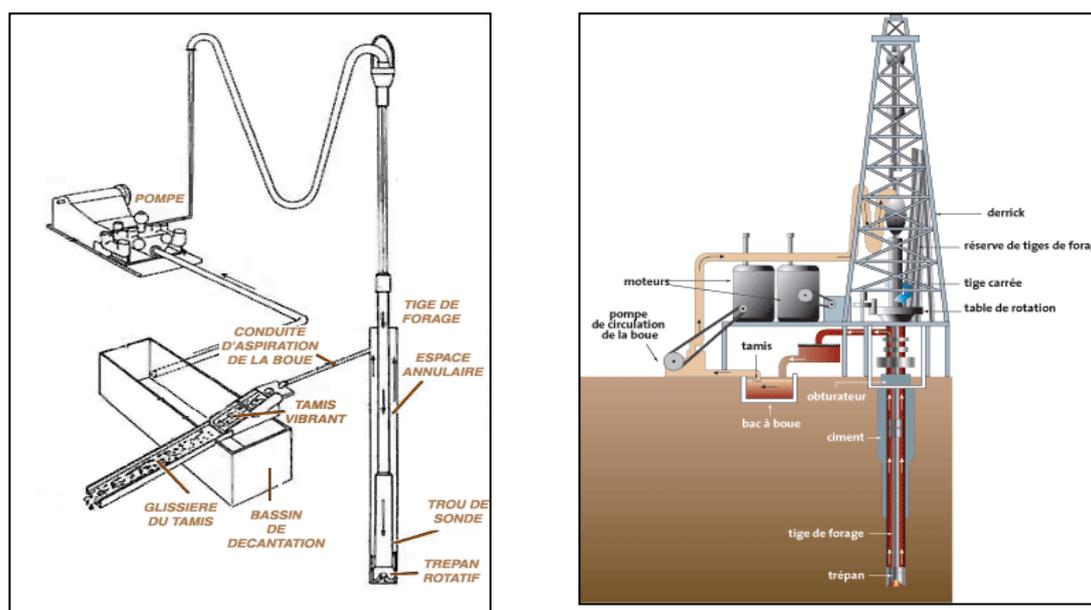


Figure 21 – Schémas de principe d'un forage de type pétrolier (source documentaire : Ademe/BRGM)



Figure 22 – Photo d'un site de forage (Dammarie-les-Lys, 2017)



Figure 23 – Exemples d'ateliers de forages géothermiques (source documentaire ADEME/BRGM)

4.1.4.2. Mode d'exploitation

Une fois les forages réalisés et la ressource prouvée, il convient d'exploiter la chaleur de l'aquifère. La géothermie basse température du type Dogger, est exploitée par l'intermédiaire d'échangeur localisés le plus souvent dans une centrale géothermique. En outre, la nature corrosive de l'eau du Dogger implique des installations permettant l'inhibition chimique de la corrosion (tube de traitement installés dans le puits, dans lequel un produit chimique est envoyé depuis la centrale).

L'impact permanent de l'exploitation est donc relativement limité. Les ouvrages sous-terrain ne sont quasiment pas visibles (Les conduites peuvent être enterrées (cf. Figure 24) ou bien en surface (cf. Figure 25), dans les deux cas elles ne doivent pas être accessibles au public), seule la centrale a réellement un impact visuel. Cependant, pour bien des projets, la centrale de production de chaleur est déjà présente, fonctionnant au gaz ou au fioul. Celle-ci est donc simplement remplacée par une unité de production plus vertueuse et respectueuse de l'environnement.



Figure 24 – Têtes de puits



Figure 25 – Têtes de puits en surface

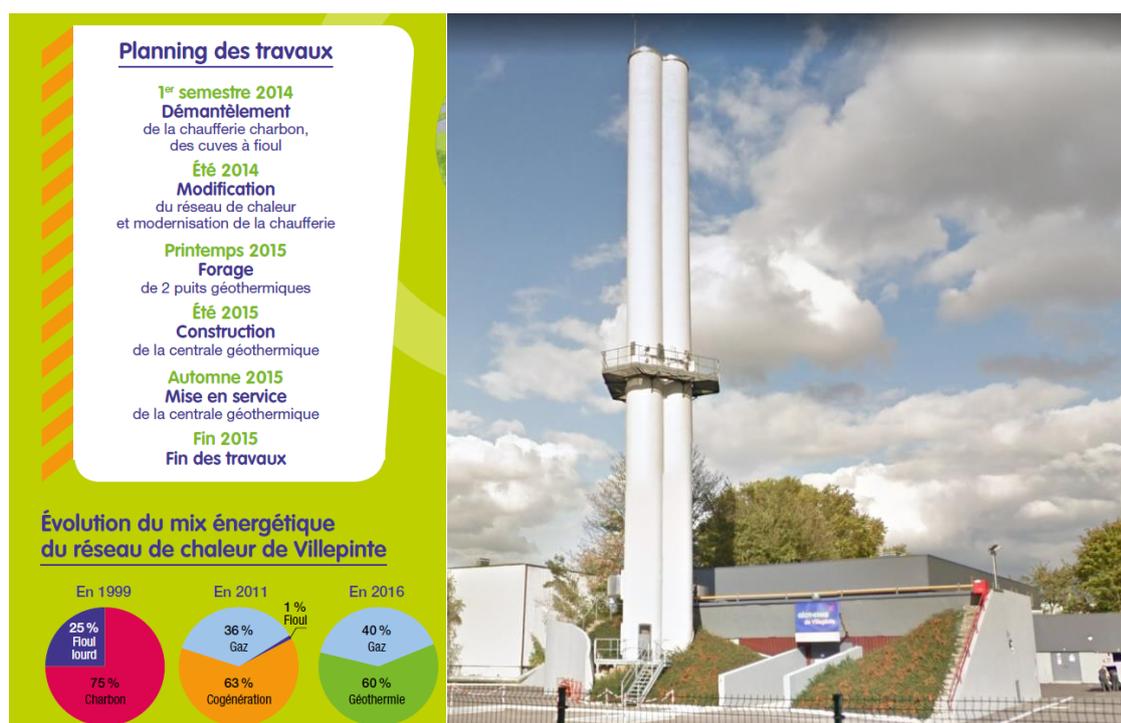


Figure 26 – Centrale géothermique de Villepinte ayant permis le démantèlement d'une chaufferie charbon

5. Périmètre de recherche demandé

L'article L124-4 du Code Minier précise que : « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative. Cette autorisation détermine soit l'emplacement du ou des forages que son titulaire est seul habilité à entreprendre, soit le tracé d'un périmètre à l'intérieur duquel les forages peuvent être exécutés. Sa validité ne peut excéder trois ans. »

Le stade « exploratoire » de la demande, ne permet pas de se limiter à un unique emplacement de forage, c'est pourquoi la forme de l'autorisation de recherche demandée est celle **d'un périmètre**. Ce titre minier n'accorde pas à son titulaire le droit de réaliser les travaux de recherche ou d'exploitation. Selon leur importance, ceux-ci sont soumis à autorisation préfectorale ou à déclaration au Préfet. Un décret précise le régime et la procédure applicables pour chaque catégorie de travaux.

5.1. Description du périmètre de recherche sollicité

La carte de localisation de l'autorisation de recherche « Grand Parc Nord » au 1/100 000^{ème} est disponible en Annexe 2.

Le périmètre sur lequel sera sollicitée l'autorisation de recherche est assimilable à un rectangle orienté selon l'axe des chaufferies Parly 2 et La Celle-Saint-Cloud séparées de 2,8 km environ. Il couvre une superficie d'environ 28 km². Il est représenté en hachuré vert, sur un fond de carte IGN en Figure 27.

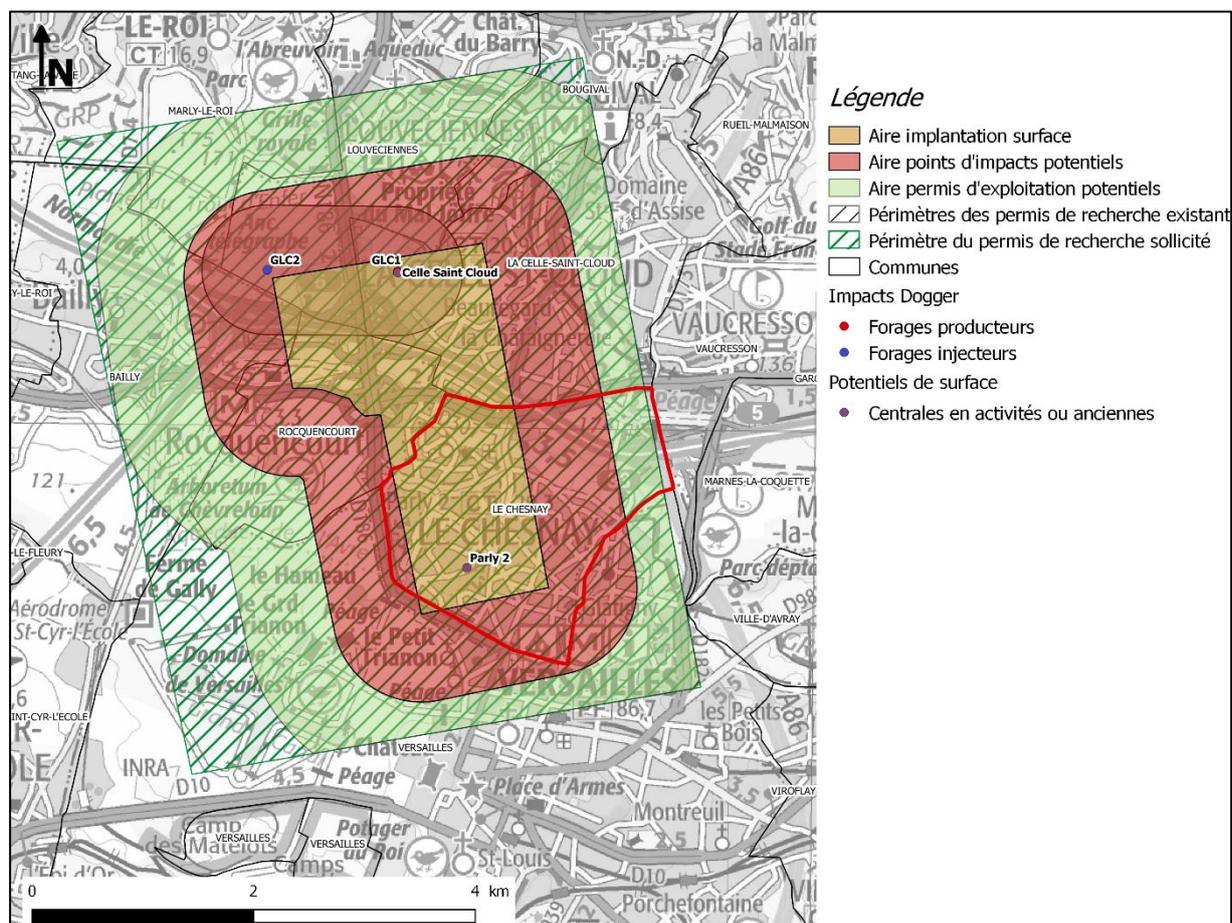


Figure 27 – Périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée pour le projet « Grand Parc Nord »

La surface jaune rend compte de la zone dans laquelle les futures têtes de puits pourraient être implantées, de manière à être à une distance raisonnable des unités de production de chaleur et des réseaux associés.

Le secteur rouge délimite une zone dans laquelle les impacts au réservoir peuvent se trouver (avec la machine de forage située dans le périmètre jaune). En vert clair, apparaît l'aire potentielle des périmètres d'exploitation associés à ces impacts. Enfin, le périmètre de recherche proposé en hachures vertes englobe l'essentiel du champ des possibles en termes de périmètres d'exploitation.

Ce périmètre de recherche concerne uniquement le département des Yvelines (78). Les communes au moins partiellement couvertes par ce périmètre sont :

- Le Chesnay (78),
- Rocquencourt (78),
- Versailles (78),
- Bailly (78),
- Marly-le-Roi (78),
- Louveciennes (78),
- Bougival (78),
- La Celle Saint-Cloud (78).

Les coordonnées des sommets du rectangle formant le périmètre sont :

	X Lambert 93	Y Lambert 93	X Lambert II Etendu	Y Lambert II Etendu
NE	636730	6862981	585395	2429510
NO	631987	6862219	580655	2428707
SO	633207	6856458	581924	2422953
SE	637799	6857250	586512	2423784

Tableau 2 – Coordonnées du périmètre demandé

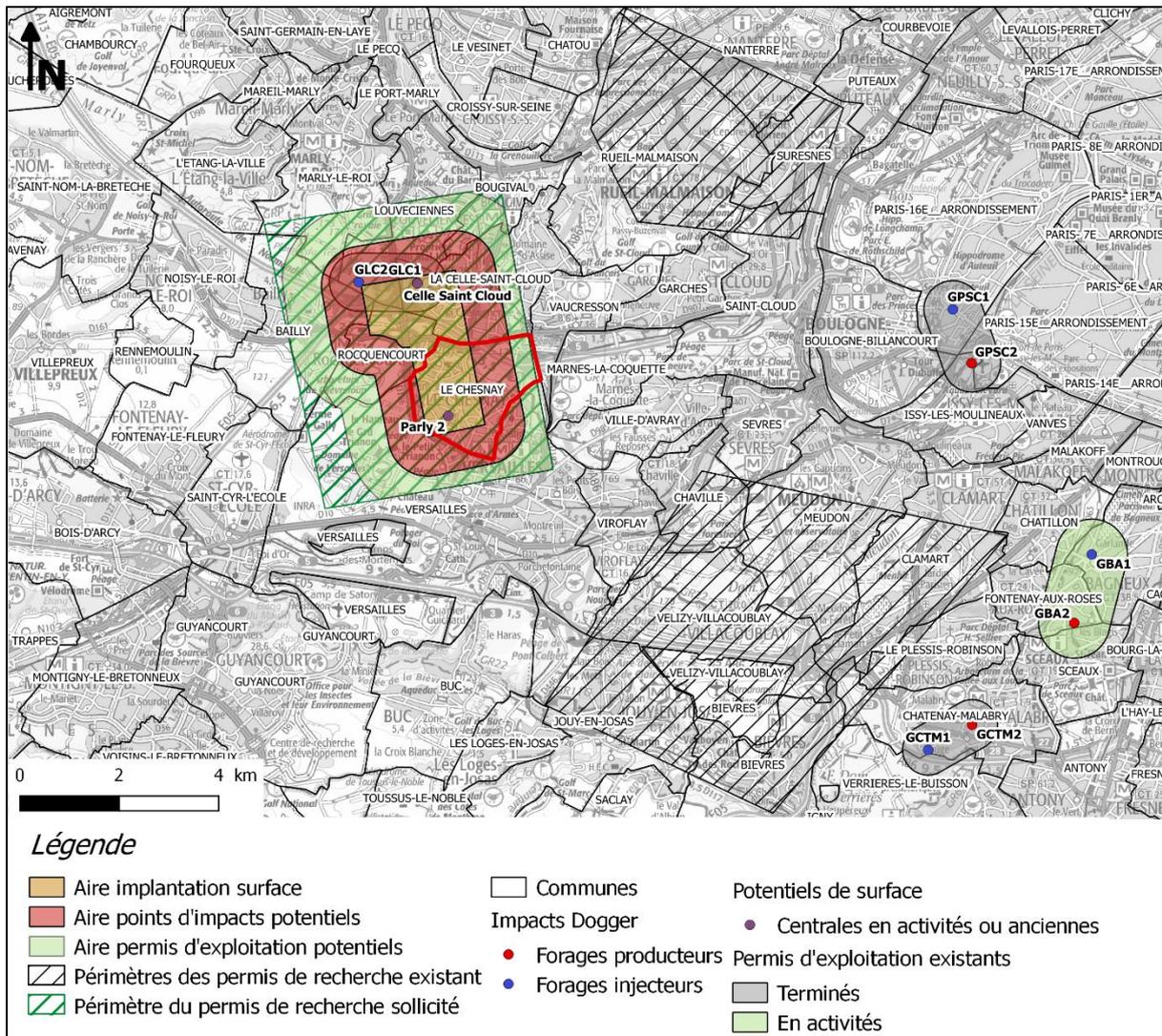


Figure 28 – Périmètre de l'autorisation de recherche sollicité pour le projet « Grand Parc Nord » – perspective large

La Figure 28 présente les titres miniers existants ou faisant l'objet d'une enquête publique à proximité du périmètre de recherche sollicité. Deux périmètres de recherche de gîte géothermique sont à citer à proximité : centré pour l'un au niveau de Rueil-Malmaison, et autour de Vélizy-Villacoublay pour l'autre.

En termes d'autorisation d'exploitation, seuls quelques gîtes géothermiques révolus sont à signaler (La Celle Saint-Cloud et Porte-Saint-Cloud scellés respectivement en juin 1989 et décembre 1990).

Il n'y a pas de titre minier pour les hydrocarbures à proximité du périmètre sollicité.

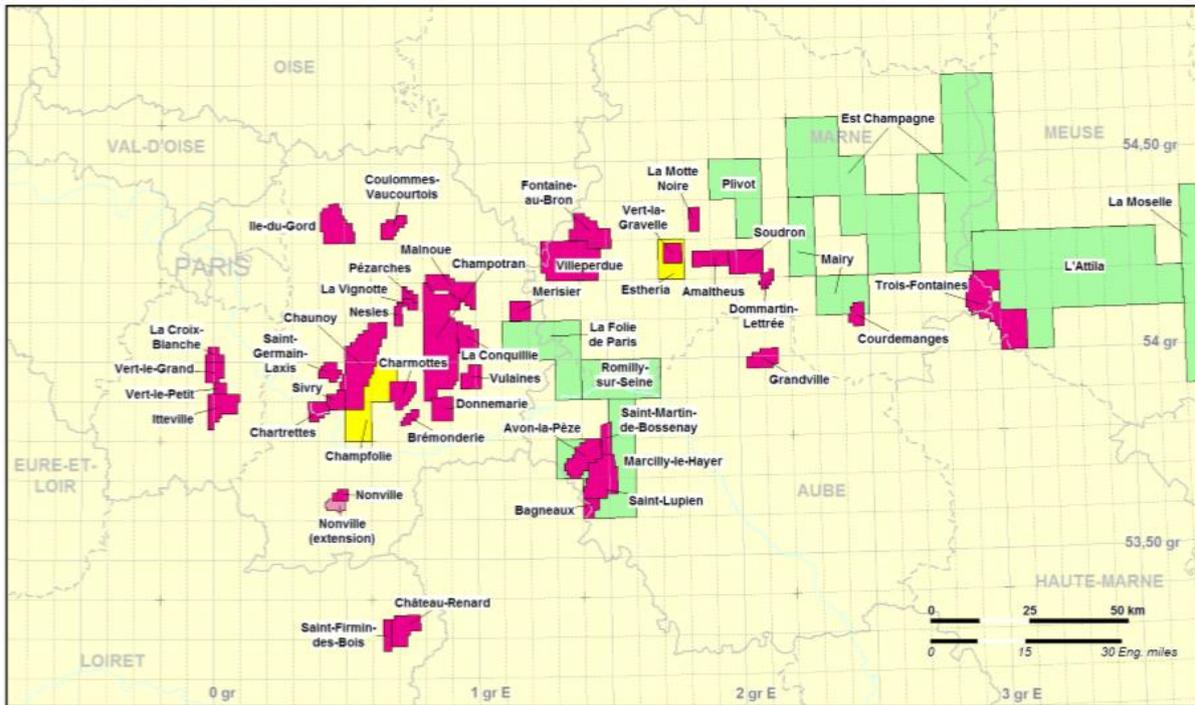


Figure 29 – Titres miniers en activité (en mars 2018) pour les hydrocarbures, en Ile-de-France (source : Minergies)

5.2. Programme de recherche Géosciences

Comme exposé précédemment, la géothermie basse énergie s'est considérablement développée dans la région Ile-de-France au cours des dernières décennies. La zone d'intérêt présente en surface des caractéristiques favorables pour la géothermie : existence d'un réseau de chaleur au Chesnay, prospectus thermiques intéressants. Ces conditions pourraient, d'un point de vue strictement énergétique, justifier la création d'un ou deux doublets de forages géothermiques.

D'un point de vue sous-sol, la situation est beaucoup moins évidente. Deux niveaux cibles sont possibles :

- Le Dogger : aquifère à partir duquel la quasi-totalité des géothermies basse énergie du bassin parisien ont vu le jour. Pour autant, le secteur visé est proche de la limite à partir de laquelle cet horizon est réputé non productif (sillon marneux) et ses caractéristiques à proximité ne sont établies qu'à partir du seul doublet géothermique ancien de La Celle Saint-Cloud.
- Le Trias : aquifère prometteur, notamment par rapport aux niveaux de température potentiels ; il n'a été que très peu reconnu par forage et ses caractéristiques hydrodynamiques (sa productivité) restent grandement inconnues. Il doit faire l'objet d'une reconnaissance pour la géothermie à Bobigny en début d'année 2020.

Le programme de recherche associé au projet « Grand Parc Nord » aura pour but :

- De valider ou non la faisabilité du projet du point de vue de la ressource géothermique et définir une coupe géologique fiable ;
- De mettre en adéquation de façon fine la ressource estimée avec les besoins escomptés ;
- D'identifier le site le plus pertinent (d'un point de la ressource, de la distribution et de la limitation des impacts) en vue d'une demande d'ouverture de travaux ;
- D'adapter les moyens techniques à travers notamment l'architecture des puits pour atteindre les objectifs d'exploitation ;
- D'évaluer au mieux les coûts d'opération.

Le programme de recherche s'établira selon 5 grands axes, décrits dans les paragraphes suivants :

- **Axe n°1 : Connaissance géologique et retour d'expérience**
- **Axe n°2 : Réinterprétation des données sismiques existantes**
- **Axe n°3 : Modélisation du réservoir et géochimie**
- **Axe n°4 : Ingénierie de forage**
- **Axe n°5 : Sélection d'un site de forage et rédaction du DOTEX**

5.2.1. Axe n°1 : Connaissance géologique et RETEX

L'objectif de cette partie est de préciser les chances de succès du projet vis-à-vis de chacun des aquifères et d'orienter au mieux les cibles au niveau des réservoirs.

5.2.1.1. Intégration des données de forage existantes

En termes de géologie profonde, les trois points de référence les plus solides sont constitués par le doublet géothermique de La Celle Saint-Cloud (forage de production GLC1 et forage de réinjection GLC2, forés en 1982 et scellés en 1989) et le forage pétrolier de Chèvreloup (forage CVP1 foré en 1995).

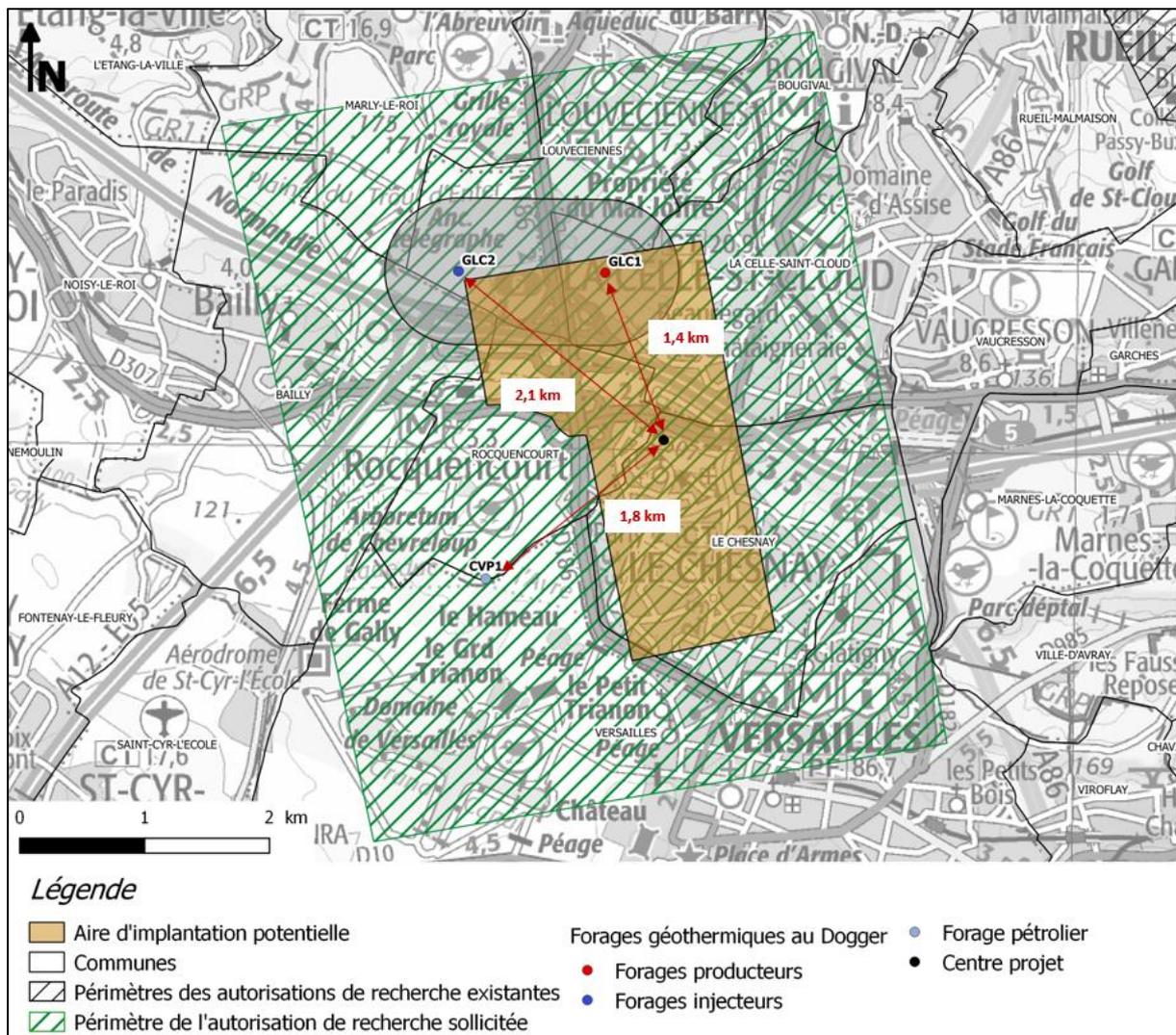


Figure 30 – Forages de référence à proximité

Il conviendra donc de collecter l'intégralité des données disponibles sur chacun de ces ouvrages. A cette fin, la DRIEE sera sollicitée dans le but de consulter sa base d'archives.

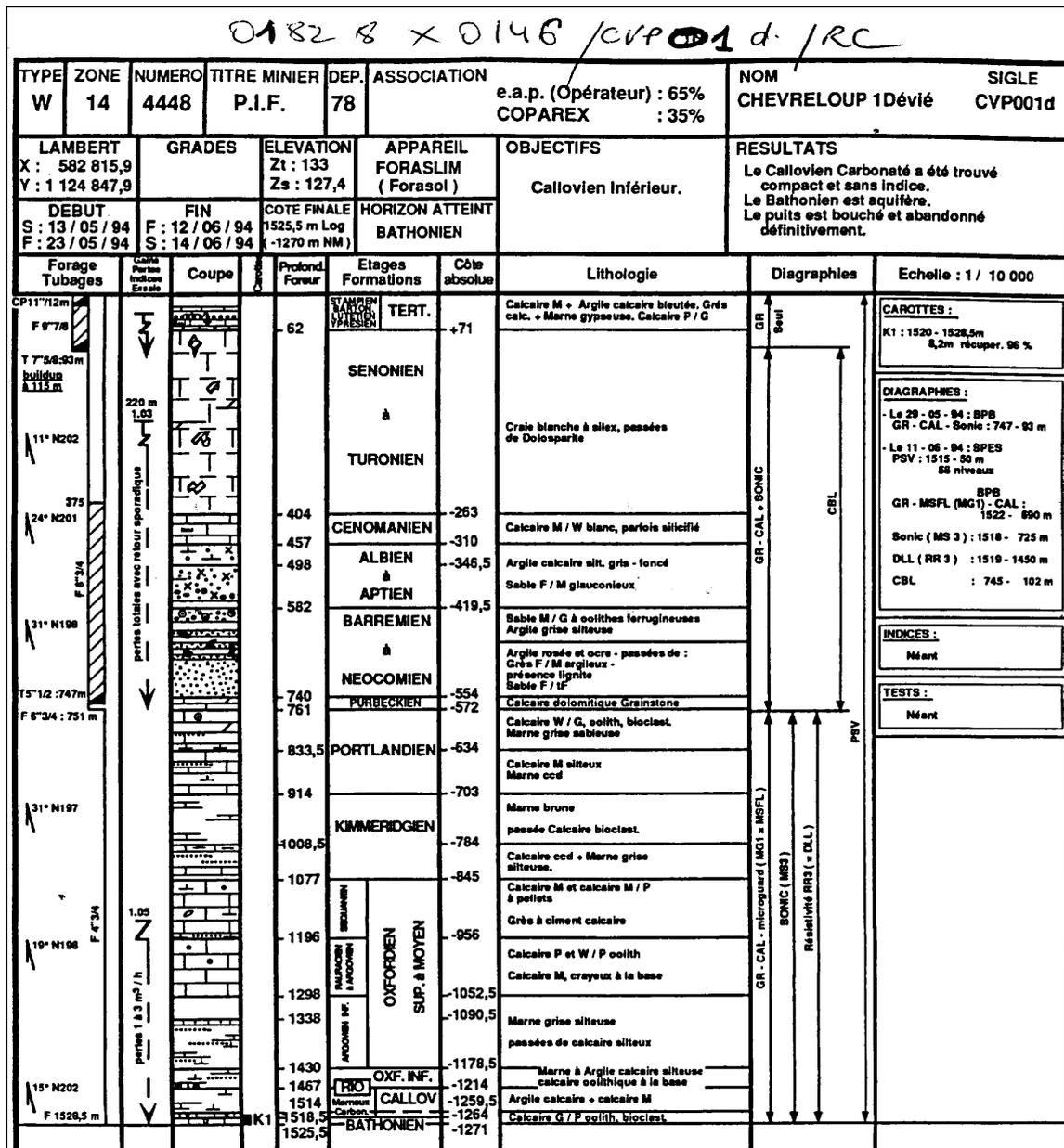


Figure 31 – Coupe synthétique de l'ouvrage de Chèvreloup

La base de données Minergies recensant les ouvrages associés à la recherche d'hydrocarbure, la géothermie haute température et le stockage de gaz sera également exploitée à cette fin.

Le rayon d'investigation sera élargi pour collecter des points de référence au Trias. L'objectif sera pour chacun de ces ouvrages, à partir des diagraphies disponibles, des rapports de fin de sondage et des analyses sur carottes, d'établir :

- Les cotes des murs et toits de chacun des niveaux réservoir visé,
- La porosité, perméabilité des niveaux réservoir,
- La température, la pression de fond.

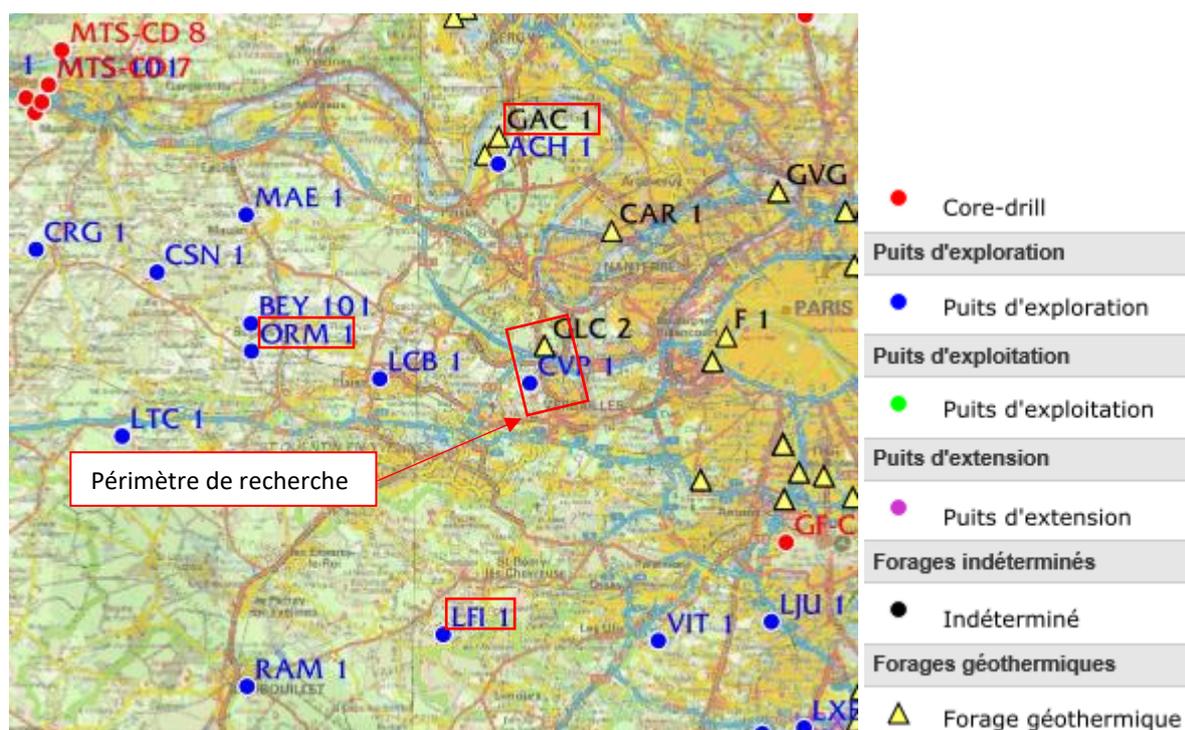


Figure 32 – Extrait de la base de données Minergies (les ouvrages entourés en rouge ont traversé le Trias)

5.2.1.2. Exploitation du retour d'expérience du projet Bobigny-Drancy

La réflexion qui sera développée au sujet du Trias bénéficiera du retour d'expérience acquis à l'occasion du forage visant cette cible au niveau de Bobigny, et programmé pour le début d'année 2020.

5.2.2. Axe n°2 : Réinterprétation des données sismiques existantes

Plusieurs lignes sismiques pourront être acquises dans la zone d'intérêt pour imager convenablement le Dogger et le Trias. Elles passent de plus à proximité immédiate des forages de référence.

A ce titre :

- Pour le Dogger : La Figure 33 montre les lignes sismiques présentant potentiellement un intérêt et sont récapitulées dans le Tableau 3.
- Pour le Trias : La Figure 34 montre les lignes sismiques présentant potentiellement un intérêt et sont récapitulées dans le Tableau 4.

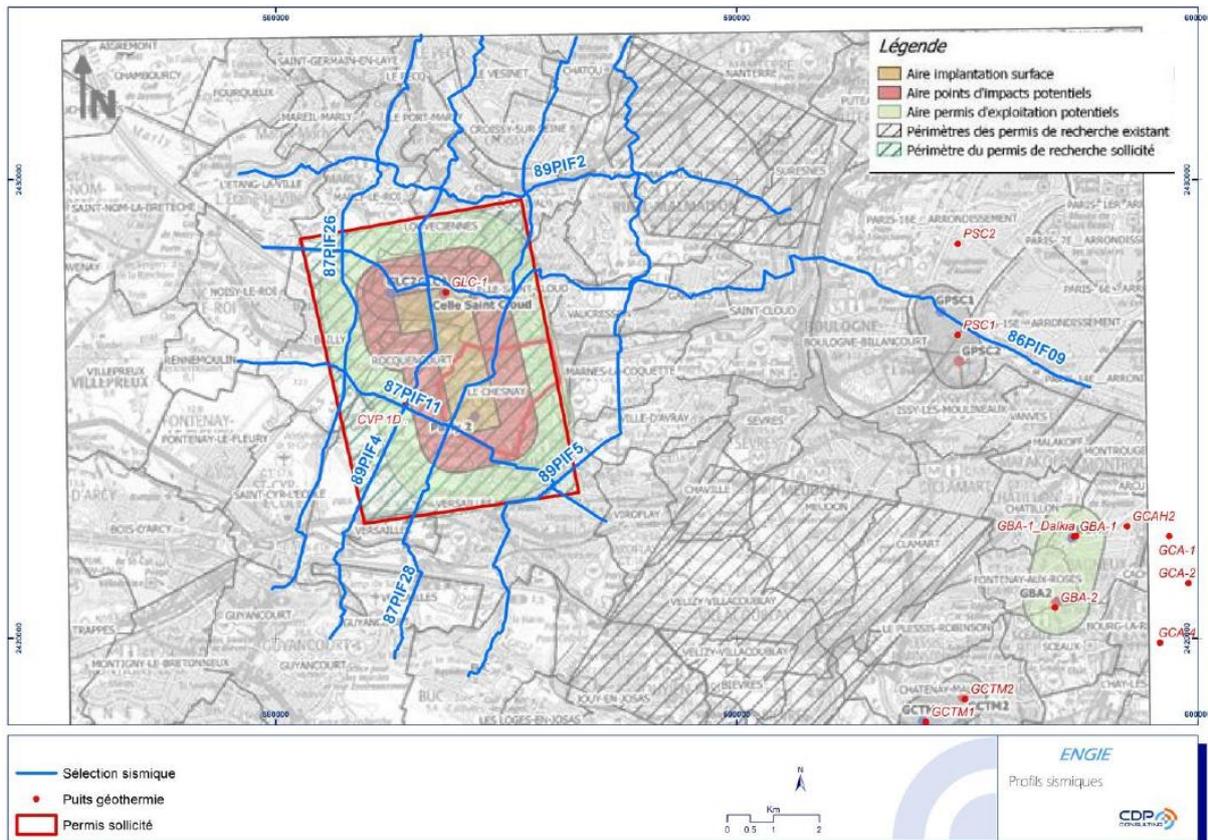


Figure 33 – Plan des lignes potentiellement sélectionnées pour l'étude du Dogger

Tableau 3 – Récapitulatif des lignes sismiques sélectionnables pour l'imagerie Dogger

Numéro	Ligne	Longueur totale des lignes (km)	Longueur sélectionnée pour le retraitement sismique (km)
14-0642	87PIF11	9	9
14-0642	87PIF26	25	14
14-0642	87PIF28	35	15
14-0750	89PIF2	14	14
14-0750	89PIF4	33	15
14-0750	89PIF5	45	18
14-0621	86PIF09	46	21
Total		207	106

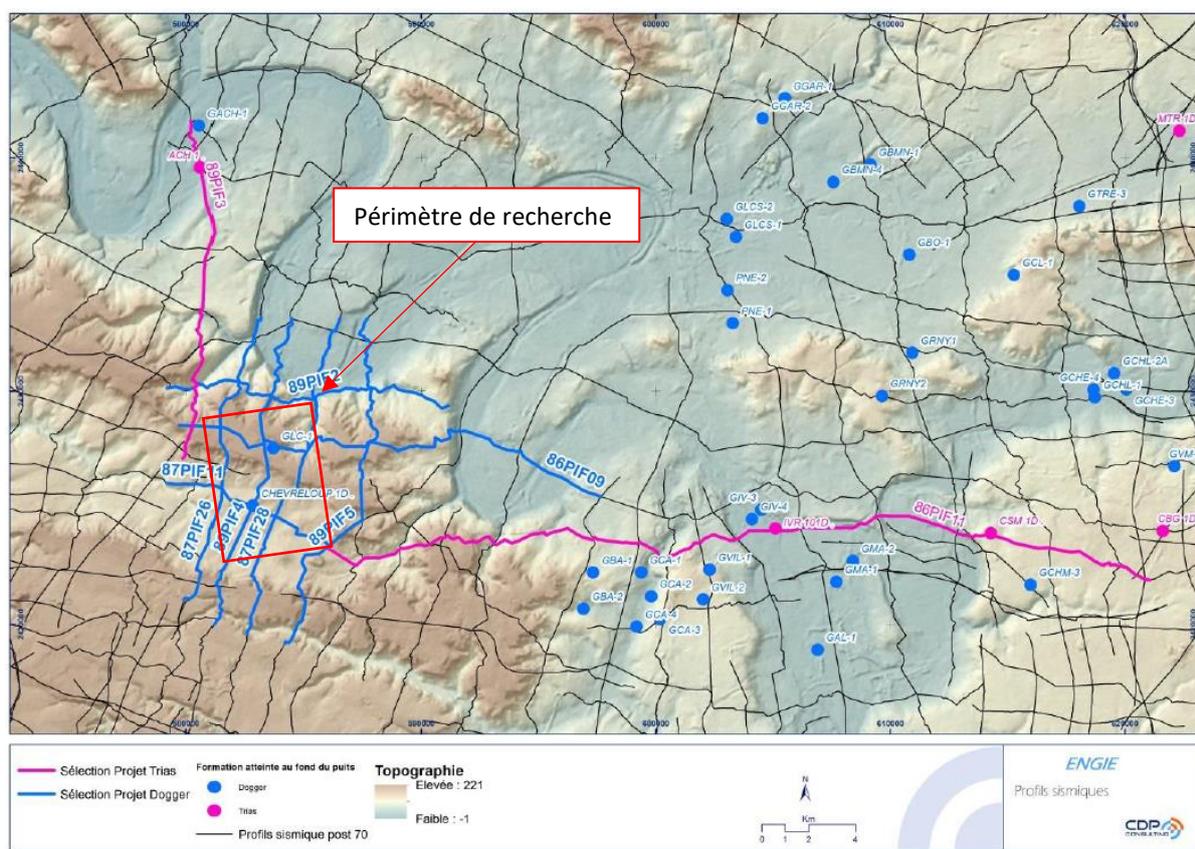


Figure 34 – Plan des lignes potentiellement sélectionnées pour l'étude du Trias

Tableau 4 – Récapitulatif des lignes sismiques sélectionnables pour l'imagerie Trias

Numéro	Ligne	Longueur totale des lignes (km)	Longueur sélectionnée pour le retraitement sismique (km)
14-0621	86PIF11	39	39
14-0750	89PIF3	16	16
Total		55	55

Le programme de travail associé consistera donc à :

- Déstocker les données correspondantes et contrôler les paramètres d'acquisition,
- Procéder à un traitement des données, et pour cela, construire un modèle de corrections statiques pour les formations tertiaires,
- Interpréter les profils sismiques :
 - o En recouvrant les puits pétroliers et géothermiques (intégration des profils de déviation, de la géologie des puits et des diagraphies « sonic » en particulier),
 - o En pointant les principaux réflecteurs en temps le long des profils (toit du Portlandien, toit du Dogger, toit de l'Aalénien, toit du Keuper),
 - o En pointant les principales failles,
 - o En construisant des cartes structurales (réalisation de conversions temps/profondeur),
 - o En essayant d'établir des corrélations entre les différents facies aux puits, et les profils sismiques,

- En construisant des lignes composites reliant les puits de référence aux zones d'intérêt.

