RÉSEAU DE CHALEUR GÉOTHERMIQUE

DE GARGES-LÈS-GONESSE

JUIN 2023

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

GPC INSTRUMENTATION PROCESS (GPC IP)

SARL au capital de 40 000 € - SIREN 421 314 386 RCS PONTOISE - APE 7112B
PARIS-NORD II – Immeuble Business Park – Bât. 4A
165, rue de la Belle Etoile – BP 55030 – 95946 ROISSY CDG CEDEX
Tél. 33 (0) 1 48 63 08 08 – Fax 33 (0) 1 48 63 08 89 – E-mail : office@geoproduction.fr

QUALITE

Référence : DOSSIER COMPLET.docx

Rédacteur	Vérificateur
Melanie Davaux	Miklos Antics Manuel Bouillenec (Coriance)

REVISION

Indice	Date	Chapitre concerné	Modification
V1			

MAITRE D'OUVRAGE

Ville de Garges-Lès-Gonesse

DIFFUSION

CORIANCE **DRIEAT**

SOMMAIRE

1. Résume non technique....20
1.1. Préambule....20
1.1.1. Objet du document soumis à enquête publique....20
1.1.2. Résumé succinct du projet....20
1.1.3. Principe de la géothermie....21
1.2. Description du site de travaux....22
1.3. Description des travaux....28
1.3.1. Travaux de forage....28
1.3.2. Travaux de surface....30
1.3.3. Budget....33
1.3.4. Calendrier....33
1.4. Permis sollicité....34
1.5. Résumé de l'étude d'impact....36
1.5.1. Résumé de l'étude hydrodynamique et thermique....36
1.5.2. Synthèse des impacts et mesures compensatoires....37
1.6. Glossaire....41
2. Informations générales....46
2. 47
2.1. Justification de la demande et du projet....47
2.1.1. Objet de la demande....47
2.1.2. Contenu du dossier....48
2.1.3. Pertinence du projet....50
2.2. Couverture des besoins par le réseau de chaleur....53
2.3. Identité du demandeur....55
2.3.1. Nom et entité sociale....55
2.3.2. Schéma de délégation de service public (DSP)....55
2.3.3. Calendrier de la DSP....57
2.4. Justification des capacités techniques et financières du demandeur....58
2.4.1. Le maître d'ouvrage....58
2.4.1. Le Délégataire....58
Capacité technique....58
Capacité financière et taux d'endettement sur les trois dernières années....59

2.4.2. La maîtrise d'œuvre....61
2.5. Contexte et description du projet de valorisation de la ressource....62
2.5.1. Généralités....62
2.5.2. Histoire de la géothermie à Garges....63
2.5.3. Description sommaire de l'opération projetée....63
Travaux de forage du producteur GGAR3 et GGAR4....64
Travaux de centrale....65
Travaux de réseau....65
2.6. Aspects financiers du projet....67
2.6.1. Budget prévisionnel....67
Coûts des travaux de forage....67
Coûts des travaux de surface....71
2.6.2. Plan de financement....71
2.6.3. Subventions et garanties....72
Subventions à la réalisation – Fonds Chaleur et FEDER....72
Fonds de garantie géothermale....73
2.7. Planning prévisionnel du projet....75
2.8. Conditions réglementaires d'accès à la ressource....76
2.8.1. Permis de recherche minier et permis d'exploitation....76
2.8.2. Demande d'ouverture de travaux miniers....78
2.8.3. Evolution des textes vis-à-vis de la loi du 22 août 2021....78
2.8.4. Autorisation de recherche....80
2.8.5. Permis d'exploitation prévisionnel....82
2.8.6. Durée relative à la demande formulée....83
2.9. Identification des risques et contraintes techniques et organisationnelles applicables au projet....84
2.9.1. Les contraintes en surface....84
2.9.2. Le risque géologique et hydrogéologique....84
2.9.3. Les risques liés au forage....85
2.9.4. Les contraintes d'organisation et de planification....85
2.9.5. Les contraintes de chantier....85
2.9.6. Contraintes liées au SDAGE Seine-Normandie et à la protection de l'aquifère de l'Albien/Néocomien....86
3. Mobilisation de la ressource géothermale....87
3. 88
3.1. Localisation du projet....88

3.2. Contexte géologique et hydrogéologique du projet.....89
3.2.1. Contexte géologique.....89
3.2.2. Coupe prévisionnelle.....90
3.3. Caractéristiques du réservoir.....93
3.4. Architectures puits et points d'impacts retenus.....96
3.4.1. Choix d'un optimum de forage et d'une architecture puits.....96
3.4.2. Concertation avec le projet de Dugny.....96
3.4.3. Points d'impacts retenus.....99
3.5. Simulations réservoirs.....100
3.5.1. Logiciel Tough 2.....100
3.5.2. Paramètres hydrothermiques du réservoir et conditions aux limites.....100
3.5.3. Structure du modèle.....101
3.5.4. Simulations historiques.....103
3.5.5. Résultats des simulations pour le doublet de Garges.....112
3.6. Caractéristiques d'exploitation.....119
3.6.1. principe.....119
3.6.2. estimation du niveau dynamique.....120
3.6.3. Pression d'injection prévisionnelle.....121
3.6.4. Puissance de pompage.....121
3.7. Définition des paramètres du permis d'exploitation.....124
3.7.1. Périmètre d'exploitation.....124
3.7.2. Calcul du volume.....126
3.7.3. Puissance calorifique.....126
3.8. Contraintes liées au fluide.....127
3.8.1. Corrosion.....127
3.8.2. Risques de dépôts.....127
3.8.3. Filtration.....128
3.8.4. Contrôles périodiques et suivi de l'exploitation.....128
3.8.5. Contrôle périodique de l'installation et des équipements.....128
3.8.6. Contrôles périodiques de la ressource.....129
3.8.7. Contrôles périodiques des ouvrages.....130
3.8.8. Contrôles périodiques du fluide géothermal.....131
4. Programme de travaux.....133
4. 134
4.1. Introduction.....134

4.2. Exposé des méthodes de forages envisagées.....136
4.2.1. Principe et méthodologie des travaux de forage.....136
Mise en place du tube guide.....136
Le forage « rotary ».....136
4.2.2. Matériel mis en œuvre pour les travaux de forage.....138
Forage de l'avant trou.....138
Matériel de forage rotary.....138
Installation électrique.....138
Fluides.....138
4.3. Mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus pour la réalisation des puits.....140
4.3.1. Implantation des nouveaux forages, de l'appareil de forage et de sa dotation.....140
4.3.2. Programme de forage/complétion des puits et programme de boue.....146
Travaux et études préparatoires.....146
Profils des puits et coupes géologiques et techniques prévisionnelles.....146
4.3.3. Programme de forage/complétion des puits GGAR3 et GGAR4 et programme de boue 148
4.3.4. Programme de diagraphies et de tests.....154
Diagraphies.....154
Test du BOP (Blow Out Preventer).....154
Programme des essais de production en fin de forage.....155
Programme d'échantillonnage des déblais.....156
4.3.5. Têtes de puits.....156
4.3.6. Durée prévisionnelle des travaux.....159
4.3.7. Organisation générale du chantier.....159
Horaires de travail.....159
Effectifs d'intervention.....159
4.3.8. Remise en état du site.....160
4.4. Fonctionnement du doublet.....162
4.4.1. Description sommaire des ouvrages du sous-sol.....163
4.4.2. Les équipements de complétions.....163
4.4.3. Descriptif du système de pompage d'exhaure.....165
Production.....165
Pompe.....165
Protecteur ou pièce d'étanchéité.....166
Moteur.....167