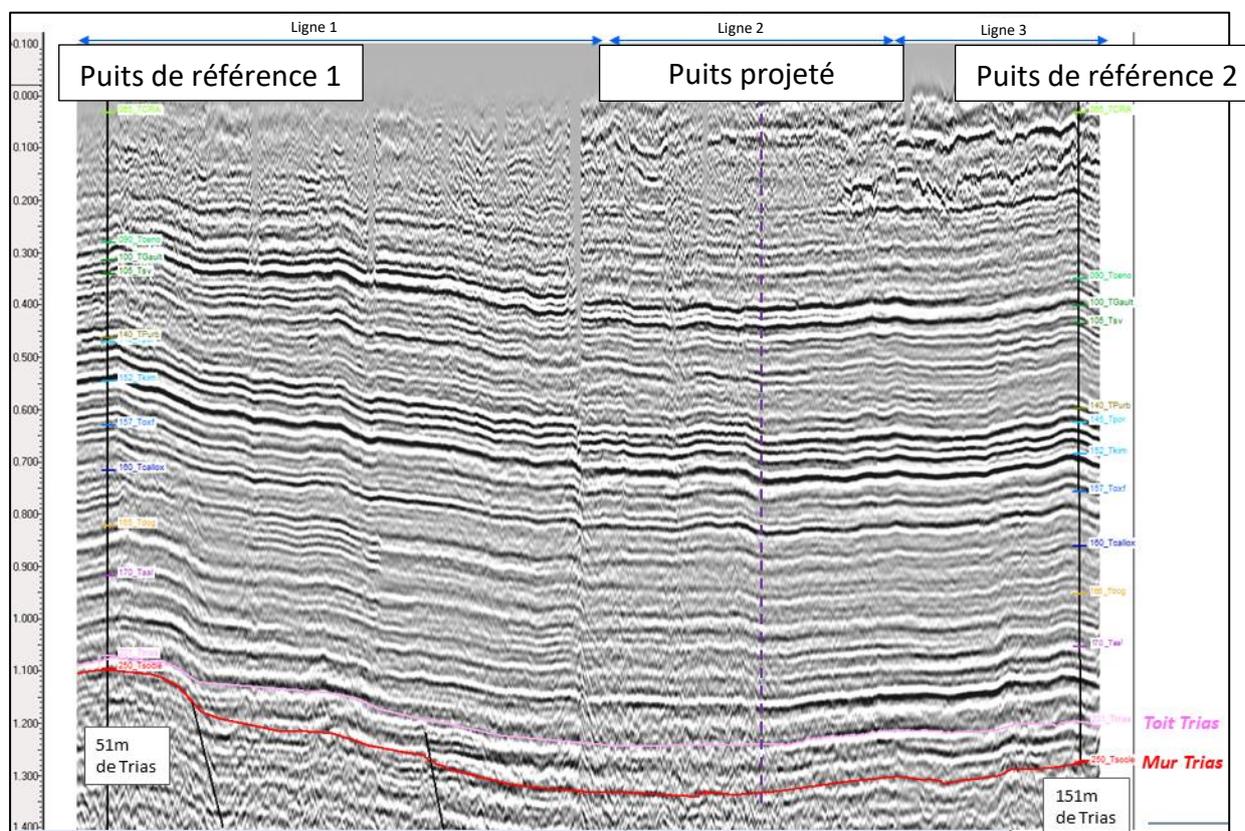


Figure 35 – Exemple de profils sismiques interprétés dans le bassin parisien

La conclusion de ce travail sur la ressource prendra la forme de nouvelles cartes du secteur, renseignant la profondeur du toit, l'épaisseur, la température, la pression, et la transmissivité des deux horizons visés.

Elles conduiront la réflexion sur l'objectif à privilégier et sur les trajectoires à donner aux forages pour maximiser les chances de réussite.

Il est à noter que les cartes de ce type disponibles à ce jour ont été construites à une échelle régionale, souvent à partir exclusivement de méthodes géostatistiques, n'intégrant pas tous les forages pétroliers, ni les données structurales existantes. A l'échelle du périmètre de recherche, elles peuvent ainsi conduire à des conclusions erronées.

5.2.3. Axe n°3 : Modélisation de réservoir et géochimie

Le principe de fonctionnement d'un doublet de géothermie, avec un puits de production d'eau chaude et un puits de réinjection des eaux refroidies, implique d'organiser une gestion raisonnée des aquifères, afin d'optimiser leur exploitation thermique et d'éviter les conflits d'usage. La mise en place de cette gestion suppose pour les autorités qui en ont la charge de disposer d'outil d'anticipation, permettant d'évaluer les impacts de nouvelles installations sur les installations existantes et sur la globalité de l'aquifère exploité.

Il faut garder à l'esprit, que si la géothermie est une ressource renouvelable, elle est épuisable à l'échelle « humaine ».

En effet, la renouvelabilité de la ressource fait appel à des processus de transferts conductifs (flux géothermique) et convectifs (frontières de plaques, points chauds). Une surexploitation anarchique conduit à un épuisement prématuré de la ressource. Un mode d'exploitation durable constitue donc un compromis raisonnable et réaliste, en sécurisant une durée de vie de minimum 30 ans.

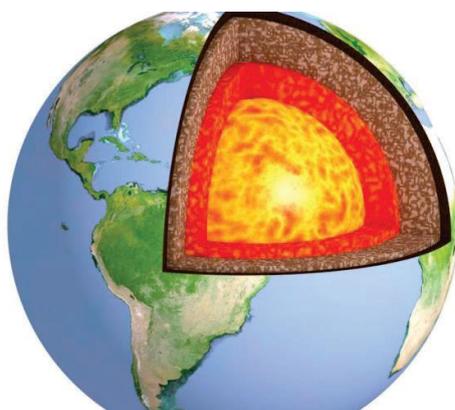


Figure 36 – Origine de la chaleur géothermale

Ainsi en géothermie basse énergie, il est d'usage de modéliser les cinétiques de refroidissement d'une exploitation sur 30 ans, ainsi que les interférences hydrauliques qui pourraient être générées à débit maximal, au sein du doublet lui-même et avec les éventuels doublets environnants.

5.2.3.1. Modélisation géochimique

Le risque de précipitation de minéraux sera approché à l'aide du modèle géochimique PHREEQC (diffusé par l'US Geological Survey) qui est fondé sur la thermodynamique des réactions en solution. L'utilisation des résultats obtenus est à mener avec précautions dans la mesure où une réaction prévue d'un point de vue thermodynamique peut ne pas se produire si sa cinétique est très lente.

D'après Rojas et al. (1989), la plupart des composés de l'eau du Dogger sont en équilibre avec un minéral (calcédoine pour la silice, pyrite pour les sulfures, calcite pour le calcium, dolomite pour le magnésium, sidérite pour le fer).

Des indices de saturation positifs indiquent une sursaturation du minéral concerné, qui est susceptible de précipiter si les conditions le permettent. Un indice de saturation positif indique un risque de précipitation.

Il s'agira de valider la possibilité d'injection **d'eau à 25°C dans le DOGGER et/ou le TRIAS** afin de maximiser la puissance calorifique extraite.

5.2.3.2. Modélisation hydrogéologique

Le modèle de calcul qui sera utilisé est construit avec le logiciel MARTHE, 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 « écosais » (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 hydrodispersif et thermique en régime permanent et en régime transitoire.

Le modèle conceptuel a été élaboré à partir des données géologiques, hydrogéologiques issues des rapports des doublets au Dogger présent sur la zone d'étude et sur le rapport du BRGM n°R-59591 (Pratiques de modélisation hydraulique et thermiques pour des exploitations géothermiques au Dogger dans la Région Parisienne) et le rapport RP60399-FR (Gestion de ma ressource géothermique du Dogger de la région Ile-de-France (2011)). Le maillage général adopté sur l'ensemble de la zone d'étude majorée de 5km et un maillage carré de 50 mètres de côté

Les scénarios de simulation en hydraulique seront effectués en ne considérant que le seul doublet en fonctionnement puis avec un potentiel second doublet, permettant ainsi de mesurer l'impact de l'installation sur les autres doublets en fonctionnement et projetés dans le secteur.

Les scénarios de simulation en thermique seront effectués en ne considérant qu'un seul doublet en fonctionnement puis avec un éventuel second doublet, permettant ainsi de mesurer l'impact de l'installation sur les autres doublets en fonctionnement et projetés dans le secteur au bout de 30 ans.

5.2.4. Axe n°4 : Ingénierie de forage

Le projet de géothermie est marqué par un contexte géologique offrant très certainement des niveaux de transmissivité (capacité des aquifères à permettre des débits élevés) relativement bas par rapport aux besoins énergétiques à traiter en surface.

Une transmissivité au Dogger de 15 D.m (proche de la valeur constatée pour le doublet de La Celle Saint-Cloud) ne permet pas d'imaginer produire des débits supérieurs à 250 m³/h avec des ouvrages conventionnels (alors que les nouveaux doublets au Dogger créés au cours des dix dernières années traitent généralement jusqu'à 350 m³/h).

C'est pourquoi il sera nécessaire d'intégrer une réflexion sur l'architecture des forages. Différentes pistes seront étudiées pour améliorer la productivité des ouvrages et sont présentées ci-dessous.

5.2.4.1. Trajectoire subhorizontale dans le réservoir

L'aquifère captif du Dogger comprend en moyenne 15 mètres productifs en cumulé. Avec une trajectoire subhorizontale (inclinaison du forage jusqu'à 80-85°), la longueur de forage qui recoupe ces niveaux productifs se trouve grandement augmentée.

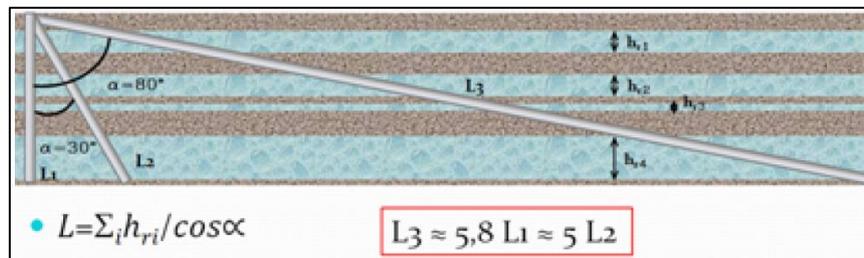


Figure 37 – Longueur productrice forcée en fonction de l'inclinaison du forage (Source : Ungemach et al., 2016) : augmentation d'un facteur 5 entre une trajectoire avec 30° d'inclinaison, et une trajectoire à 80°

Une telle solution contraint fortement la trajectoire de l'ouvrage puisque la prise d'angle qui débute habituellement dans le Crétacé, est différée de manière à ce que l'inclinaison du dernier casing cimenté au toit de l'aquifère corresponde à l'inclinaison de la phase forage dans le réservoir.

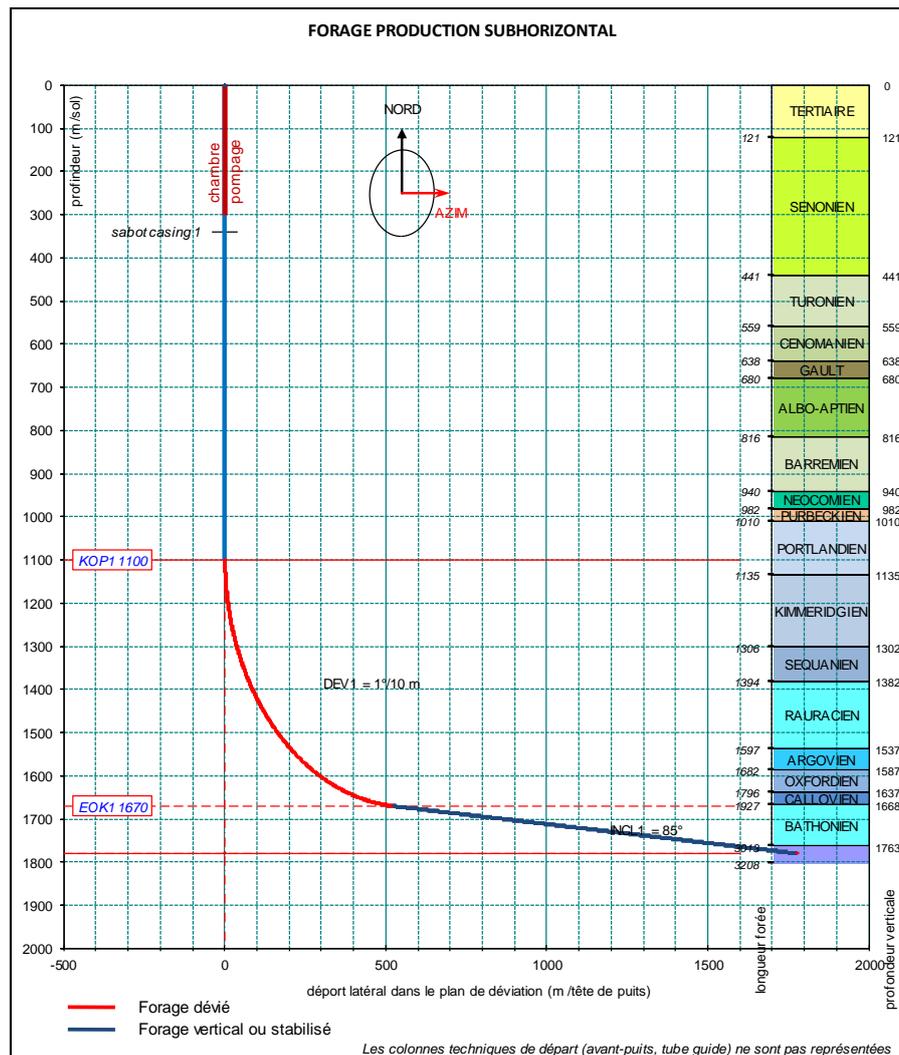


Figure 38 – Exemple de trajectoire pour un forage de production subhorizontal

Les longueurs de forage associées s'en trouvent augmentées d'environ 1 000 m par ouvrage. La tenue mécanique du découvert peut nécessiter la mise en place d'un liner là où la production se fait habituellement en trou nu.

L'inclinaison améliore les écoulements aux abords du puits. Cette amélioration se traduit par un skin d'inclinaison négatif. L'influence de l'anisotropie de perméabilité (k_v/k_h , rapport de la perméabilité verticale sur la perméabilité horizontale) sur ce dernier est très forte.

Il a été évalué à partir de différentes méthodes :

Facteur de skin d'inclinaison	Angle d'inclinaison	$k_v/k_h = 0,1$	$K_v/k_h = 1$
H. Cinco et al. – cité dans Bourdarot (Technip)	75°	-2	-3,71
Rogers & Economides (1996) – implanté dans DoubletCalc (TNO)	75°	-1,67	-5,06
Rogers & Economides (1996) – implanté dans DoubletCalc (TNO)	85°	-2	-6,07

Tableau 5 – Estimation du facteur de skin d'inclinaison pour un ouvrage sub-horizontale

L'anisotropie de perméabilité dans le cas du Dogger est mal connue. Pour des formations sédimentaires, une valeur de $k_v/k_h = 0,1$ est assez usuelle. C'est pourquoi il est proposé de retenir un skin d'inclinaison de l'ordre de -3. Avec cette hypothèse, pour un réservoir d'une transmissivité de 10 D.m, l'indice de productivité passe de 6 m³/h/bar (valeur peu compatible avec un débit de 300 m³/h) à 10 m³/h/bar (valeur compatible avec un débit de 300 m³/h).

5.2.4.2. Radial jetting / Perforation par jet radial

La technique de perforation par jet radial consiste à créer dans le réservoir des forages latéraux de petits diamètres jusqu'à 100m de long, depuis le forage central. Ce travail est effectué à l'aide d'une unité de coiled tubing.

La procédure de réalisation est la suivante :

- Descente d'un sabot déviateur à la profondeur requise par un appareil de work-over,
- Descente dans le puits d'un mini coil de 1/2'' muni d'un jet sous pression pour traverser jusqu'à 100 m de formation.

Les perforations horizontales peuvent ainsi être répétées dans le réservoir, afin d'améliorer la productivité initiale.

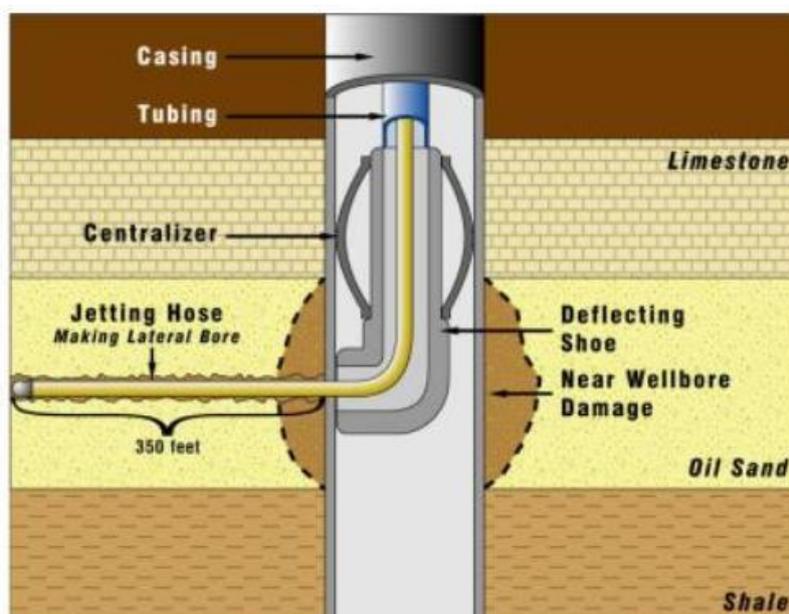


Figure 39 – Illustration de la procédure d'un radial jetting



Figure 40 – Mise en œuvre du procédé Raddial Drilling pour la production d'huile à partir du Dogger dans le bassin parisien (opération Lundin 2013)

A ce jour, peu ou pas de tentatives d'application de ce procédé dans un contexte géothermique existent. Cette solution va être testée pour la géothermie dans le cadre d'un projet européen Horizon 2020.

Cette solution est potentiellement très intéressante car elle fait intervenir des équipements relativement légers (unité de coiled tubing), est rapide à mettre en œuvre et donc relativement peu coûteuse.

Cependant, les cas de référence en géothermie n'existent pas. Les gains potentiels ne sont alors appréhendés qu'à travers des modèles théoriques.

5.2.4.3. Puits multi-drains

La mise en place de puits de production multi-drains est pratiquée dans le domaine pétrolier depuis une trentaine d'années. La Figure 41 rend compte d'un puits multi-drains à deux branches et les écoulements associés.

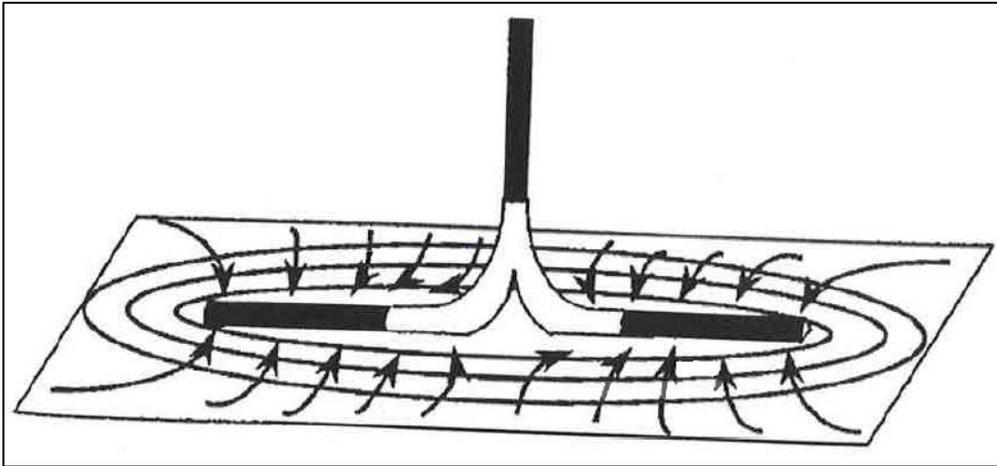


Figure 41 – Représentation des écoulements pour un puits multi-drains à deux jambes (Hill et al., 2008)

Pour ce type de puits, l'objectif est de diminuer le plus possible l'influence d'une branche sur une autre. La procédure associée à la réalisation de ce type de puits s'apparente à la réalisation de sidetracks et comprend (Figure 42) :

- Le forage dirigé d'une première branche à travers le réservoir,
- La mise en place d'un whipstock avec contrôle de son orientation au toit du Dogger,
- Le forage dirigé d'une deuxième branche à travers le réservoir,
- Le dégerbage du whipstock,
- L'acidification du réservoir et une phase de test complète.

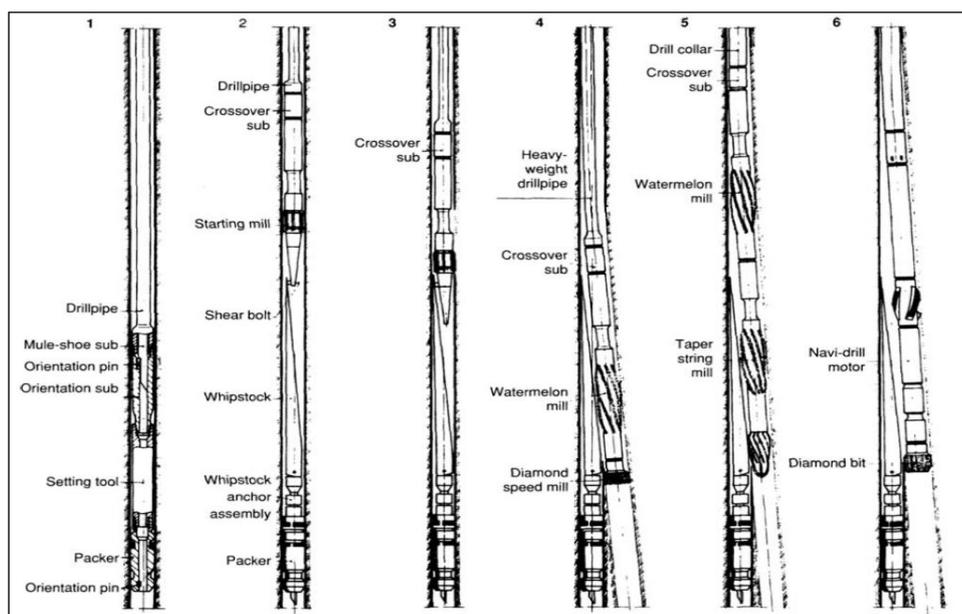


Figure 42 – Opération de sidetrack avec whipstock (source : Eastman Christensen)

La figure suivante présente un exemple de trajectoire pouvant permettre la réalisation de trois drains dans le réservoir du Dogger.

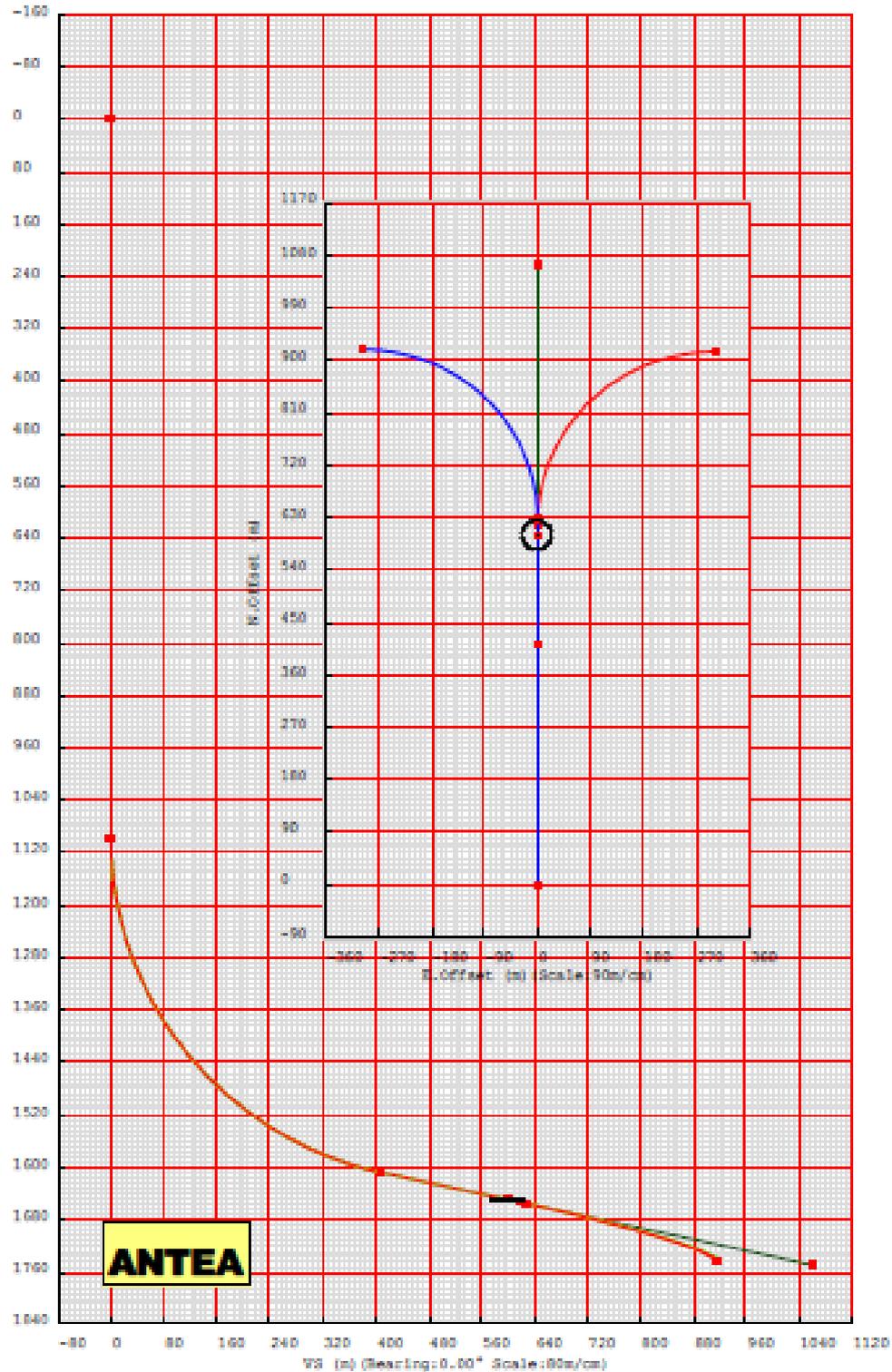


Figure 43 – Exemple de trajectoires conduisant à la réalisation de trois drains (source : Weatherford)

5.2.4.4. Nature des tubages et choix des diamètres

Une autre dimension de la réflexion portera sur la nature des tubages à mettre en œuvre (tubages acier ou tubages composites), ainsi que sur les diamètres à retenir (en prévision des débits à traiter, et en vue de ménager des possibilités de rechemisage).

Une possibilité peut consister à associer une colonne de production en matériau composite suspendue à l'intérieur d'un tubage de soutènement en acier avec, entre les deux colonnes, un annulaire libre rempli par un fluide passivant (cf. figure suivante).

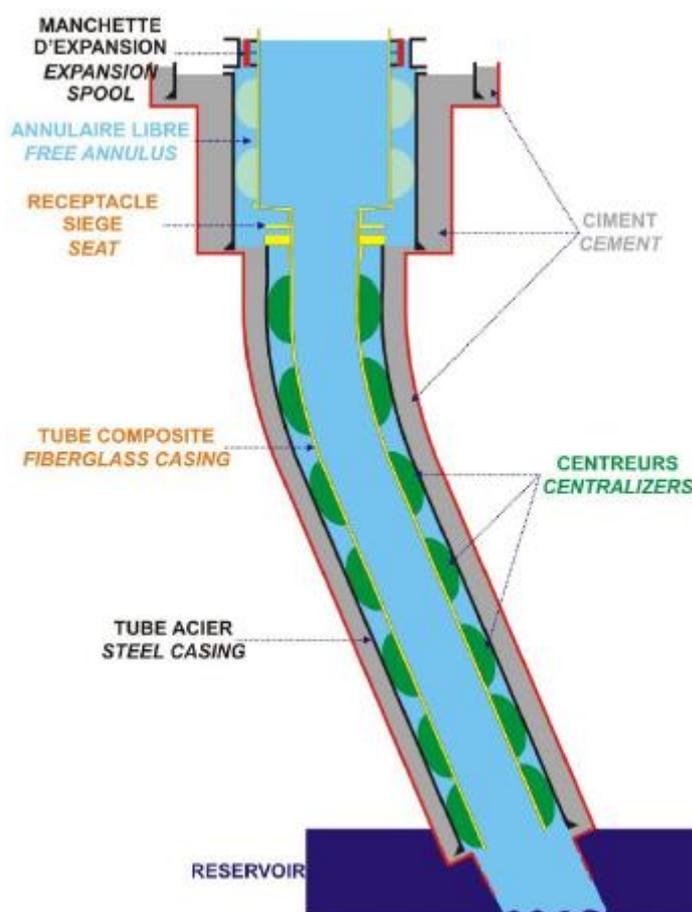


Figure 44 – Schéma conceptuel du puits anti-corrosion (source : GPC IP)

Dans ce cas, le fluide géothermal produit n'est plus directement en contact avec un matériau sensible à la corrosion ce qui contribue grandement à la pérennité de l'ouvrage. Les coûts de maintenance sont en principe inférieurs à ceux d'un ouvrage conventionnel car il n'y a notamment pas de produit inhibiteur de corrosion à injecter en cours d'exploitation.

5.2.4.5. Solution technique de repli au Dogger en cas de tentative au Trias

Il est vraisemblable que même à l'issue des travaux de caractérisation prévisionnelle des aquifères, il subsiste de fortes incertitudes sur la productivité du Trias. Aussi, si cet objectif devait être retenu, faudrait-il avoir ménagé une solution de repli au Dogger : en cas de résultats décevants au Trias, le projet pourrait être tout de même sauvé par une exploitation du Dogger.

Les solutions techniques pour mener un tel repli devront donc être étudiées.

Plusieurs catégories de solutions existent :

- Cimenter l'ouvrage au droit du Trias, et créer des perforations dans le tubage acier placé et cimenté préalablement au droit du Dogger (cette solution peut s'avérer insuffisante notamment si au cours de la cimentation en question, le laitier a envahi la formation),
- Ouvrir une fenêtre dans le casing au droit du Dogger,

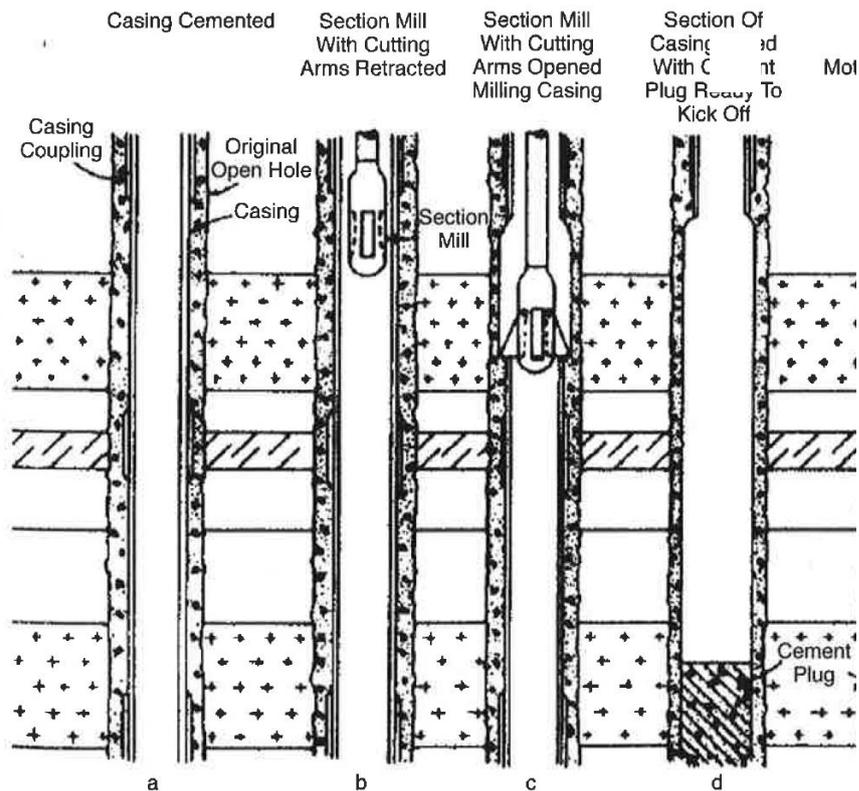


Figure 45 - Etapes de création d'une fenêtre au niveau du réservoir (tiré de *Multilateral Wells* - A.D. Hill, Ding Zhu et Micheal J. Economides - SPE)

- Réaliser un short radius : pour le cas où le débit du Dogger serait insuffisant après réalisation d'une fenêtre et acidification, il pourrait être envisagé de réaliser un « short radius » au niveau de la fenêtre créée afin de capter les niveaux producteurs loin des zones cimentées. Cette technique consiste à prendre rapidement une inclinaison importante (jusqu'à 90° en 20 m forés).

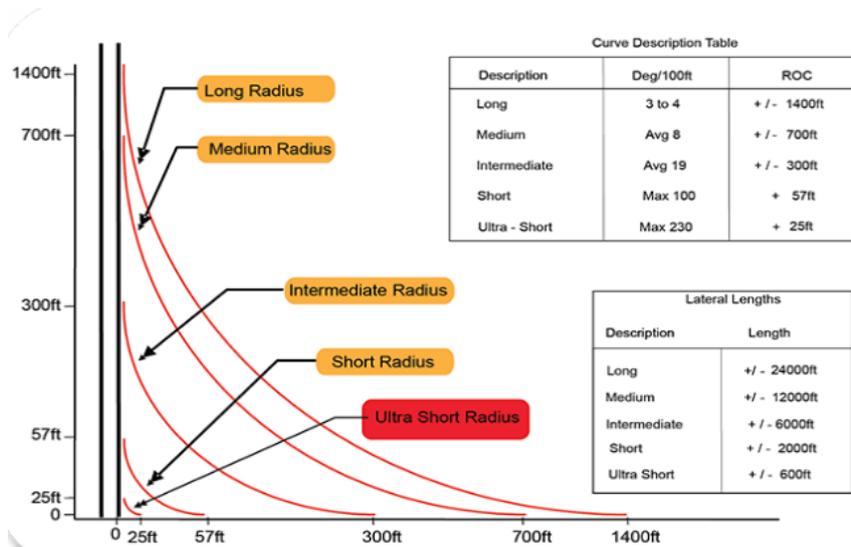


Figure 46 - Différentes catégories de trajectoires (d'après USR Drilling Services)

Le principal intérêt de cette solution, outre sa rapidité de réalisation serait, à la différence d'un sidetrack, de ne pas impliquer de réduction de diamètre du tubage de production.

- Réaliser un sidetrack. La procédure associée comprendrait :
 - La cimentation du short radius,
 - La mise en place d'un Whipstock,
 - Le fraisage du tubage couvrant le Dogger,
 - Le forage jusqu'au toit du réservoir,
 - La suspension puis la cimentation d'un liner ou d'un expandable liner,
 - Le forage du réservoir,
 - L'acidification du réservoir et une phase de test complète.

En synthèse, ce travail d'ingénierie de forage devra donc faire ressortir la solution optimale pour répondre aux besoins en surface, en tenant compte des spécificités du sous-sol au droit du périmètre de recherche.

5.2.5. Axe n°5 : Sélection d'un site de forage et Rédaction du DOTEX

La recherche de site de forage esquissée dans le présent document devra être complétée en intégrant les progressions de la réflexion sur les modalités de production et de distribution de chaleur en surface, les contraintes environnementales et réglementaires, et les contraintes en termes de maîtrise foncière.

Dans la mesure du possible, les sites présentant l'altitude la plus basse seront privilégiés afin de maximiser le débit possible en production.

La rédaction du DOTEX (Dossier de Demande d'Ouverture de travaux de forage et d'exploitation) interviendra après validation de l'ensemble des volets du programme de recherche (économique, géoscience, énergétique et environnement). Il est soumis à l'acquisition ou la mise à disposition du terrain retenue en phase étude et la validation des résultats par les collectivités concernées.

5.3. Budget prévisionnel et financement du Programme

Le Budget d'étude prévu pour ce projet s'établit à 450 k€ sur la durée du titre. Le programme comprend des études internes et externes ainsi qu'un plan de rencontre mais ne prévoit aucuns travaux ni impacts sur l'environnement. **L'ensemble des coûts de développement du projet seront portés par ENGIE sur la durée du Titre sollicité.**

Il se décompose en quatre grandes thématiques (géosciences, énergétique, environnementale, juridiques & financières) qui permettent d'étudier et valider l'ensemble des contraintes avant de décider la réalisation des forages qui seront précédés d'une demande d'autorisation de travaux exploratoires (DOTEX). En effet, afin de valider la réalisation du projet géothermique, plusieurs points sont à préciser en référence au **Décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie** ; ainsi qu'au Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers.

Une synthèse des travaux d'études réalisés et à venir ainsi que les justificatifs des dépenses internes et externes engagées par ENGIE Réseaux seront présentés au service de la préfecture en charge du suivi de l'autorisation de recherche en début de chaque année pour la durée accordée.

5.3.1. Programme Etude Sous-sol (cf. chapitre 5.2)

La description des travaux du Volet 1 « Géosciences » du Programme de recherche est décrit en chapitre 5.2. Il représente un budget estimé supérieur à 190 k€

Les références réglementaires de son contenu sont rappelées ci-après :

1. Etudes géologiques et horizons producteurs (cf. § 5.2.1)

Extrait Décret n°78-498 Art4

1° L'emplacement, l'utilisation, la profondeur et les autres caractéristiques de chacun des forages ;

2° L'horizon géologique dans lequel doivent s'effectuer les captages et, le cas échéant, les réinjections ;

Extrait Décret n°78-498 Art3

5° S'il est demandé un périmètre de protection et quelles sont les limites et les justifications de ce périmètre ;

2. Conception des forages et programme des travaux (cf. § 5.2.4)

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

2° Un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus avec les documents, plans et coupes nécessaires et, lorsqu'il y a lieu, leur décomposition en tranches ;

3. Solutions de repli et d'abandon (cf. § 5.2.4.5)

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

5° Le document de sécurité et de santé prévu à l'article 28 ;

6° Un document indiquant, à titre prévisionnel, en vue de l'application des dispositions des articles L. 163-1 et suivants du code minier, les conditions de l'arrêt des travaux ainsi que l'estimation de son coût ;

8° Les dispositions mises en œuvre pour la fermeture définitive d'un sondage ou d'un puits ainsi que le schéma de fermeture ;

5.3.2. Programme Etude Energie Surface (cf. chapitre 3)

En synthèse, ce travail d'ingénierie énergétique devra faire ressortir la solution optimale de fourniture, en tenant compte des spécificités du sous-sol au droit du périmètre de recherche

Il représente un budget estimé supérieur à 80 k€ d'études internes et externes.

Les références réglementaires de son contenu sont rappelées ci-après :

1. Conception du réseau de chaleur et potentiel client

Extrait Décret n°78-498 Art3

4° le cas échéant, le programme et l'échelonnement des travaux et des perspectives d'utilisation des thermies extraites ;

2. Adéquation ressources géologique et besoins énergétiques

Extrait Décret n°78-498 Art4

3-le débit calorifique dont l'extraction est envisagée et, le cas échéant, les débits instantanés maximaux et les volumes journaliers maximaux d'eau qui doivent circuler dans les forages ainsi que l'utilisation de l'eau et de la chaleur.

Extrait Décret n°78-498 Art3

8° les volumes d'exploitation et éventuellement les périmètres de protection que le pétitionnaire envisage de solliciter dans une demande ultérieure de permis d'exploitation.

3. La conception de la boucle géothermale

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

3° Un exposé relatif, selon le cas, aux méthodes de recherches ou **d'exploitation envisagées** ;

Extrait Décret n°78-498 Art3

6° tous renseignements utiles sur les dispositions prévues pour **l'exécution, l'entretien et le contrôle des ouvrages**, notamment en vue de la conservation et de la protection des eaux souterraines ;

5.3.3. Programme Etudes environnement

En synthèse, le travail environnemental et de rencontre des parties prenantes il devra faire ressortir la solution optimale d'emplacement des travaux. Il s'attachera à réduire ou annuler toutes nuisances potentielles des travaux et de l'exploitation d'une centrale géothermique au droit du périmètre de recherche notamment vis-à-vis des riverains mais également de la ressource en eau.

Ce Volet du Programme de Recherche représente un budget estimé à 60 k€ d'études internes et externes.

Les références réglementaires de son contenu sont rappelées ci-après :

1. Implantation des forages

Extrait Décret n°78-498 Art3

1° **L'emplacement**, l'utilisation, la profondeur et les autres caractéristiques de chacun des forages ;

1. Sécurité des ouvrages et réduction des nuisances environnementales des travaux

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

8° Un document exposant la compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique ;

2. Etudes d'impacts environnementales

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

4° L'étude d'impact définie à l'article R. 122-5 du code de l'environnement. Pour les injections de gaz naturel ou de gaz de pétrole liquéfié (GPL) en nappe aquifère contenant ou en contact avec de l'eau potable ou qui peut être rendue potable, l'étude d'impact doit, notamment, démontrer que l'injection est effectuée de manière à éviter tout risque présent ou futur de détérioration de la qualité des eaux souterraines concernées ;

Extrait Décret n°78-498 Art 7

Pour les autres forages, l'étude d'impact est présentée avec la déclaration d'ouverture des travaux. L'étude d'impact inclut les renseignements mentionnés aux 6° et 7° de l'article 3 du présent décret et les complète en tant que de besoin.

3. Analyse des impacts sur les ressources en eaux

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

7° Un document indiquant les incidences des travaux sur la ressource en eau et, le cas échéant, les mesures compensatoires envisagées ainsi que la compatibilité du projet avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux mentionné à l'article L. 212-1 du code de l'environnement et, au besoin, la compatibilité du projet avec le document stratégique de façade ou le document stratégique de bassin maritime mentionné aux articles L. 219-3 et suivants du code de l'environnement et avec les objectifs environnementaux du plan d'action pour le milieu marin prévu à l'article L. 219-9 du code de l'environnement ;

Extrait Décret n°78-498 Art3

7° l'importance, la nature et les caractéristiques des éventuels déversements et écoulements susceptibles de compromettre la qualité des eaux et les dispositions prévues pour éviter une altération de cette qualité.

5.3.4. Programme Juridique et Financier

La description des travaux du Volet 4 « Juridique et financier » du programme de recherche figure au chapitre 2.2.4.

En synthèse, le travail devra faire ressortir le montage de SAS-LTE optimal pour l'ensemble des parties prenantes au projet Il s'attachera à optimiser les tarifs de fournitures d'énergie géothermale dans la durée afin de rendre un service de production de chaleur peu sensible aux fluctuations du marché des énergies fossiles.

Ce Volet du Programme de Recherche représente un budget estimé à 115 k€ d'études internes et de coûts externes, notamment pour la création de la société projet.

Les références réglementaires de son contenu sont rappelées ci-après :

1. Etude Juridique (cf. § 0)

Extrait Décret n°78-498 Art 15

II. - Les demandes de prolongation ou de fusion de permis d'exploitation, les demandes en autorisation de mutation ou d'amodiation et les demandes en acceptation de renonciation à des autorisations de recherches et à des permis d'exploitation doivent contenir les indications, engagements et documents définis aux articles 3 à 6 nécessaires à leur instruction.

Extrait Décret n°78-498 Art3

1° les nom, prénoms, qualité, nationalité et domicile du demandeur, ou, si la demande émane d'une personne morale de droit public ou de droit privé, sa nature, son siège, sa nationalité, son objet et les noms, prénoms et qualités du ou des représentants habilités auprès de l'Administration, **ainsi que, le cas échéant, l'identité des actionnaires connus du demandeur comme détenant plus de 10 % du capital social ;**

2. Montage Financier (cf. § 2.2.2 et 2.2.3)

Extrait Décret n°78-498 Art3

2° la justification des capacités techniques et financières du demandeur ;

Extrait Décret n°2006-649 Art 6

6° Un document indiquant, à titre prévisionnel, en vue de l'application des dispositions des articles L. 163-1 et suivants du code minier, les conditions de l'arrêt des travaux ainsi que l'estimation de son coût ;

5.3.5. Mise en cohérence des engagements financiers et du programme de recherche

Afin de faciliter le suivi des dépenses effectuées, nous souhaitons détailler les engagements financiers pour chaque thématique décrite ci-avant aussi bien sur les dépenses internes qu'externes :

- Programme d'Etudes techniques Sous-Sol,
- Programme d'Etudes Energie Surface,
- Programme d'Etudes impacts Environnementaux,
- Programme d'Etudes Juridique et financier.

5.3.6. Synthèse du budget prévisionnel

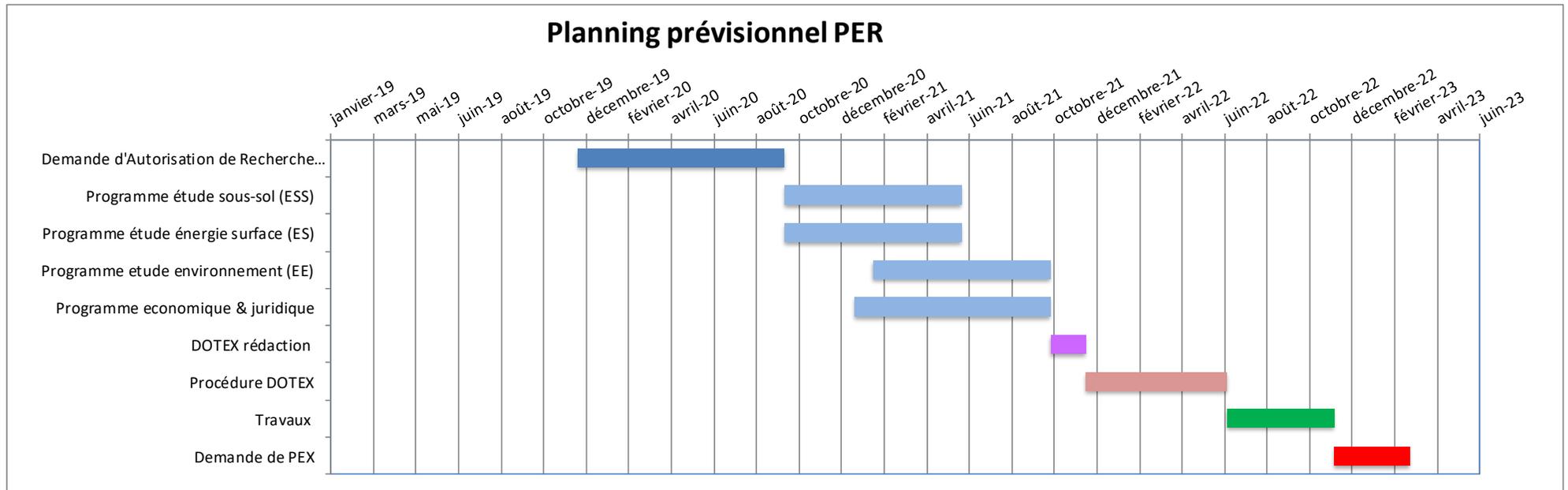
Le budget à mobiliser pour la phase recherche est de 450 k€ environ, détaillés dans le tableau ci-dessous, dont plus de 190 k€ focalisés sur la recherche « sous-sol » (1. Programme Etude Sous-sol) :

Engagement financier du demandeur	Coûts prévisionnels (études internes)	Coûts prévisionnels (sous-traitance)
Justifications techniques ARBT		
Pré faisabilité Géothermie (déjà réalisée)	10	20
1. Programme Etude Sous-Sol (ESS)		
Axe 1 : Connaissance Géologique et RETEX	5	26
Axe 2 : Retraitement Lignes Sismiques Anciennes	2	95
Axe 3 : Modélisation du réservoir	1	10
Axe 4 : Architecture puits	5	27
Axe 5 : Rédaction DOTEX	5	15
Sous-total sous-sol	18	173
2. Programme Etude Energie Surface (ES)		
Axe 1: Définition des besoins énergétique et des Clients	25	-
Axe 2: Modélisation d'un réseau de chaleur & Appoint	10	25
Axe 3: Adéquation ressources et besoins	5	2
Axe 4: Etude sur la conception de la boucle géothermale	5	5
Sous-total surface	45	32
3. Programme Etudes Environnement (EE)		
Axe 1: Implantation du site yc Etudes foncières terrain	10	16
Axe 2 : Acceptabilité et plan de rencontre	10	1
Axe 3 : Etude d' Impacts sur l'Environnement	3	12
Axe 4 : Santé et sécurité du Chantier	4	1
Sous-total environnement	27	30
4. Programme Juridique et Financier		
Axe 1: Etude juridique	20	20
Axe 2: Optimisation économique & financière	50	
Axe 3: Création de la société Production ENR	10	15
Sous-total juridique et financier	80	35
Total interne et externe en k€	180	270
TOTAL Global en k€	450	
TOTAL Recherche sous-sol en k€	191	
Coûts déjà engagés en 2018 en k€	30	

Figure 47 – Estimation des montants à engager en phase de recherche

5.4. Planning prévisionnel

Les travaux de recherche pourraient s'ordonner, et déboucher sur des travaux suivant le calendrier sommaire suivant :



6. Analyse de l'état initial du périmètre de recherche

Ce rapport correspond à une demande d'autorisation exclusive de recherche (PER), il ne permet pas la réalisation de travaux et n'a donc pas d'impact sur l'environnement.

Lorsqu'une demande d'ouverture de travaux d'exploitation (DOTEX) est déposée, elle doit être conforme au décret 2016 – 1304 du 4 octobre 2016 et doit comporter **une étude d'impact suivant le décret n°2011-2019 du 29 Décembre 2011 portant sur l'article R122-5 du code de l'environnement.**

Cependant, une analyse de l'état initial a été réalisée pour comprendre les enjeux environnementaux d'un projet de ce type pour les communes concernées par la demande d'autorisation. Le contenu de l'état initial respectera les paragraphes 3 et 4 de l'article R122-5-II du code de l'environnement cités ci-dessous :

- 3° Une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement, dénommée "scénario de référence", et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport au scénario de référence peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;
- 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 ;

6.1. Description de l'environnement du périmètre de recherche sollicité

D'une superficie d'environ 28 km², le périmètre de recherche dit « Grand Parc Nord » concerne uniquement le département des Yvelines (78) et couvre totalement ou pour partie les communes de :

- Le Chesnay ;
- Rocquencourt ;
- La Celle Saint-Cloud ;
- Bougival ;
- Louveciennes ;
- , Marly-le-Roi ;
- Bailly ;
- Versailles.

6.2. Relief et topographie

Le périmètre de recherche se situe principalement dans une zone de plateau avec en particulier les zones boisées au Nord (La Celle Saint-Cloud, Louveciennes, Rocquencourt). Au Sud, Versailles se trouve dans une cuvette.

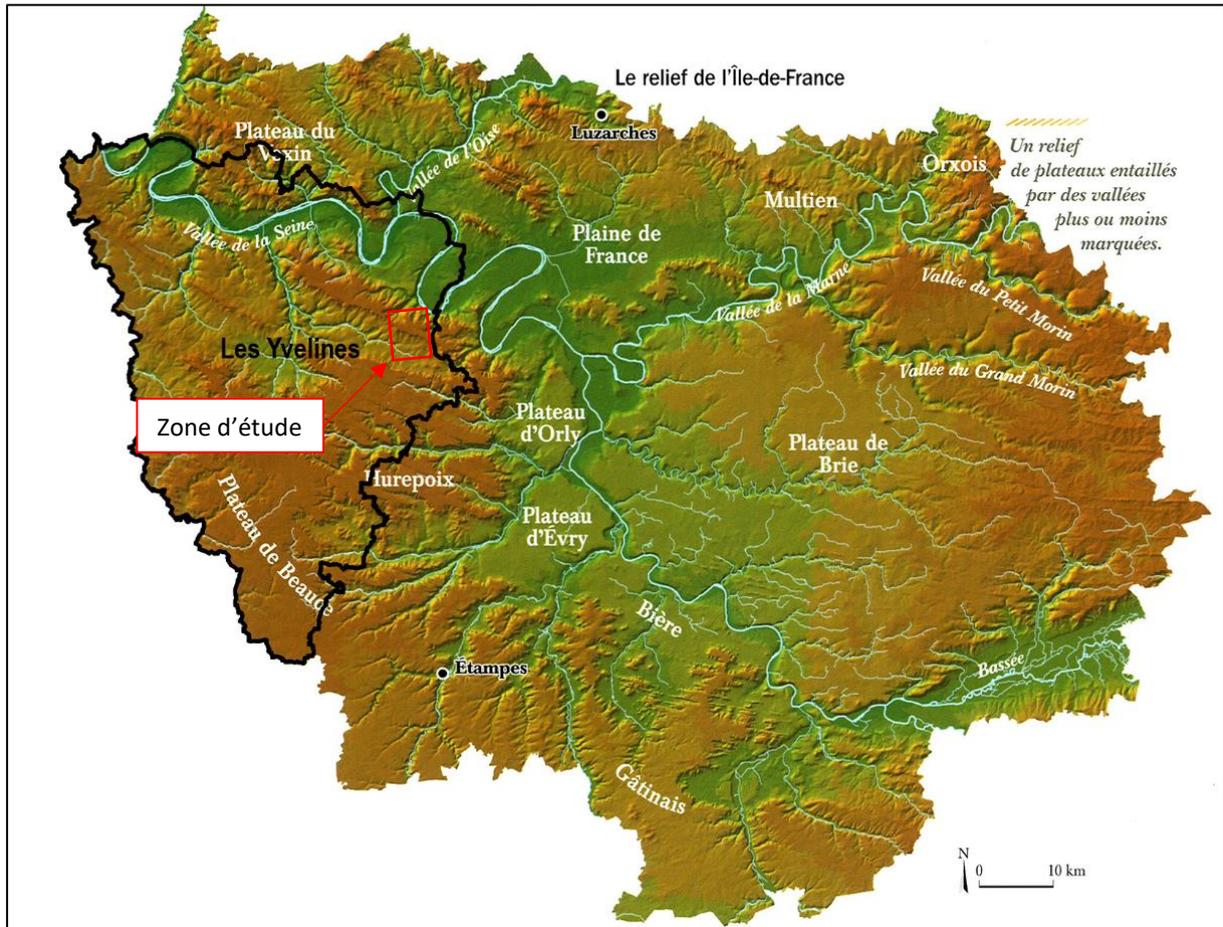


Figure 48 – Carte du relief

6.3.

6.3. Caractéristiques climatiques

Le territoire du domaine d'étude est soumis à un climat tempéré à influence continentale assez sensible. La station météorologique la plus proche est localisée à Versailles à environ 3 km au Sud-Ouest du Chesnay :

- La pluviométrie moyenne annuelle sur la période 1981-2010 est de 657 mm environ, répartie de façon assez homogène autour de 55 mm par mois.
- La température moyenne annuelle à Versailles sur la période 1981 – 2010 est de 10,9°C.

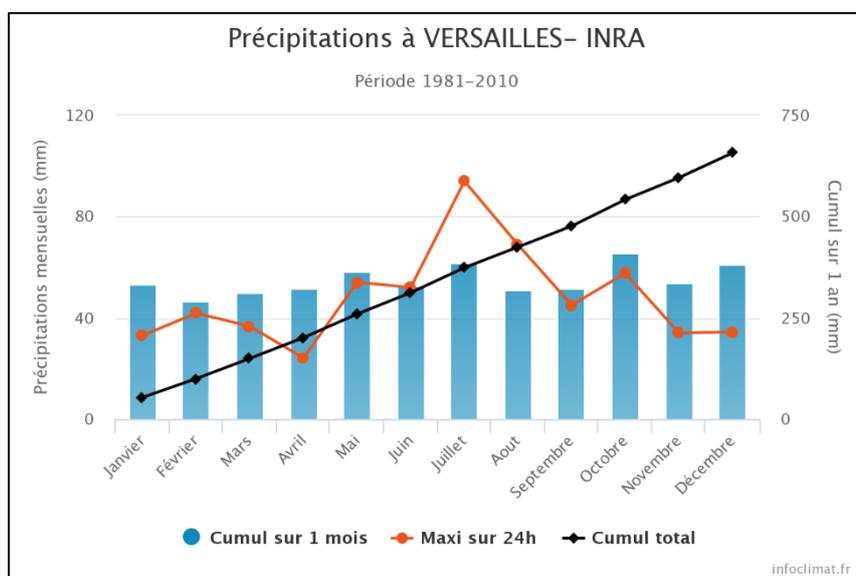


Figure 51 : Normales des précipitations sur la période 1981-2010 de la station « Versailles – INRA »

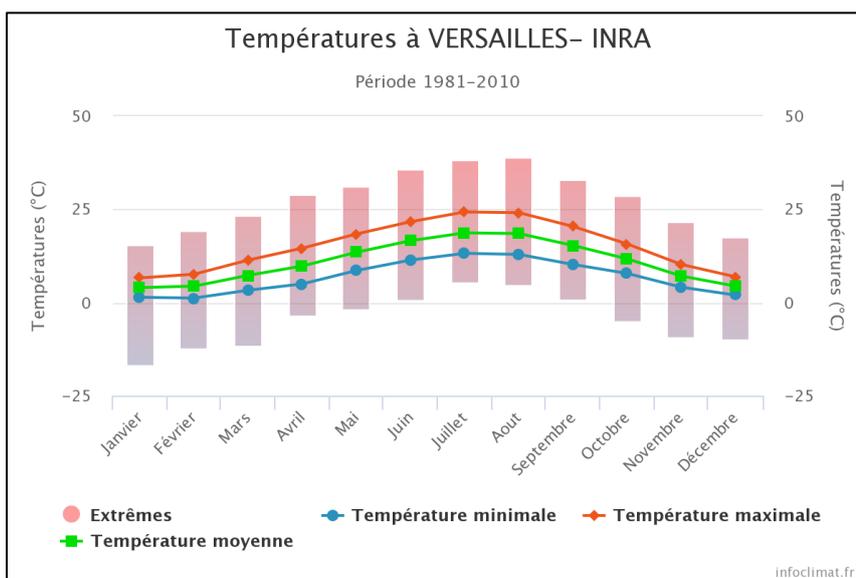


Figure 52 – Normales des températures sur la période 1981-2010 de la station « Versailles – INRA »

La station météorologique de Villacoublay est plus éloignée du Chesnay mais présente des résultats similaires et plus complets. Elle est située à environ 8 km au Sud-Est du Chesnay.

- la pluviométrie moyenne annuelle sur la période 1981-2010 est de 676 mm environ, répartie de façon assez homogène autour de 55 mm par mois.
- la température moyenne annuelle à Villacoublay sur la période 1981 – 2010 est de 11,2°C.
- la durée d'insolation moyenne sur la période 1991 - 2010 est de 1 657 heures.

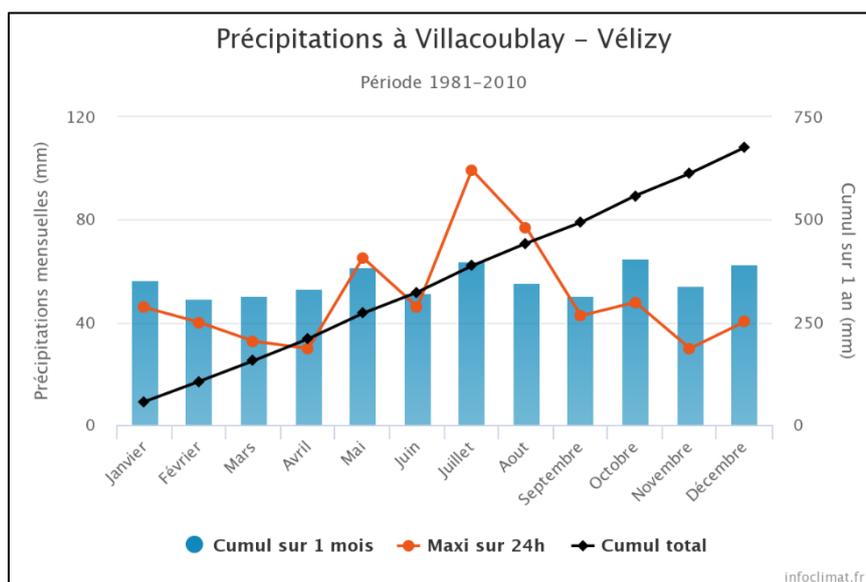


Figure 53 – Normales des précipitations sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »

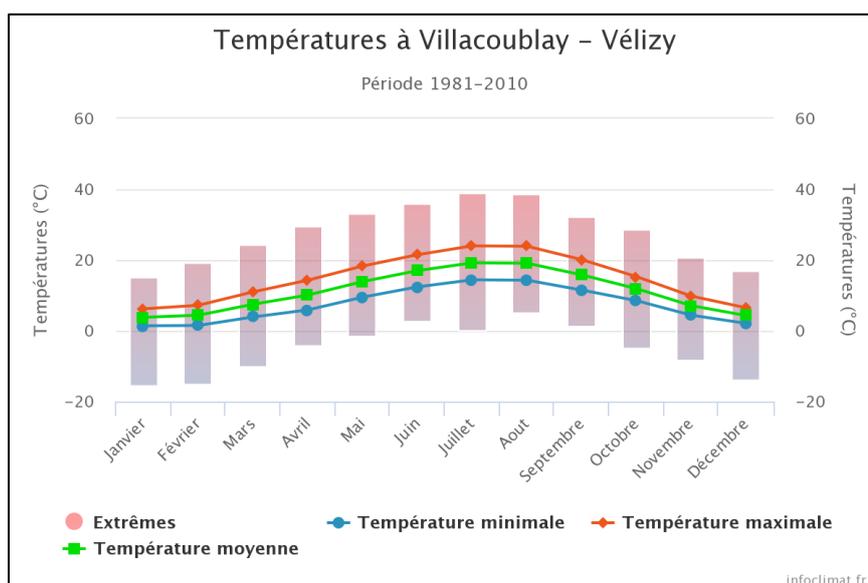


Figure 54 – Normales des températures sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »

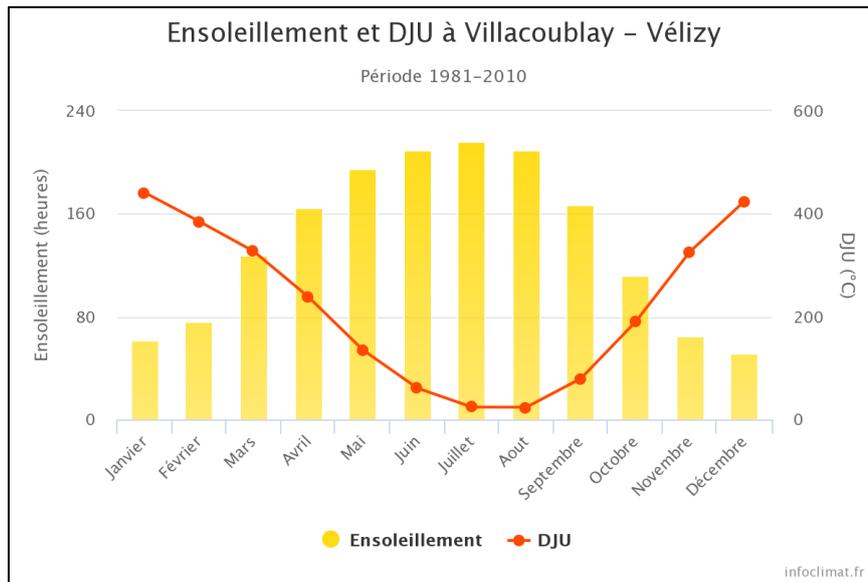


Figure 55 – Ensoleillement et DJU sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »

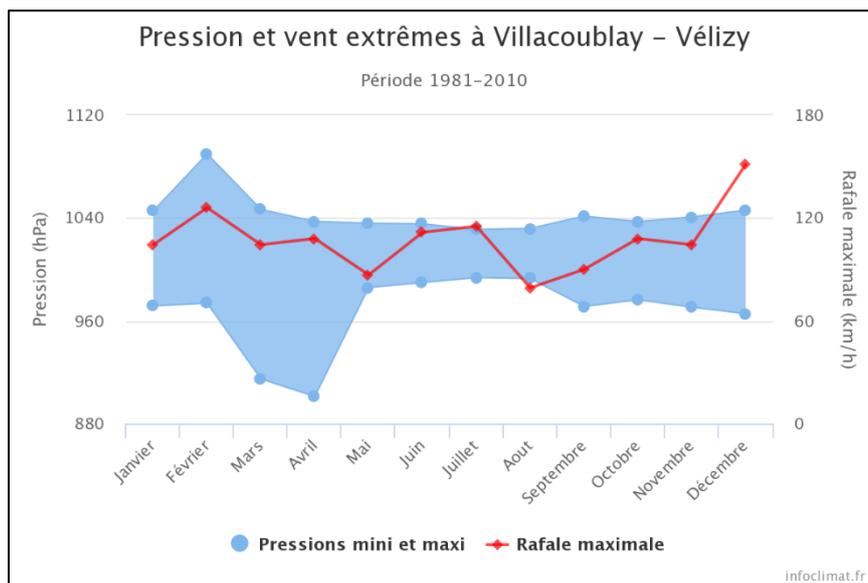


Figure 56 – Pression et vents extrêmes sur la période 1981-2010 de la station « Villacoublay – Vélizy »

6.4. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques

6.4.1. Contexte géologique

La zone d'étude est située 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.). Ces formations pour l'essentiel d'origine marine sont disposées en couches successives, les plus récentes affleurent au centre et les plus anciennes en bordure du bassin (Figure 57). 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) et le Trias ; 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.

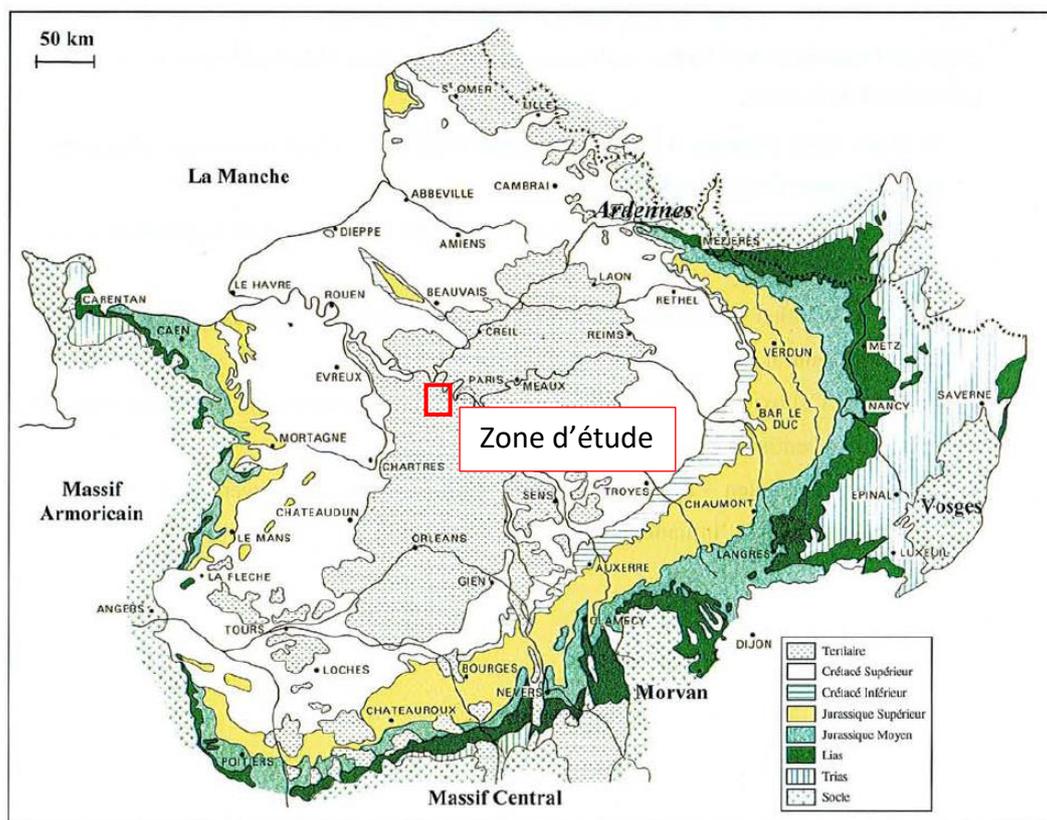


Figure 57 – Géologie simplifiée du bassin parisien (d'après Demars, 1994)

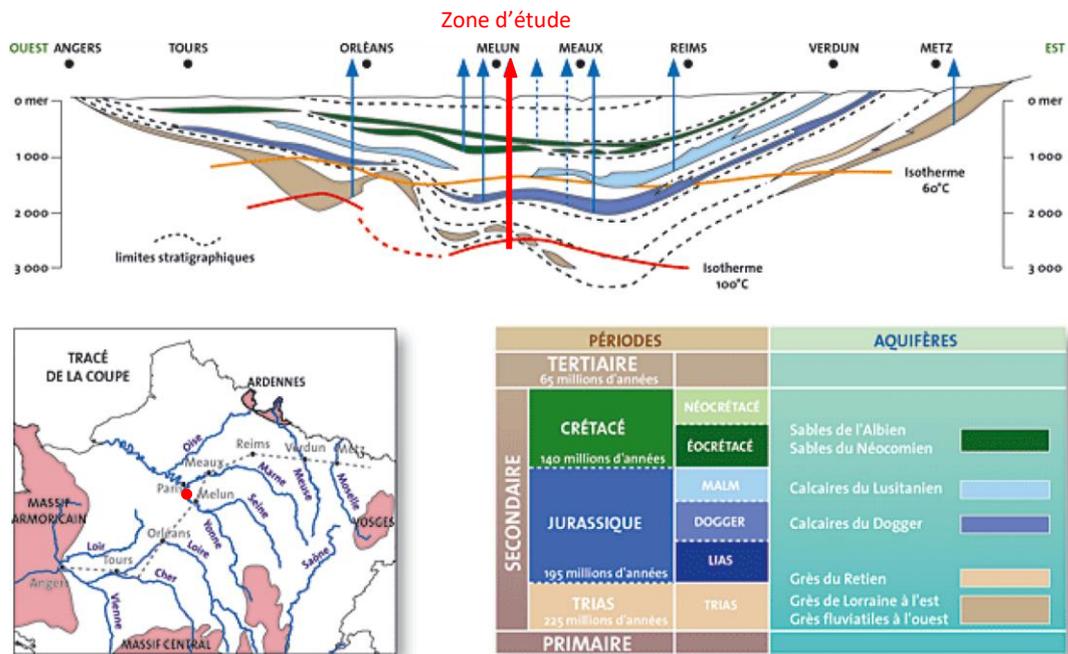


Figure 58 – Coupe géologique du bassin parisien – Localisation des aquifères (doc. BRGM)

6.4.1.1. Lithologie au droit du site de projet – Les formations affleurantes peu profondes

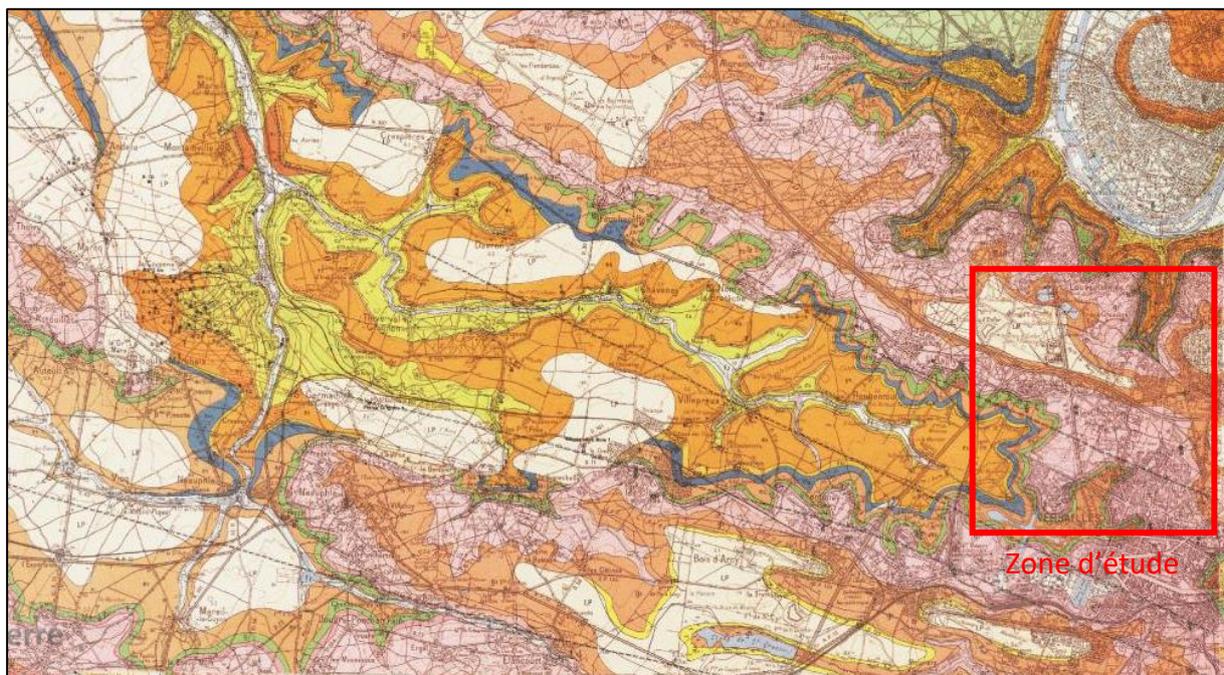
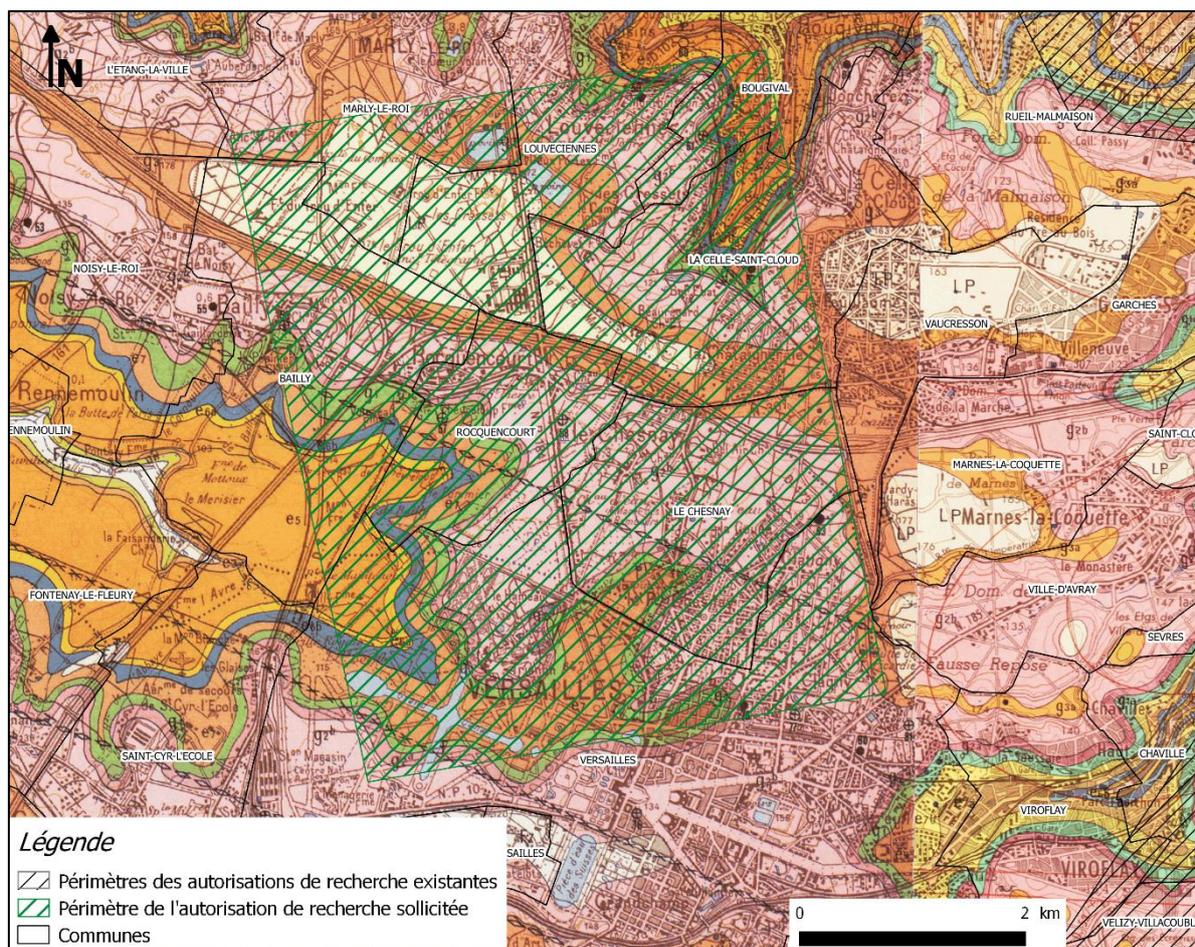


Figure 59 – Extrait de la carte géologique à 1/50 000 Versailles n°182 (BRGM)



 LP Limond des Plateaux	 e6b Calcaire de Saint-Ouen. Bartonien inférieur (Marinésien)
 m1 Sables de Lozère (Burdigalien)	 e6a Sables de Beauchamp. Bartonien inférieur (Auversien)
 g3 Meulière de Montmorency (Stampien supérieur ou Chattien)	 e5 Marnes et Caillasses, Calcaire grossier supérieur et moyen (Lutétien)
 g2b Sables et grès de Fontainebleau. Stampien s.s.	 e3 Fausses Glaises, Argiles plastiques bariolée ou grise. Yprésien inférieur (Sparnacien)
 g2a Argiles à Corbules et Marnes à Huîtres. Stampien s.s.	 e1 Calcaire pisolithique (Montien)
 g1 Calcaire de Sannois, Caillasses d'Orgemont, Argile verte de Romainville. Stampien inférieur ou Sannoisien	 c6 Craie blanche à silex (Campanien)
 e7 Marnes supragypseuses, Marnes et gypse, Calcaire de Champigny, Marnes à Helix, Calcaire à Batillaria rustica. Bartonien supérieur, Ludien	 c5 Craie blanche à silex avec accidents dolomitiques (Santonien)

Figure 60 – Extrait de la carte géologique à 1/50 000 Versailles n°182 (BRGM) – zoom sur la zone d'étude

D'un point de vue tectonique, le projet est bordé au Sud par le flanc Nord de l'Anticlinal de Beynes et au Nord par le synclinal de la Seine.

Les terrains affleurant dans le secteur d'étude sont très variés. Les principales formations présentes sont :

- LP : Limons des plateaux. Il s'agit d'un limon décalcifié ou non, renfermant des débris de roches dures tertiaires.
- g3 (Stampien supérieur) : Meulière de Montmorency. Il s'agit de roches siliceuses, généralement celluleuses, associées à des argiles bariolées.
- g2b (Stampien) : Sables et grès de Fontainebleau. Il s'agit de sables essentiellement gris et micacés, blancs, colorés irrégulièrement par des oxydes de fer.
- g2a (Stampien) : Argiles à Corbules et Marnes à Huîtres.

- g1 (Stampien inférieur) : Calcaire de Sannois, Caillasses d'Orgemont, Argile verte de Romainville.
- e7 (Bartonien supérieur) : Marnes supragypseuses, Marnes et Gypse, Calcaire de Champigny, Marnes à Helix, Calcaire à Batillaria rustica.
- e6b (Bartonien inférieur) : Calcaire de Saint-Ouen.
- e6a (Bartonien inférieur) : Sables de Beauchamp.
- e5 (Lutétien) : Marnes et Caillasses, Calcaire grossier supérieur et moyen.

6.4.1.2. Lithologie au droit du site de projet – Les formations non affleurantes profondes

Les formations géologiques plus profondes, non affleurantes dans le secteur, sont bien connues à partir des forages géothermiques de La Celle Saint-Cloud, du forage pétrolier de Chèvreloup (CVP 1D foré en 1995) et du forage géothermique au Trias d'Achères (ACHERES GTH1).