Câble de puissance.....167
Equipements de surface.....167
4.5. Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique (pour chacun des puits).....168
4.5.1. Textes réglementaires.....168
4.5.2. Protocoles d'abandon des puits.....168
Procédure administrative.....168
Protection des aquifères.....169
Remise en état du site.....170
4.5.3. Coûts.....170
4.5.4. Titre minier.....170
5. Etude d'impact sur l'environnement.....172
5. 173
5.1. Description du projet.....173
5.1.1. Justification et objectifs.....173
5.1.2. Historique de la géothermie à Garges.....173
5.1.3. Localisation.....174
5.1.4. Ouvrages géothermiques, centrale géothermiques et réseaux de chaleur.....174
5.2. Présentation de la ville de Garges-lès-Gonesse.....175
5.2.1. Contexte administratif.....175
5.2.2. Histoire de la ville.....176
5.2.3. Contexte socio-économique.....178
5.2.4. Les axes de communication et de transport.....180
5.2.5. Les espaces verts.....183
5.3. Description de l'état initial de l'environnement.....185
5.3.1. Situation et description du site de travaux.....185
5.3.2. Population et santé humaine.....186
5.3.3. Cadre physique du territoire.....218
5.3.4. Paysage et patrimoine.....230
5.3.5. Qualité du Sol.....241
5.3.6. Risques technologiques.....245
5.3.7. Risques naturels.....248
5.3.8. Urbanisme et servitude.....254
5.4. Analyse des impacts.....256
5.5. Analyse des impacts liés aux travaux de forage et l'exploitation du doublet géothermique (boucle géothermale).....260

5.5.1. Impact sur le contexte socio-économique....260
5.5.2. Protection du patrimoine culturel, historique et archéologique....260
5.5.3. Impact sur la circulation et les infrastructures....261
5.5.4. Impact sur la sécurité des personnes....265
5.5.5. Impact sur le paysage, la faune et la flore....266
5.5.6. Impact sur le sol et les eaux de surface....269
5.5.7. Impacts visuels....275
5.5.8. Impacts sur les servitudes d'utilité publique....275
5.5.9. Impacts sur la qualité de l'air....280
5.5.10. Nuisances sonores....282
5.5.11. Impact sur les réseaux existants....284
5.5.12. Déchet et propreté du site....285
5.6. Analyse des impacts liés à la construction et l'exploitation de la centrale géothermique de Garges-Lès-Gonesse....289
5.6.1. Description sommaire des installations projetées....289
5.6.2. Impacts sur les sols et sous-sols....291
5.6.3. Impacts sur les eaux souterraines et superficielles....293
5.6.4. Impacts sur les eaux de surface....294
5.6.5. Analyse des effets sur le milieu naturel....294
5.6.6. Impacts sur le paysage....296
5.6.7. Impacts liés au bruit et aux vibrations....297
5.6.8. Impact sur la qualité de l'air....301
5.6.9. Autres impacts sur le milieu humain et naturel....303
5.7. Analyse des impacts liés à la construction et l'exploitation du réseau de chaleur....305
5.7.1. Description sommaire des infrastructures....305
5.7.2. Impacts sur les sols et sous-sols....306
5.7.3. Impacts sur les eaux souterraines et superficielles....309
5.7.4. Analyse des effets sur le milieu naturel....309
5.7.5. Impacts sur le paysage....310
5.7.6. Impacts liés au bruit aux vibrations....310
5.7.7. Impact sur la qualité de l'air....311
5.7.8. Impact sur la circulation....312
5.8. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et compatibilité avec le SDAGE Seine-Normandie 2022-2027....313
5.8.1. Le SDAGE Seine Normandie 2022-2027 remplace le SDAGE 2010-2015....313
5.8.2. Le SAGE concerné....314

5.8.3. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eaux souterraines et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact.....314

5.8.4. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les eaux souterraines et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact.....315

5.8.5. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les eaux de surface et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact.....319

6. Document de santé et de sécurite.....323

6. 324

6.1. Document de sécurité et de santé durant les travaux.....324

6.2. Sécurité du public.....324

6.2.1. Circulation des véhicules.....325

6.2.2. Bruits de chantier.....326

6.2.3. Production d'eau ou de gaz géothermaux.....326

6.2.4. Stockage de produits divers.....327

6.2.5. Accès au site.....327

6.2.6. Infrastructures de chantier.....327

6.2.7. Protection de la santé du personnel sur le chantier.....328

6.2.8. Mesures et éléments de prévention.....328

6.2.9. Protection contre l'incendie.....330

6.2.10. Protection contre le sulfure d'hydrogène.....330

6.3. Document de sécurité et de santé durant l'exploitation d'un gîte géothermal.....331

6.3.1. Étude du scénario de fuite par percement d'un cuvelage en exploitation.....331

6.3.2. Suivi réglementaire du sous-sol.....333

6.3.3. Traitement anti-corrosion.....334

6.3.4. Travaux d'entretien des puits.....335

6.3.5. Mesures prises pour protéger la population riveraine des odeurs liées aux émanations d'H_2S 336

6.3.6. Documents à présenter dans le cadre de travaux de maintenance.....336

7. Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique.....337

7. 338

7.1. Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique (pour chacun des puits).....338

7.1.1. Textes réglementaires.....338

7.1.2. Protocoles d'abandon des puits.....338

Procédure administrative.....338

Protection des aquifères.....339

Remise en état du site.....340

7.1.3. Coûts.....340
7.1.4. Titre minier.....340
8. ANNEXES.....341

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de Garges-lès-Gonesse (contour rouge) au sein de la communauté d'agglomération Roissy Pays de France....22

Figure 2 : Photo de la parcelle retenue avec l'accès par la rue Denis Papin....24

Figure 3 : vue sur la Brigade équestre depuis la rue Denis Papin 24

Figure 4 : Vue sur la station d'épuration de Bonneuil-en-France, depuis la rue de l'Eau des Enfants.. 24

Figure 5 : Vue sur les habitations de la commune de Dugny, depuis la rue de l'Eau des Enfants.....25

Figure 6 : Vue sur les habitations de la rue des Chasseurs (au 43)....25

Figure 7 : Vue satellite du site retenu (source : Google Map)....26

Figure 8 : illustration d'une cave où les têtes de puits sont enterrées....27

Figure 9 : illustration d'une tête de puits – partie visible des ouvrages....27

Figure 10 : Photo d'un site de forage (Grigny, 2016)....28

Figure 11 : positionnement de l'appareil de forage et de sa dotation pour le forage du doublet géothermique de Garges (SMP 106)....29

Figure 12 : vue projeté de la centrale de production de chaleur à l'issue des travaux....30

Figure 13 : plan masse des installations à l'issue du projet (à droite de la parcelle, l'emplacement des puits, à gauche, la centrale)....31

Figure 14 : Plan du réseau de chaleur prévu à horizon 2028....32

Figure 15 : Périmètre de recherche (rouge) et gélule d'exploitation (orange) sollicités dans ce dossier avec les exploitations actuelles et abandonnées et projet en cours dans le secteur....34

Figure 16 : Coordonnées géographiques de l'AR sollicité et de la géllule prévisionnelle d'exploitation 35

Figure 17 : schéma de principe d'un forage....47

Figure 18 : périmètre du réseau de chaleur de Garges (source : www.villedegarges.fr)....51

Figure 19 : principe de fonctionnement du réseau de chaleur (www.villedegarges.fr)....51

Figure 20 : monotone du réseau pour une année type à partir de 2029....53

Figure 21 : acteurs du projet....56

Figure 22 : centrales géothermiques et réseaux de chaleur opéré par le groupe Coriance en île de France....59

Figure 23 : Schéma de principe d'un doublet géothermique et acquisition des paramètres de sa boucle géothermale en mode de production assistée par électropompe immergée (source : ADEME IDF). Dans le cas de Garges, d'autres sources d'énergie sont également impliquées dans la production de chaleur....62

Figure 24 : Localisation de la parcelle et vue google street depuis l'avenue Ambroise Croizat....64

Figure 25 : site de la future centrale géothermale....65

Figure 26 : réseau de chaleur projeté....65

Figure 27 : projection du réseau au terme de l'année 2028.....66

Figure 28 : autorisation de recherche (en rouge) et gélule d'exploitation (orange) sollicitées pour Garges-lès-Gonesse, dans le secteur élargi.....80

Figure 29 : Coordonnées géographiques de l'AR sollicitée.....81

Figure 30 : projection horizontale du volume d'exploitation.....82

Figure 31 : Localisation de la parcelle et vue google street depuis l'avenue Ambroise Croizat.....88

Figure 32: Trajectoire et marqueurs stratigraphiques des puits au Dogger à proximité de Garges-lès-Gonesse.....89

Figure 33 : Carte de la profondeur du toit de l'Albien.....90

Figure 34 : Coupe géologique réalisée au droit du site de forage.....91

Figure 35 : Carte de la profondeur du toit du réservoir Bathonien.....93

Figure 36 : Carte de la transmissivité du réservoir du Dogger.....94

Figure 37 :Carte de la température de la ressource au niveau du réservoir.....94

Figure 38 : Architecture puits conventionnelle. Vue 3D du doublet de Garges-lès-Gonesse.....96