Les profondeurs et la lithologie des formations géologiques présentes au droit du site sont fournies, du haut vers le bas, dans le tableau ci-après.

La coupe suivante a été construite au droit du Chesnay, pour une altitude d'environ +140 m NGF. Elle tient compte de la présence de l'anticlinal de Beynes (la structure est caractérisée par un approfondissement graduel vers le Nord-Est en direction de Bougival ; le réservoir du Dogger se retrouve environ 50 m plus profond au niveau du doublet de La Celle Saint-Cloud par rapport à Versailles).

STRATIGRAPHIE		DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	LE CHESNAY		LE CHESNAY		
			Prof. verticale en m/sol		Prof. verticale en m NGF		
			Toit	Mur	Toit	Mur	
Tertiaire	Stampien	Marnes à huitres, calcaire	7	25	133	115	
	Ludien	Marnes à gypse	25	33	115	107	
	Marinésien à Lutétien	Calcaires de St-Ouen, sables de Beauchamp et calcaires lutétiens	33	63	107	77	
	Yprésien	Sable fin ± argileux, possiblement graveleux à la base	63	69	77	71	
Crétacé supérieur	Sénonien	Craie avec niveaux à silex	69	403	71	-263	
	Turonien	Craie à silex, dolomitique au sommet (gypse)					
	anciennes appellations	Cénomaniens	Craie argileuse glauconieuse	403	450	-263	-310
Crétacé inférieur	Gault	Albien sup.	450	560	-310	-420	
		/Aptien /Barrém. sup.					Sables fins à très grossiers, passées argileuses
	Néocomien	Barrém. inf /Hauterivien /Valanginien	560	694	-420	-554	
Jurassique supérieur	Purbeckien		694	712	-554	-572	
	Portlandien	Tithonien	712	774	-572	-634	
	Kimméridg.		774	985	-634	-845	
	Séquanien	Kimméridgien	985	1096	-845	-956	
	Rauracien	Oxfordien sup.	1096	1167	-956	-1027	
	Argovien	Oxfordien inf. et moyen	Marnes et calcaires	1167	1219	-1027	-1079
	Oxfordien	Marnes sableuses à la base	1219	1354	-1079	-1214	
Jurassique moyen		Callovien sup.	1354	1404	-1214	-1264	Aquifère cible du Dogger
		Callovien inf					
		Bathonien	1404	1541	-1264	-1401	
		Bajocien	1541	1640	-1401	-1500	
	Aalenien - Toarcien	Argiles peu calcaire silteuse	1640	1710	-1500	-1570	
Jurassique inférieur		Pliensbachien	1710	1857	-1570	-1717	
		Sinemurien	1857	1882	-1717	-1742	
		Hettangien	1882	1942	-1742	-1802	
Trias		Rhetien	1942	1947	-1802	-1807	Aquifère cible du Trias
		Formation de Chalain	1947	1960	-1807	-1820	
		Formation de Chaunov	1960	2004	-1820	-1864	
Paléozoïque	Socle	Argile micacée, schistosée	2004		-1864	-	

Tableau 6 – Litho stratigraphie et profondeurs verticales des formations géologiques jusqu'au socle pour une altitude de +140 m NGF

6.4.2. Contexte hydrogéologique

Au sein de la succession des formations géologiques superficielles 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 suspendue de la base des Sables de Fontainebleau.
- Quelques circulations peuvent exister dans les calcaires bartoniens.
- La nappe lutétienne.
- La nappe des Sables de Cuise (Yprésien).

Dans les formations plus profondes, les formations aquifères sont renseignées sur la figure suivante.

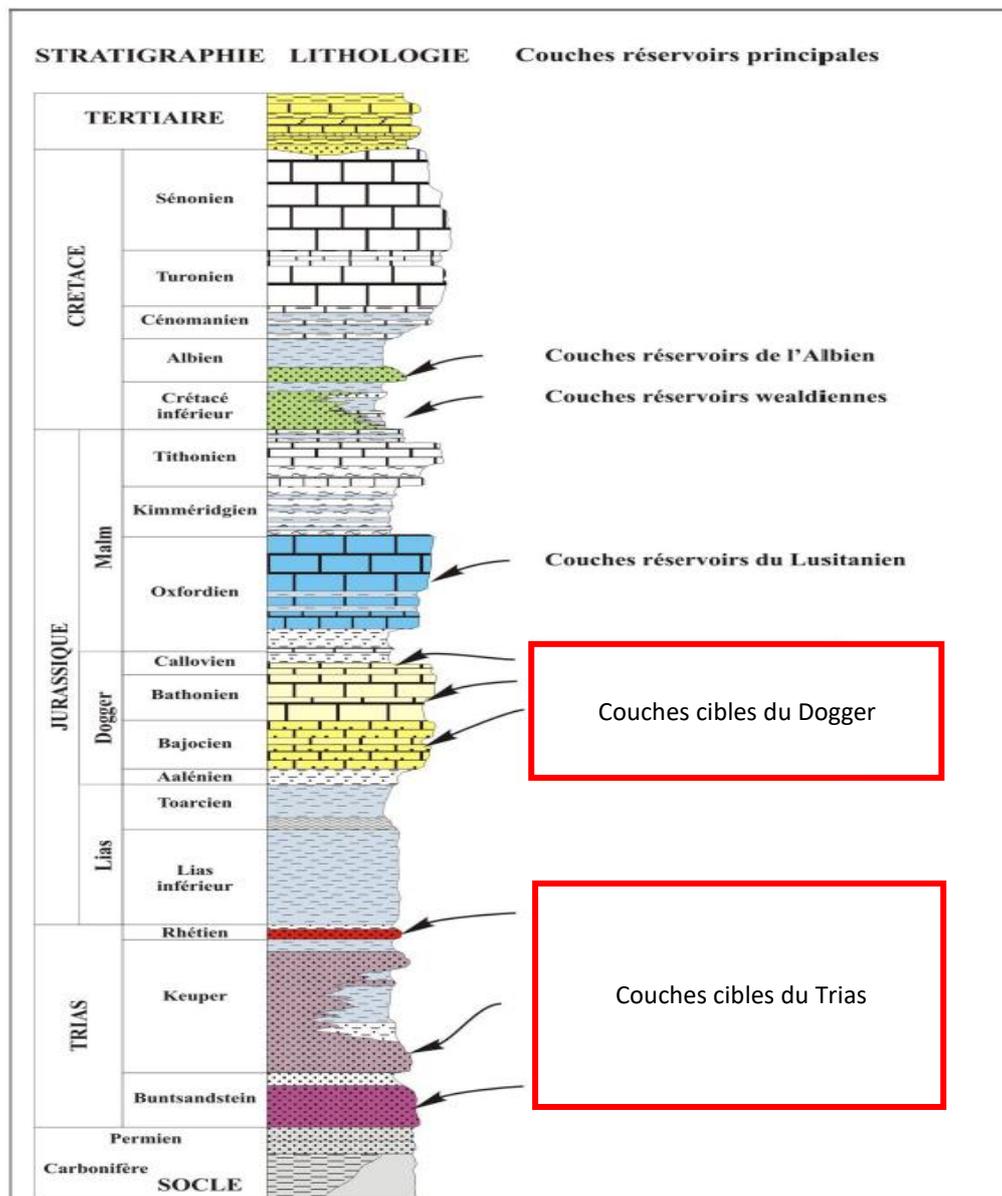


Figure 61 – Formations aquifères parmi les niveaux profonds

6.4.3. Eaux souterraines

6.4.3.1. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Le projet est inclus dans le bassin Seine-Normandie qui a adopté le SDAGE 2016-2021 le 5 novembre 2015, intégrant les obligations définies par la directive européenne sur l'eau ainsi que les orientations du Grenelle de l'environnement. Ce document stratégique pour les eaux du bassin Seine-Normandie fixe des objectifs de qualité et de limitation de prélèvements pour les nappes d'eau souterraines jugées prioritaires.

Ces objectifs sont déclinés par huit défis et deux leviers qui sont listés ci-dessous :

- Défi 1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques,
- Défi 2 : Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques,
- Défi 3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les micropolluants ;
- Défi 4 : Protéger et restaurer la mer et le littoral,
- Défi 5 : Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future,
- Défi 6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides,
- Défi 7 : Gestion de la rareté de la ressource en eau,
- Levier 1 : Acquérir et partager les connaissances pour relever les défis,
- Levier 2 : Développer la gouvernance et l'analyse économique pour relever les défis.

Les masses d'eau concernées par le projet sont celles du Tertiaire du Mantoix à l'Hurepoix (n°FRHG102) et de l'« Albien Néocomien captif » (n°FRHG218). Leurs modalités de gestion sont détaillées dans les dispositions et orientations du SDAGE 2016-2021. En ce qui concerne la masse d'eau FRHG102, un classement en zone de répartition des eaux doit être envisagé, ainsi que la mise en place d'une concertation pour définir des volumes maximaux prélevables dans le cadre de la disposition D7.110. La masse d'eau FRHG218 fait également partie des nappes stratégiques à réserver pour l'alimentation en eau potable future. De plus, elle est classée en Zone de Répartition des Eaux (ZRE), nécessitant des modalités de gestion précises (volumes annuels prélevables maximaux par département, zones d'implantation préférentielle des nouveaux forages de secours, etc.).

Le projet à terme ne prévoit aucun prélèvement dans ces masses d'eau, et assurera l'isolation parfaite de tous les aquifères traversés, par pose de tubages cimentés aux terrains.

L'aquifère sensible de l'Albien et du Néocomien en particulier devra être protégé par un double casing cimenté sous pression aux terrains. La cartographie des masses d'eau définies par le SDAGE concernées par le projet est présentée ci-après.

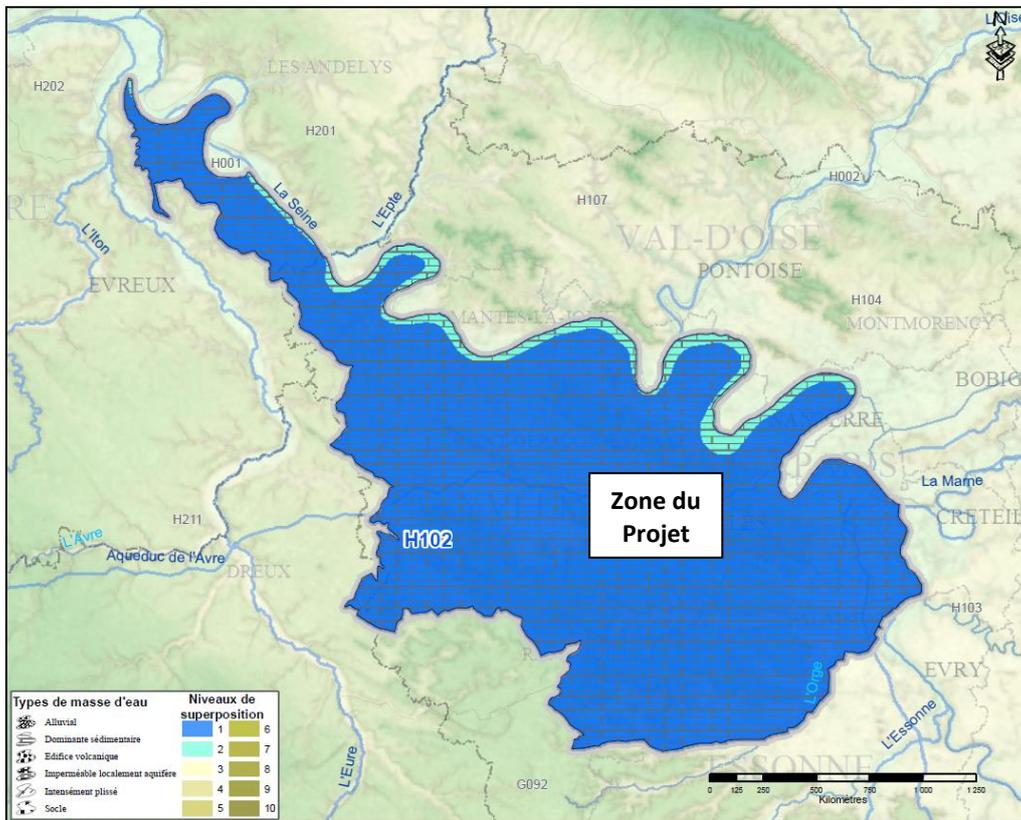


Figure 62 – Cartographie de la masse d'eau FRHG104 : « Eocène du Valois »

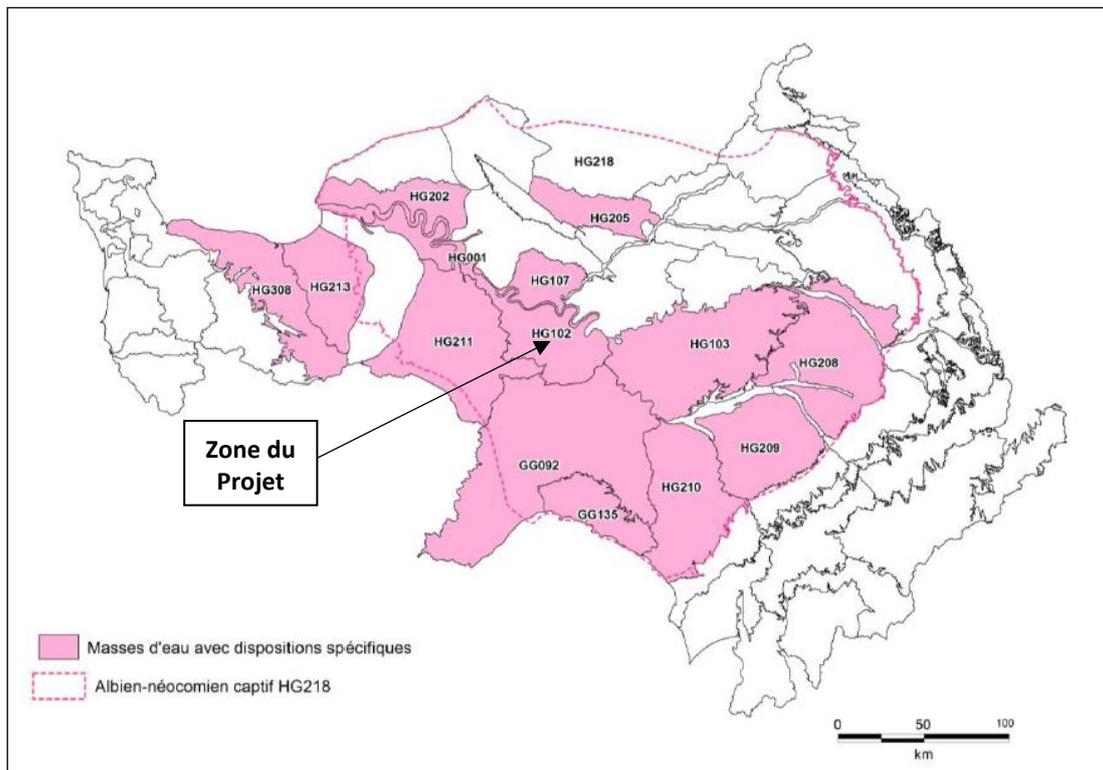


Figure 63 – Contour du SDAGE relatif à l'aquifère Albien-Néocomien (tirets rose clair)

6.2.10.2. Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)

Le périmètre est concerné par le SAGE « Mauldre » approuvé en 2001, révisé en 2012 et qui est en cours de révision. Les principaux objectifs sont rappelés ci-dessous :

- Diminuer les pollutions, pour améliorer la qualité de l'eau et des milieux aquatiques et faciliter leurs usages,
- Prévenir et gérer les inondations, pour sécuriser les personnes et les biens en laissant fonctionner l'écosystème,
- Assurer durablement l'équilibre ressources – besoins, pour fiabiliser les consommations et conforter la santé publique,
- Protéger, gérer, restaurer les milieux naturels aquatiques, pour faciliter la reconquête attendue, favoriser la biodiversité et améliorer l'environnement,
- Renforcer l'attrait des cours d'eau, pour améliorer le cadre de vie et la qualité de vie des populations.

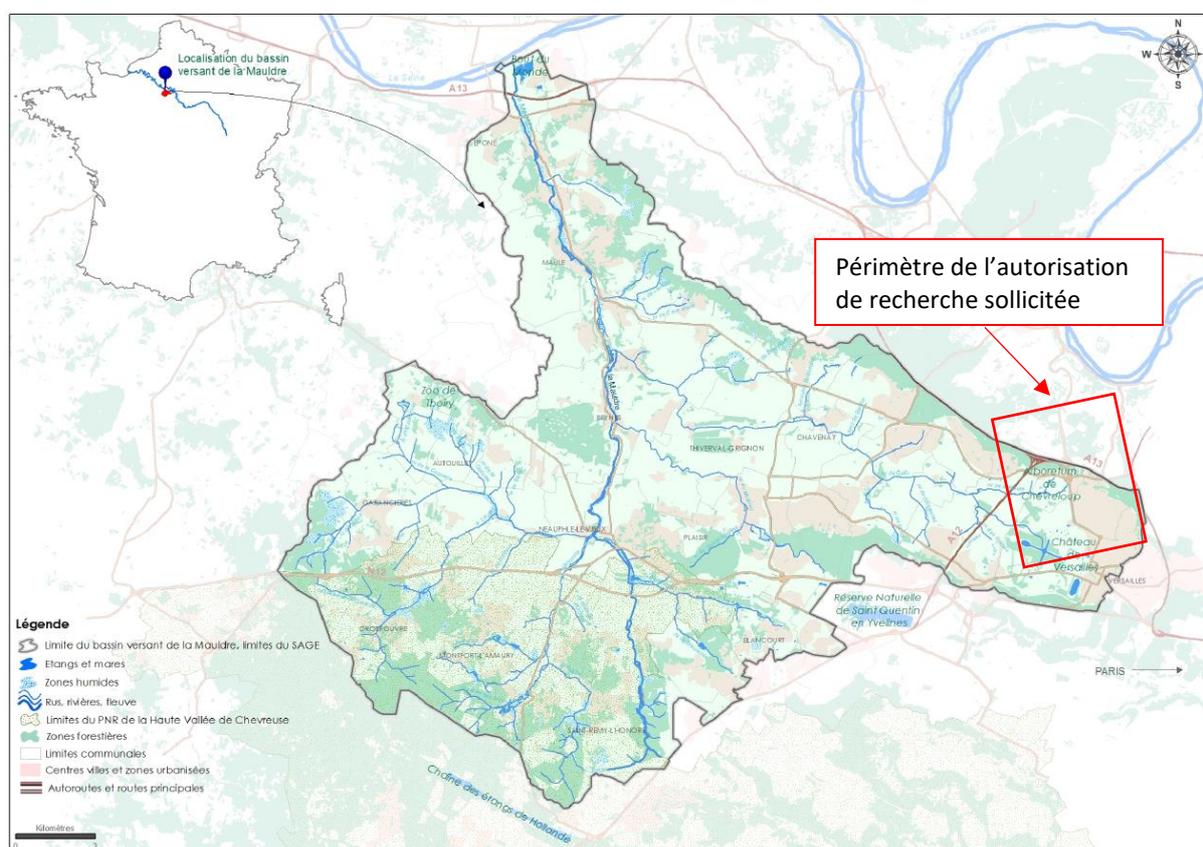


Figure 64 – Périmètre du SAGE « Mauldre »

Dans le cadre des travaux exploratoires qui seront éventuellement conduits dans le périmètre sollicité, une attention particulière sera portée à l'importance et à l'enjeu majeur que représentent ces aquifères et masses d'eau souterraines situées sur la zone d'étude. Les travaux exploratoires seront conformes aux objectifs qualitatifs (vulnérabilité des nappes et pollutions anthropiques) fixés par les différents documents de gestion de la ressource en eau (SDAGE-SAGE) et respecteront ainsi la réglementation en vigueur.

6.4.4. Aquifères profonds cibles

6.4.4.1. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques prévisionnelles du réservoir du Dogger

6.4.4.1.1. Le Dogger : une ressource partiellement connue

Les calcaires du Dogger constituent une réserve d'eau chaude, exploitée pour la géothermie, au droit de la région parisienne et de l'Ile de France.

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.

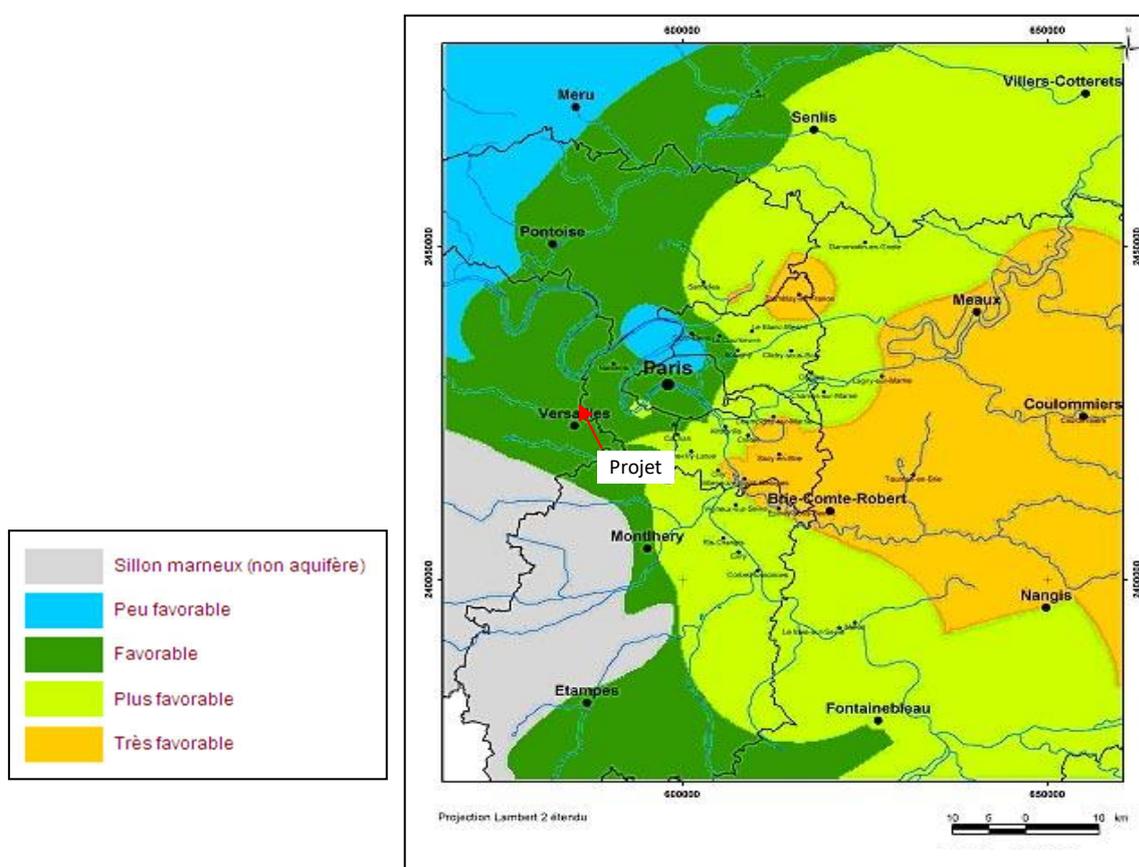


Figure 65 – Exploitable géothermique du Dogger en Ile-de-France (source : www.geothermie-perspectives.fr)

En effet, le Bassin Parisien comprend un empilement de couches sédimentaires dont la partie la plus profonde se situe en Ile-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 Ile-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 350 m³/h.

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.

C'est une formation qui bénéficie d'une bonne connaissance, liée à la recherche pétrolière et à l'exploitation géothermique. Plus d'une centaine de forages y ont été réalisés.

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.

On retiendra donc que cet aquifère peut présenter des variations latérales de porosité liées à l'énergie élevée des dépôts oolithiques et parce qu'une part de la perméabilité est d'origine fissurale. Des hétérogénéités de productivité peuvent exister localement.

6.4.4.1.2. Lithologie et productivité du Dogger

L'aquifère est essentiellement constitué de calcaires oolithiques du Jurassique moyen, 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) et 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.

Ici, l'aquifère du Dogger est mal connu comparativement à d'autres secteurs du Bassin Parisien. Très peu de données cartographiques fiables sont disponibles dans la zone du projet. Seul l'ancien doublet de La Celle Saint-Cloud permet de caractériser l'aquifère. En première approche, les principales caractéristiques attendues du réservoir sont les suivantes :

- altitude du sommet du Dogger calcaire (mur des marnes du Callovien inférieur) – au droit du Chesnay : $- 1\,264 \text{ m NGF} \pm 10 \text{ m}$, soit, à titre d'exemple, une profondeur verticale comprise entre 1414 et 1394 m pour une cote au sol de $+ 140 \text{ m NGF}$;
- altitude du barycentre des niveaux producteurs : $- 1290 \text{ m NGF} \pm 20 \text{ m}$,
- transmissivité: 10 à 20 D.m pour une température au fond qui varie de 60 à 63°C ;
- épaisseur productive : 30 m au maximum, dont 7 à 15 m de hauteur utile.

Une carte de la transmissivité intrinsèque (D.m) est présentée en Figure 66.

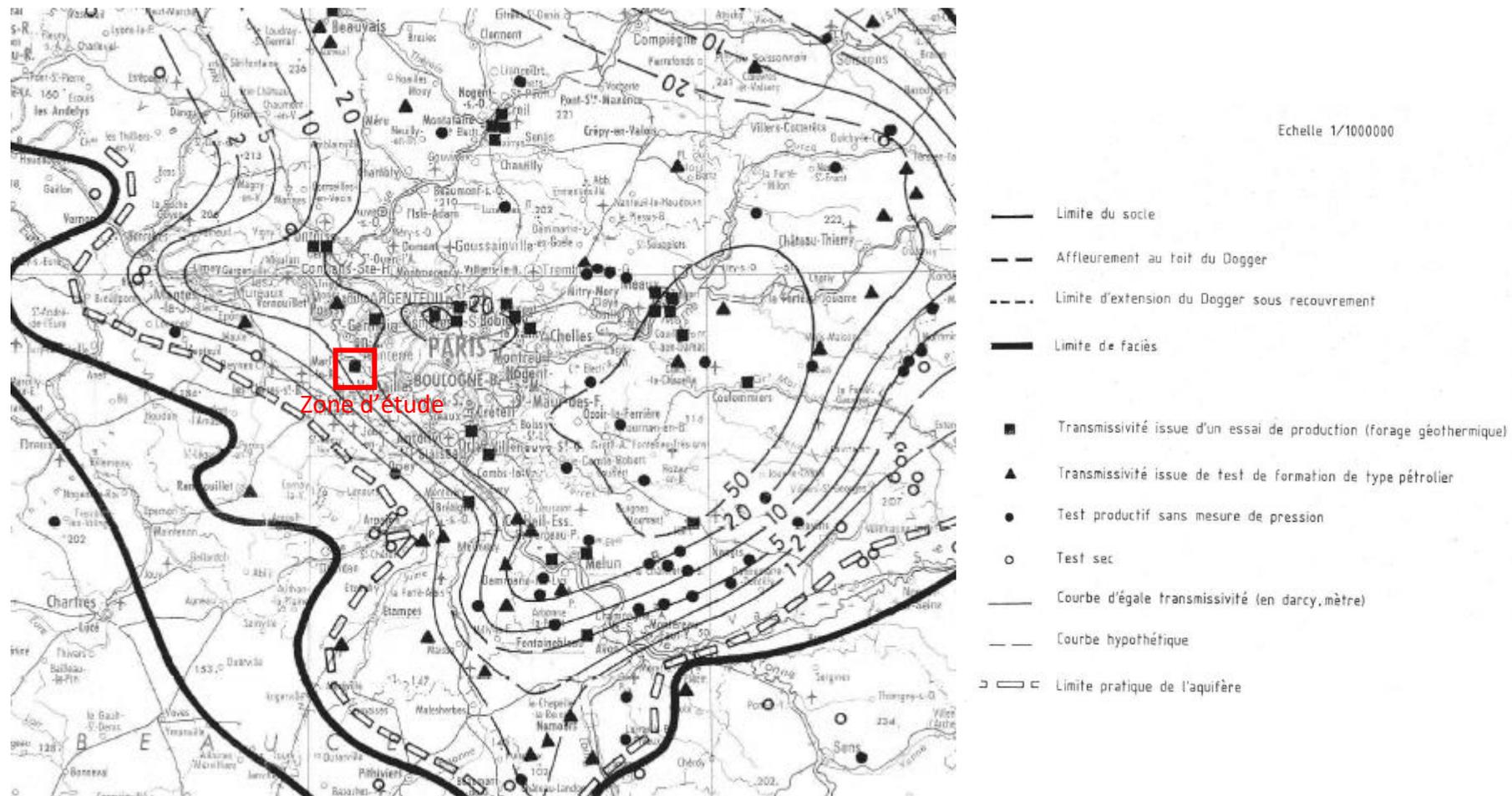


Figure 66 – Carte des transmissivités autour du projet Grand Parc Nord (en D.m) – perspective large (d'après BRGM 83-SGN-375)

6.4.4.1.3. Caractéristiques physiques de l'eau géothermale du Dogger

Les paramètres physiques de l'eau intervenant dans la dynamique d'exploitation des forages sont la masse volumique et la viscosité dynamique, la pression n'intervenant que très marginalement en raison de la faible compressibilité de l'eau dans la gamme des profondeurs du Bassin de Paris.

Une température de fond comprise entre 60 et 63°C est attendue au droit du site retenu selon la situation de l'impact au Dogger du forage de production.

6.4.4.1.4. Caractéristiques chimiques de l'eau géothermale

Les eaux du Dogger sont ici minéralisées, salées avec une salinité totale essentiellement chlorurée sodique attendue au droit du projet « Grand Parc Nord » comprise entre 10 et 12 g/L.

Masse volumique (kg/m ³) et viscosité dynamique (kg/m.s x1000 ou cPo)										
TDS (NaCl)	10 g/l		11 g/l		12 g/l		13 g/l		14 g/l	
Température °C	ρ kg/m ³	μ cPo								
30°C	1002.46	0.817	1003.14	0.819	1003,81	0,820	1004,49	0,822	1005,16	0,824
40°C	998.84	0.671	999.49	0.673	1000,15	0.674	1000,81	0.676	1001,47	0.677
50°C	994.45	0.563	995.09	0.565	995,73	0.566	996,38	0.567	997,02	0.569
60°C	989.40	0.482	990.02	0.483	990,65	0.484	991,28	0.485	991,90	0.487
70°C	983.74	0.419	984.35	0.420	984,96	0.421	985,58	0.423	986,19	0.424
80°C	977.55	0.369	978.14	0.370	978,74	0.371	979,33	0.372	979,93	0.374

Tableau 7 – Masse volumique et viscosité de l'eau géothermale

Ce 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 des risques de précipitation de sulfures métalliques, de corrosion et de 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, dans le cadre de la maintenance des ouvrages par des sociétés spécialisées.

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 entre 900 et 1000 mg/L (Valeur ponctuelle de 972 mg/L à La Celle Saint-Cloud).

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 choisie supérieure à la pression de dégazage du fluide (« point bulle »). Un point de bulle à environ 7 bars est généralement constaté au cours des suivis réglementaires de doublets au Dogger.

6.4.4.2. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques prévisionnelles du réservoir du Trias

6.4.4.2.1. Intérêt et spécificité d'une géothermie au Trias

L'intérêt principal du Trias pour la géothermie en Île-de-France réside en premier lieu dans l'existence d'un potentiel à l'échelle du bassin de Paris en termes de température notamment.

En second lieu, il devient intéressant de rechercher une ressource de remplacement ou de concurrence au Dogger ; en effet, la ressource du Dogger peut être, selon la localisation en Ile-de-France :

- insuffisante ou inexistante (Sud-Ouest de la région par exemple),
- en passe d'être surexploitée ou tout au moins encombrée par les exploitations existantes (en Val-de-Marne par exemple),
- ou présentant des niveaux de températures moyennement attractif dans la perspective de l'alimentation d'un réseau de chaleur.

Cependant, l'aquifère du Trias en tant que ressource géothermale est totalement inexploré dans la zone d'intérêt.

6.4.4.2.2. Potentiel au Trias

Les cartes du potentiel géothermique du Trias sont établies par réservoir, sachant qu'il existe sur l'épaisseur totale du système triasique 5 réservoirs de puissances variables et de répartitions géographiques très inégales, constitués pour l'essentiel par des grès séparés par des formations en général plutôt argileuses. On liste du haut vers le bas :

- les grès continentaux de Boissy, et leur équivalent latéral les grès marins du Rhétien,
- les grès de Chaunoy (Keuper),
- les grès de Sainte-Colombe (Keuper),
- et les grès de Donnemarie (Buntsandstein sup. à Keuper).

Leur répartition verticale sur un transept WNW-ESE du Bassin de Paris est représenté sur la suivante.

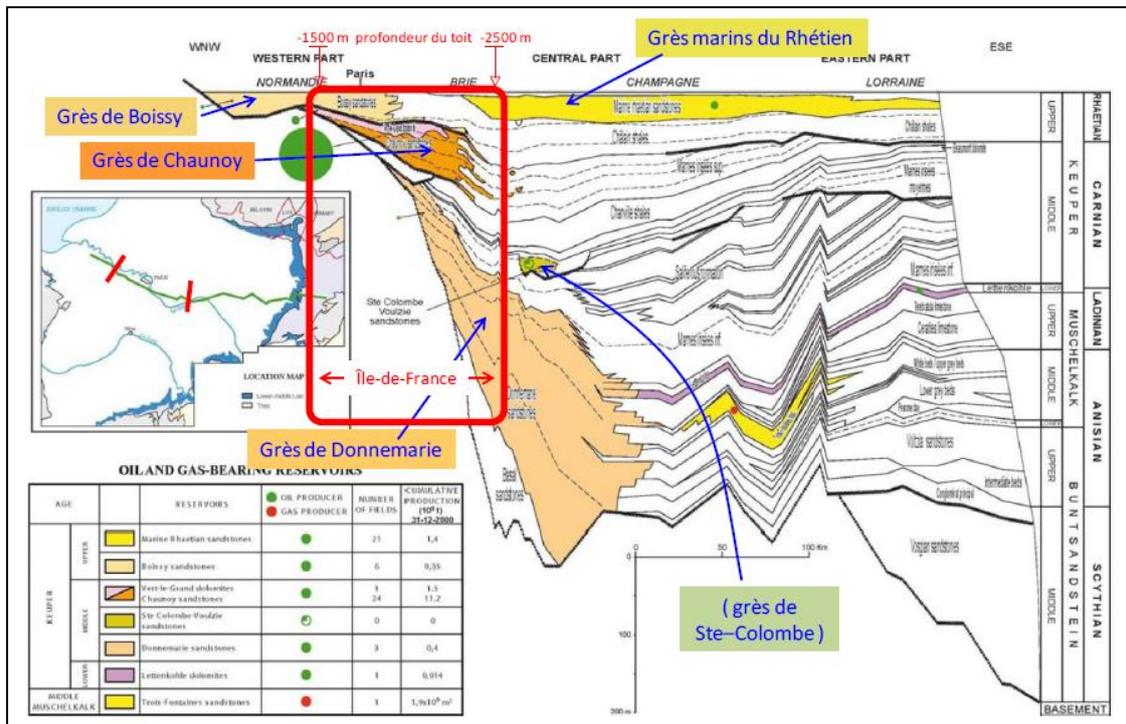


Figure 68 – Les principales formations réservoir du Trias du bassin de Paris (d’après l’étude Clastiq du BRGM, 2008)

Les conclusions de Clastiq suggèrent la présence des grès de Boissy et de Chaunoy au droit du projet, avec des épaisseurs sensiblement plus faibles qu’à Cergy (95) ou Achères (78), où le Trias a pu être testé pour la géothermie.

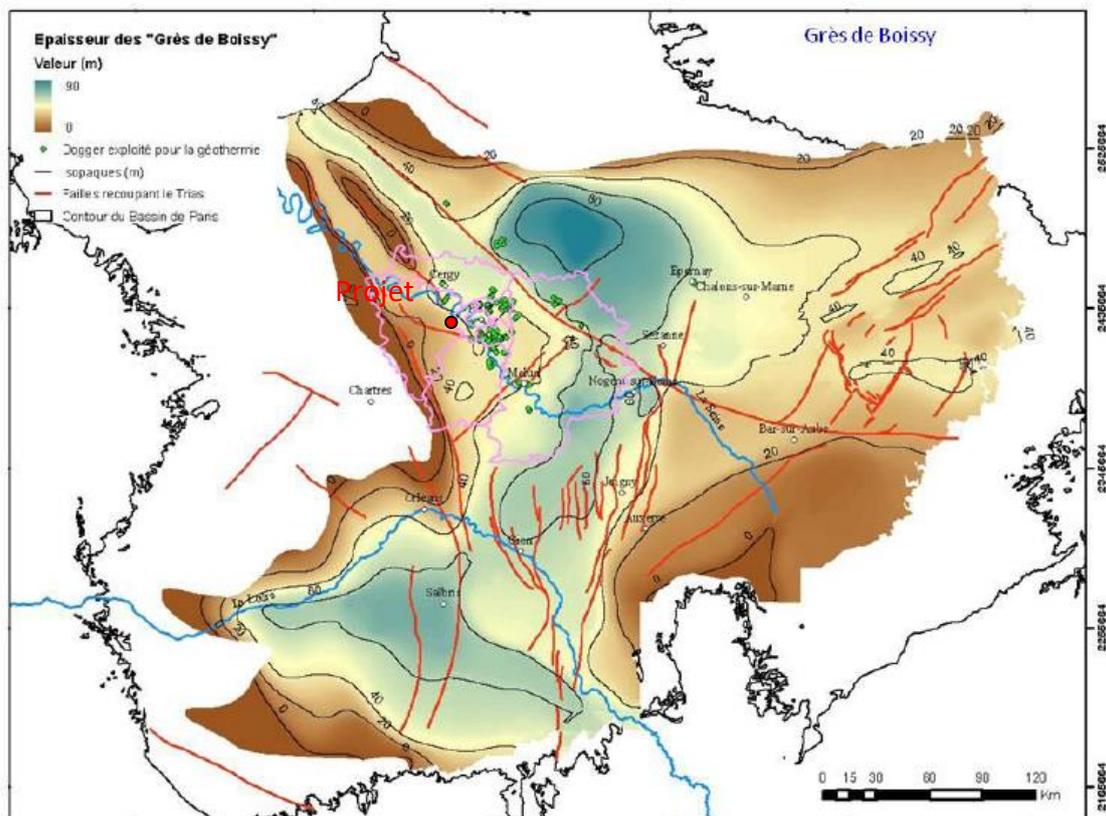


Figure 69 – Carte de l’épaisseur des grès de Boissy (d’après BRGM, 2008)

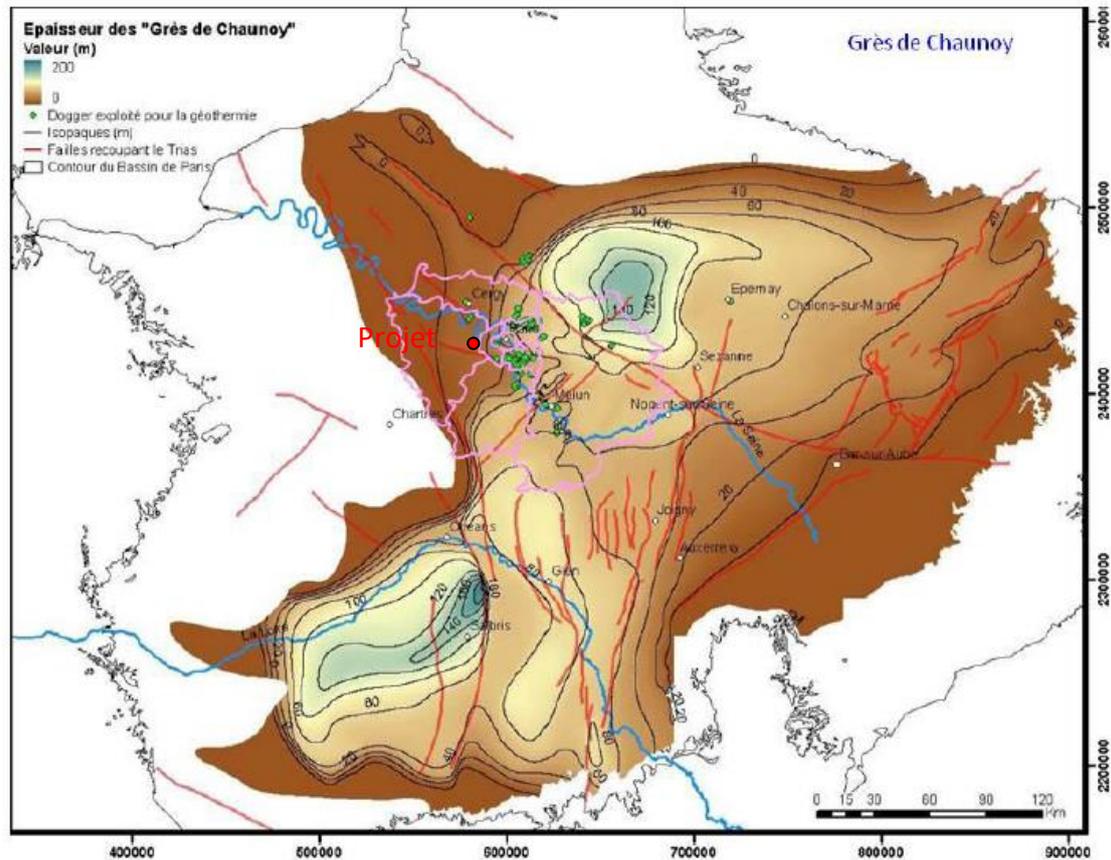


Figure 70 – Carte de l'épaisseur des grès de Chaunoy (d'après BRGM, 2008)

La productivité du Trias semble très peu contrainte dans la zone. La valeur de transmissivité la plus proche est issue des essais géothermiques du doublet d'Achères. Les indices de productivité étaient de 6,6 m³/h/bar et de 2,4 m³/h/bar pour respectivement les forages de production et d'injection.

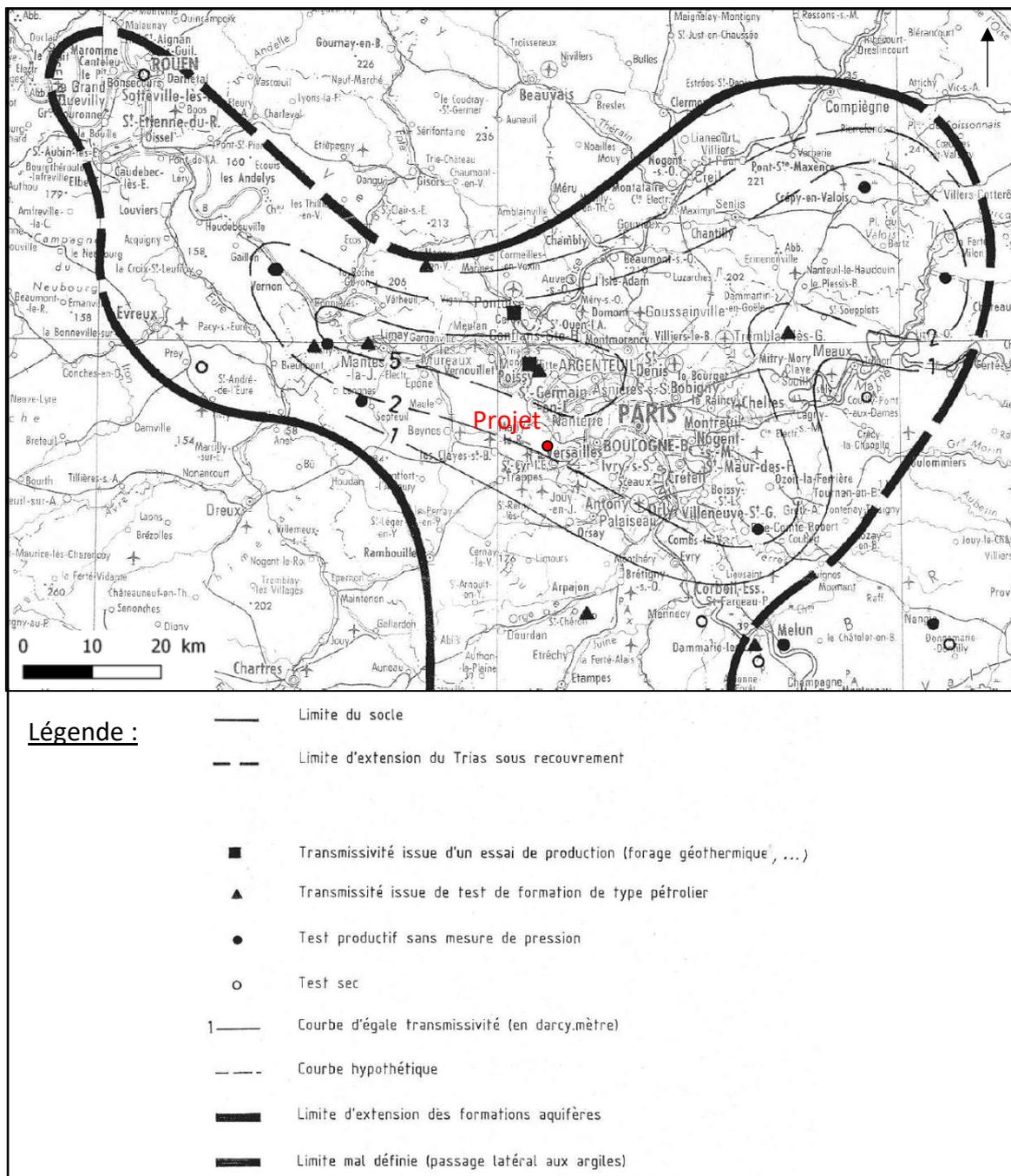


Figure 71 – Carte de transmissivité (en D.m) issue de 83 SGN 375 SPG

Une température comprise entre 70 et 80°C est attendue en fond de puits au niveau de la zone d'étude.

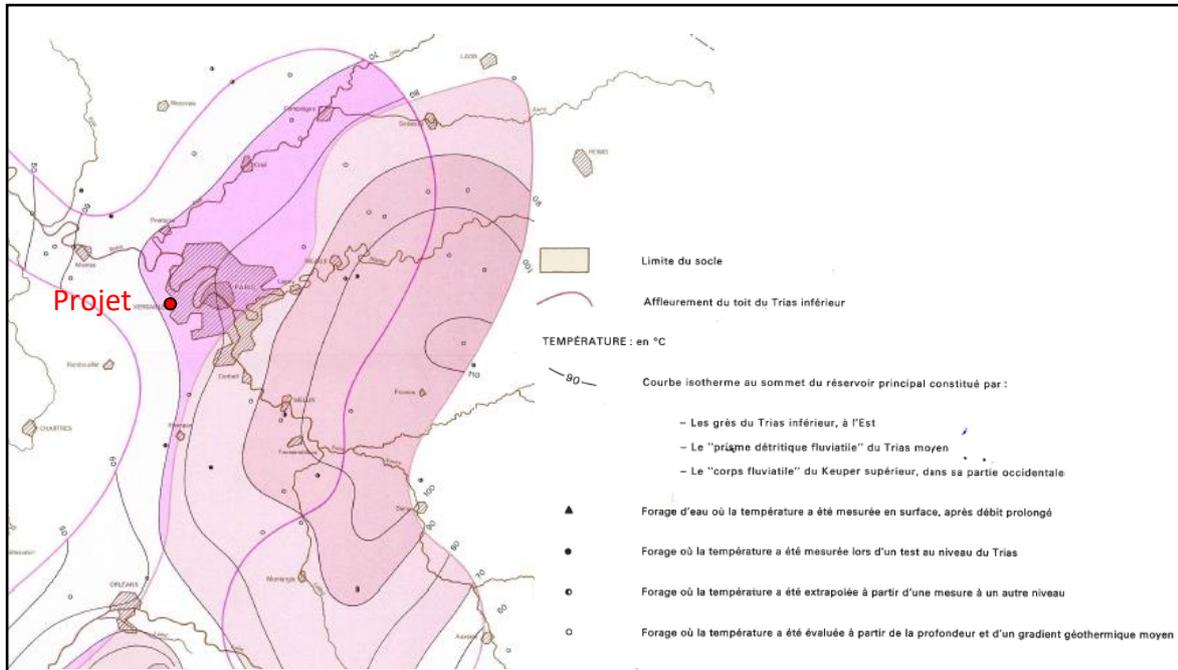


Figure 72 – Carte de température au Trias, extraite de « Potentiel géothermique du bassin parisien – BRGM / Elf Aquitaine – 1976 »

A partir des deux mêmes références, une salinité de l'ordre de 90 g/l éq NaCl est attendue pour les saumures du Trias.

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINÉRIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

- 2 -

Département : M. G. A., le Demandeur : GTH M. DESPLAN N° Ech. : B (ng/l) SiO₂ (mg/l) F (mg/l) Li (mg/l)
Service : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES V/Réf. : D.E 1043 / YP 370
N/Réf. : M. 6253 / Hyc. 1898 / Pol. 1432 Provenance : Forage Lergy Forage 17,6 ≤ 10 0,3 28

RESULTATS D'ETUDES

N° Ech. : pH Forage 7,3

N° Ech. : M.E.S. (µg/l) Fe/M.E.S. (µg/l) SiO₂/M.E.S. (µg/l) Forage 106 27,8 12

N° Ech. : Ca (mg/l) Mg (mg/l) Na (g/l) K (mg/l) Forage 7060 1060 28,0 427

N° Ech. : Cl (g/l) SO₄²⁻ (mg/l) Forage 57,2 360

Nombre de pages : 2

Figure 73 – Résultat des analyses physico-chimiques réalisées au Trias à Achères (source : BRGM - 80 SGN 794)

6.5. Caractéristiques hydrographiques

Le périmètre de recherche sollicité appartient au bassin hydrographique de la « Seine et cours d'eau côtiers normands » qui draine sur le secteur d'étude, le sous-bassin versant Seine Amont.

6.5.1. Principaux cours d'eau

Les principaux cours d'eau présents dans le périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée sont représentés sur la figure ci-dessous.

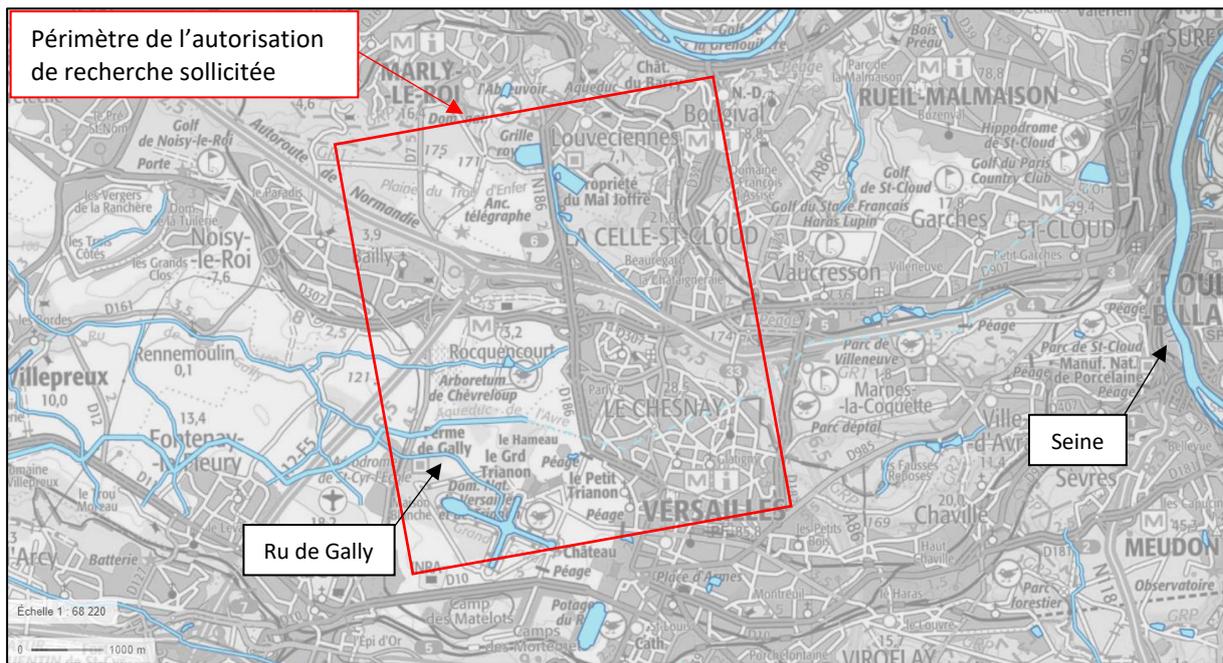


Figure 74 – Principaux cours d'eau présents dans le périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée (source : geoportail.gouv.fr)

6.5.2. Zones humides

- Les Zones Humides d'après la Convention RAMSAR

Définies par la convention de Ramsar en 1971, et intégrées au droit français par la loi sur l'eau en 1992, les zones humides sont désignées comme « les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Les zones humides sont reconnues pour leurs impacts bénéfiques sur la qualité de l'eau en créant un effet tampon entre les parcelles et les cours d'eau. Elles contribuent ainsi à limiter les pollutions diffuses. Elles jouent également un rôle dans la régulation des débits des cours d'eau, et donc dans la prévention des inondations et le soutien des débits estivaux. Enfin, elles constituent un patrimoine naturel exceptionnel, en raison de leur richesse biologique et des fonctions naturelles qu'elles remplissent.

Sur le périmètre de recherche, aucune zone humide de type RAMSAR n'est recensée.

➤ Les Zones Humides dites « prioritaires » ou « ordinaires »

La prise en compte des zones humides est devenue une question à traiter localement puisque d'après l'article 211-1 du Code de l'environnement, « les zones humides doivent être prises en compte dans les politiques d'aménagement des territoires ruraux et d'aide publique, notamment dans les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux ».

Les zones humides « ordinaires » correspondent aux autres zones humides d'intérêt biologique moindre mais dont le caractère humide est bien représenté (végétation, inondabilité, nature du sol, etc.).

Dans l'emprise du périmètre de l'autorisation de recherche, on retrouve des enveloppes d'alerte des zones humides dont la préservation doit être facilitée (Figure 75).

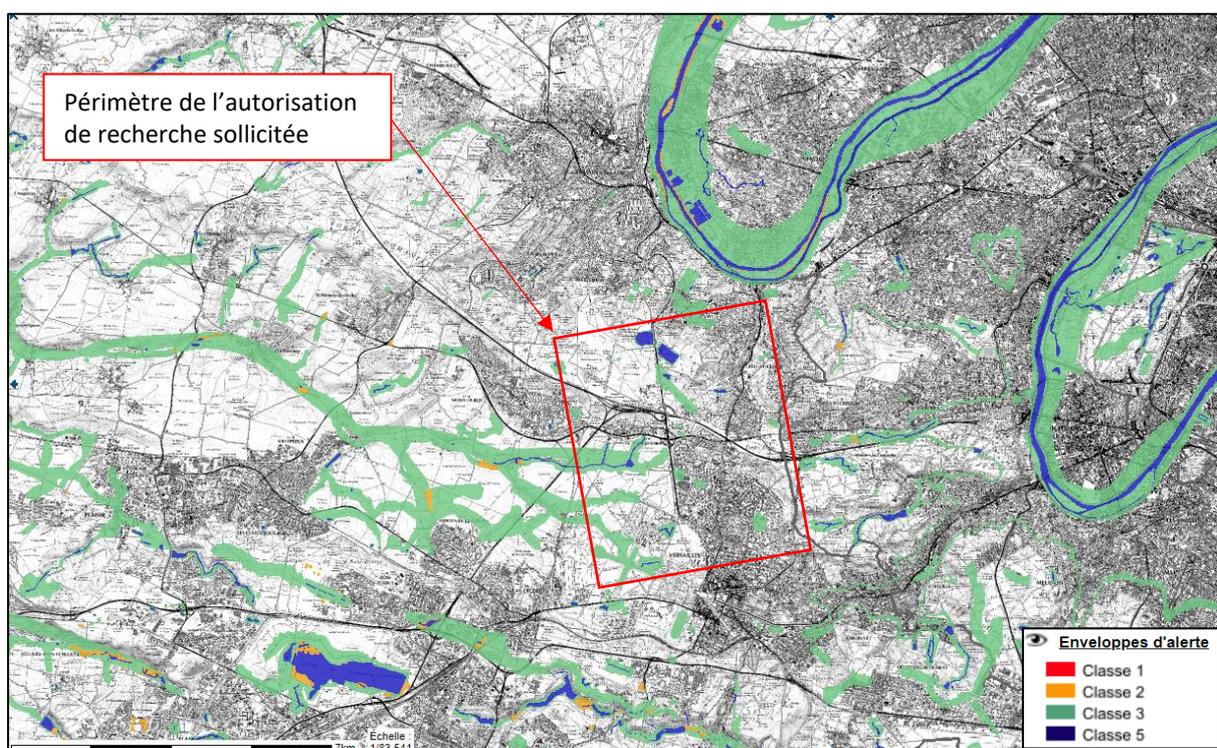


Figure 75 – Enveloppes d'alerte des zones humides (source : DRIEE Ile-de-France)

Dans le cadre des travaux exploratoires qui seront éventuellement conduits sur la zone d'étude, le caractère humide de ces milieux situés sur le périmètre de recherche ne sera pas altéré et se conformera aux réglementations spécifiques des activités exploratoires susceptibles de "si aucune attention n'est portée", d'accroître les impacts négatifs sur le fonctionnement de ces zones humides.

6.5.3. Prélèvements en Eau

Les prélèvements en nappe sont redevables d'une taxe spécifique, dépendante du volume annuel prélevé. Dans ce cadre, l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) fait procéder au relevé de compteurs placés sur les points de prélèvement.

L'inventaire des points de prélèvement et des volumes annuels pompés est accessible via les données de la Banque Nationale des Prélèvements en Eau (BNPE, données 2017) : la figure ci-dessous rend compte des points de prélèvement situés dans le périmètre de l'autorisation de recherche.

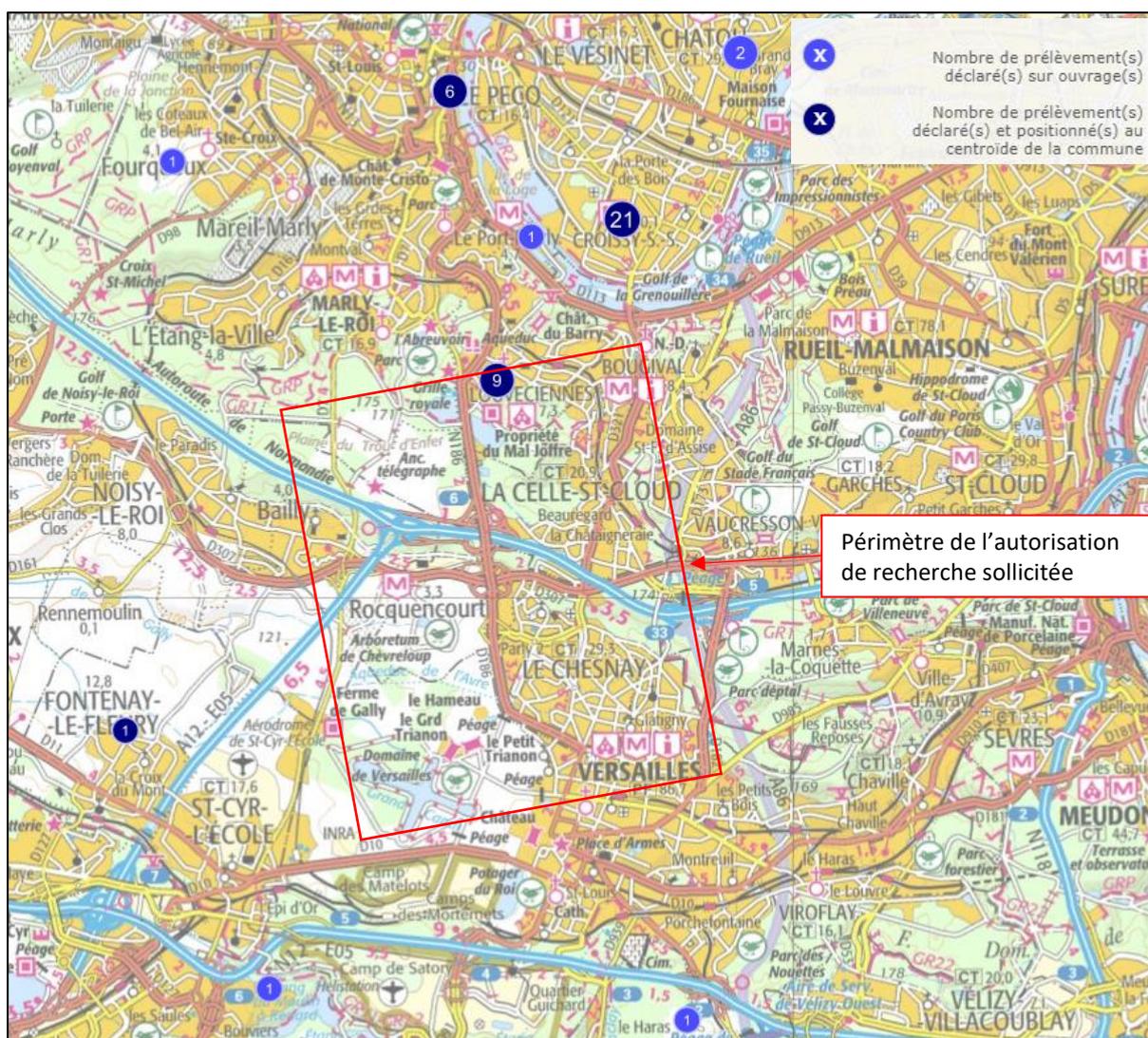


Figure 76 – Principaux captages présents dans le périmètre de l'autorisation de recherche sollicitée (source : BNPE)

6.6. Description du milieu naturel

6.6.1. Occupation et usages des sols sur le périmètre de recherche

La figure ci-dessous fait état de l'occupation et des usages des sols sur le périmètre de recherche. Au niveau du périmètre, les sols sont généralement soit :

- Des zones agricoles,
- Des zones naturelles,
- Des zones urbaines.

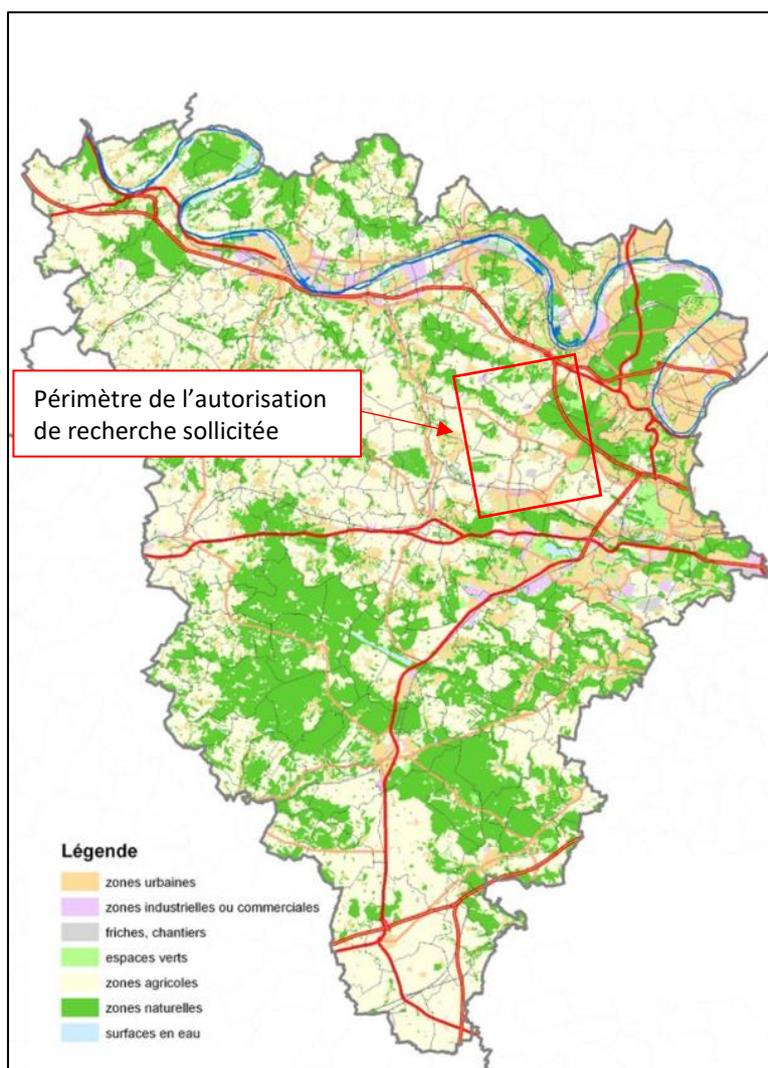


Figure 77 – Occupation et usages des sols (source : département Yvelines)

6.6.2. Milieux naturels fragiles ou remarquables

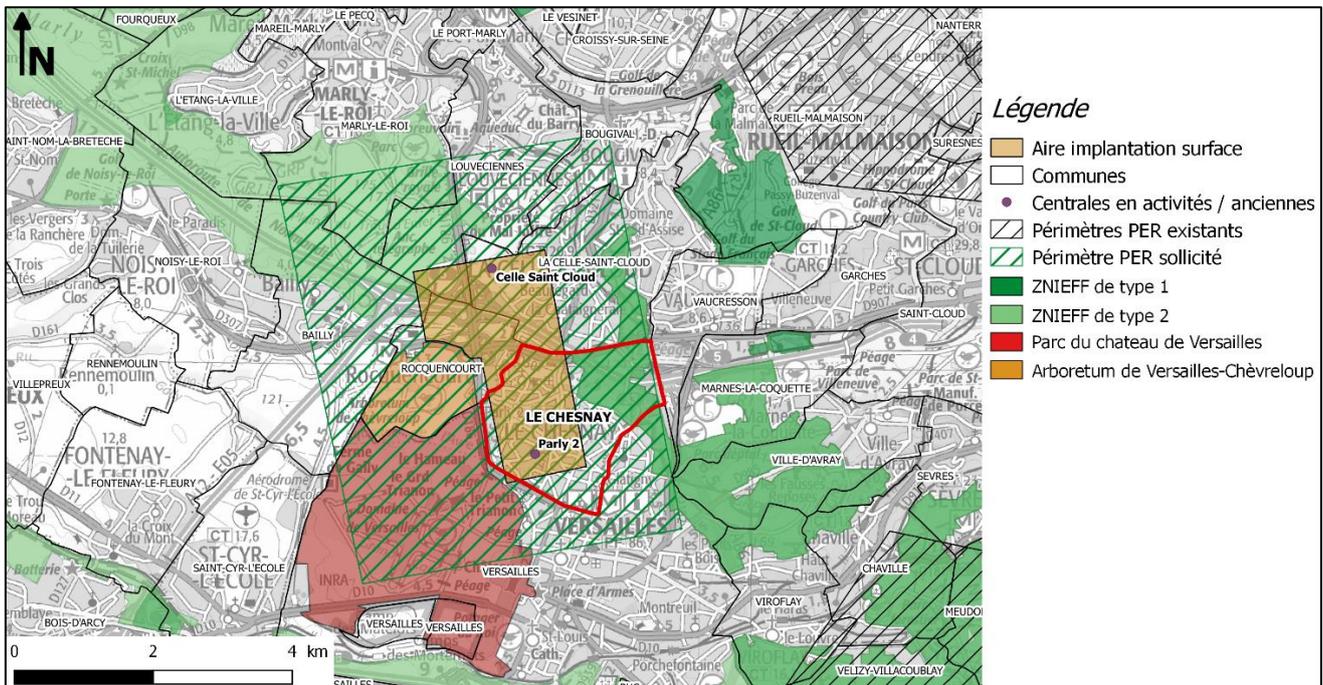


Figure 78 – Carte des zones de protection autour du projet (source : géoportail)

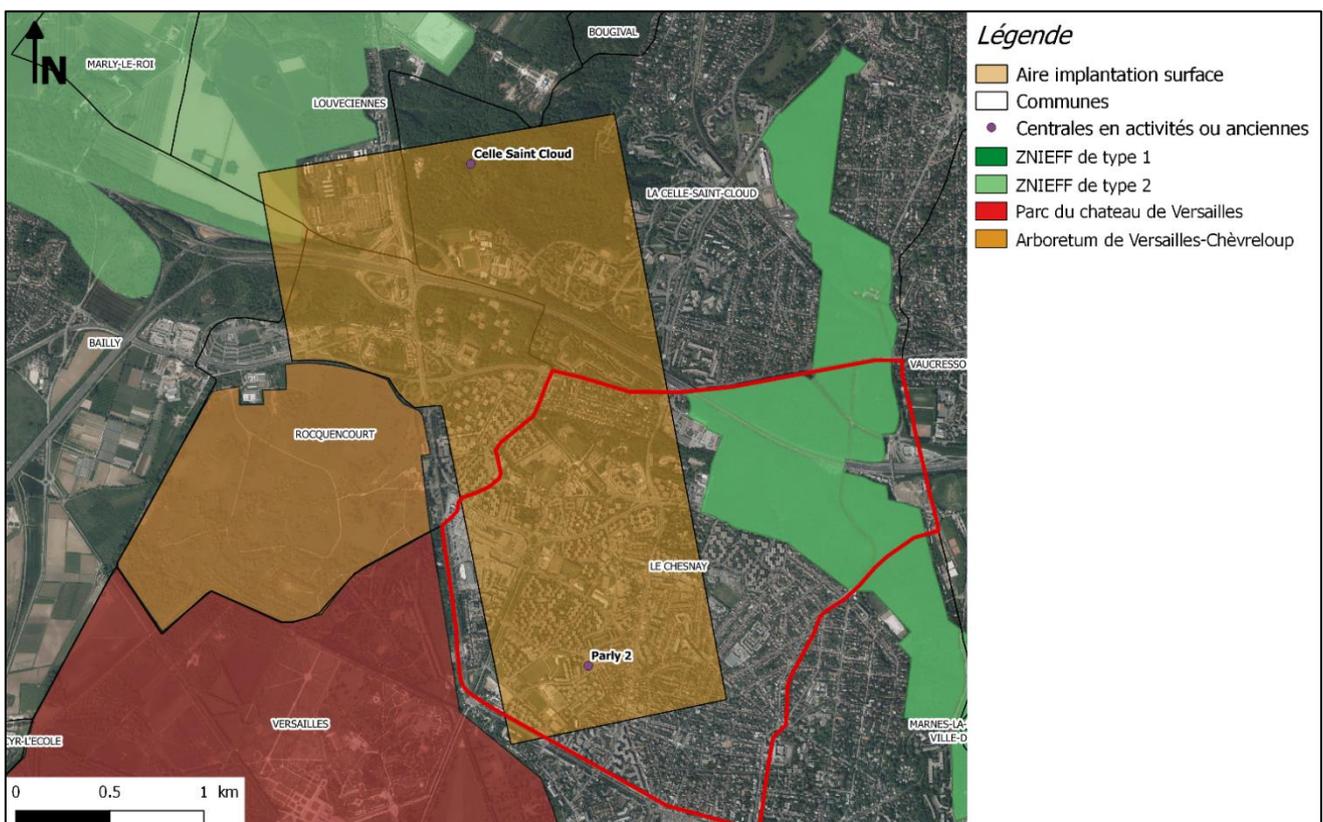


Figure 79 – Carte des zones de protection au proche du projet (source : géoportail)

Comme le montre la carte reportée en Figure 78, le secteur concerné du périmètre de recherche est inclus dans des zones de protection du milieu naturel. Le périmètre de recherche se trouve en particulier dans :

- La ZNIEFF de type 1 « Forêt domaniale de Fausses-Reposes » (n°110001691)
- La ZNIEFF de type 2 « Forêt de Marly » (n°110001361)
- ZNIEFF de type 2 « Forêts domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes et Parc de Saint-Cloud » (n°110030022)

Les espaces protégés suivants ne se trouvent pas dans le périmètre de recherche :

- Parc naturel régional ou national,
- Réserve naturelle,
- Arrêté de protection de biotope,
- Zone d'intérêt communautaire pour la protection des oiseaux (ZICO),
- Zone Natura 2000 (zones de protection spéciale et sites d'importance communautaire),

Les espaces protégés les plus proches (dans un rayon de 5 km autour du périmètre de recherche) correspondent à :

- Une Réserve Naturelle Nationale, FR3600080, Saint-Quentin-en-Yvelines, localisée à 4,5 km au Sud-Ouest du Périmètre de recherche
- 1 site NATURA 2000 Directive Oiseaux appartenant à « l'Étang de Saint Quentin » n°FR1110025 implanté à 4,5 km au Sud-Ouest du Périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 2 « Forêt domaniale de Versailles » (n°110020353) située à moins d'1 km au Sud du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 2 « Forêt de Bois-d'Arcy » (n°110020349) située à 2,5 km au Sud-Ouest du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Bois de gaze » (n°110020384) située à 2,7 km au Sud-Ouest du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Petit marais près de la gare de l'Étang-la-Ville » (n°110001363) située à 1,7 km au Nord-Ouest du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Usine des eaux du Pecq » (n°110001473) située à 1,9 km au Nord du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Bois de Saint-Cucufa et coteaux de Gallicourts » (n°110030013) située à 1 km au Nord-Est du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Prairies et plan d'eau du Parc de Villeneuve – l'étang et étang de Villeneuve » (n°110030016) située à 1,3 km à l'Est du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Forêt de Meudon et bois de Clamart » (n°110001693) située à 1,3 km au Sud-Est du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Prairies de la Vallée du Petit Jouy à l'aqueduc de Buc » (n°110001642) située à 3,3 km au Sud du périmètre de recherche
- ZNIEFF de type 1 « Vallon de la Bièvre en amont de l'étang de la Geneste » (n°110020402) située à 2,6 km au Sud du périmètre de recherche

Il y a également plusieurs sites classés et inscrits qui ont été recensés.

6.6.2.1. La ZNIEFF de type 1 : Forêt domaniale de Fausses-Reposes

La fiche complète de la ZNIEFF et le détail du recensement des espèces est disponible en Annexe 7.

La forêt de Fausses-Reposes est une forêt domaniale située principalement dans les Hauts-de-Seine et secondairement dans les Yvelines. Ancienne forêt royale proche de Versailles, c'est aujourd'hui une forêt gérée par l'Office National des Forêts (ONF). C'est, en surface, la deuxième forêt des Hauts-de-Seine après la forêt de Meudon. Ce massif forestier regroupe principalement des habitats liés aux chênaies sessiliflores et aux chênaies-charmaies. Les habitats humides se restreignent aux étangs de Ville d'Avray et à quelques mares intraforestières.

La ZNIEFF est incluse dans les sites inscrits dénommés « Bois de Fausses Reposes » (n° 5611) et « Abords des étangs » (n° 7438), et le site classé dénommé « Étangs » (n° 6136). La forêt domaniale a été classée par le Conseil d'État en forêt de protection par décret du 23 août 2007.

Parmi les 98 taxons dénombrés, 4 espèces sont déterminantes pour la création de ZNIEFF (dont 1 inscrite à l'annexe II de la directive « Habitats »). Ces 4 coléoptères sont des espèces saproxyliques, considérées comme des bio-indicateurs forestiers, les espèces précises rencontrées sont :

- Les coléoptères inféodés aux gros bois matures de chêne comme le Grand Capricorne (*Cerambyx cerdo*), espèce inscrite à l'annexe II de la directive « Habitats », déterminante ZNIEFF, assez rare dans les forêts des Hauts-de-Seine (92) et dans les forêts franciliennes (idf)
- Les coléoptères vivant dans les cavités de ces gros bois comme le Taupin de Megerle (*Ampedus megerlei*), déterminant ZNIEFF
- Les coléoptères associés aux gros bois cariés, xylophiles (*Hylis olexai*), ou prédateurs comme *Oxylaemus cylindricus*, déterminant ZNIEFF, rare 92, assez rare idf, le Sélatosome à deux tâches (*Selatosomus bipustulatus*), déterminant ZNIEFF



Cerambyx cerdo Linnaeus (1758)



Oxylaemus cylindricus (Creutzer, 1796)



Calambus bipustulatus (Linnaeus, 1767)

6.6.2.2. La ZNIEFF de type 2 : Forêt de Marly

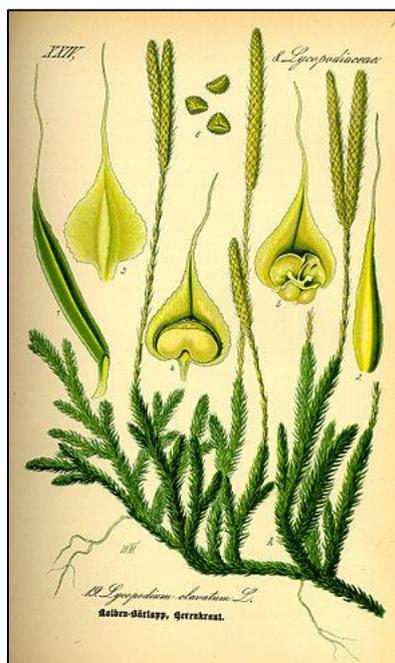
La fiche complète de la ZNIEFF et le détail du recensement des espèces est disponible en Annexe 8.

C'est un massif forestier cerné par l'urbanisation, qui a cependant gardé un intérêt surtout botanique avec la présence de 10 espèces végétales déterminantes dont 6 sont protégées.

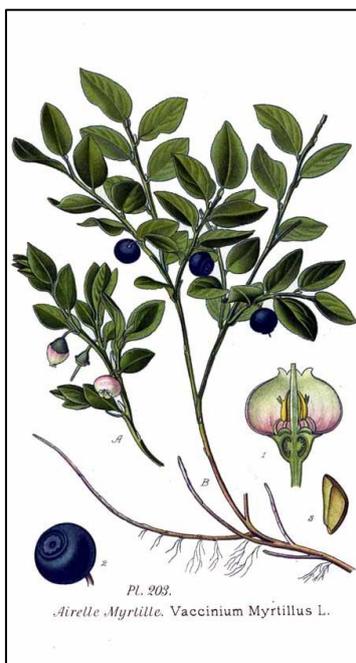
Les boisements dominants sont des chênaies-hêtraies et des hêtraies-chênaies acidiphiles, dans une ambiance "fraîche" (présence de mares, vallons humides, etc.).

On note en particulier la présence de l'unique station connue du Bassin parisien pour *Equisetum variegatum* (protégée en ÎdF), qui bénéficie de mesures conservatoires.

Deux espèces végétales déterminantes sont signalées disparues (*Lycopodium clavatum* et *Vaccinium myrtillus*), une autre n'a pas été revue depuis les années 50 (*Lobelia urens*).



Lycopodium clavatum



Vaccinium myrtillus



Lobelia urens

6.6.2.3. La ZNIEFF de type 2 : Forêts domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes et Parc de Saint-Cloud

La fiche complète de la ZNIEFF et le détail du recensement des espèces est disponible en Annexe 9.

Les limites de la ZNIEFF, qui regroupe deux entités, permettent de prendre en compte l'ensemble des espaces et espèces remarquables. La ZNIEFF inclut tous les secteurs d'intérêt écologique et les milieux connexes qui jouent un rôle reconnu in situ auprès de la faune. Cette ZNIEFF n'héberge pas moins de 31 espèces déterminantes pour la création de ZNIEFF en Île-de-France. L'intérêt de la ZNIEFF est tant faunistique, entomofaune notamment (16 espèces déterminantes), que floristique (10 espèces déterminantes).

Les forêts domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes sont des massifs forestiers situés principalement dans les Hauts-de-Seine et secondairement dans les Yvelines. Ce sont, en surface, les deux premières forêts des Hauts-de-Seine. Ces massifs forestiers regroupent principalement des habitats liés aux chênaies sessiliflores et aux chênaies-charmaies. Ils rassemblent aussi des habitats humides (étangs, mares et boisements humides) et des habitats « prairiaux » (prairies, pelouses, friches...). Ces forêts sont gérées par l'Office National des Forêts (ONF).

Pour ce qui est de la faune, l'entomofaune des vieux boisements et îlots de vieillissement constitue l'un des intérêts de ces massifs forestiers. La richesse entomofaunistique a été établie en 2002 et 2003 par des piégeages qui ont simultanément été réalisés sur les forêts domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes. Le choix des sites de piégeage s'est porté sur les vieux peuplements, où la diversité en coléoptères saproxyliques est normalement la plus élevée.

Au final, 99 et 98 taxons ont été respectivement dénombrés sur les forêts de Meudon et de Fausses-Reposes. Parmi ces derniers, 8 espèces sont déterminantes pour la création de ZNIEFF dont le Grand Capricorne (*Cerambyx cerdo*), espèce inscrite à l'annexe II de la directive « Habitats », déterminante ZNIEFF, assez rare dans les forêts des Hauts-de-Seine (92) et dans les forêts franciliennes (idf). Les autres espèces sont le Taupin de Megerle (*Ampedus megerlei*), l'Eucnème capucin (*Eucnemis capucina*), la Dryade Scarabée (*Melandrya caraboides*), *Oxyaemus cylindricus*, le Sélatosome à deux tâches (*Selatosomus bipustulatus*).

La ZNIEFF inclut les sites inscrits dénommés « Partie du parc de Chalais-Meudon et la totalité du bassin hexagonal avec ses digues et ses abords » (n°6081) et « Étang d'Ursine et ses berges » (n°5912)

Elle inclut la quasi-totalité du site inscrit dénommé « Bois de Fausses-Reposes » (n°5611) et une part importante de ceux intitulés « Bois de Meudon et Viroflay et leurs abords » (n°6023) et « Cimetière intercommunal » (n°7388) et une faible part de celui dénommé « Abords des étangs » (n°7438).