Figure 39 : éloignement des impacts de Garges pour limiter les impacts (thermiques et hydrauliques) entre les deux projets.....98

Figure 40 : évolution de la température prévisionnelle de production au puits producteur de Dugny avec optimisation des points d'impacts de Garges-Lès-Gonesse.....98

Figure 41 : Equivalence sandwich (tri-couche) du réservoir géothermal.....102

Figure 42 : Maillage du domaine simulé (Coordonnées en Lambert 93).....103

Figure 43 : Périodes d'exploitation des doublets/triplets intégrées au modèle.....104

Figure 44 : Carte des températures simulées sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2025. Dans un soucis de visualisation seule la partie inférieur du réservoir Dogger est représentée ici.....110

Figure 45 : Carte des rabattements simulés sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2025. Dans un soucis de visualisation seule la partie inférieure du réservoir Dogger est représentée ici.. .111

Figure 46 : Carte des rabattements simulés sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2055. La partie supérieure du réservoir Dogger est représenté à gauche tandis que sa partie inférieure est représentée à droite.....114

Figure 47 : Carte des températures simulées sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2055. La partie supérieure du réservoir Dogger est représenté à droite tandis que sa partie inférieure est représentée à gauche.....116

Figure 48 : Evolution de la température au puit de production de Garges-lès-Gonesse au cours de 30 années d'exploitation, de juillet 2025 à juillet 2055.....117

Figure 49 : Impact thermique de l'exploitation du doublet de Garges-lès-Gonesse sur celle de Dugny-Le-Bourget. Evolution de la température au puit de production de Dugny-le Bourget au cours de 30 années d'exploitation, de juillet 2025 à juillet 2055.....117

Figure 50 : profils thermiques de puits calculés à différents temps et à différents débits.....118

Figure 51 : Niveau dynamique du puits producteur GGAR3.....120

Figure 52 : Pression d'injection du puits injecteur GGAR4.....121

Figure 53 : Puissance de la pompe de production immergée (GGAR3) et de la pompe d'injection de surface (GGAR4).....123

Figure 54 : projection horizontale du volume d'exploitation.....124

Figure 55 : Autorisation de recherche sollicitée (polygone ABCDEF en rouge) et gélule d'exploitation prévisionnelle (en orange). Périmètre de recherche de Dugny en noir avec la gélule prévisionnelle en rose. Permis actifs en bleu.....125

Figure 56 : Photo d'un site de forage (Grigny, 2016).....137

Figure 57 : Illustration des éléments d'un forage.....137

Figure 58 : Vue satellite du site retenu (source : Google Map).....140

Figure 59 : Schéma d'implentation du rig de forage.....141

Figure 60 : Emplacement schématique du SMP 104 (similaire à celle du avec altimétrie du SMP 106) centrale, des têtes de puits et de la plateforme et du réseau d'eau pluvial qui sera mis en place pendant les phases de forage.....143

Figure 61 : schéma de principe de construction d'une cave de tête de puits.....145

Figure 62 :– points d'impact au toit du réservoir – enveloppe prévisionnelle du permis d'exploitation 147

Figure 63 : projections 3D du doublet GGAR3 (rouge) et GGAR4(vert).....148

Figure 64 : programme prévisionnel de forage/complétion du puits GGAR3.....152

Figure 65 : programme prévisionnel de forage/complétion du puits GGAR4.....153

Figure 66 : schéma type de tête de puits producteur.....157

Figure 67 : schéma type de tête de puits Injecteur.....158

Figure 68 : Photo illustrant des têtes de puits enterrées dans le parc de la Bergère (Bobigny).....161

Figure 69 : principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (seul) – schéma simplifié.....162

Figure 70 : Pompe centrifuge immergée (Source : Schlumberger).....165

Figure 71 : Périmètre prévisionnel d'implantation du futur réseau de chaleur (source : https://www.villedegarges.fr/).....174

Figure 72 : Principe de fonctionnement d'un réseau de chaleur urbain alimenté par la géothermie (source : https://www.villedegarges.fr/).....175

Figure 73 : Localisation de Garges-lès-Gonesse (contour rouge) au sein de la communauté d'agglomération Roissy Pays de France.....176

Figure 74 : Evolution démographique de la ville de Garges-lès-Gonesse. (Source : Insee).....177

Figure 75 : Carte des accès routiers et autoroutiers autour de Garges-lès-Gonesse.....180

Figure 76 : Tracé de la ligne 95.02 du réseau de bus Busval d'Oise (bleu). Tracé des lignes D du RER (pointillé vert) et du Tramway T5 (violet), desservant la gare de Garges Sarcelles, à la limite ouest de la commune de Garges-lès-Gonesse.....181

Figure 77 : Tracés des lignes 31 (gauche) et 11 (droite) du réseau de bus CIF sur la ville de Garges-lès-Gonesse et environs.....181

Figure 78 : Tracés des pistes et sentiers cyclables sur la ville de Garges-lès-Gonesse.....182

Figure 79 : localisation des parcelles retenues (coloriées en bleu) – vue aérienne avec les parcelles cadastrées environnantes.....185

Figure 80 : Photo de la parcelle retenue avec l'accès par la rue Denis Papin (source : google map – street view).....186

Figure 81 : Vue aérienne de la parcelle retenue pour la centrale géothermique avec les infrastructures et habitations environnantes. Cercle rouge : périmètre de 200 m autour de la centrale.....187

Figure 82 : périmètre de 50 m autour des têtes de puits représenté par le cercle orange.....187

Figure 83 : vue sur la Brigade équestre depuis la rue Denis Papin.....188

Figure 84 : Vue sur les habitations de la rue des Chasseurs (au 43).....188

Figure 85 : Vue sur les habitations de la commune de Dugny, depuis la rue de l'Eau des Enfants.....189

Figure 86 : Vue sur la station d'épuration de Bonneuil-en-France, depuis la rue de l'Eau des Enfants 189

Figure 87 : Localisation des points d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site d'implantation retenu (source : Infoterre – BRGM).....190

Figure 88 : Implantation des stations de mesure les plus proche du site de forage (étoile rouge). Source : AIRPARIF.....199

Figure 89 : Grille de calcul de l'indice de la qualité de l'air commun. Source : AIRPARIF.....200

Figure 90 : Grille de calcul pour l'indice ATMO. Source : AIRPARIF.....201

Figure 91 : Répartition annuelle, en nombre de jours, de l'indice journalier de qualité de l'air selon les différents qualificatifs à Garges-Lès-Gonesse sur l'année 2022. Source : AIRPARIF.....201

Figure 92 : Indice de qualité de l'air à Garges-Lès-Gonesse sur l'année 2022. Source : AIRPARIF.....202

Figure 93 : Intensité sonore en Décibels.....205

Figure 94 : Zones exposées au bruit cumulé des transports autour du site retenu (période jour). Source : BruitParif.....208

Figure 95 : Zones exposées au bruit cumulé des transports autour du site retenu (période nuit). Source : BruitParif.....208

Figure 96 : Zones de bruit cumulé des transports supérieures à 68 dB(A) – en orange - période de jour. Source : BruitParif.....209

Figure 97 : Zones de bruit cumulé des transports supérieures à 62 dB(A) – en rose - période de jour. Source : BruitParif.....209

Figure 98 : Carte de bruit lié au trafic aérien de l'aéroport Charles-de-Gaulle. Source : PEB de l'aéroport Charles-de-Gaulle (avril 2007).....210

Figure 99 : Carte de bruit lié au trafic aérien de l'aéroport du Bourget. Source : PEB de l'aéroport du Bourget (Février 2017).....211

Figure 100 : Résultats des points de mesures accoustiques.....212

Figure 101 : Evolution des températures moyennes au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget.....219

Figure 102 : Evolution des phénomènes (températures) au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget.....219

Figure 103 : Evolution de l'ensoleillement moyen au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr.....220

Figure 104 : Evolution des précipitations moyennes au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr.....221

Figure 105 : Evolution des jours de pluie moyens au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevés à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr.....221

Figure 106 : Pressions minimales et maximales, et rafales maximales historiques pour chaque mois, relevées à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr. L'intervalle des valeurs de pressions se situe dans la zone bleue.....222

Figure 107 : Topographie sur la commune de Garges-lès-Gonesse et environs.....225