La ZNIEFF inclut les sites classés dénommés « Étang » (n°6136), « Parc du château » (n°5594) et la quasi-totalité de celui intitulé « Bois de Saint-Cloud et parc de Villeneuve-l'Étang » (n°6110).

La forêt domaniale de Fausses-Reposes a été classée par le Conseil d'État en forêt de protection par décret du 23 août 2007.



Mantis religiosa (Linnaeus, 1758)



Cerambyx cerdo (Linnaeus, 1758)



Martes martes (Linnaeus, 1758)



Falco subbuteo (Linnaeus, 1758)

6.6.2.4. Milieux naturels inscrits

En dehors des ZNIEFF, des sites naturels sont également inscrits comme sites remarquables, tels que le Domaine national de Versailles, le site patrimonial remarquable de Marnes-la-Coquette, l'ancien Château de Rocquencourt...

6.6.2.5. Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE)

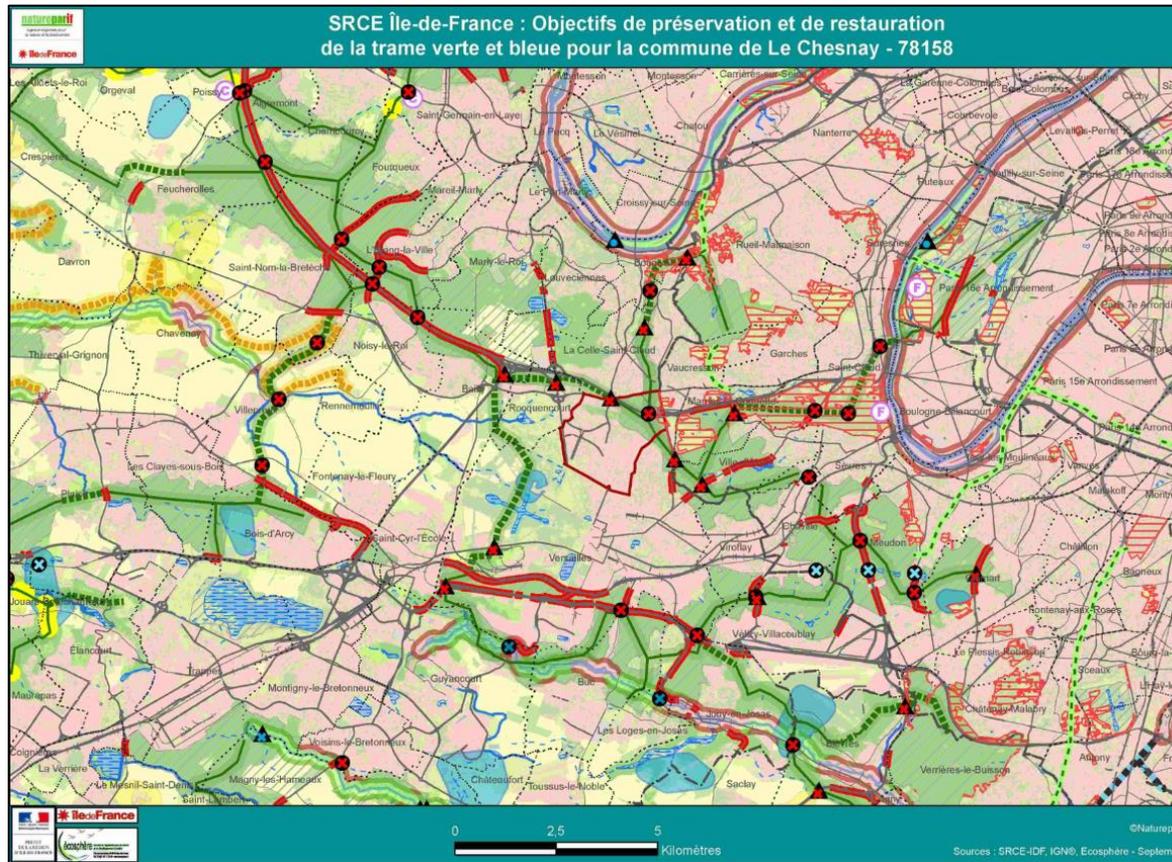


Figure 80 – Schéma Régional de Cohérence Ecologique : Objectifs de préservation et de restauration de la trame verte et bleue

Le Schéma régional de cohérence écologique (SRCE) d'Ile-de-France a été adopté par le préfet de région le 21 octobre 2013 (cf. Figure 80).

La Forêt de Marly, la forêt domaniale de Meudon et de Fausses-reposes, le Parc de Saint-Cloud, le Bois de Saint-Cucufa et les coteaux de Gallicourts sont identifiés comme réservoirs de biodiversité dans le SRCE. Le Golf et Tennis du Haras de Jardy est, quant à lui, reconnu pour son intérêt écologique en contexte urbain. Au Nord du Chesnay, deux principaux obstacles et un point de fragilité des corridors arborés sont répertoriés.

6.7. Description du milieu humain

Le périmètre de recherche s'étend sur :

- 8 communes différentes : Le Chesnay, Rocquencourt, La Celle Saint-Cloud, Bougival, Louveciennes, Marly-le-Roi, Bailly et Versailles.
- Le département des Yvelines.
- 2 communautés d'Agglomérations : Versailles Grand Parc et Saint-Germain Boucles de Seine.

6.7.1. Département d'Ile de France

Le périmètre de recherche demandé se situe dans le département des Yvelines.

Le département des Yvelines fait partie de la région Île-de-France. Situé au centre du bassin parisien, à l'Ouest et au Sud-Ouest de Paris, d'une distance allant d'une vingtaine de kilomètres de la capitale (Chatou est à 14 km de Paris, Versailles à 16 km) à une cinquantaine de kilomètres de celle-ci (Rambouillet est à 53 km de Paris).

Les départements limitrophes sont le Val-d'Oise au Nord, les Hauts-de-Seine à l'Est et l'Essonne au Sud-Est. L'Est du département, ainsi que le Nord le long de la Seine, font partie de l'agglomération parisienne, tandis que le reste du département est encore rural, et possède de vastes zones boisées (forêt de Rambouillet).

Les principales villes (population supérieure à 25 000 habitants) sont dans l'ordre décroissant : Versailles (préfecture), Sartrouville, Mantes-la-Jolie (sous-préfecture), Saint-Germain-en-Laye (sous-préfecture), Poissy, Conflans-Sainte-Honorine, Montigny-le-Bretonneux, Plaisir, Houilles, Les Mureaux, Trappes, Rambouillet (sous-préfecture). Elles se trouvent en majorité dans le Nord-Est du département, ainsi que dans la ville nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines qui comprend sept communes, dont Montigny-le-Bretonneux, regroupées en communauté d'agglomération.

Deux parcs naturels régionaux se trouvent entièrement ou partiellement dans les Yvelines : le parc naturel régional de la haute vallée de Chevreuse (21 300 ha) et une partie du parc naturel régional du Vexin français (11 984 ha sur un total de 65 670 ha).

6.7.2. La Communauté d'Agglomération de Versailles Grand Parc

Dix-neuf communes des départements des Yvelines et de l'Essonne composent la Communauté d'Agglomération de Versailles Grand Parc (CAVGP ou VGP). Créée au 1^{er} Janvier 2010, son ambition est de développer de nouvelles synergies entre les villes afin d'offrir les meilleurs services de proximité aux 270 000 habitants. Les communes de Versailles, Le Chesnay, Rocquencourt, La Celle Saint-Cloud, Bougival et Bailly sont incluses à la fois dans la communauté d'agglomération et le périmètre de recherche (cf.).

Versailles Grand Parc s'étend sur 12 400 hectares parmi lesquels 3 300 hectares d'espaces agricoles et 3 000 hectares de massifs forestiers qui composent la trame naturelle et représentent ainsi plus de 50 % de la superficie totale du territoire.

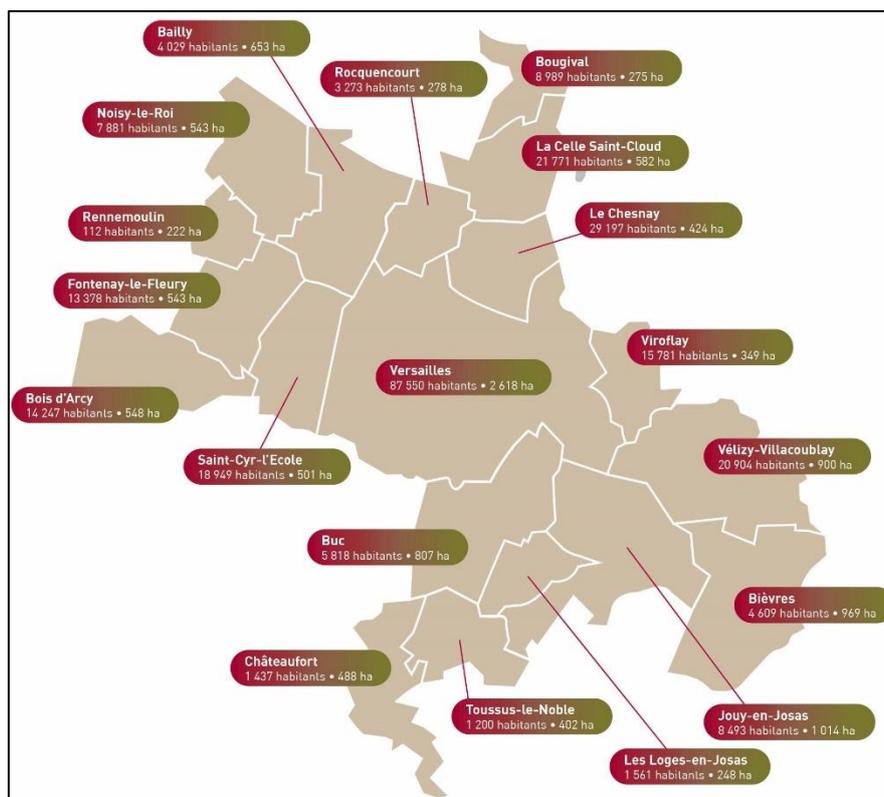


Figure 81 – Carte de la Communauté d'Agglomération de Versailles Grand Parc (CAVGP ou VGP)

6.7.3. La Communauté d'Agglomération de Saint Germain Boucles de Seine

Vingt communes des départements des Yvelines et du Val-d'Oise composent la Communauté d'Agglomération de Saint Germain Boucles de Seine (CASGBS ou SGBS). Créée au 1^{er} Janvier 2016, son ambition est de développer de nouvelles synergies entre les villes afin d'offrir les meilleurs services de proximité aux 332 000 habitants. Les communes de Louveciennes et Marly-le-Roi sont incluses à la fois dans la communauté d'agglomération et le périmètre de recherche (cf.).

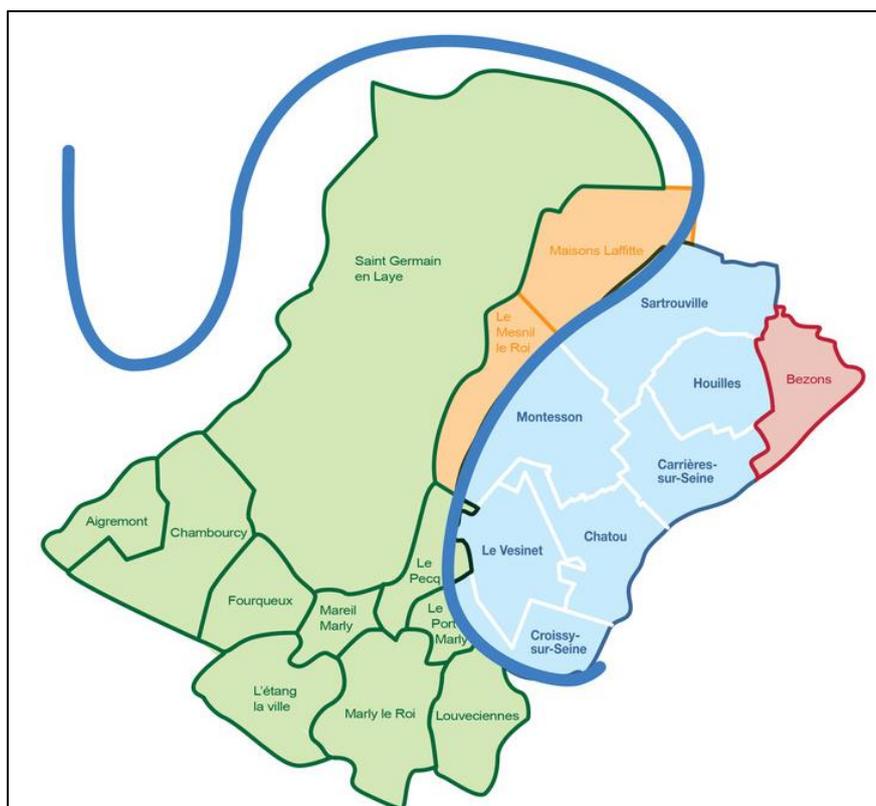


Figure 82 – Carte de la Communauté d'Agglomération de Saint Germain Boucles de Seine (CASGBS ou SGBS)

6.7.4. Population et urbanisation

La population de l'ensemble des communes incluses tout ou partie dans le périmètre de recherche est d'environ 178 000 habitants.

Tableau 8 – Population des communes incluses dans le périmètre de recherche (source : Insee, 2017)

Commune	Population recensée en 2017 (Source : Insee)
Le Chesnay-Rocquencourt	31780
La Celle-Saint-Cloud	21378
Bougival	8841
Louveciennes	7259
Marly-le-Roi	16678
Bailly	3863
Versailles	87900
Total :	177699

6.7.5. Documents d'urbanisme

Les servitudes et règles générales d'utilisation des terrains communaux sont dictées par :

- Les Plans Locaux d'Urbanisme (P.L.U.) pour certaines communes ou par les Plans d'Occupation des Sols (P.O.S.) lorsque les P.L.U. ne sont pas encore mis en place.
- Les cartes communales, lorsqu'il n'y a ni P.O.S. ni P.L.U.,

- Le Règlement National d'Urbanisme (R.N.U.), lorsque la commune ne dispose d'aucun document d'urbanisme.

Selon le Code de l'Urbanisme, les communes peuvent appliquer dans le cadre des PLU, des mesures de protection de certains « bois, forêts, parcs, arbres isolés, haies et plantations d'alignement d'arbres comme des espaces boisés (espaces boisés classés) à conserver, à protéger ou à créer ».

Le périmètre de recherche dit « Grand Parc Nord » est concerné par les servitudes et règles générales d'utilisation des terrains des 8 communes sur lesquelles le périmètre empiète.

Ces documents de planification fixant des règles sur l'urbanisme et sur l'aménagement du territoire seront pris en compte dans le cadre de travaux d'exploration effectués sur le périmètre de recherche dit « Grand Parc Nord ». Les activités exploratoires seront conformes aux orientations environnementales et socio-économiques élaborés dans le cadre de ces documents

6.7.6. Sites classés – patrimoines remarquables

Parmi les sites classés du périmètre, on retrouve les zones naturelles décrites précédemment.

Parmi les monuments historiques du périmètre (sites classés présentant un niveau d'intérêt national), on notera :

- A Versailles :
 - Le domaine national de Versailles (site partiellement classé),
 - Dans le domaine national : les terrains de la plaine des Mortemets (sites classés),
 - Dans le domaine national : l'ancien potager du Roi et le parc de Balbi (sites classés),
 - La Cathédrale Saint-Louis (site classé),
 - L'Eglise Notre Dame (site classé),
 - La Porte des Gendarmes (site classé),
 - Le Pavillon du Barry (site classé),
 - Le couvent de la Reine, l'Hôtel ou Quartier de Noailles, la Maison des Italiens, l'Hôtel Lambinet (sites inscrits et partiellement classés),
 - Les terrains en bordure de l'abreuvoir Louis XIV et le monument Pershing-Lafayette, la Synagogue, le Théâtre municipal, l'Eglise Saint-Symphorien, la maison La Colette (sites inscrits),
 - De nombreux sites partiellement inscrits.
- A Rocquencourt :
 - Le domaine national de Versailles (site partiellement classé),
 - Le Château de Rocquencourt (site inscrit).
- A Bailly :
 - Le terrain domanial (site classé).
- A Marly-le-Roi :
 - Le domaine national de Marly-le-Roi (site classé),
 - L'Eglise Saint-Etienne-Saint-Vigor (site inscrit),
 - L'Hôtel Couvay (site partiellement inscrit)
- A La Celle-Saint-Cloud :

- Château de la Celle (site partiellement classé-inscrit)

La Figure 83 permet de rendre compte de l'ensemble des sites cités ci-dessus.

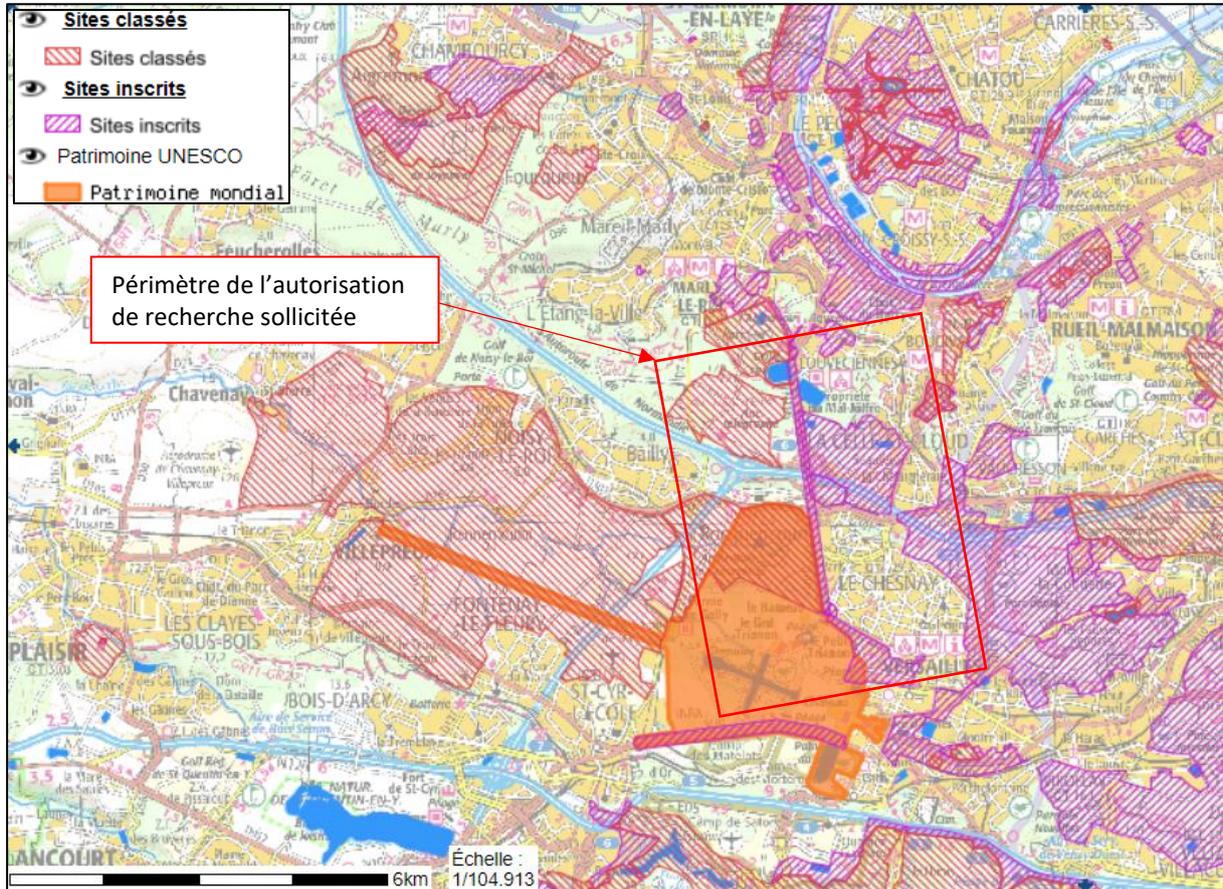


Figure 83 – Sites inscrits, classés, patrimoniaux remarquables (source : DRIEE)

6.7.7.2. Réseau ferroviaire

La figure ci-dessous montre l'ensemble du réseau ferroviaire au niveau du périmètre de recherche sollicité.

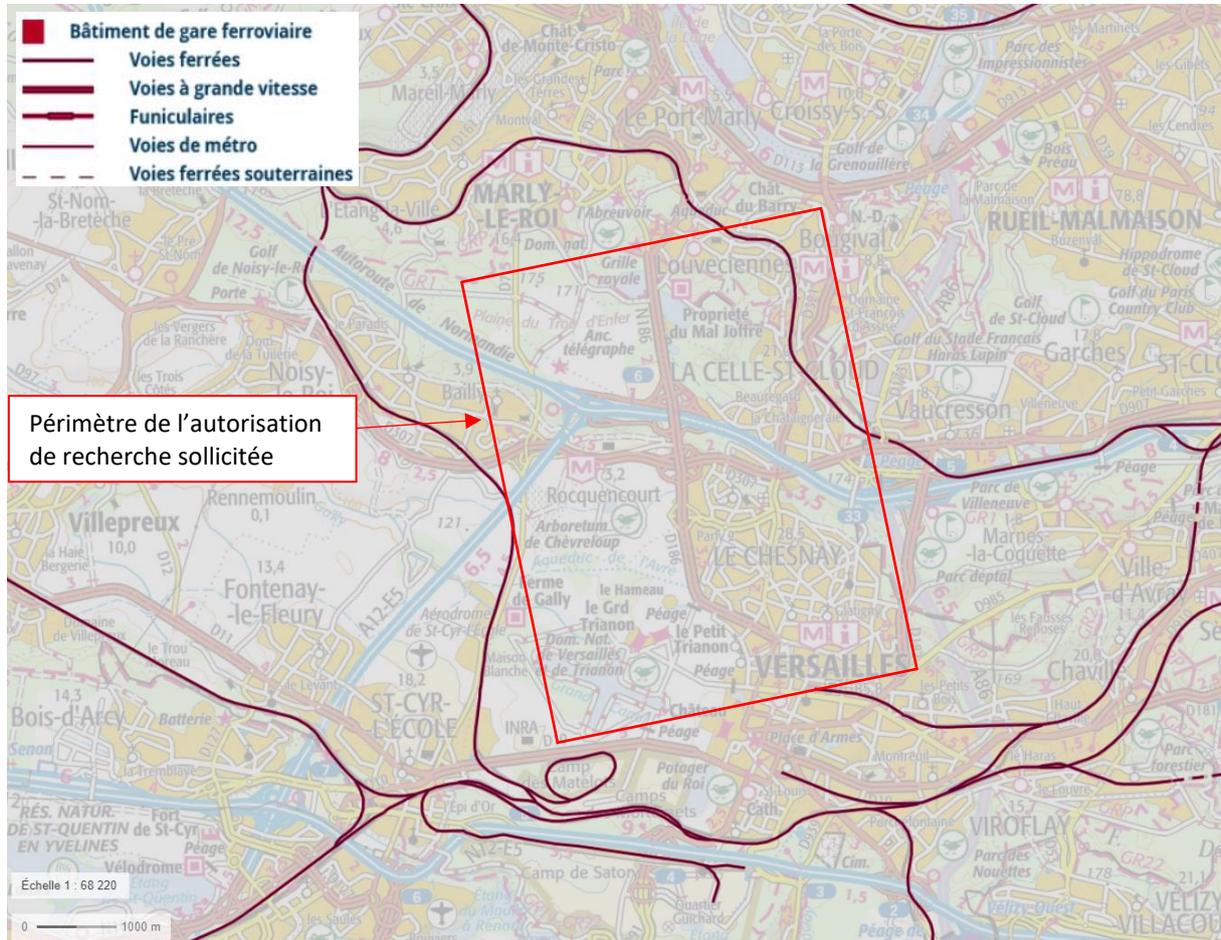


Figure 85 – Réseau ferroviaire PER « Grand Parc Nord » (source : geoportail.gouv.fr)

6.7.7.3. Réseau aérien

La figure ci-dessous montre que l'Aérodrome de Saint-Cyr-l'École correspond à la zone aéroport la plus proche du périmètre de recherche sollicité.

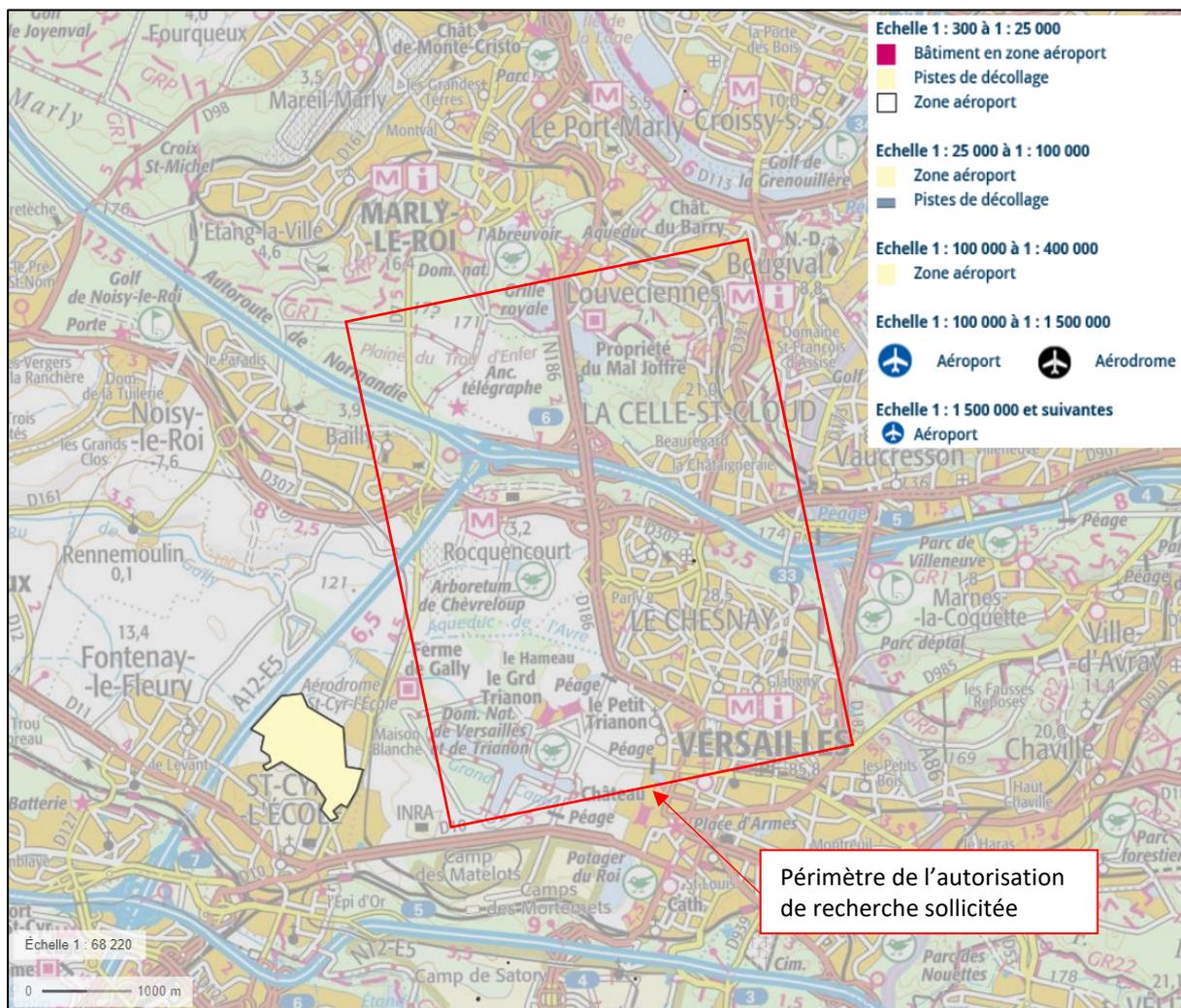


Figure 86 – Réseau aérien PER « Grand Parc Nord » (source : geoportail.gov.fr)

6.7.8. Les nuisances sonores

6.7.8.1. Cadre réglementaire : Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE)

L'une des premières nuisances déplorée 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 :

1. 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) ;
2. 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.

Pour rappel, le périmètre de recherche s'étend sur 8 communes différentes dans un unique département. Ainsi les cartes de bruits présentées ci-après dépendent du PPBE suivant :

Par arrêté préfectoral du 2 octobre 2012 le PPBE de l'État dans les Yvelines accompagné d'une note exposant les résultats de la consultation et la suite qui leur a été donnée, a été approuvé. Ce projet concerne les routes nationales 10, 12, 13, 118, 184, 186, 191, les autoroutes non concédées A12, A13 entre Orgeval et Le Chesnay, A86 (hors partie souterraine entre Vélizy-Villacoublay et Rueil-Malmaison) et les autoroutes concédées A10, A11, A13 entre Orgeval et Blaru, et A14 entre Nanterre et Orgeval. En outre, Les cartes de bruit des grandes infrastructures de transport terrestre des Yvelines sont publiées par arrêté préfectoral n°SE 18-000118 du 20 avril 2018 et tenues à la disposition du public à la Direction Départementale des Territoires des Yvelines. Ces cartes sont révisables tous les 5 ans.

6.7.8.2. 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 appliquée 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 et voies ferrées

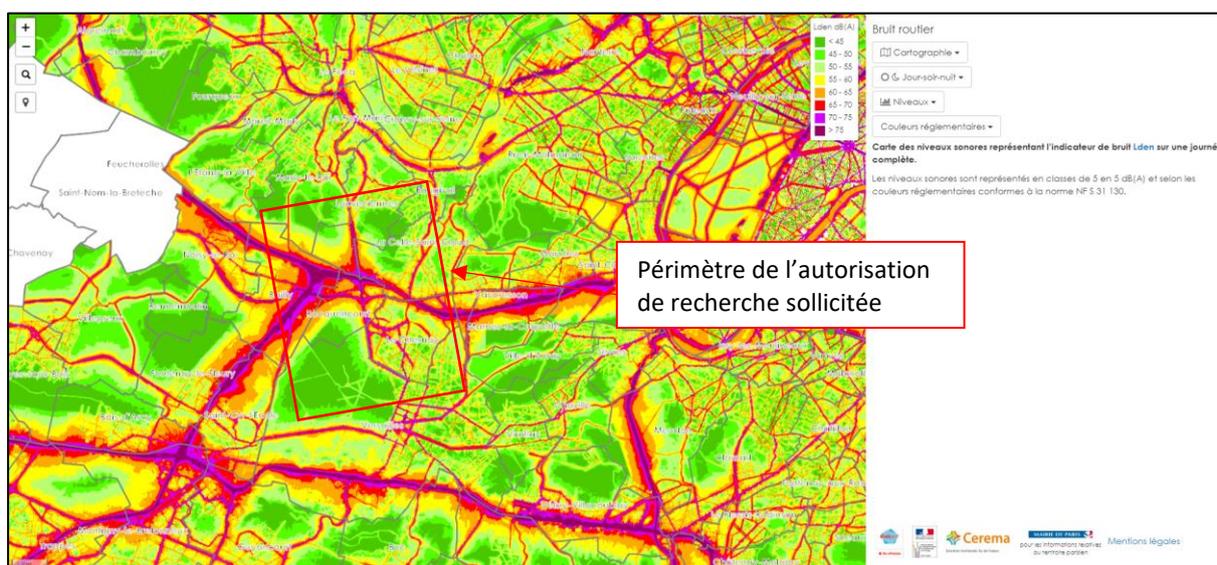


Figure 87 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Lden sur une journée complète

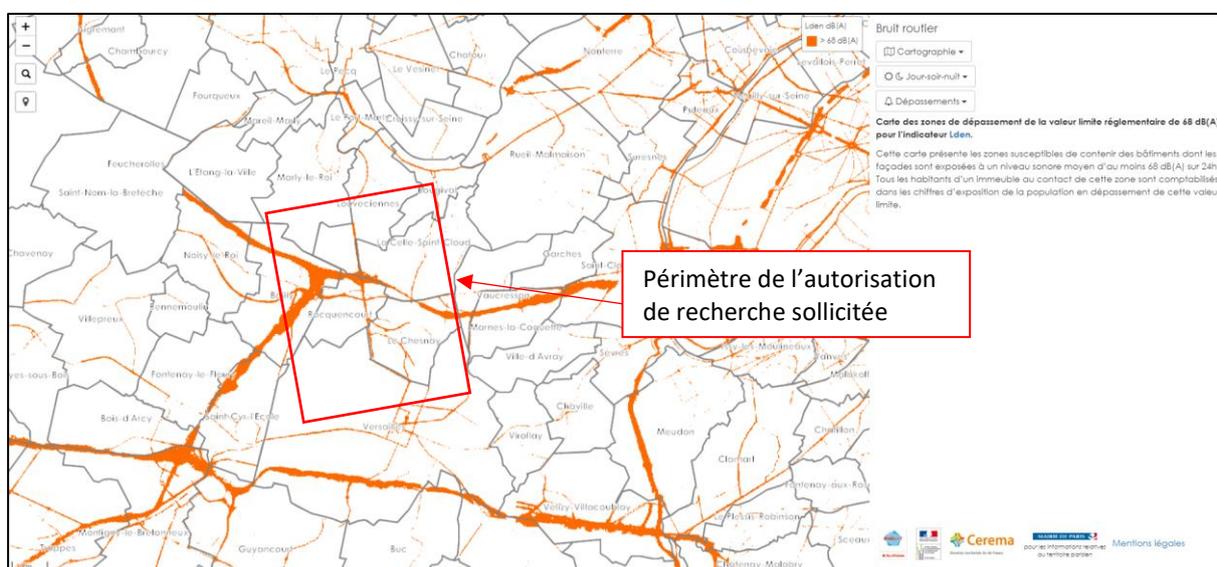


Figure 88 – Carte des zones de dépassement de la valeur réglementaire de 68 dB(A) pour l'indicateur Lden

Exposition au bruit sur la nuit des grandes voies routières et voies ferrées

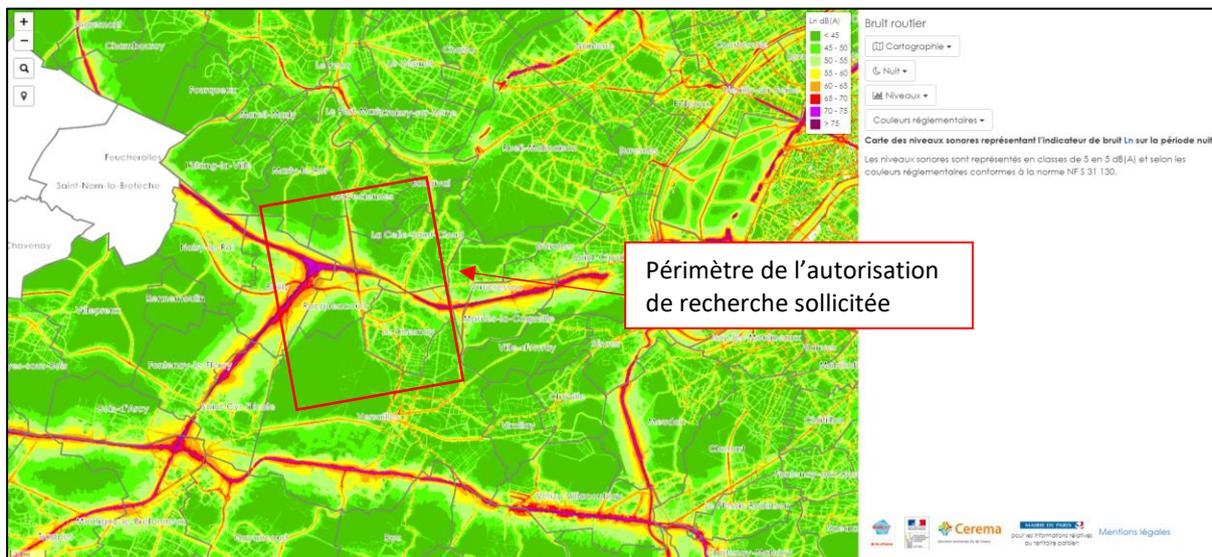


Figure 89 – Carte des niveaux sonores représentant l'indicateur Ln sur la période nuit

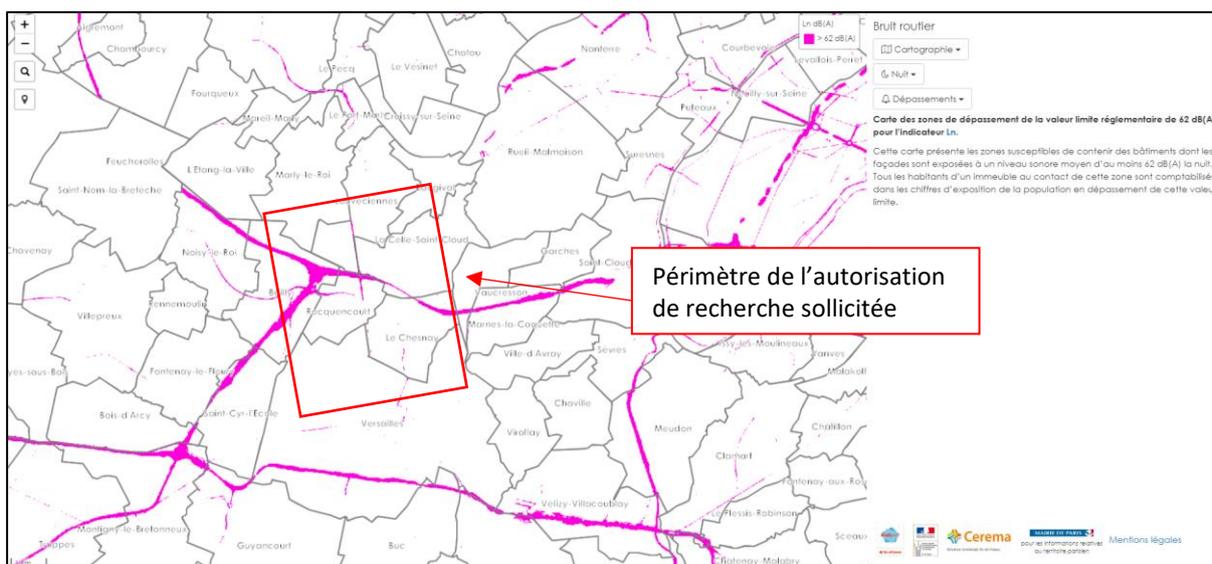


Figure 90 – Carte des zones de dépassement de la valeur réglementaire de 62 dB(A) pour l'indicateur Ln

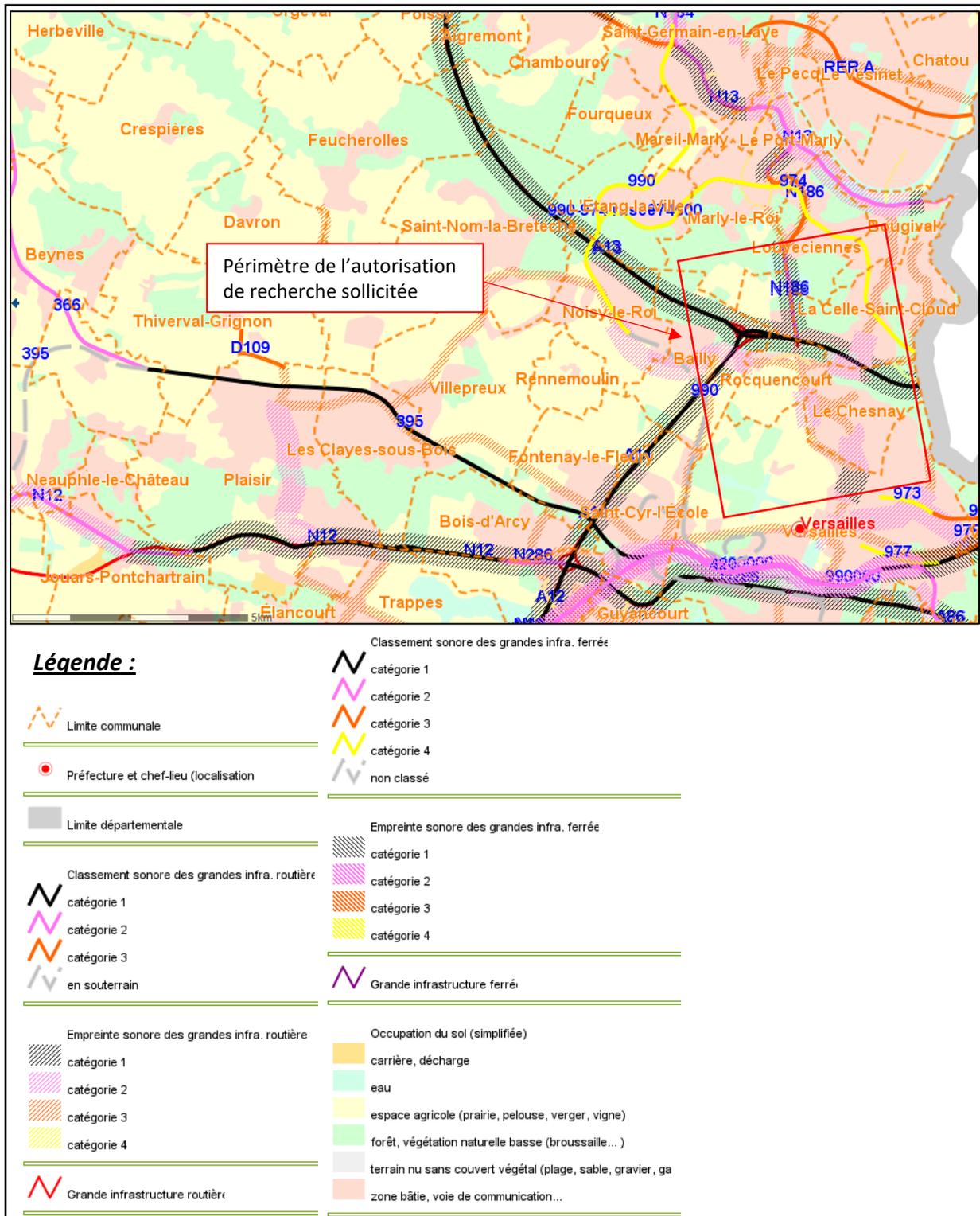


Figure 91 – Classement sonore des infrastructures bruyantes (source : DRIEE)

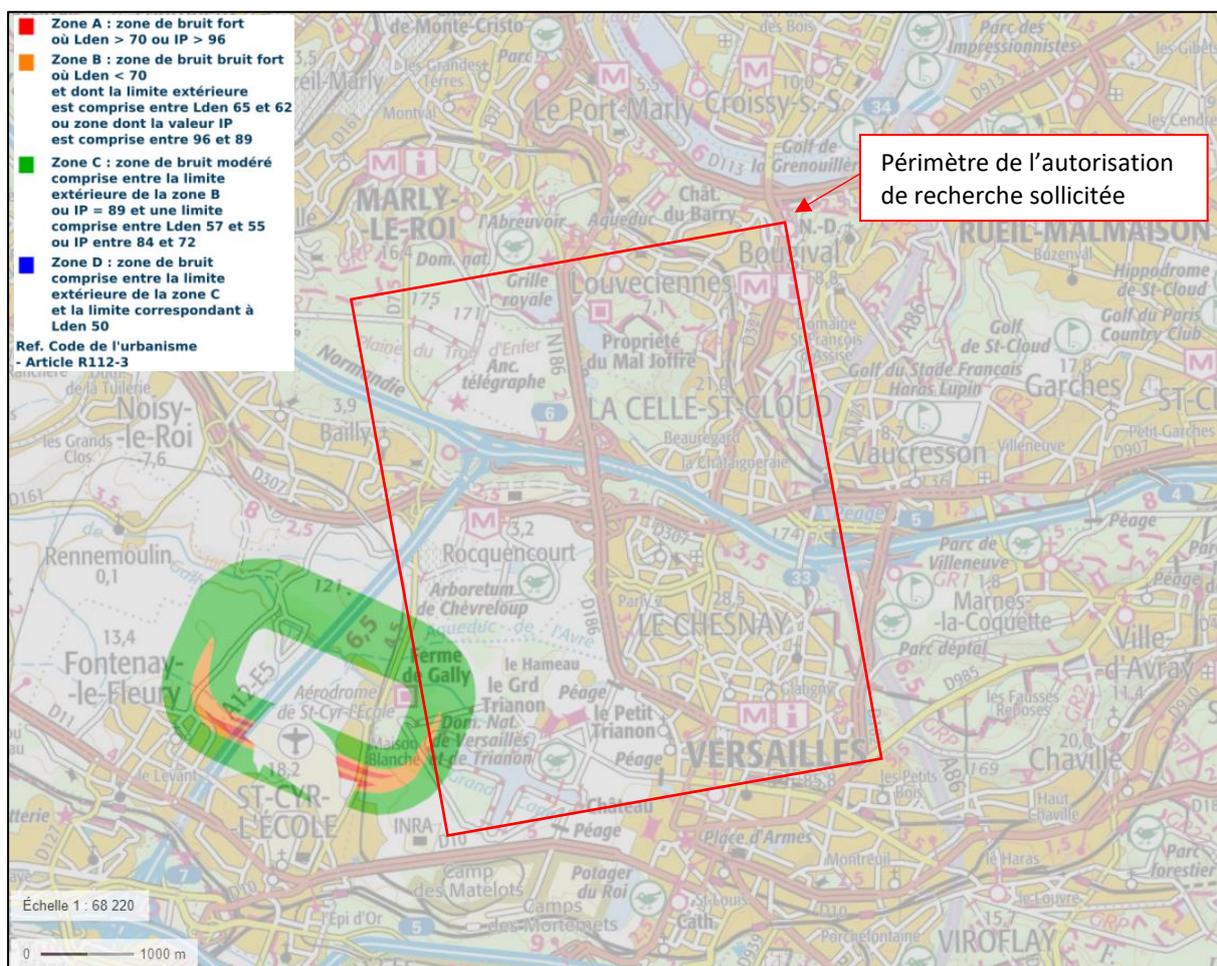


Figure 92 – Plan d'exposition au bruit (source : geoportail.gouv.fr)

A l'échelle du périmètre, les principales sources de bruit sont générées par les grandes infrastructures routières et ferroviaires ainsi que par l'Aérodrome de Saint-Cyr-l'Ecole.