Figure 108 : carte géologique de Garges-lès-Gonesse au 1/50 000 (Source : Infoterre, BRGM).....226

Figure 109 : Carte du réseau hydrographique sur le territoire de Garges-lès-Gonesse. Photo : Le Croult au sud du territoire. Source : PLU de Garges-lès-Gonesse.....227

Figure 110 : Cours d'eau autour de Garges-lès-Gonesse et leur bassins versants. Source : état initial de l'environnement du SAGE.....228

Figure 111 : Bassins versants dépendant du SAGE CEVM.....229

Figure 112 : Paysages de Garges-lès-Gonesse (Source : PLU de Garges-lès-Gonesse).....230

Figure 113 : Séquence paysagère du Croult. (Source : SAGE Enghien Vieille Mer).....231

Figure 114 : Plan de la ville de Garges-lès-Gonesse avec la position des monuments classés et autre patrimoine architectural.....232

Figure 115 : Position du site retenu pour l'implantation de la centrale géothermique par rapport aux éléments du patrimoine architectural et historique (sites classés, inscrits ou remarquables).....233

Figure 116 : Distribution des ZNIEFF (ici le parc de la Courneuve) sur la commune de Garges-lès-Gonesse. Source : PLU de la ville.....236

Figure 117 : Carte des zones humides, réparties selon différentes classes. Source : PLU de la ville.. 237

Figure 118 : Carte des composantes de la trame verte et bleue du SRCE.....238

Figure 119 : Trames verte et bleue à l'échelle du projet (source : Alisea – prédiagnostic écologique) 239

Figure 120 : Cartographie des habitats (source : Alisea).....241

Figure 121 : Carte des anciens sites et sols pollués issus (source : CASIAS).....243

Figure 122 carte des sites pollués à proximité du site de travaux (extrait de l'étude Kaliès).....244

Figure 123 : Evolution paysagère au droit du site de forage (source : google map).....245

Figure 124 : Sites ICPE à proximité du site de forage (source : Géoriques).....247

Figure 125 : Zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er mai 2011 (http://www.planseisme.fr/Zonage-sismique-de-la-France.).....249

Figure 126 : Carte des zones inondables sur la commune de Garges-lès-Gonesse. Source : PLU de la ville.....250

Figure 127 : Illustration du phénomène de remontée de nappe.....251

Figure 128 : Carte des risques de remontée de la nappe phréatique sur la commune de Garges-lès-Gonesse et environs.....252

Figure 129 : Schéma d'un effondrement d'un toit de cavité souterraine. Source : BRGM.....253

Figure 130 : Schéma du phénomène de retrait-gonflement des argiles souterraines. Source : BRGM. 253

Figure 131 : Carte des aléas pour l'exposition au retrait des argiles sur la commune de Garges-lès-Gonesse.....254

Figure 132 : servitudes d'urbanisme à proximité du site (extrait étude Kaliès).....255

Figure 133 : Emplacement schématique des têtes de puits du doublet, de la centrale et amènagement paysager de ses abords.....264

Figure 134 : Photographies de plateformes à proximité d'équipements publics.....267

Figure 135 : insertion paysagère du projet de géothermie à Garges.....268

Figure 136 : plan du réseau des eaux pluviales et usées qui sera mis en place pendant les travaux de forage.....270

Figure 137 : Implentation du rig de forage et des différents équipements.....271

Figure 138 : localisation de Garges par rapport aux pistes de l'aéroport du Bourget.....275

Figure 139 : localisation de la servitude aérienne sur la parcelle retenue.....276

Figure 140 : servitude aériennes au droit des têtes de puits (droite) et de la centrale (gauche).....276

Figure 141 : emplacement des forages au Dogger sur le site de l'aéroport d'Orly. Configuration similaire à celle du projet de Garges. Z (mNGF) du sol = 84 m, servitude aérienne à 129 mNGF, soit une disponibilité de 45m.....278

Figure 142 : appareil de workover en milieu urbain (Dammary-Les-Lys).....280

Figure 143 : plan de masse de la centrale (extrait du PC).....290

Figure 144 : visuel de la face nord de la centrale géothermique.....297

Figure 145 : Cartographie du bruit – périodes jour et nuit et position des récepteurs.....298

Figure 146 : exemple de forage en milieu urbain et optimisation des niveaux de bruits grâce à une disposition optimisée et la mise en place d'éléments de capitonage simple.....299

Figure 147 : zone susceptible de produire du bruit.....300

Figure 148 : plan du bâtiment abritant les chaudières (étude Kaliès).....302

Figure 149 : seuil de polluant applicable aux chaudières.....302

Figure 150 : valeurs d'émissions observées sur des installations similaires.....303

Figure 151 : évolution des consommations d'énergie de la centrale.....304

Figure 152 : Plan du réseau de Garges à l'horizon 2028.....305

Figure 153 : longueur totale du réseau et diamètre des tronçons installés.....306

Figure 154 : Bilan carbone du projet de Garges.....312

Figure 155 : carte des courants du SAGE Croult Enghien Vieille Mer.....314

Figure 156 : Principe et illustration du TAI : tube de traitement inhibiteur en fond de puits.....317

Figure 157 : Image d'une éruption en tête de puits et du dispositif mis en place pour la répare.....322

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : CoordonnéesC des têtes de puits GGAR3 et GGAR4 en Lambert 93.....26

Tableau 2 : coordonnées des impacts au toit du réservoir en Lambert 93.....26

Tableau 3 : Synthèse des enjeux environnementaux d'un projet de géothermie à Garges-Lès-Gonesse 38

Tableau 4 : montée en charge du réseau.....54

Tableau 5 : CAPEX forage puits déviés.....67

Tableau 6 : OPEX de la boucle géothermale.....69

Tableau 7 : détail des coûts du réseau de chaleur.....70

Tableau 8 : nouvelle disposition du fond de garantie court terme en cours de révision.....73

Tableau 9 : Coordonnées des têtes de puits et des impacts.....82

Tableau 10 : nappe d'eau potable et niveau piézométrique associé au droit du projet.....91

Tableau 11 : Caractéristiques générales de la ressource.....94

Tableau 12 : Coordonnées des têtes de puits et des impacts.....98

Tableau 13 : propriétés pétrophysiques appliquées aux différentes couches du modèle.....100

Tableau 14 : Débits moyens et températures d'injection moyennes pour le doublet/triplet de Villiers-Le-Bel et les deux doublets du Blanc-Mesnil. Les débits sont négatifs en production et positif en injection entre 1982 et 2025.....104

Tableau 15 : Débits moyens et températures d'injection moyennes pour les doublets/triplet de La Courneuve Nord, le doublet de la Courneuve Sud et celui de Gargès-lès-Gonesse (ancien) entre 1982 et 2025. Les débits sont négatifs en production et positif en injection.....106

Tableau 16 : Hypothèses des simulations évaluant l'impact hydraulique et thermique des exploitations géothermiques sur le réservoir du Dogger.....111

Tableau 17 : Impact hydraulique du nouveau doublet de Garge-lès-Gonesse au débit maximum d'exploitation.....112

Tableau 18 : Caractéristiques hydrothermiques locales.....118

Tableau 19 : HMT et Puissances nominales de pompage.....122

Tableau 20 : Tableau de suivi des paramètres d'exploitation, à envoyer chaque trimestre au BRGM 128

Tableau 21 : Fréquence des contrôles périodiques des paramètres physico-chimiques du fluide géothermal.....130

Tableau 22 : Coordonnées des têtes de puits GGAR3 et GGAR4 en Lambert 93.....140

Tableau 23: Spécifications de quelques appareils de forages approuvés par le RN existant.....141

Tableau 24 : tableau comparatif d'appareils de *workover* courants en adéquation avec le projet.…142

Tableau 25: diamètres Phases de Forage du Puits Producteur GGAR3.....148

Tableau 26 : cuvelages Puits Producteur GGAR3 (BTC Buttress PRE Premium).....149

Tableau 27: diamètres Phases de Forage du Puits Injecteur GGAR4.....149

Tableau 28 : cuvelages Puits Injecteur GGAR4.....149

Tableau 29 : programme de diagraphie.....153

Tableau 30 : abréviations relatives aux tableaux précédents.....153

Tableau 31 : programme de test de BOP, pour la phase de forage 17 ½".....154

Tableau 32 : programme de test de BOP pour les phases de forage 12 ¼" et 8 ½".....154

Tableau 33 : organisation générale du chantier.....159

Tableau 34 : descriptif sommaire des équipements de la boucle sous-sol du doublet de Villeneuve et estimation des fréquences de renouvellement.....163

Tableau 35 : Données socio-démographiques de la ville de Garges-lès-Gonesse.....177

Tableau 36 : Coordonnées et caractéristiques des ouvrages d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site d'implantation retenu (source : Infoterre – BRGM). Coloriage en bleu : puits ; coloriage en vert : sondage.....190

Tableau 37 : Polluants atmosphériques avec seuil d'alerte.....195

Tableau 38 : Valeurs limites appliquées en France et recommandées par l'OMS pour les indicateurs Lden et Ln (source : rapport Bruitparif de février 2019).....206

Tableau 39 : Superficie, nombre d'habitants et de logements impactés par le trafic aérien de l'aéroport du Bourget sur la commune de Garges-Lès-Gonesse.....210

Tableau 40 : liste des sites pollués dans un rayon de 500 m (extrait de l'étude Kaliès).....243

Tableau 41 : Synthèse des enjeux environnementaux d'un projet de géothermie à Garges-Lès-Gonesse.....256

Tableau 42 : Travaux et emprises prévisibles lors de l'exploitation du doublet géothermique.....262

Tableau 43 : tableau comparatif d'appareils de forage (rig) courants en adéquation avec le projet. 276

Tableau 44 : tableau comparatif d'appareils de *workover* courants en adéquation avec le projet...278

Tableau 45 : Valeurs d'émergences maximales admissibles.....281

Tableau 46 : Vitesse de vent et période moyenne de retour en Ile-de-France (Source : site internet meteo-paris.com).....328

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Courrier accompagnant le projet de Monsieur le Maire de Garges-Lès-Gonesse.....343

Annexe 2 : Kbis de la société dédiée au projet Energie Verte de Garges.....344

Annexe 3 : Brochure de l'entreprise GPC-IP.....345

Annexe 4 : Note évaluant les risques sismiques.....346

Annexe 5 : Etude géotechnique G2 PRO.....347

Annexe 6 : Dossier de demande d'autorisation présenté à la DGAC.....348

Annexe 7 : Résultat de l'étude accoustique menée par le bureau d'étude Kaliès.....349
Annexe 8 : exemple de PPSP dans le cadre d'une opération de réhabilitation de puits à Meaux.....350
Annexe 9 : Fiche Ineris des risques liés au H2S.....351

Annexe confidentielle 1 : contrat de DSP entre Coriance et la ville de Garges
Annexe confidentielle 2 : liasses fiscales 2022 Coriance
Annexe confidentielle 3 : TDFC Coriance 2022

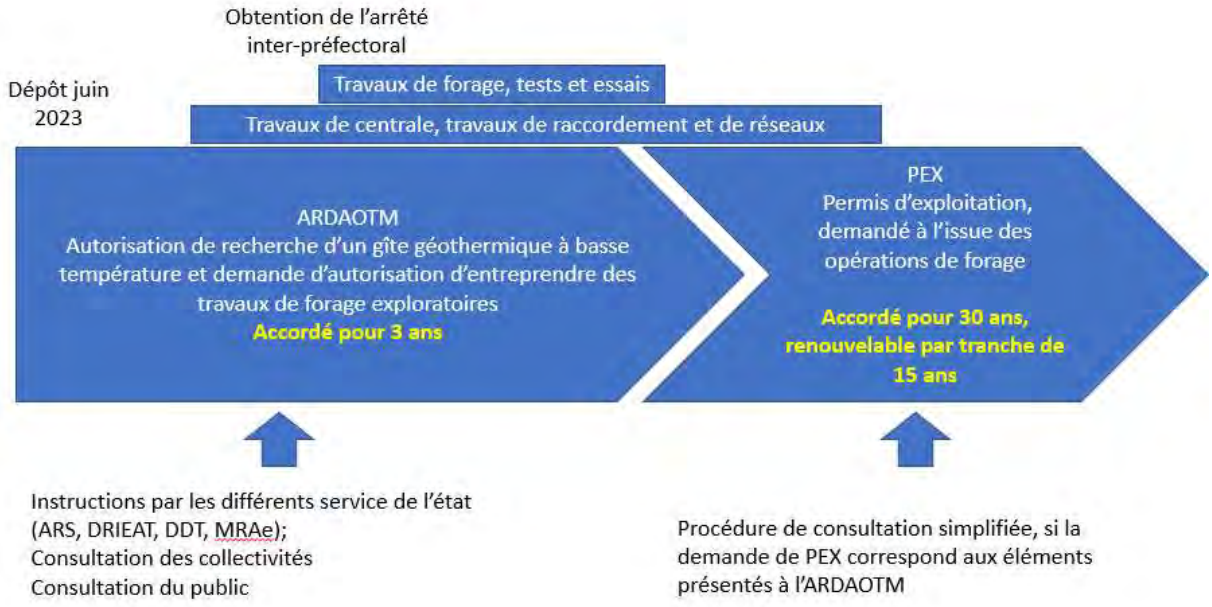
1. RÉSUME NON TECHNIQUE

1.1. Préambule

1.1.1. Objet du document soumis à enquête publique

Le présent document est constitué d'une demande conjointe d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique (AR) et d'une demande d'ouverture de travaux exploratoires/travaux miniers (DAOTM). Selon la réglementation en vigueur, ce dossier sera instruit par la préfecture du Val-d'Oise et transmis également à la préfecture de Seine-Saint-Denis, il sera soumis à une enquête publique. Le préfet statuera par un arrêté inter-préfectoral d'autorisation pour la recherche et l'ouverture de travaux exploratoires.

L'étude d'impact prend en compte le projet dans sa globalité soit le doublet, la construction de la centrale géothermique ainsi que les nouveaux raccordements au réseau de chaleur. Conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche est sollicité pour une durée maximale de 3 ans. A l'issue des travaux de forage du nouveau doublet, en cas de succès de ce forage, un permis d'exploitation sera demandé pour une durée initiale de 30 ans.



1.1.2. Résumé succinct du projet

Après avoir étudié l'ensemble des données issues de la bibliographie et analysé les données des nombreux puits aux alentours, il est apparu hautement probable qu'une ressource géothermique basse énergie, économiquement et énergétiquement viable, existe dans les niveaux géologiques du Jurassique Moyen au droit de la ville de Garges-Lès-Gonesse.

L'énergie géothermique sur aquifère profond fait appel à une ressource naturelle renouvelable, non polluante avec un coût maîtrisé sur le long terme. Cette énergie procure aux

utilisateurs une relative indépendance vis-à-vis des marchés pour les approvisionnements futurs et des coûts liés aux énergies fossiles. L'intérêt pour les futurs utilisateurs de la ressource thermique exploitée est d'assurer à la fois une meilleure visibilité tarifaire à moyen et long terme, et un bilan écologique plus positif pour les sites concernés.

Le projet présenté dans ce document consiste à réaliser deux ouvrages géothermiques (nommés « doublet ») au Dogger à une profondeur de 1600 mètres par rapport au niveau de la mer. Les ouvrages géothermiques sont des ouvrages d'art. L'énergie puisée dans les puits de géothermie viendra alimenter le réseau de chaleur de la ville de Garges-Lès-Gonesse dont la réalisation et l'exploitation ont été attribués à la société Coriance via une délégation de service publique pour une durée de 25 ans. Afin de permettre l'exploitation des ouvrages, une centrale géothermique sera réalisée sur la même parcelle que celle retenue pour les travaux, avenue Ambroise Croizat au croisement avec la rue Denis Papin.

1.1.3. Principe de la géothermie

Du grec géo (terre) et thermos (chaud), la géothermie est la science des phénomènes thermiques internes de la Terre et étudie les processus industriels qui visent à exploiter sous la terre l'eau naturellement chaude afin de produire de l'électricité et/ou de la chaleur.

La terre renferme ainsi une intense chaleur (issue du soleil, de la radioactivité et de la conduction depuis le noyau terrestre) qu'il est possible de valoriser énergétiquement.