6.7.9. La qualité de l'air

Les indices CITEAIR (Common Information to European air, Interreg IVc) permettent de comparer la qualité de l'air dans près de 90 villes européennes selon la même méthode et le même outil.

Ces indices, à travers une échelle de 5 couleurs (5 classes, 5 qualificatifs de qualité de l'air « très bonne » à « très mauvaise ») informent sur les polluants les plus problématiques en Europe.

Pour l'indice général, les polluants dont il faut tenir compte sont le NO₂, les PM₁₀ et l'ozone. Cet indice peut caractériser l'air ambiant à partir des mesures des stations de fond, ou encore la qualité de l'air près du trafic à partir des mesures des stations de trafic. L'indice CITEAIR des Yvelines est présenté en situation de fond.

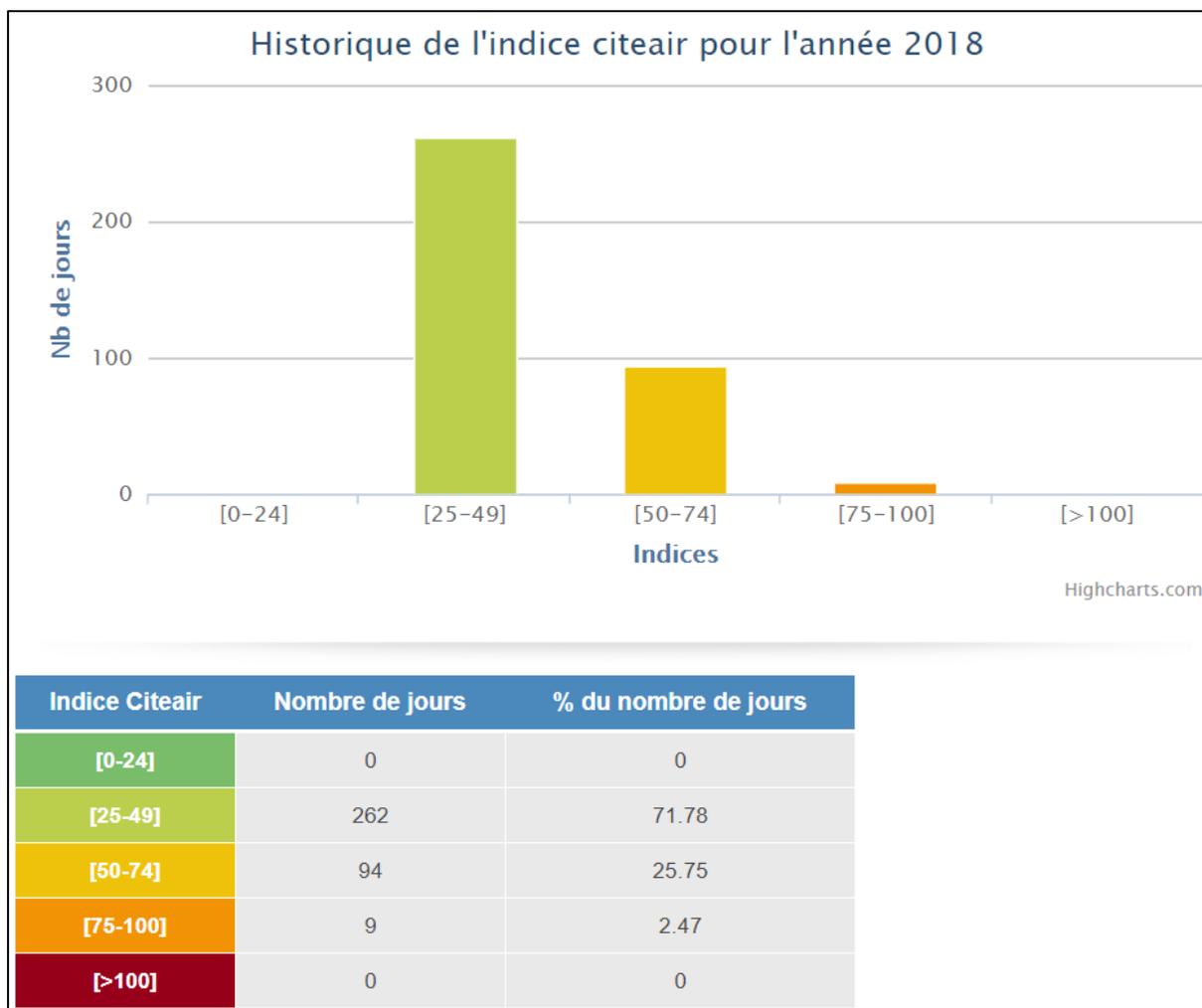


Figure 93 – Indice général CITEAIR des Yvelines (source AIRPARIF)

La qualité de l'air a été globalement bonne en fond sur le département des Yvelines en 2018. L'indice général (fond) a été faible (équivalent à une qualité de l'air bonne) environ 72 % du temps.

6.7.10. Les risques naturels et anthropiques

Le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM) recense les risques majeurs (anthropiques et naturels) par commune pour un même département. Si une demande de d'ouverture de travaux est réalisée par la suite, chaque risque devra être identifié et recensé.

A l'échelle national, les risques majeurs sont classés comme suit :

- **9 risques naturels principaux prévisibles** : - les inondations – les séismes – les éruptions volcaniques – les mouvements de terrain – les avalanches – les feux de forêt – les cyclones – les tempêtes et les tornades.
- **4 risques technologiques d'origine anthropique** : le risque nucléaire – le risque industriel – le risque transport de matières dangereuses et le risque de rupture de barrage.

Communes	Risques naturels			Risques technologiques		Obligations
	Inondation	Mouvement terrain	Risque Météo	Risque Industriel	TMD	IAL DICRIM PCS
Le Chesnay			•		Passage potentiel	
La Celle-Saint-Cloud		PPRN (Prescrit)	•			•
Bougival	PPRN	PPRN	•		 	•
Louveciennes	PPRN	PPRN	•			•
Marly-le-Roi		PPRN	•		Passage potentiel	•
Bailly			•			
Versailles			•		Passage potentiel	
Rocquencourt			•			

Légende :
PPRN : Plan de Prévention des Risques Naturels ou valant PPRN (voir P.12)
PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques (voir P.12)
PPI : Plan Particulier d'Intervention
TMD : Transport de Marchandises Dangereuses (voir P.61-68)
IAL : Information des Acquéreurs et des Locataires (voir P.13-14)
PCS : Plan Communal de Sauvegarde (voir P.16)
DICRIM : Document d'information communal sur les risques majeurs

Figure 94 – Types de risques identifiés dans les communes du PER dans les Yvelines (Source : DDRM – 2015)

6.7.10.1. Risques de retraits gonflement des argiles

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a réalisé une étude sur le risque lié aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Cette étude permet depuis 2010 d'avoir accès à une cartographie des zones exposées à ce risque sur l'ensemble des départements métropolitains.

La Figure 95 correspond à la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux au niveau de la zone d'étude. Cette carte fait apparaître des zones d'aléas faible à fort sur le périmètre de recherche.

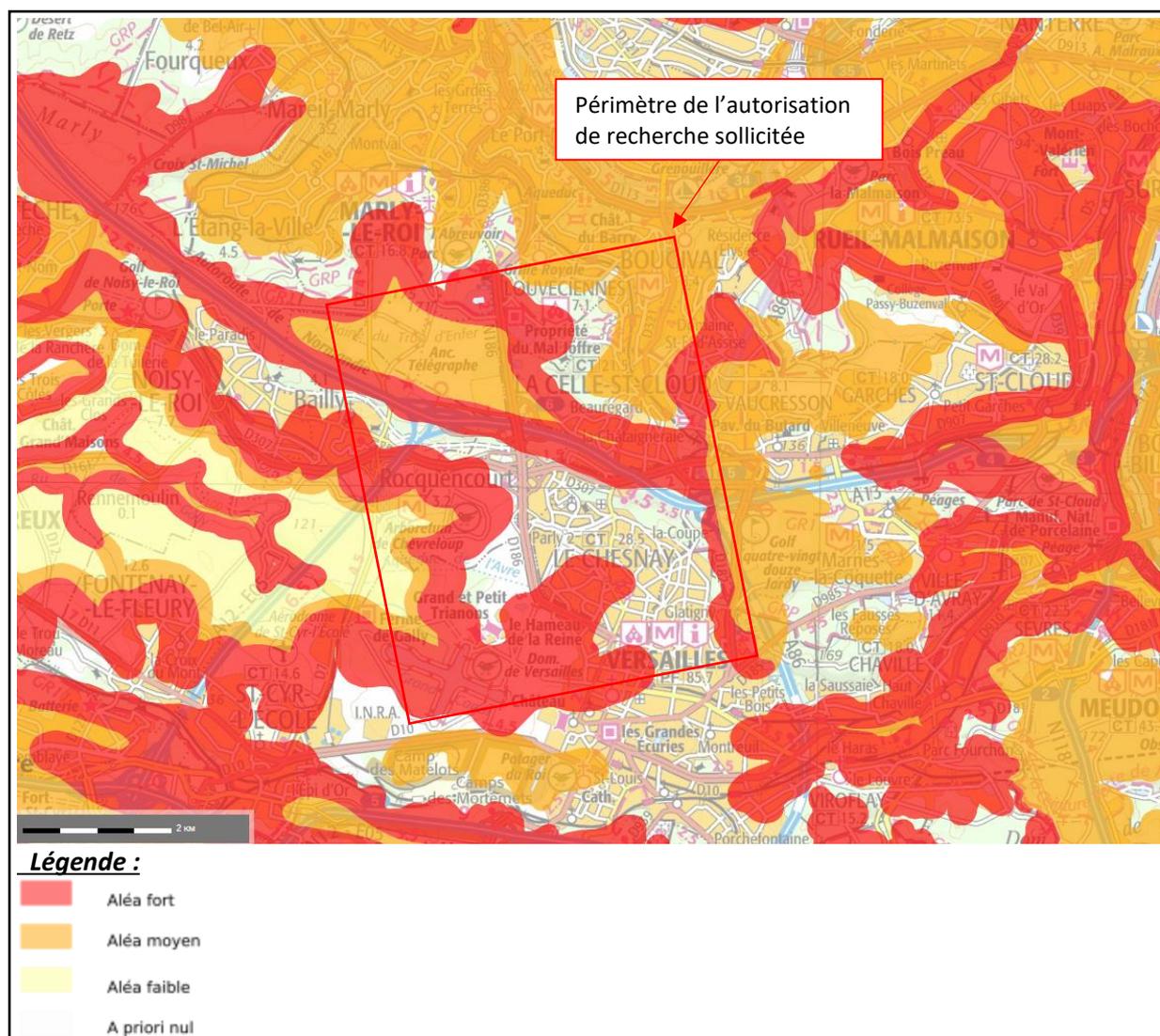


Figure 95 – Carte du risque de retrait, gonflement des argiles dans le périmètre de recherche

6.7.10.2. Risques liés à la sismicité

Le risque lié à la sismicité en Ile-de-France est quasiment nul : le Bassin de Paris est un bassin sédimentaire sans activité sismiques historique rapportée. Aucune intensité épiscopentrale n'a été relevée.

6.7.10.3. Risques liés aux mouvements de terrains – gypse et anciennes carrières

Le risque lié au gypse et aux anciennes carrières est assez commun en Ile-de-France : les villes sont dotées de plans de prévention auxquels il faut se référer avant l'exécution de travaux.

Au niveau du PER, les 3 communes suivantes possèdent un plan de prévention associé au phénomène de mouvements de terrains : Louveciennes, Bougival et La Celle-Saint-Cloud.



Figure 96 – Plan de prévention des risques de mouvements de terrains liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier et de craie à Louveciennes

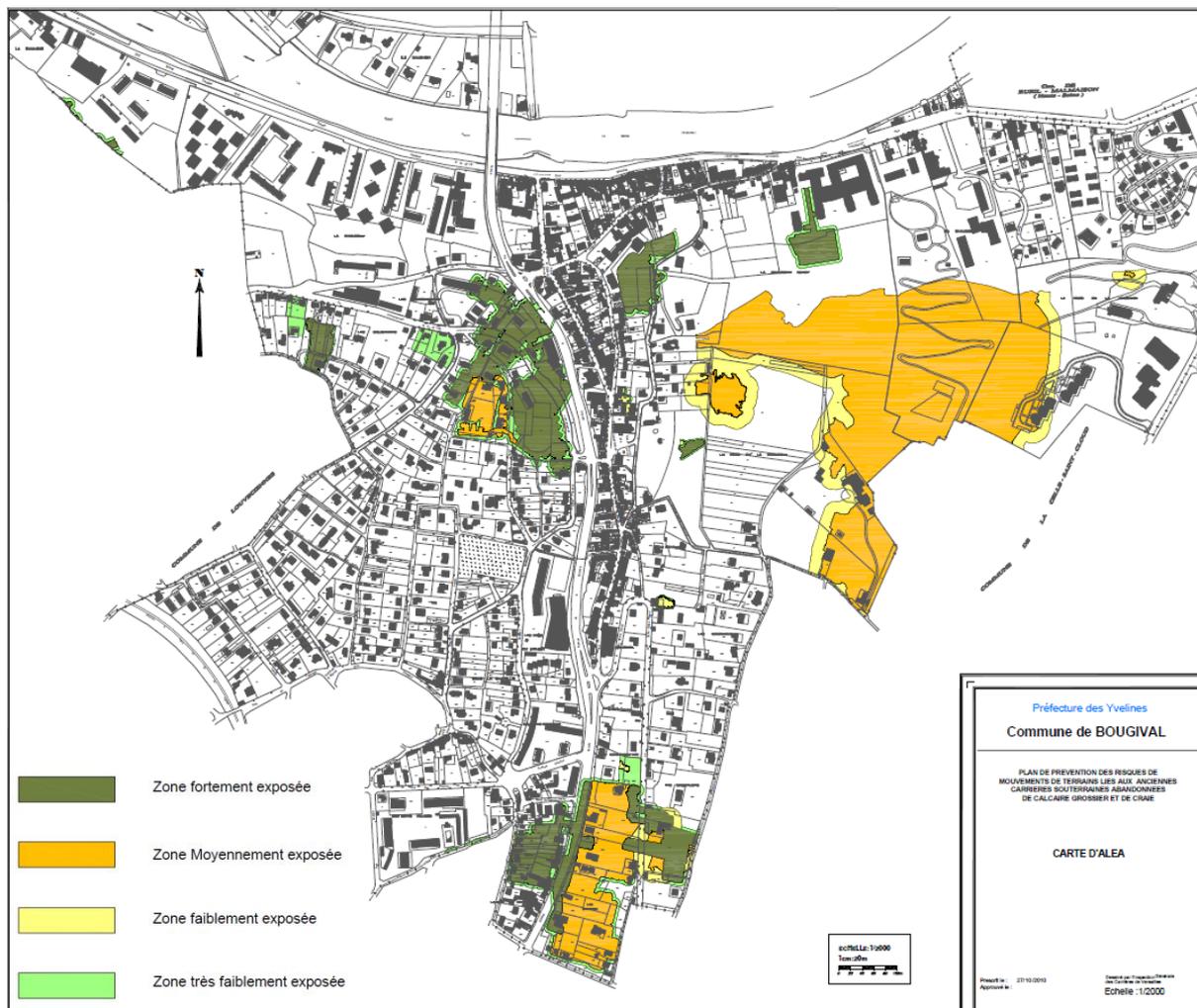


Figure 97 – Plan de prévention des risques de mouvements de terrains liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier et de craie à Bougival

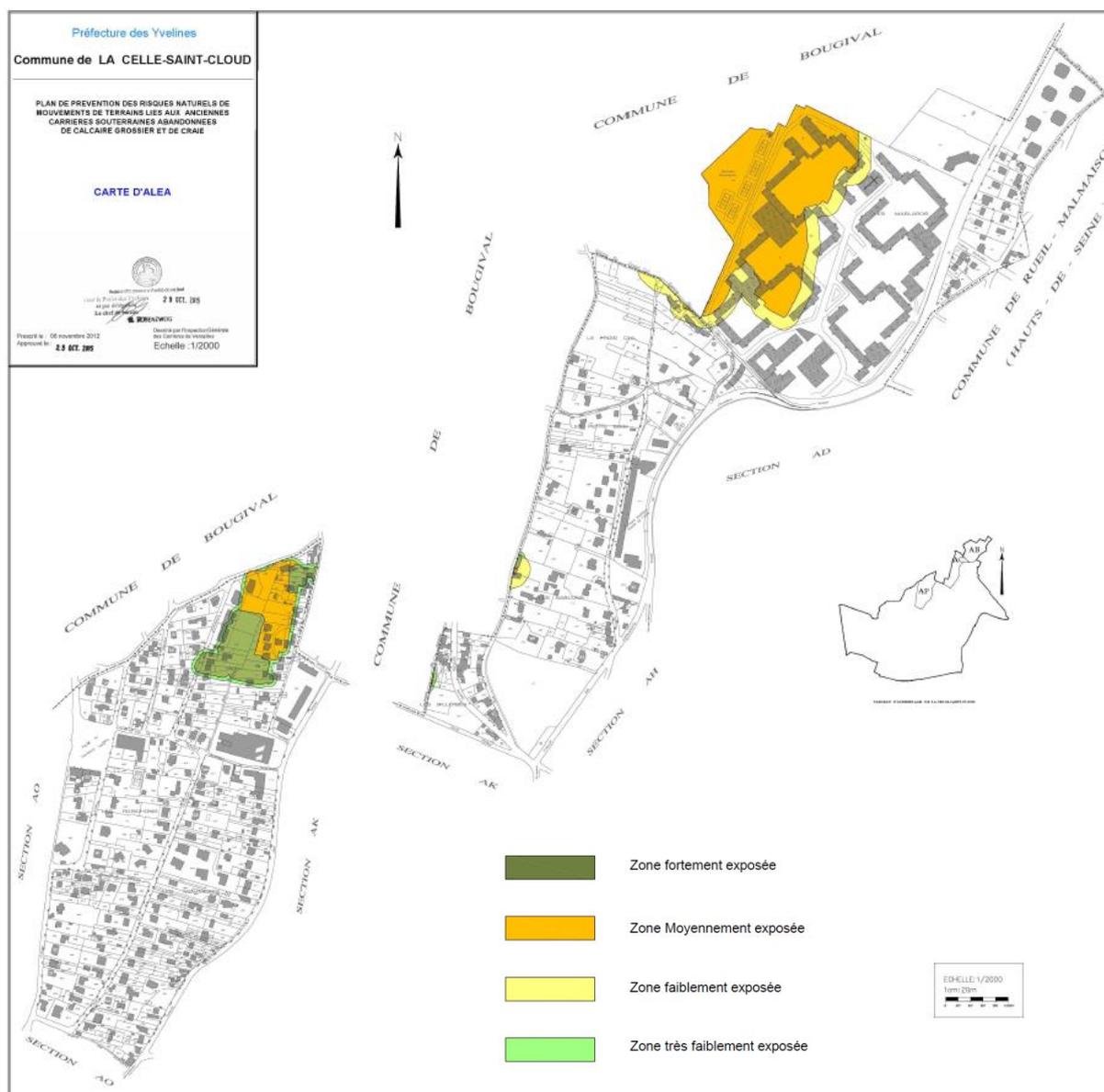


Figure 98 – Plan de prévention des risques de mouvements de terrains liés aux anciennes carrières souterraines abandonnées de calcaire grossier et de craie à La Celle-Saint-Cloud

Le risque géotechnique peut être compensé par différents types de travaux de confortement :

- Le traitement par injection de ciment,
- Le comblement des vides souterrains ou consolidations par maçonneries,
- La mise en place de fondations spéciales pour permettre la consolidation des constructions.

La formation de gypse est située dans l'étage géologique du Ludien, pouvant atteindre 50 mètres. Elle se caractérise par une alternance de bancs gypseux et marneux. On y trouve 4 assises. La hauteur d'extraction a déjà atteint jusqu'à 17 mètres.

On note également le risque lié aux anciennes carrières de calcaire grossier et de craie : il constitue le principal risque pour les communes de Louveciennes, Bougival et La Celle-Saint-Cloud (cf. Figure 96,

Figure 97 et Figure 98). Le règlement du PPRN de chaque commune attribue les préconisations et mesures spécifiques à chaque zone.

6.7.10.4. Risques liés aux inondations

La carte ci-dessous correspond aux communes du PER qui sont concernées par un Plan de Prévention du Risque d'Inondation, à savoir celui de la vallée de la Seine et de l'Oise. Il apparaît sur la Figure 99 que les communes de Louveciennes et Bougival ne sont que très peu concernées par ce PPRI.

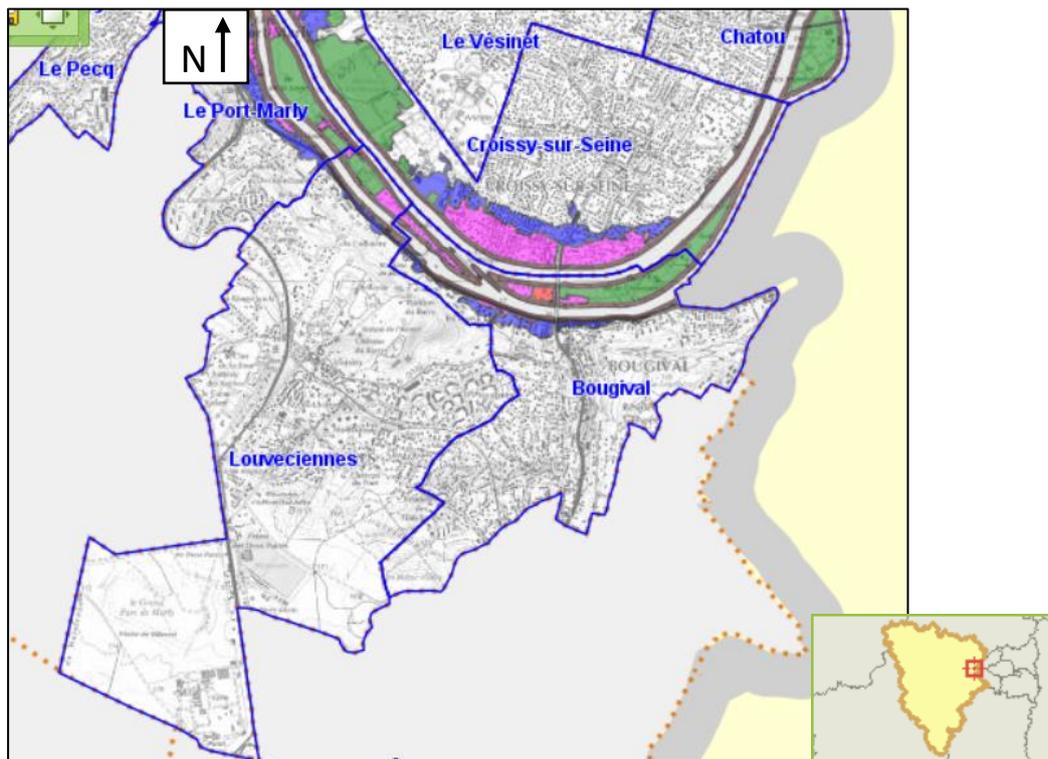
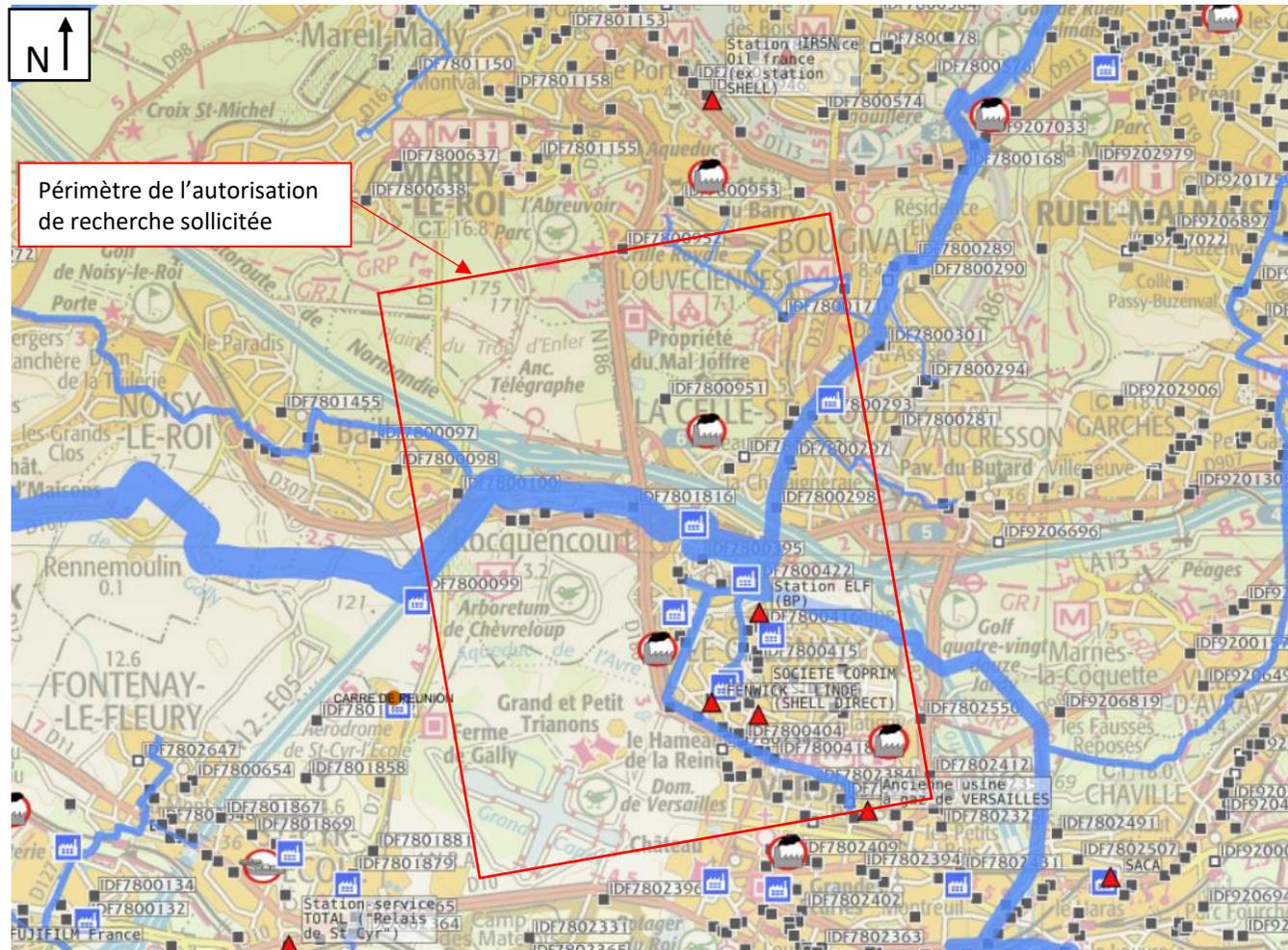


Figure 99 : Carte du Plan de Prévention des Risques d'Inondation de la vallée de la Seine et de l'Oise

6.7.11. Risques industriels et technologiques



Légende :

- ▼ Sites et sols pollués BASOL
 - ▲ Sites pollués BASOL, coordonnées xy
 - ▲ Sites pollués BASOL, point sur la commune
- ▼ Installations classées pour la protection de l'environnement
 - Installations classées (Grande échelle)
 - Usine Seveso
 - Usine non Seveso
 - Elevage de bovin
 - Elevage de volaille
 - Elevage de porc
 - Carrière
- ▼ Etablissements déclarants des rejets et transferts de polluants
 - Etablissements Pollueurs
- ▼ Canalisations de transport de matières dangereuses : Gaz, Hydrocarbures, Produits chimiques
 - Produits chimiques
 - Hydrocarbures
 - Gaz naturel
- ▼ Anciens sites industriels et activités de service (BASIAS) - Centre des sites
 - Sites Basias (XY du centre du site)
- ▼ Anciens sites industriels et activités de service (BASIAS) - Adresse des sites
 - Sites Basias (XY de l'adresse du site)

Figure 100 – Carte des risques industriels et technologiques au niveau du PER

La Figure 100 rend compte de l'ensemble des données disponibles relatives aux installations industrielles au niveau du PER avec : les sites BASIAS – BASOL, les installations classées pour la protection de l'environnement, les établissements pollueurs, les canalisations de transport de matières dangereuses.

Une étude précise de cet inventaire devra être réalisée notamment au niveau du terrain qui sera choisi pour accueillir les forages pour qu'une demande d'ouverture de travaux soit déposée.

6.8. Description des techniques d'exploration envisagées

6.8.1. Les travaux géologiques

Les études géologiques ont pour objectif de préciser la nature et la structure des couches profondes du gisement afin d'en évaluer le potentiel géothermique.

Elles consistent en l'interprétation des données recueillies, soit par la méthode sismique – réflexion, soit par les sondages, et sont effectuées en laboratoire ou dans des bureaux d'études.

Ces études géologiques n'affectent en aucun cas l'environnement.

6.8.2. Les travaux de forage

Rappel du contexte réglementaire :

Préalablement à leur exécution, tous travaux de forage qui seraient réalisés dans le cadre du périmètre sollicité feraient obligatoirement l'objet d'une demande d'autorisation de travaux de recherches dans le cas de travaux de forage, conformément au décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers et aux travaux de stockage souterrain, à la police des mines et des stockages souterrains.

Un document, indiquant les incidences éventuelles que les travaux envisagés pourraient avoir sur l'environnement et les conditions dans lesquelles l'opération projetée prendrait en compte les préoccupations environnementales, serait adressé au Préfet du département concerné avec les autres pièces du dossier prévues par la réglementation.

Dans le cas de travaux de forage, une étude d'impact serait réalisée et le dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux de recherches serait soumis à l'avis de l'autorité environnementale ainsi qu'à une enquête publique.

Les travaux de forage se déclinent en 4 principales phases :

1. Travaux de préparation de l'emplacement du forage ;
2. Travaux de forage proprement dits ;
3. Travaux d'essais de production éventuels en cas de découverte d'un gisement potentiel ;
4. Travaux de remise en état des lieux après les essais de production si la zone n'est pas suffisamment rentable pour y envisager une production.

6.8.2.1. Travaux de préparation d'un forage

L'implantation d'un forage nécessite quelques travaux de génie civil, dont la durée n'excède pas en général deux mois. Ces travaux comportent essentiellement :

- La réalisation d'avant-trous pour couvrir les terrains superficiels ;
- La confection, par compactage du sol ou par apport de matériaux tout-venant, d'une plate-forme centrale destinée à recevoir l'appareil de forage ;
- La constitution au centre de la plate-forme centrale d'une cave de puits cimentée de faible volume où sera placée la tête de puits ;
- La réalisation d'une surface étanche destinée à recevoir les fluides et déblais de forage et les eaux de drainage, dirigés ensuite vers un bac récupérateur ;

- La pose d'un grillage autour du périmètre retenu et la mise en place de panneaux d'interdiction d'accès au public.

En fonction de la puissance de l'appareil de forage utilisé, l'emprise au sol est en général de l'ordre de 5000 m².

6.8.2.2. Travaux de forage

Pour mobiliser cette ressource géothermale, il est nécessaire de réaliser des forages géothermiques. Les techniques utilisées et les matériels sont alors comparables à ceux d'un forage pétrolier.

Le schéma de principe d'un forage pétrolier est rappelé en Figure 101. Des exemples d'ateliers de forages sont présentés en Figure 102.

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. 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 ("cuttings") 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 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 à l'horizontale 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 tests (eaux chaudes).

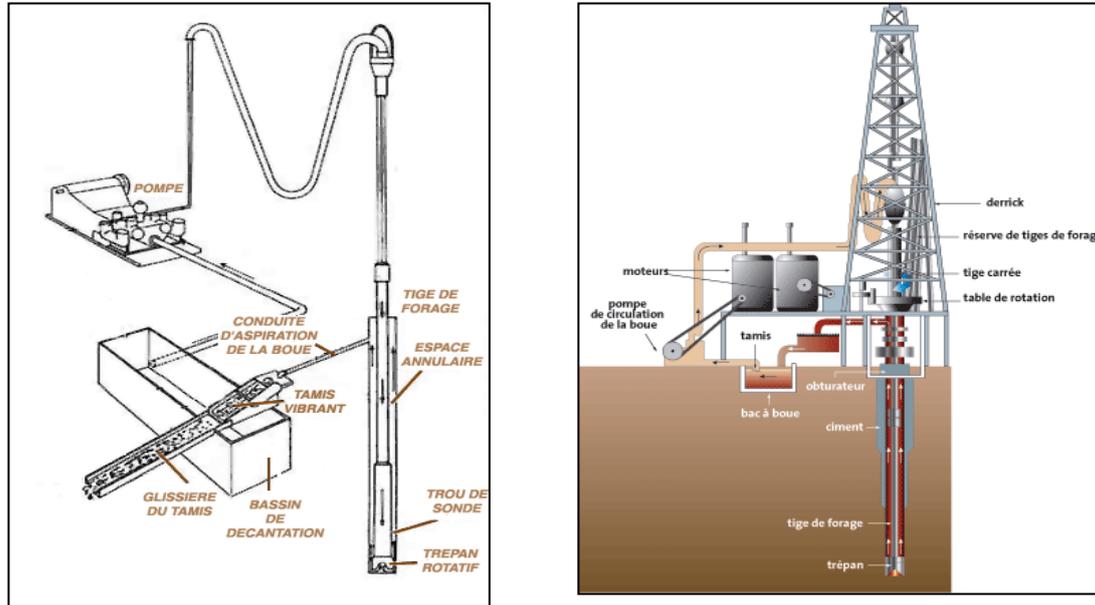


Figure 101 – Schémas de principe d'un forage de type pétrolier (source documentaire : Ademe/BRGM)



Figure 102 – Photo d'un site de forage (Dammarie-les-Lys, 2017)



Figure 103 – Exemples d'ateliers de forages géothermiques (source documentaire ADEME/BRGM)

6.8.2.3. Travaux d'exploitation

Une fois les forages réalisés et la ressource prouvée, il convient d'exploiter la chaleur de l'aquifère. La géothermie basse température du type Dogger, est exploitée par l'intermédiaire d'échangeur localisés le plus souvent dans une centrale géothermique. En outre, la nature corrosive de l'eau du Dogger implique des installations permettant l'inhibition chimique de la corrosion (tube de traitement installés dans le puits, dans lequel un produit chimique est envoyé depuis la centrale).

L'impact permanent de l'exploitation est donc relativement limité. Les ouvrages sous-terrain ne sont quasiment pas visibles (Les conduites peuvent être enterrées (cf. Figure 104) ou bien en surface (cf. Figure 105), dans les deux cas elles ne doivent pas être accessibles au public), seule la centrale a réellement un impact visuel. Cependant, pour bien des projets, la centrale de production de chaleur est déjà présente, fonctionnant au gaz ou au fioul. Celle-ci est donc simplement remplacée par une unité de production plus vertueuse et respectueuse de l'environnement.



Figure 104 – Têtes de puits



Figure 105 – Têtes de puits en surface



Figure 106 – Centrale géothermique de Villepinte ayant permis le démantèlement d'une chaufferie charbon

6.8.2.4. Travaux de remise en état

Certaines dispositions existent pour règlementer l'abandon d'un puits de géothermie. La procédure de fermeture d'un puits géothermique est encadrée par les textes suivants :

- Le décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, en particulier les articles 41 et 42.

- L'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, en particulier l'article 7 qui détermine le contenu du dossier qui décrit le programme des travaux, et les articles 68, 69 et 70 qui fixent les conditions et les modalités des travaux de fermeture.