Les méthodes de forage ne font appel à **aucune technique de fracturation hydraulique** des terrains. Le programme consiste simplement à atteindre le niveau géologique aquifère visé par des forages tubés et cimentés qui permettent d'isoler et protéger parfaitement tous les niveaux intermédiaires rencontrés. L'eau est ensuite pompée jusqu'à la surface où les calories (chaleur) sont récupérées, avant d'être réinjectée dans le même aquifère.

Les utilisations de la géothermie sont fonction du niveau de température de l'eau géothermale produite :

- La géothermie Très Basse Energie (TBE) est utilisée pour le chauffage et/ou la climatisation de maisons individuelles, de bâtiments tertiaires et de locaux collectifs. Elle est alimentée par une eau de 10 à 30 °C issue de niveaux géologiques peu profonds (généralement entre 0 et 100 mètres de profondeur).
- La géothermie Basse Energie (BE) a pour application principale le chauffage urbain par réseaux de chaleur dans les zones à habitat dense. Elle peut également être utilisée pour la pisciculture, la balnéothérapie, l'alimentation de piscines ou encore le chauffage de serres. Elle utilise une eau comprise entre 45 et 75 °C issue d'aquifère profond (de quelques centaines de mètres de profondeurs jusqu'à environ 2 000 m).
- La géothermie Très Haute Energie (THE) est conçue pour produire de l'électricité, ou de façon combinée de l'électricité et de la chaleur. Il faut pour cela des eaux ou des vapeurs très chaudes, captées au-dessus de 150 °C, à des profondeurs supérieures à 1 500 mètres et pouvant aller jusqu'à 5 000 mètres. Elle est souvent développée en zone volcanique. La vapeur produite est injectée dans des turbines qui viennent générer de l'électricité.

Le projet déposé par Garges-Lès-Gonesse correspond à une géothermie basse énergie (BE) qui viendra alimenter le réseau de chaleur de la ville en complément de la chaleur fatale récupérée de l'usine de traitement des eaux usées et traitées du SIAH (Syndicat Intercommunal Aménagement Hydraulique Vallées) située également à proximité du site de travaux.

1.2. Description du site de travaux

Les travaux seront réalisés dans la ville de Garges-Lès-Gonesse. Garges-lès-Gonesse est une commune de 43 215 habitants du Val d'Oise, située à 15 km au nord-est de Paris. Elle fait partie, avec Villiers-le-Bel et Gonesse, de la Communauté d'agglomération « Roissy Pays de France » depuis le 1er janvier 2016, qui regroupe 42 communes et rassemble près de 360 000 habitants. Roissy Pays de France est constituée de 25 communes du Val d'Oise et de 17 communes de Seine-et-Marne (Figure 1). L'intercommunalité est structurée autour du pôle économique de l'Aéroport Paris-Charles-de-Gaulle qui est un bassin d'emploi et qui connait une croissance démographique significative. Garges-lès-Gonesse appartient aussi à l'unité urbaine de Paris, qui regroupe 411 communes et 10 785 092 habitants. La commune est limitrophe de Sarcelles et Arnouville au nord, nord-ouest, Bonneuil-en-France à l'est, ainsi que des communes de Dugny et Stains au sud, qui sont situées dans le département de la Seine-Saint-Denis.

L'habitat de Garges-lès-Gonesse est contrasté, avec d'une part des quartiers historiques à faible densité de population avec un aspect de village, et d'autre part des quartiers fortement peuplés, constitués essentiellement de HLM. En 2018, le taux de logement sociaux est de 44.6%, avec 6162 logements pour 13 831 résidences principales. Ce contraste s'explique par l'histoire de la ville. Ancien village rural, la ville se transforme en commune de banlieue au début du XXème siècle, mais connait surtout de profondes mutations à partir des années 1950 avec la construction des premiers grands ensembles français.

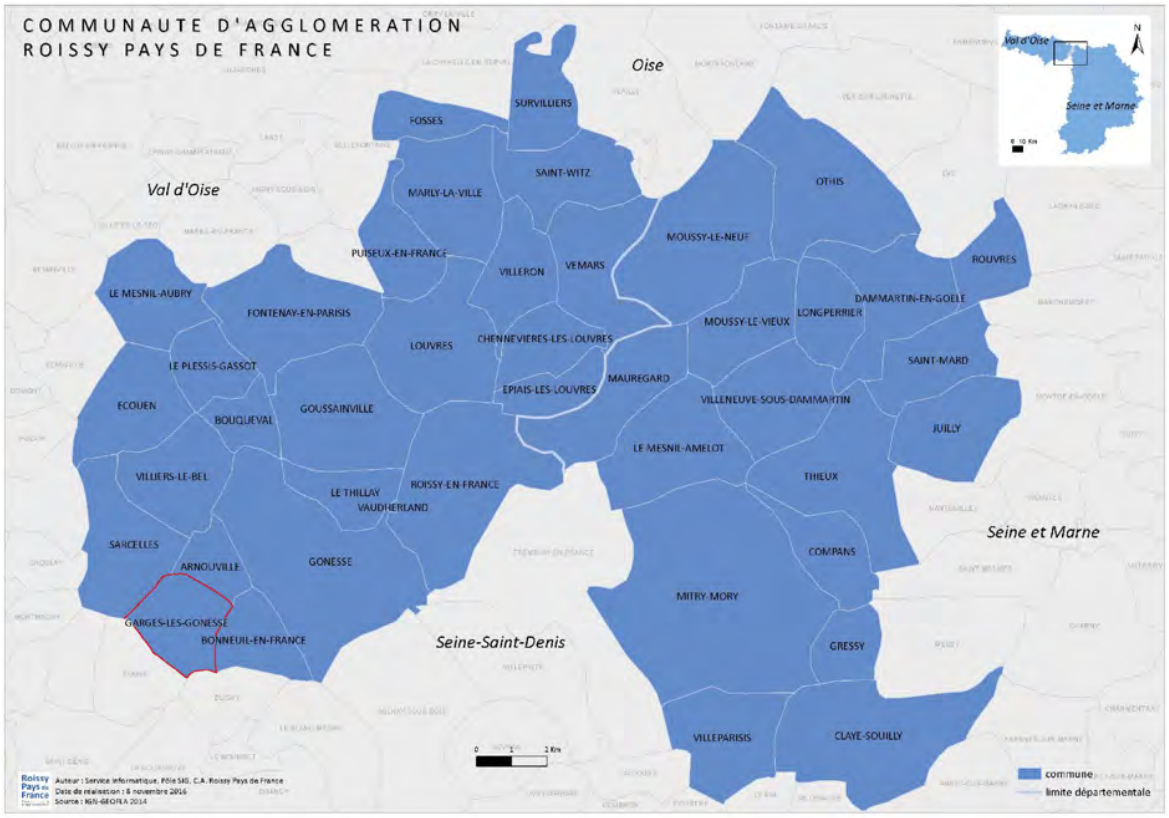


Figure 1 : Localisation de Garges-lès-Gonesse (contour rouge) au sein de la communauté d'agglomération Roissy Pays de France.

Le site des travaux se situe sur les parcelles cadastrées AW 106 (4572 m²), AW126 (1612 m²), avenue Ambroise Croizat, jouxtant le Centre Technique Municipal de la commune de Garges-Lès-Gonesse (95), pour une superficie totale de 6184 m² (Figure 7). Le zonage de la parcelle est en cours de modification dans le plan local d'urbanisme afin de permettre la réalisation du projet.

L'accès au site se fera par la rue Denis Papin, via l'avenue Ambroise Croizat (D 125) à hauteur du rond-point Paul Langevin, qui permet de rejoindre la départementale D84A (Figure 2). La rue Denis Papin est une voie sans issue et ne dessert aucune habitation à l'exception du centre équestre et d'un parking adjacent (Figure 3 à Figure 6).

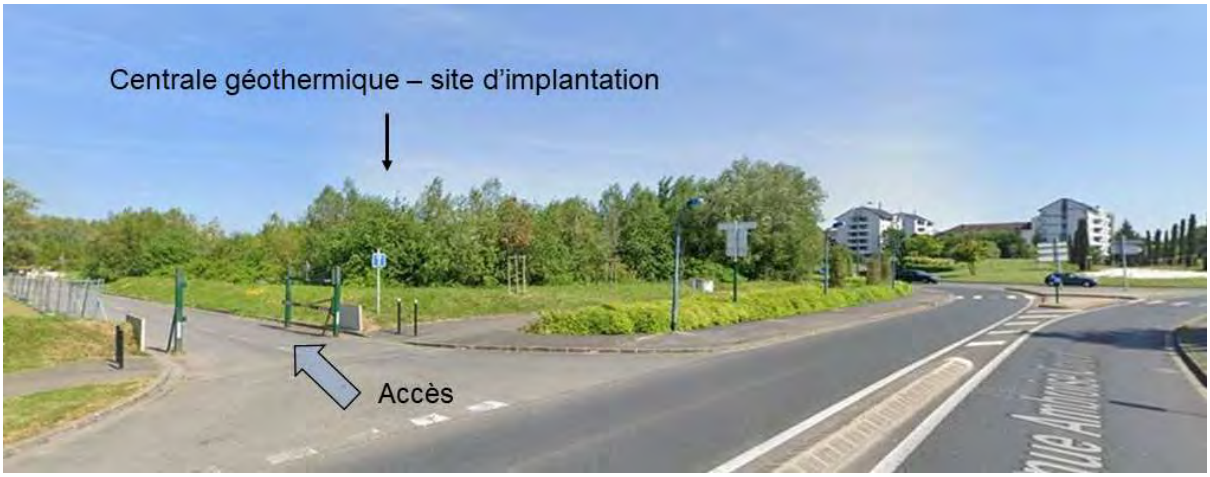


Figure 2 : Photo de la parcelle retenue avec l'accès par la rue Denis Papin.

Figure 3 : vue sur la Brigade équestre depuis la rue Denis Papin .

Figure 4 : Vue sur la station d'épuration de Bonneuil-en-France, depuis la rue de l'Eau des Enfants.

Figure 5 : Vue sur les habitations de la commune de Dugny, depuis la rue de l'Eau des Enfants

Figure 6 : Vue sur les habitations de la rue des Chasseurs (au 43)

Figure 7 : Vue satellite du site retenu (source : Google Map)

Les coordonnées des têtes de puits seront positionnées telles qu'indiquées dans le Tableau 1. Les têtes de puits ne seront pas visibles car seront enterrées dans une cave (Cf. Figure 8 et Figure 9). Les coordonnées des impacts des puits au toit du réservoir en profondeur sont décrites au Tableau 2

Tableau 1 : CoordonnéesC des têtes de puits GGAR3 et GGAR4 en Lambert 93

	X (m)	Y (m)	Z (mNGF)
GGAR3	657225.5	6873520.5	37.7
GGAR4	657235.5	6873520.5	37.7

Tableau 2 : coordonnées des impacts au toit du réservoir en Lambert 93

Coordonnées	GGAR3 P	GGAR4 I
Toit du réservoir (m NGF) XY : +/- 50m	X : 657512	X : 656105
	Y : 6874686	Y : 6873938
	Z : -1600 (+/- 30) mNGF	Z : -1600 +/-30 mNGF

Figure 8 : illustration d'une cave où les têtes de puits sont enterrées

Figure 9 : illustration d'une tête de puits – partie visible des ouvrages

1.3. Description des travaux

1.3.1. Travaux de forage

L'opération consiste en la réalisation de deux forages géothermiques respectivement GGAR3 puits producteur et GGAR4 puits injecteur, à environ 1600 m de profondeur par rapport au niveau de la mer, la longueur forée des ouvrages est quant à elle d'environ 2000 mètres.

Ces ouvrages ne sont espacés en surface que d'une dizaine de mètres, en revanche ils seront déviés à partir de 500 m de profondeur pour permettre un écartement maximal au niveau des impacts du réservoir (1500 m d'espacement environ), évitant ainsi le recyclage thermique après des décennies d'exploitation. Ils doivent permettre une exploitation maximale de 350 m^3/h à 65 +/-2 °C dans le cas le plus favorable, permettant ainsi la production de chaleur d'origine renouvelable ou de récupération à 100% pour le réseau de chaleur Garges.

Afin de réaliser de tels ouvrages, il est nécessaire d'installer un « *rig* » de forage pendant plusieurs mois (Figure 10 et Figure 11). Ce *rig* utilise un trépan (ou outil) à dents ou monobloc sur lequel on applique une force procurée par un poids, tout en l'entraînant en rotation. Le terrain foré étant totalement détruit, on parle de forage destructif. Le poids appliqué sur l'outil est fourni par les masses-tiges vissées au-dessus de l'outil et prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage, simples tubes vissés entre eux et qui assurent la transmission du mouvement de rotation et la canalisation du fluide de forage. Le mât est la superstructure métallique montée à l'aplomb du puits qui permet la manutention des tiges et soutient leur poids sa hauteur s'élève à plusieurs dizaines de mètres.

Figure 10 : Photo d'un site de forage (Grigny, 2016)

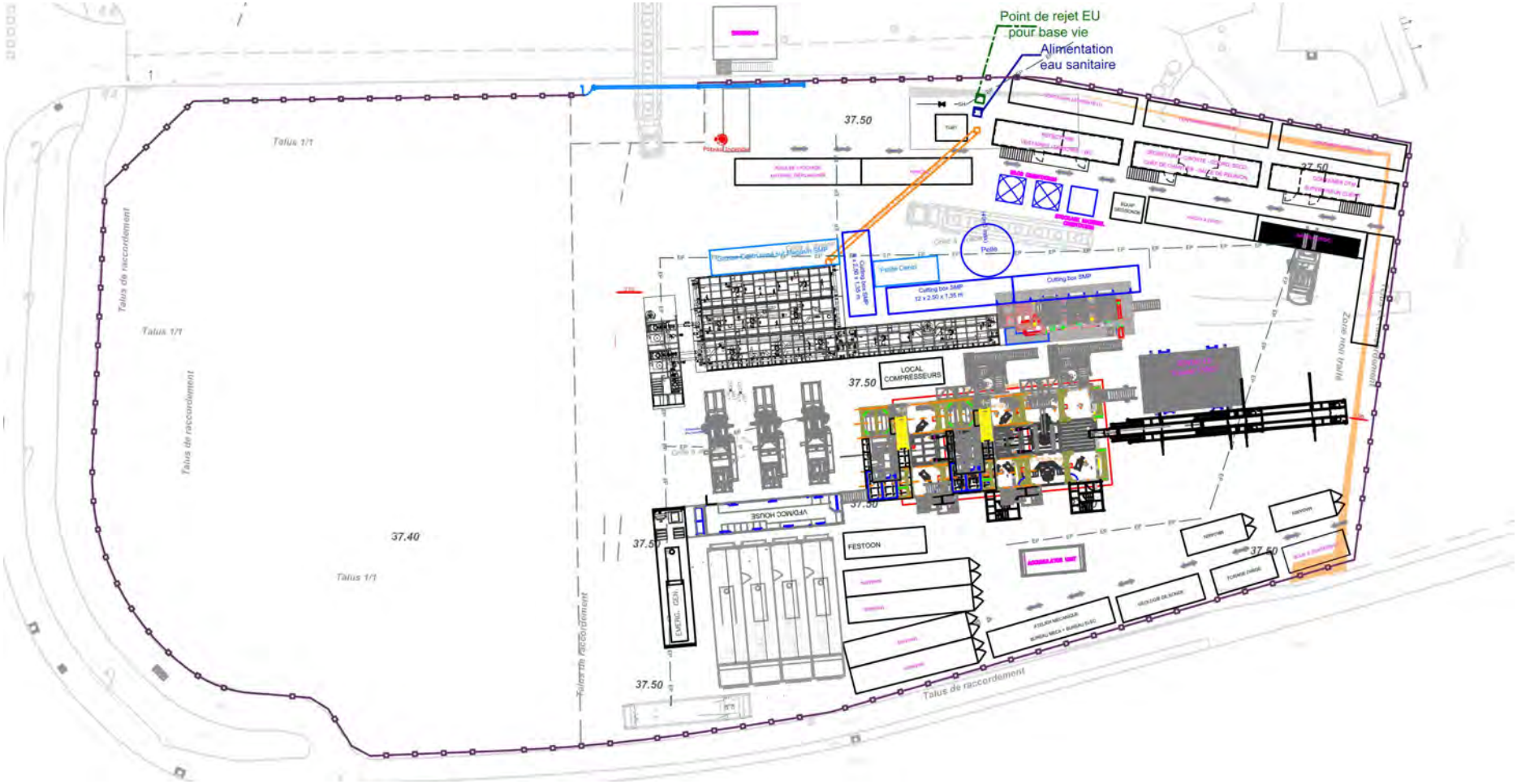


Figure 11 : positionnement de l'appareil de forage et de sa dotation pour le forage du doublet géothermique de Garges (SMP 106)

1.3.2. Travaux de surface

En outre, le projet de Garges prévoit la construction d'une centrale géothermique regroupant les équipements de géothermie (local électrique, pompe d'injection, système d'injection de produits inhibiteurs …) et les échangeurs thermiques (cf. Figure 12). La centrale occupera une superficie d'environ 1000 m². Le permis de construire de la centrale a été délivré par la ville de Garges-lès-Gonesse. Les Figure 12/Figure 13 présentent respectivement une vue projetée de la future centrale et son plan de masse.