Trois cas d'arrêt d'exploitation peuvent survenir :

- Si, en fin de travaux de forage, après stimulation du réservoir, les tests de production produisent des résultats insuffisants, ceux-ci ne pouvant être améliorés par les moyens disponibles ; l'exploitant peut décider de mettre à profit la présence de l'appareil de forage sur le site pour procéder à la fermeture de l'ouvrage. Dans ce cas, l'exploitant fait parvenir, suffisamment à l'avance, au directeur régional et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie le programme définitif de fermeture avec l'ensemble des éléments lui permettant de juger de l'efficacité des dispositions prévues.
- Si la température en tête de puits de production ou la productivité du puits producteur chute de manière importante, de telle sorte que la chaleur géothermique n'est plus valorisable et compétitive par rapport à des modes de production d'énergie conventionnels.
- Si l'état des puits est tel qu'il ne permet plus d'assurer la production de la ressource géothermique dans le respect des normes environnementales requises, sans qu'une solution technique et économique soit envisageable.

Les travaux de curage représentent à eux seul la majeure partie du coût global d'abandon. Ces coûts prennent en compte l'ensemble des travaux d'abandon des ouvrages qui nécessitent :

- L'amené-repli et les charges opérationnelles d'un appareil de forage sur site ;
- Les coûts d'ingénierie et de supervision des travaux.

Pour la remise en état du site les têtes de puits de production et d'injection sont arasées à hauteur des *casing heads*, une bride pleine est posée et les pompes vide caves et échelles d'accès sont retirées.

Les caves proprement dites sont comblées par du gravier, une couche géotextile et complétées sur les 50 cm supérieurs par une grave béton, éventuellement coiffée par un revêtement bitumé à niveau de la dalle béton de la plateforme de forage.

7. Justification du périmètre de recherche dit « Grand Parc Nord »

7.1. Justification de la zone demandée au regard de l'intérêt géothermique

D'après les études cartographiques existantes, la zone envisagée se situe dans un potentiel plutôt moyen (Schéma Régional Climat Air Energies 2012 IDF).

En effet le réservoir du Dogger est toujours présent dans la zone Ouest de Paris mais se rapproche du « sillon marneux », zone géologique où les propriétés de transmissivité montrent une décroissance, même si sa profondeur permet d'envisager une ressource calorifique potentiellement suffisante dans le cadre de réseaux de chaleur.

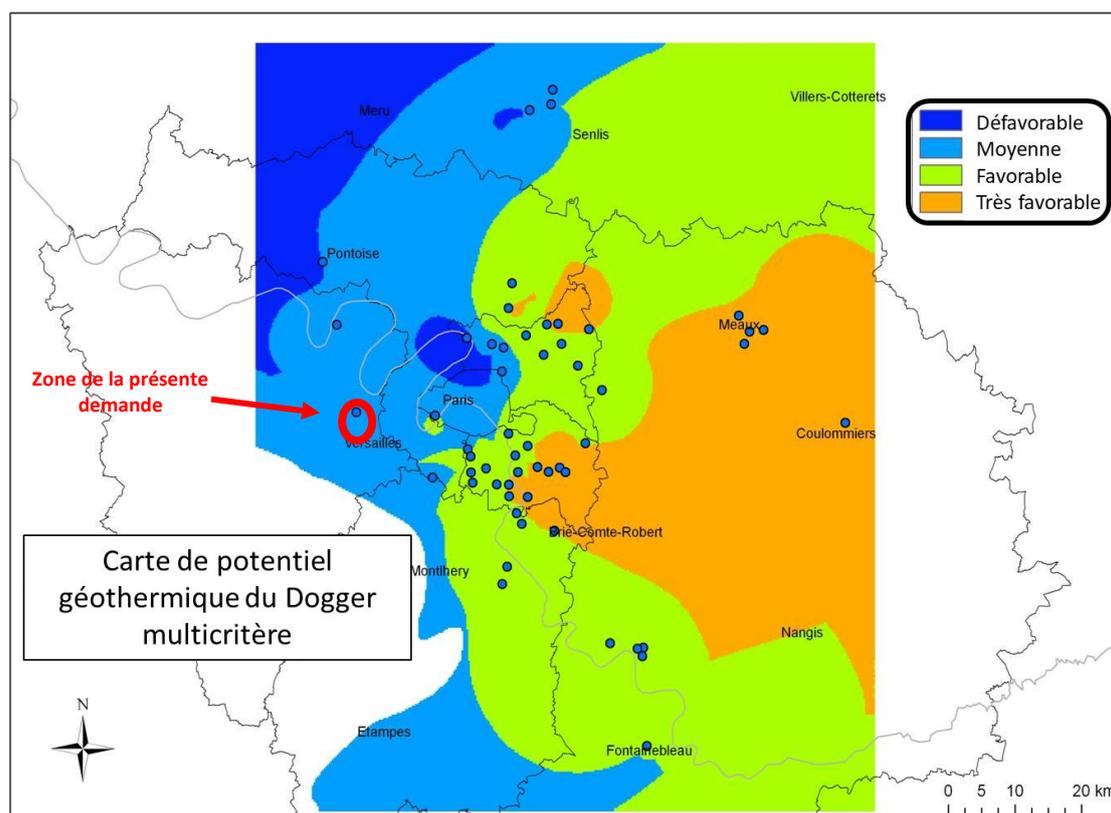


Figure 107 – Carte multicritère présentant les zones favorables du Dogger pour la géothermie (Source : BRGM – ADEME – ARENE)

La moitié ouest du bassin de Paris est peu connue et beaucoup moins exploitée que le flanc Sud-Est. C'est pourquoi cette demande de recherche est déposée pour mieux comprendre les enjeux et les perspectives dans cette zone.

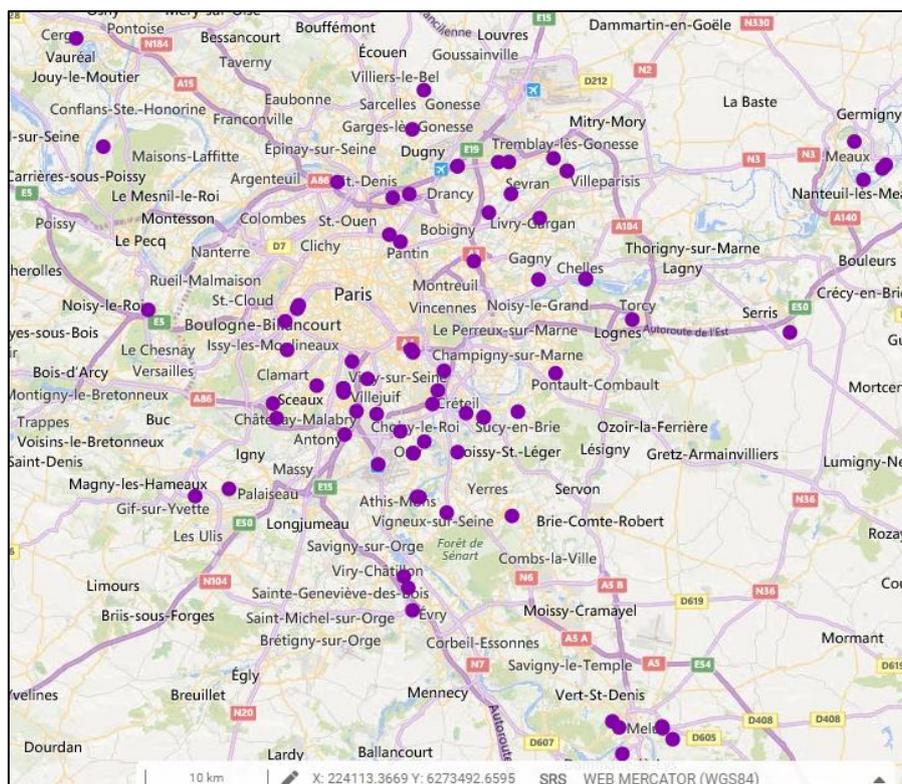


Figure 108 – Carte de la région parisienne provenant du site geothermies.fr, montrant la répartition des installations de géothermie actuelles et anciennes.

7.1.1. Démarche d'exploration géothermique de Engie sur la région

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

Les débits liés à l'exploitation de la ressource géothermique sont très importants en comparaison des débits constatés pour les hydrocarbures liquides. Il s'agit là de débits autour de 300 m³/h dans le réservoir du Dogger du bassin de Paris aussi bien en production qu'en réinjection. La non-conformité en valeur de débit escompté d'un seul puits d'un doublet géothermique peut mettre en péril tout l'équilibre financier du projet et créer une contre référence en géothermie.

Engie Solutions dérisque ses projets par l'analyse en détails 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. Le BRGM a créé un guide de bonne pratique pour l'exploration, l'évaluation et la conception de nouveaux projets géothermiques basse enthalpie, en particulier en région Ile-de-France. Il s'adresse aux professionnels du secteurs et aux acteurs publics engagés dans cette filière.

L'exploration géothermique pour la production de chauffage urbain comporte une analyse de la ressource en deux 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.

L'Ouest parisien est une zone où le potentiel géothermique est ressenti comme à risque en raison de transmissivité a priori peu favorable. Malheureusement, le développement des ENR dans cette zone peut être freiné en raison de ce simple a priori. Il s'agit alors de sécuriser de nouvelles zones d'exploitation en mettant en pratique des techniques exploratoires à l'échelle d'un projet et d'en faire un retour d'expérience.

Les solutions d'exploitabilité pour ce type de projet dit de basse transmissivité sont nombreuses et Engie travaille sur plusieurs concepts (drains horizontaux, multi-drains, drains rayonnants, etc...). Ces solutions permettent d'augmenter les surfaces de drainage et de produire des débits suffisants.

Pour réaliser ces études et dérisquer le présent projet, Engie s'entoure de CDP Consulting, Bureau de conseil spécialisé en acquisition, traitement et interprétation sismique et de Antea Group, société internationale d'ingénierie et de conseil en environnement pour la faisabilité géothermique.

7.1.2. L'activité d'exploration géothermique sur la zone

La présente demande de recherches englobe une zone où un doublet historique existe. Le doublet géothermique de la Celle Saint Cloud foré en 1982 et 1983 a prouvé la ressource géothermique en termes de température.

L'exploitation a été abandonnée à cause d'une haute corrosion des cuvelages et un faible débit d'exploitation. Depuis 30 ans des techniques ont été mises en place pour fiabiliser l'exploitation de la ressource avec notamment un suivi réglementaire des paramètres physico-chimiques renforcé et le pompage de produit inhibiteur de corrosion au sabot des forages producteurs.

Ce nouveau paradigme permet l'exploitation d'une ressource géothermique présente mais actuellement sous exploitée sur la zone. Une telle ressource s'inscrit dans l'objectif de Engie pour apporter son soutien et ses garanties d'expertises aux collectivités dans l'exploitation de leur sous-sol et d'accroissement leur part d'ENR dans leur mix énergétique.

7.2. Justification de la méthodologie exploratoire de Engie

7.2.1. Illustration de l'expérience de Engie

Sur les sujets liés aux énergies renouvelables et à plus forte raison dans le domaine de la géothermie, le groupe ENGIE et ENGIE Solutions sont reconnus comme des acteurs majeurs dans la conception et l'exploitation de réseaux géothermiques. Depuis près de 30 ans, ENGIE Solutions est engagée dans l'utilisation de cette ressource, et à ce titre, assure l'exploitation de 11 doublets et triplets géothermiques délivrant plus de 500 GWh à plus de 50 000 équivalents logements.

Il est important de souligner que, dès le début des années 1980, ENGIE Solutions, était l'une des toutes premières entreprises à investir dans des opérations de géothermie au Dogger pour le compte de collectivités.

La carte ci-dessous montre l'étendue des projets réalisés par Engie mais aussi sa volonté à développer des nouveaux projets dans la continuité des réussites passées.

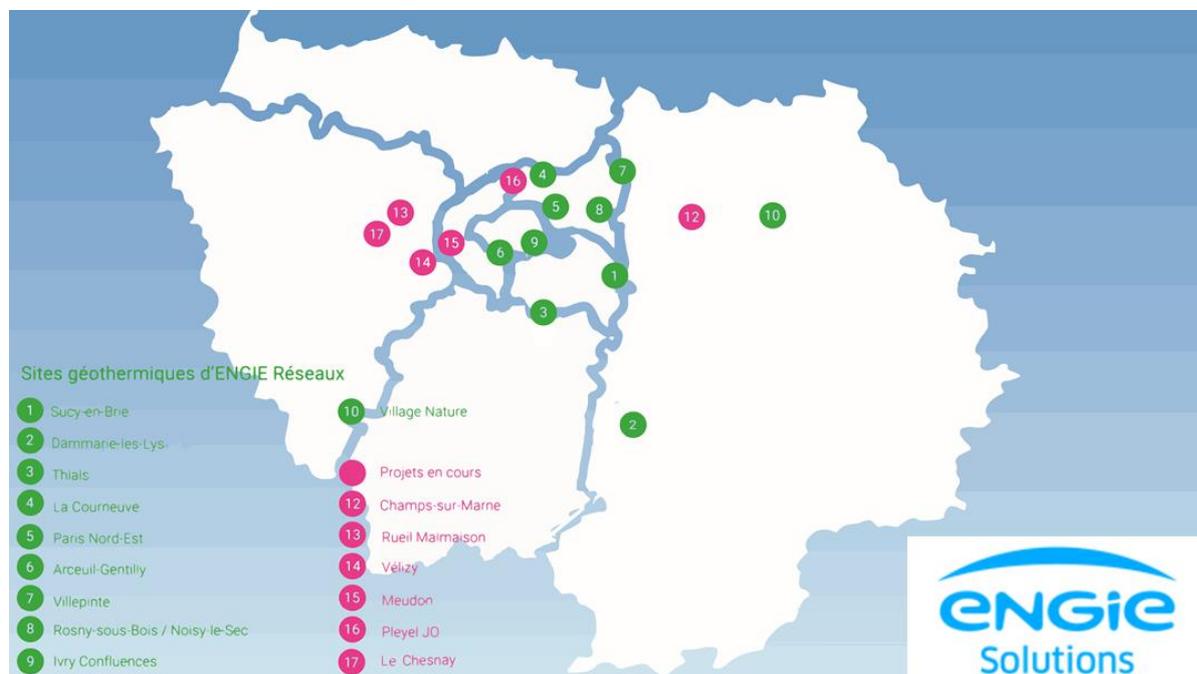


Figure 109 – Les projets SOGESUB, GéoMétropole, ArGeo, Geothilys, Ygeo, Villages Nature, Géoteluence, GéoPicta et récemment GéoMarne sont des exemples de la capacité d'Engie à mener des projets géothermiques à terme dans des conditions optimales

Quelques réseaux géothermiques exploités par ENGIE Solutions sont présentés ci-après :

Opération	Equivalent lgt	Puits	Production géothermie MWh/an	Couverture des besoins par la géothermie %
Sucy en Brie	3100	Triplet	36 000	80
Thiais	3950	Doublet	35 500	85
La Courneuve	5500	Doublet + triplet	70 000	80
Paris Nord Est	4500	Doublet	57 000	60
Rosny-sous-Bois	10 000	Doublet	80 000	68
Arcueil Gentilly	10 000	Doublet	80 000	68
Dammarie les Lys	5000	Doublet	47 000	95

Forte de son expérience et des contraintes particulières relatives aux spécificités de la Géothermie, ENGIE Solutions a créé un département dédié à cette activité. Il regroupe les compétences techniques, juridiques et financières nécessaires à ce type d'opérations, afin d'apporter à ses clients une réponse adaptée à leurs enjeux.

Engie Solutions développe une approche spécifique à chaque cadre contractuel ou opération, en liaison avec les pouvoirs publics locaux et nationaux (ADEME, DRIRE, Région, Département, Commune...).

Un accompagnement par des experts est assuré par Engie Solutions tout au long des projets géothermiques : autorisations règlementaires (de recherche, de forage et d'exploitation), études de la ressource, des besoins, conception des installations en adéquation avec la ressource, suivi de tous les

travaux en AMOA et accompagnement sur l'acceptabilité du projet (réunions publiques, visites de chantier...).

L'équipe sous-sol est composée d'experts, portant chacun une spécificité technique et un savoir-faire dédié (géologue, hydrogéologue...) qui pilotent l'avancée des dossiers réglementaires et les études de faisabilité.

Engie Solutions conçoit et exploite dans la durée une solution sur mesure, qui vous assure :

- une optimisation et une augmentation de la production énergétique,
- le développement du réseau géothermique (nouvelles opérations, extensions, raccordements...),
- une prise en charge globale de la gestion du contrat.

7.2.2. Expérience de Engie dans la conduite d'opération de forage

De part 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 AFPG, 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 un foreur 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 maîtrise d'œuvres hautement spécialisées en géothermie.

Dans ce cadre, ENGIE Solutions a ainsi réalisé 10 forages de doublets géothermiques en région parisienne, dans le respect des règles du guide des bonnes pratiques du BRGM. Tous ces forages ont été des succès techniques et géothermiques.

7.3. Conclusion sur la justification de la demande

Par les précédents arguments, ENGIE Solutions prouve son rôle d'acteur proactif de la géothermie moderne sur l'ensemble du bassin de Paris à la fois sur des zones historiques mais aussi sur les territoires moins connus avec une volonté exploratoire forte portée par une solide méthode de dérisquage. La présente demande démontre la volonté d'ENGIE Solutions de développer la géothermie dans le cadre des recommandations de l'ADEME en termes d'énergies renouvelables et des objectifs climatiques actuels.

8. Analyse des effets du projet sur l'environnement – Mesures d'intégration

8.1. Analyse des impacts et mesures sur l'environnement

8.1.1. En phase études géologiques

Les études géologiques ont pour objectif de préciser la nature et la structure des couches profondes du gisement afin d'en évaluer le potentiel pétrolier.

Elles consistent en l'interprétation des données recueillies, soit par la méthode sismique - réflexion, soit par les sondages, et sont effectuées en laboratoire ou dans des bureaux d'études.

Ces études géologiques n'affectent en aucun cas l'environnement.

8.1.2. En phase de travaux de forage

8.1.2.1. Sol et topographie

8.1.2.1.1. Impacts sur le sol et la topographie

L'impact se traduit par une éventuelle modification et/ou perturbation de la structure et de la nature des sols. Ces incidences durant cette phase de forage peuvent être causées par :

- La surface des sols où les travaux de forage sont susceptibles d'être conduits pourra nécessiter des opérations de terrassement en vue de la réception de l'appareil de forage. La surface des sols où les travaux de forage sont susceptibles d'être conduits nécessitera des opérations de terrassement en vue de la réception de l'appareil de forage. L'emplacement de l'occupation temporaire des travaux sur une surface équivalente à environ 5000 m² sera choisi de façon à impacter le moins possible l'environnement naturel. **L'impact est donc jugé modéré.**
- L'utilisation sur site de produits potentiellement polluants : pollution éventuelle due au déversement accidentel de fluides de forage injectés pour faciliter le forage et refroidir le trépan et déversement accidentel d'hydrocarbures servant à alimenter les engins de chantiers. **Ces pollutions affecteraient la surface des sols mais l'impact est jugé modéré en raison du caractère accidentel (rareté) de l'incidence potentielle.**

8.1.2.1.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts liés au sol et à la topographie

Les mesures qui pourront être retenues sont les suivantes :

- Lorsqu'un emplacement du forage aura été défini, une reconnaissance de terrain sera réalisée en présence des services municipaux de la commune concernée pour recenser les contraintes techniques du sous-sol (câbles, lignes, captages,...). Cet inventaire permettra d'éviter d'endommager ces différents réseaux et les conséquences potentielles sur l'environnement qui en découleraient.

- Le choix d'emplacement du site sera ajusté compte tenu des contraintes environnementales de surface.
- Le ravitaillement en carburants des engins et l'injection des fluides de forage sera effectué sur une aire étanche assurant une imperméabilisation des sols pour limiter les pollutions accidentelles.
- Après les travaux de recherches exploratoires, soit l'emplacement sera remis en état d'origine ou soit le site sera aménagé pour l'exploitation.

8.1.2.2. Les masses d'eau superficielles

8.1.2.2.1. Impacts sur les masses d'eau superficielles

L'impact peut se traduire par une contamination possible des eaux de ruissellement et une perturbation de leur fonctionnement hydraulique. Cet impact peut être causé par :

- Les produits utilisés sur la plate-forme (hydrocarbures, fluides de forage) qui par déversement accidentel, peuvent contaminer les eaux de surface. **L'impact de cette contamination est jugé faible en raison de la faible quantité de produits utilisée.**
- Les déblais de forage et les fluides de forage usés peuvent également contaminer les eaux superficielles à leur retour au niveau de la plateforme. **Cet impact est jugé faible.**
- L'imperméabilisation d'une partie de la plateforme (surface bétonnée et surface bitumée), de quelques m² qui peut affecter le fonctionnement hydraulique des eaux de ruissellement. Toutefois, la faible superficie cimentée des plateformes diminue le risque d'incidence sur l'infiltration naturelle des eaux de pluie dans le sol. Il n'y aura donc pas d'augmentation du débit de ruissellement. **L'impact dû à l'imperméabilisation de la plateforme est jugé très faible.**

8.1.2.2.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts sur les masses d'eau superficielles

Les mesures retenues vis-à-vis de la contamination possible des eaux de surface sont les suivantes :

- Le ravitaillement en carburants des engins et l'injection des fluides de forage sera effectué sur une aire étanche pour limiter les pollutions accidentelles.
- Des aménagements seront prévus avant les travaux de forage afin de récolter les eaux de drainage provenant des zones étanches de la plate-forme potentiellement souillées.
- Les déblais de forage seront collectés par un réseau fermé et étanche puis dirigés vers les bacs de rétention destinés à cet effet. Les résidus de ces bacs seront acheminés vers des filières de traitement par des transporteurs spécialisés et appropriés.
- Les emplacements existants ou futurs sont spécialement conçus pour garantir l'infiltration naturelle des eaux de pluie dans le sol ou des eaux ruisselant au niveau des zones empierrées de la plate-forme et se situant à l'écart des éventuelles zones de contamination.
- Les eaux ruisselant sur les aires étanches seront récupérées par un réseau pluvial et dirigées vers un bac décanteur/déshuileur de capacité adaptée.

La plateforme devra permettre la protection du sol et des eaux de ruissellement pour ne pas provoquer d'incidence sur le régime d'écoulement des eaux. Toute fuite éventuelle d'un des équipements de l'engin de forage sera systématiquement recueillie, stockée et enlevée pour traitement et/ou destruction.

8.1.2.3. Les masses d'eau souterraines

8.1.2.3.1. Impacts sur les masses d'eau souterraines

L'impact qu'un forage est susceptible d'avoir sur les aquifères et les masses d'eau sont les suivants :

- Contamination des eaux souterraines puisque le forage en lui-même est un ouvrage entrant en contact avec les formations aquifères qu'il traverse. L'utilisation de fluides de forage lors de l'exploration peut contaminer ces masses d'eau. **Cet impact est jugé modéré.**
- Mise en communication de niveaux aquifères initialement indépendants. **Cet impact est jugé modéré.**

8.1.2.3.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts sur les masses d'eau souterraines

La mesure retenue vis-à-vis de la mise en communication possible des aquifères est la suivante :

- Pour éviter la mise en communication des niveaux aquifères, les horizons aquifères seront isolés, par cuvelages cimentés sur toute la hauteur de façon à éviter toute communication entre différentes zones perméables.
- Les fluides seront recyclés au maximum pendant les travaux de manière à réduire les besoins. De plus, ces fluides de forages sont constitués de composants biodégradables essentiellement d'eau et d'argile sous la forme de bentonite et de polymères biodégradables sans toxicité reconnue pour la traversée des aquifères à protéger.

8.1.2.4. Paysage et occupation du sol

8.1.2.4.1. Impacts potentiels sur le paysage et l'occupation des sols

Les impacts potentiels pourront se traduire par :

- Une gêne visuelle et une dégradation de la qualité paysagère causée par la présence du mât de forage (hauteur maximale de 50 mètres environ), l'éclairage de nuit des installations et la signalisation du mât. Étant donné la durée limitée du forage et les enjeux paysagers modérés identifiés sur la zone d'étude, **ces impacts seront de courte durée et auront une faible incidence sur le paysage.**
- Si la zone n'a pas vocation originelle à recevoir une plateforme de forage, il conviendra de solliciter les pouvoirs publics en charge de l'urbanisme pour demander un changement d'affectation des sols. **Cet impact est jugé négligeable.**
- La destruction éventuelle de parcelles boisées pour l'emplacement du forage. **L'impact peut être très faible à modéré suivant le contexte de réalisation du forage et le niveau de boisement de la zone envisagée.**

8.1.2.4.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts liés au paysage et à l'occupation des sols

Les mesures retenues sont les suivantes :

- Le choix du site d'implantation se fera compte tenu d'un éloignement suffisant des zones paysagères remarquables et en minimisant les impacts sur les espaces boisés.

- L'emplacement destiné à réceptionner l'appareil de forage fera l'objet avant toute réalisation de travaux d'une consultation des services municipaux pour vérifier la compatibilité en matière d'urbanisme entre la zone envisagée et sa dénomination actuelle dans le document d'urbanisme.

8.1.2.5. Milieux naturels

8.1.2.5.1. Impacts potentiels sur les milieux naturels

Comme vu dans l'état initial, des enjeux forts sur le patrimoine naturel ont été identifiés sur la zone d'étude. Des impacts en lien avec les activités exploratoires sont susceptibles d'affecter ces zones. Ils se traduisent par :

- Un dérangement occasionnel et temporaire d'espèces remarquables, rares ou protégées.
- Le bruit occasionné par le passage des camions au sein ou aux abords de ces milieux naturels sensibles lors de travaux géophysiques.
- Le bruit occasionné par les opérations de préparation pour l'accueil de l'appareil de forage et des opérations de forages en elles-mêmes lors de la phase de forage.
- La balise lumineuse du mât de forage lors de la phase de forage. Pour des raisons de sécurité en période d'activité nocturne des travaux de forage, autant que pour la signalisation du mât, l'appareil de forage sera éclairé et signalé par une balise lumineuse (généralement rouge et fixe). Cette source de lumière nocturne est également susceptible de déranger des espèces vivantes aux alentours du site ou en migration. Cependant, compte tenu de l'intensité relativement faible des éclairages et de leur orientation (vers l'intérieur du mât de forage), ces dérangements temporaires n'auront pas d'impact significatif sur l'avifaune.

Une éventuelle destruction partielle ou totale d'habitats naturels potentiellement remarquables causée par :

- Le passage de camions sur des habitats remarquables lors de travaux de géophysiques ;
- Le terrassement pour l'emplacement du forage lors de la phase de forage.

Ces impacts sont donc jugés forts.

8.1.2.5.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts liés aux milieux naturels

Les milieux protégés et sites remarquables sur lesquels se situent le périmètre seront pris en compte lors du choix d'implantation du site de forage et de potentielles campagnes d'acquisition de données géophysiques. Les explorations éviteront au maximum ces zones naturelles, en respectant autant que possible une distance suffisante de ces zones pour limiter le dérangement des espèces. Pour ce faire, Engie conduira un inventaire des aires de répartition des espèces protégées présentes sur les périmètres d'exploration dans le but d'éviter une destruction des habitats de ces espèces protégées.

8.1.2.6. Qualité de vie

8.1.2.6.1. Impacts potentiels sur la qualité de vie

Les impacts se traduisent lors des opérations de forage, comme pour tout chantier, par une gêne pour le voisinage autre que sonore, nuisant à la qualité de vie. Lors de la phase de forage, elles sont causées par :

- L'émission de poussières et envols. Durant les travaux, l'émission de poussières sera limitée dans le temps. Elles seront émises lors d'éventuels travaux de terrassement destinés à accueillir la plateforme de forage. L'impact de ces poussières est jugé très faible.
- Les nuisances olfactives.
- Les émissions lumineuses.

8.1.2.6.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts sur la qualité de vie

Les impacts sur la qualité de vie sont considérés comme négligeables car ils seront de courte durée et auront une très faible incidence. Aucune mesure n'est pour l'instant envisagée.

8.1.2.7. Bruit

8.1.2.7.1. Impacts potentiels sur le bruit

L'impact se traduit par une augmentation du niveau sonore dû à :

- La circulation des véhicules nécessaires au montage/démontage de l'appareil et à l'approvisionnement courant du chantier. **Cet impact est limité dans le temps à quelques jours avant et après les travaux de forage proprement dits.**
- Les bruits continus (moteurs de l'appareil de forage) et discontinus (manipulation des tiges et des cuvelages).

Avant de connaître le lieu exact de l'implantation du forage, il est impossible d'évaluer si l'impact du fonctionnement du chantier nécessitera ou non la mise en place de mesures particulières de protections phoniques. En fonction du choix d'implantation du site du forage et de la proximité des habitations et des routes traversées, **cet impact est jugé faible à modéré.**

8.1.2.7.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts sur le bruit

Le choix d'implantation du forage évitera au maximum les zones proches d'habitations (distance > 50 m). Si cela n'est pas possible, des campagnes de mesures du bruit seront réalisées de façon à prendre des mesures complémentaires et adaptées en fonction de la situation.

8.1.2.8. Patrimoine culturel

8.1.2.8.1. Impacts potentiels sur le patrimoine culturel

Les impacts potentiels des travaux de forage sur le patrimoine culturel se traduisent au niveau de l'intérêt paysager et culturel des sites. La présence d'un forage dans ou à proximité immédiate d'une de ces zones nuit à l'intérêt culturel du site. Si le choix d'implantation du forage respecte les périmètres de protection du patrimoine culturel, les impacts sur ces zones seront nuls. **Ainsi, cet impact est jugé modéré.**

8.1.2.8.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts sur le patrimoine culturel

Les mesures retenues sont les suivantes :

- Les plateformes sur lesquelles seront implantées de nouveaux puits, seront situées à une distance maximale des monuments historiques.
- Le choix d'implantation sera réalisé compte tenu des sites et en prenant autant que possible des mesures d'évitement. Une consultation de l'autorité gestionnaire de ces sites sera effectuée pour s'assurer, avant de choisir l'emplacement du forage, que les activités de forage ne sont pas incompatibles avec les objectifs de gestion.
- La DRAC sera contactée préalablement à tout projet de forage de manière à vérifier l'intérêt archéologique du site choisi pour les travaux.

8.1.2.9. Trafic

8.1.2.9.1. Impacts potentiels sur le trafic

Ces impacts se traduisent par une augmentation du trafic local et des perturbations temporaires et occasionnelles sur une portion de voirie causées par les travaux de génie civil (si réalisation d'une nouvelle plateforme), apport et repli de l'appareil de forage. Les travaux de réalisation du forage donnent lieu à un mouvement de véhicules :

- Transport de l'appareil de forage : environ 70 à 90 colis sur une dizaine de jours.
- Trafic routier pendant les travaux de forage, limité aux déplacements journaliers du personnel (environ une cinquantaine de personnes) et à l'approvisionnement du chantier (quelques camions par jour).
- Repli de l'appareil de forage : environ 70 à 90 colis sur une dizaine de jours.

Cet impact est donc jugé modéré.

8.1.2.9.2. Mesures envisagées pour éviter/réduire les impacts sur le trafic

Les mesures retenues sont les suivantes :

- Lorsque l'emplacement de forage aura été défini, une évaluation plus détaillée sera réalisée sur les itinéraires d'accès possibles aux emplacements retenus (possibilité de passage des convois, étude de solutions, ...).
- En concertation avec les services de l'État concernés, un itinéraire d'accès au chantier de forage sera établi afin de limiter l'impact temporaire sur le trafic.
- En fonction de la localisation des travaux et pour des raisons de sécurité, des dispositions particulières pourront être prises en concertation avec les services de l'État concernés pour limiter le trafic.

9. Document de santé et de sécurité pour la réalisation d'un doublet au Dogger

9.1. Plan de prévention et de secours type en phase forage

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.

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* ».

9.2. Document de santé et de sécurité type afférent aux travaux

9.2.1. 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 la plate-forme.

Les mesures compensatoires mises en place pour prévenir ces risques sont résumées ci-après.

9.2.1.1. 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.

9.2.1.2. 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...).

9.2.1.3. 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.

9.2.1.4. 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. A 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).

9.2.1.5. 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.

9.2.1.6. Risques liés à la circulation des véhicules de chantier

9.2.1.6.1. 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.

9.2.1.6.2. 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'amené 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 véhicule lourd (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).

9.2.1.6.3. 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.

9.2.1.7. 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.

9.2.1.8. 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...).

9.2.1.9. 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.

9.2.2. Protection de la santé du personnel sur un chantier de géothermie au Dogger

9.2.2.1. Mesures de prévention

9.2.2.1.1. 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 :

- DRIEE Ile-de-France ;
- Mairies ;
- Préfecture ;
- 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.

9.2.2.1.2. 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 la plateforme et la voie d'accès, la réglementation routière devra être respectée et la vitesse réduite afin de limiter les risques d'accident et les nuisances pour les riverains et les autres usagers (visibilité réduite, bruits, poussière...).

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 des Hauts-de-Seine;
 - DRIEE ;
 - 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.

9.2.2.1.3. 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.

9.2.2.1.4. 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 pressurisé. 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.

9.3. Document de santé et de sécurité type en phase d'exploitation des puits

9.3.1. 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.

9.3.2. 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.

9.3.2.1. 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.

A 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.

9.3.2.1.1. 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 en centrale et procédera 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.

9.3.2.1.2. 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 (~ 30 m³/h).

9.3.2.2. 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).

A 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).

A 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.

10. Remise en état du site

10.1. Fermeture des puits

Si pour une raison quelconque, il est décidé de fermer un doublet géothermique, 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 DRIEE et dont les résultats lui sont remis.

10.2. Remise en état de l'emplacement

L'abandon ultérieur de la plate-forme fera l'objet d'une remise en état conformément à l'état initial, soit en un terrain en terre battue. 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 régalage et de l'ensemencement des terres végétales préalablement mises en réserve.

**Annexe 1 : Engagement souscrit au titre des dispositions des
Articles 43 et 44 du Décret n°2006-648 du 2 juin 2006**

**Annexe 2 : Carte de localisation de l'autorisation de recherche du
« Grand Parc Nord » au 1/100 000^{ème}**

Annexe 3 : glossaire des termes utilisés dans ce document

GLOSSAIRE

(selon ADEME/BRGM, avec ajouts Antea Group)

Aquifère

Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation.

On distingue :

- Aquifère à nappe libre : l'aquifère reposant sur une couche très peu perméable est surmontée d'une zone non saturée en eau.
- Aquifère captif (ou nappe captive) : dans une nappe captive, l'eau souterraine est confinée entre deux formations très peu perméables. Lorsqu'un forage atteint une nappe captive, l'eau remonte dans le forage (nappe artésienne).

Boucle géothermale

Circuit de l'eau souterraine (eau géothermale) puisée dans l'aquifère et qui y retourne. Elle cède dans la centrale ses calories à la boucle géothermique.

Boucle géothermique

Circuit de l'eau en surface, eau de la ville envoyée dans le réseau de distribution de chaleur qui dessert les bâtiments.

Boue de forage

Désigne un fluide de composition spécifique qui permet de refroidir la sonde, remonter les sédiments, et maintenir les parois du forage.

Centrale géothermique

Ensemble des équipements de surface permettant la récupération de la chaleur (énergie) contenue dans le fluide géothermal et le départ vers le circuit de distribution de l'énergie (chaleur ou électricité). La centrale comprend tous les équipements nécessaires à ce transfert (systèmes de régulation, échangeurs, pompes...). Tous ces équipements peuvent être regroupés dans un même bâtiment.

Cimentation

La cimentation d'un tubage dans un forage consiste à injecter un laitier de ciment dans l'espace annulaire entre le tubage et la paroi naturelle du forage. La cimentation a pour but de sceller le tubage aux terrains traversés ce qui permet de protéger la qualité des eaux souterraines (afin éviter le mélange d'eaux de différents niveaux et l'infiltration d'eau de surface).

Colonne de production (colonne d'exhaure)

Conduite verticale disposée dans un forage servant à pomper l'eau souterraine.

Débit d'un forage

Quantité d'eau extraite d'un forage par unité de temps exprimée généralement en m³/h.

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. On dit aussi Differential Valve.

Dogger

Principal aquifère géothermique exploité en région parisienne, systématiquement par "doublets" de forages.

Il se situe entre 1 500 et 2 000 mètres de profondeur et contient une eau d'une température variant en fonction de la profondeur de 65 °C à 85 °C.

Le Dogger correspond à des dépôts anciens (-175 à -154 millions d'année) à dominante calcaire du Jurassique moyen. L'eau contenue dans cet aquifère est fortement minéralisée (6,5 à 35 g/l).

Doublet (géothermique)

Ensemble de deux forages associés, l'un étant dédié à la production du fluide géothermal, l'autre à la réinjection du fluide refroidi dans l'aquifère d'origine.

Cette configuration présente plusieurs avantages :

- absence de rejets dans l'environnement (circuit en boucle fermée),
- pérennité du débit hydraulique,
- stabilité des pressions d'exploitation.

Échangeur de chaleur

Équipement permettant à un fluide chaud de céder sa chaleur à un fluide plus froid.

Dans une pompe à chaleur, il existe deux types d'échangeur de chaleur : le condenseur et l'évaporateur.

Inhibiteur de corrosion

En traitement des eaux, désigne des produits chimiques ajoutés à l'eau qui empêchent son action corrosive sur les conduites métalliques par formation d'une pellicule protectrice sur le métal.

Nappe aquifère - Nappe libre - Nappe captive

Voir Aquifère.

Nappe phréatique

Nappe à surface libre, comprise dans un aquifère qui comporte une zone non saturée, une zone saturée et une zone de fluctuation. Il s'agit généralement de la première nappe d'eau souterraine rencontrée depuis la surface (nappe atteinte par les puits domestiques, en grec « phrear »).

Niveau piézométrique

Niveau libre de l'eau observé dans un puits ou forage rapporté à un niveau de référence (repère, sol...) ; l'altitude de ce niveau est la cote piézométrique donnée par rapport au nivellement général de la France (NGF). En forage profond (géothermie), ce niveau dépend de la masse volumique, elle-même

influencée par la température et la salinité de l'eau et dans une moindre proportion de la compressibilité de l'eau.

Perméabilité

Aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide.

Pompage d'essai (essais de pompage, tests de pompage)

Après la réalisation d'un forage, les pompages d'essais consistent en une série de tests et mesures ayant pour objectifs :

- de vérifier la capacité de production du forage (débit),
- d'évaluer l'influence du futur prélèvement sur les ouvrages voisins (rayon d'influence).

Porosité

Caractéristique intrinsèque des terrains ; elle est égale au rapport du volume des vides sur le volume total de la roche, et s'exprime en pourcentage. La porosité totale d'une roche est très variable : de 1 à 50%. Plus la roche est poreuse, plus elle contiendra de l'eau. On distingue la porosité de matrice (ou d'interstice) de la porosité de fissure.

Ne pas confondre porosité et perméabilité : dans une roche poreuse, si les "vides" du terrain ne sont pas interconnectés, l'eau ne pourra pas circuler. Dans ce cas, la perméabilité est faible malgré une forte porosité.

Réseau de chaleur

Un réseau de chaleur encore appelé réseau de chauffage urbain est un ensemble de canalisations qui empruntent, en général, le sous-sol des voies publiques pour distribuer de la chaleur en milieu urbain. La chaleur est transportée, soit sous forme d'eau chaude, soit sous forme de vapeur d'eau. Les utilisateurs se raccordent au réseau pour prélever, grâce à un échangeur, une partie de cette chaleur, puis ils la distribuent dans leurs locaux. La production de chaleur pour le réseau se fait dans des centrales importantes qui utilisent de multiples énergies telles que le fioul lourd, le charbon, le gaz, la géothermie ou la chaleur provenant de l'incinération des ordures ménagères. Il existe également des réseaux de froid qui distribuent de l'eau glacée destinée au rafraîchissement des locaux.

Rotary

Le "rotary" est une méthode de forage par rotation et broyage de la roche.

Temps de percée thermique d'un doublet

Le temps de percée correspond à l'instant où la température des eaux pompées au puits de production est impactée par la température plus basse des eaux réinjectées dans l'autre puits.

Transmissivité

Paramètre qui régit le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de l'aquifère, sous l'effet du gradient hydraulique ; elle dépend de l'épaisseur de l'aquifère et de sa perméabilité. La transmissivité permet d'évaluer le débit que peut capter un forage.

Zone non saturée

Zone du sous-sol comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre.

Zone saturée

Zone du sous-sol dans laquelle l'eau occupe complètement les interstices des roches, formant, dans un aquifère, une nappe d'eau souterraine.

Annexe 4 : Avis favorable Maire Le Chesnay – Rocquencourt

Annexe 5 : Références sites ENGIE Réseaux

Annexe 6 : Chiffres d'affaires ENGIE Energie Services 2015-2016- 2017-2018 et Kbis

Annexe 7 : Fiche complète de la ZNIEFF de type 1 : Forêt domaniale de Fausses-Reposes

Annexe 8 : Fiche complète de la ZNIEFF de type 2 : Forêt de Marly

**Annexe 9 : Fiche complète de la ZNIEFF de type 2 : Forêts
domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes et Parc de Saint-
Cloud**

Annexe 10 : Plan et Prévention de Secours (PPS) Géothermie Village Nature

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>.



Antea Group est certifié :



www.lne.fr