Les travaux de construction du réseau de chaleur ont débuté en septembre 2023 et s'étendront jusqu'en 2028. Le réseau desservira une grande partie de la ville de Garges-lès Gonesse (Cf. Figure 14). Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire.

Le réseau s'étendra ainsi sur près de 18.6 km, reliant 137 sous-stations et permettant la production de 96 GWh.

Figure 12 : vue projeté de la centrale de production de chaleur à l'issue des travaux

Figure 13 : plan masse des installations à l'issue du projet (à droite de la parcelle, l'emplacement des puits, à gauche, la centrale)

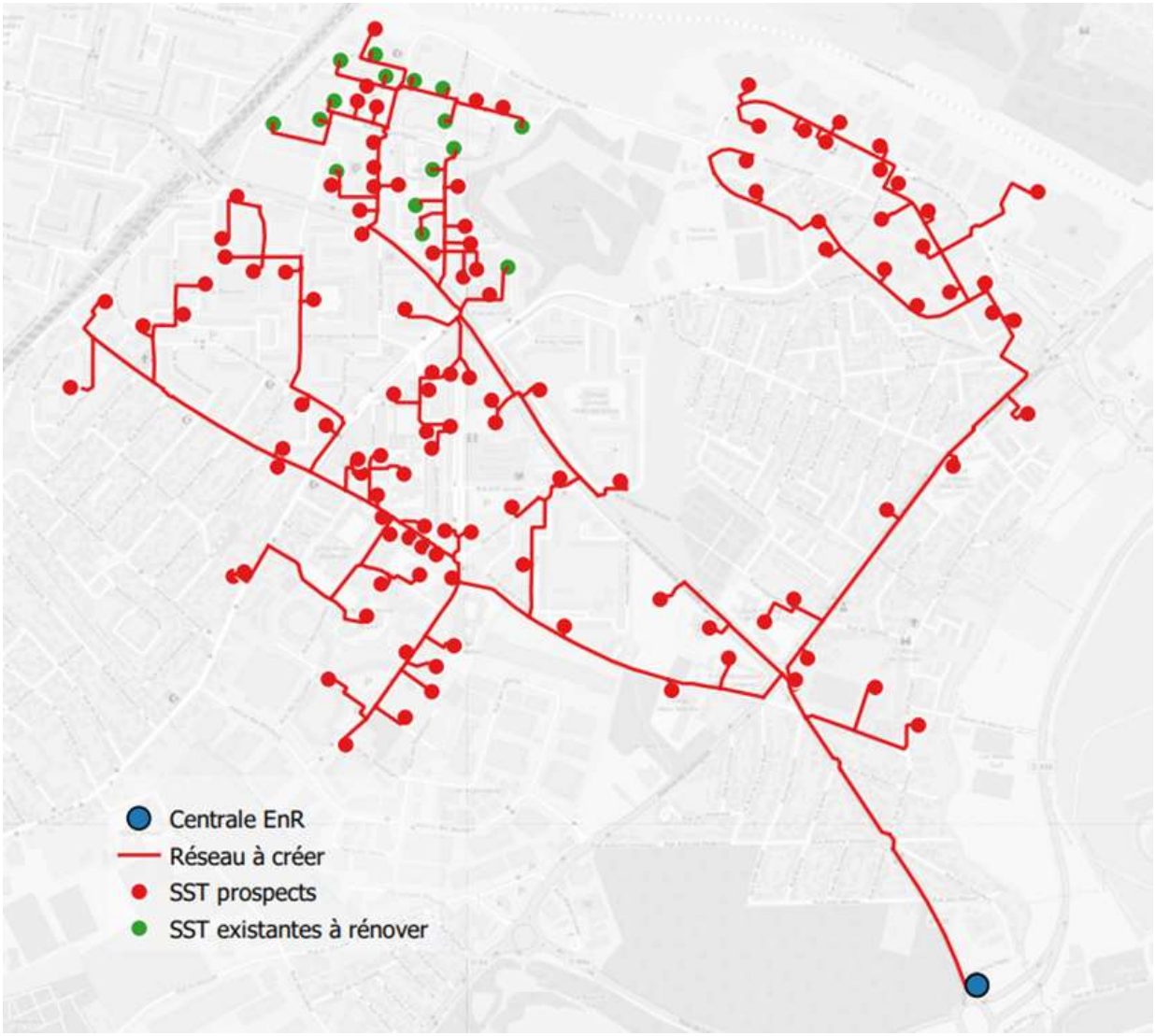


Figure 14 : Plan du réseau de chaleur prévu à horizon 2028

1.3.3. Budget

Le budget afférent aux opérations de forage et d'exploitation du sous-sol s'établira à environ 17 millions d'euros, comprenant les phases de test et les équipements à mettre en œuvre dans le puits.

Il prend en compte également les frais assurantiels obligatoires pour ce type d'opération :

- Assurances tout risque chantier
- Assurance géologique (fond SAF-e), spécifique à la géothermie, qui permet de garantir le remboursement d'un ouvrage si la ressource trouvée n'est pas suffisamment conséquente pour garantir l'économie du projet.

Le budget lié au réseau, comprenant les frais d'ingénierie est estimé à 31 millions d'euros. Ce montant comprend les travaux de génie civil ainsi que les équipements de distributions (pompe, sous-stations, etc.).

Tout ou partie de ces travaux sont éligibles aux subventions du Fonds Chaleur. Le Fonds Chaleur est l'une des 50 mesures opérationnelles en faveur du développement des énergies renouvelables, annoncées à la suite des engagements du Grenelle Environnement.

Il a pour objectif d'aider financièrement au développement de la production de chaleur à partir des énergies renouvelables (biomasse, géothermie, solaire) par le remplacement ou la création de nouvelles installations et de diversifier ainsi les approvisionnements en énergie pour renforcer l'indépendance énergétique de la France.

Il contribue aux objectifs du paquet européen énergie-climat, qui consiste à porter la part des ENR à 30 % de la consommation énergétique nationale d'ici à 2030. Cet outil financier complète les dispositifs d'aide actuels et s'intègrera dans les projets des Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie à venir. Il est destiné aux entreprises (industrie, tertiaire, agriculture), aux collectivités et à l'habitat collectif.

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

Les demandes correspondantes seront formulées par la société Energie Verte de Garges. Le fond chaleur s'élève à l'année 2023 à un montant de 520 millions d'euros.

1.3.4. Calendrier

La durée des travaux est estimée à un an pour la construction du bâtiment de la centrale et à 5 ans pour le déploiement de l'ensemble du réseau. Les travaux de forage sont généralement échelonnés sur une durée de trois mois et demi. Le permis d'exploitation géothermique sollicité le sera pour une durée de 30 ans.

1.4. Permis sollicité

L'autorisation de recherche sollicitée est définie par le polygone rouge sur la Figure 15, pour l'horizon géologique (et aquifère) du Dogger compris entre 1500 et 1800 m de profondeur. Ce polygone possède un périmètre de 10.5 km et une superficie de 6.67 km^2. L'autorisation de recherche est sollicitée pour une durée non renouvelable de 3 ans. Elle est déposée sur les départements du Val-d'Oise et de la Seine-Saint-Denis et s'étend sur les villes de : Bonneuil-en-France, Arnouville, Garges et Stains.

A proximité du projet se trouvent :

- Les installations abandonnées de Garges 1, Le Blanc Mesnil 1, La Courneuve Nord 1.
- Les exploitations en cours : triplet de Villiers Le Bel, doublets de La Courneuve Nord 2, de La Courneuve Sud, et du Blanc-Mesnil 2.
- Les autorisations de recherche en cours ou à venir : Villtaneuse, Saint-Denis, Dugny.

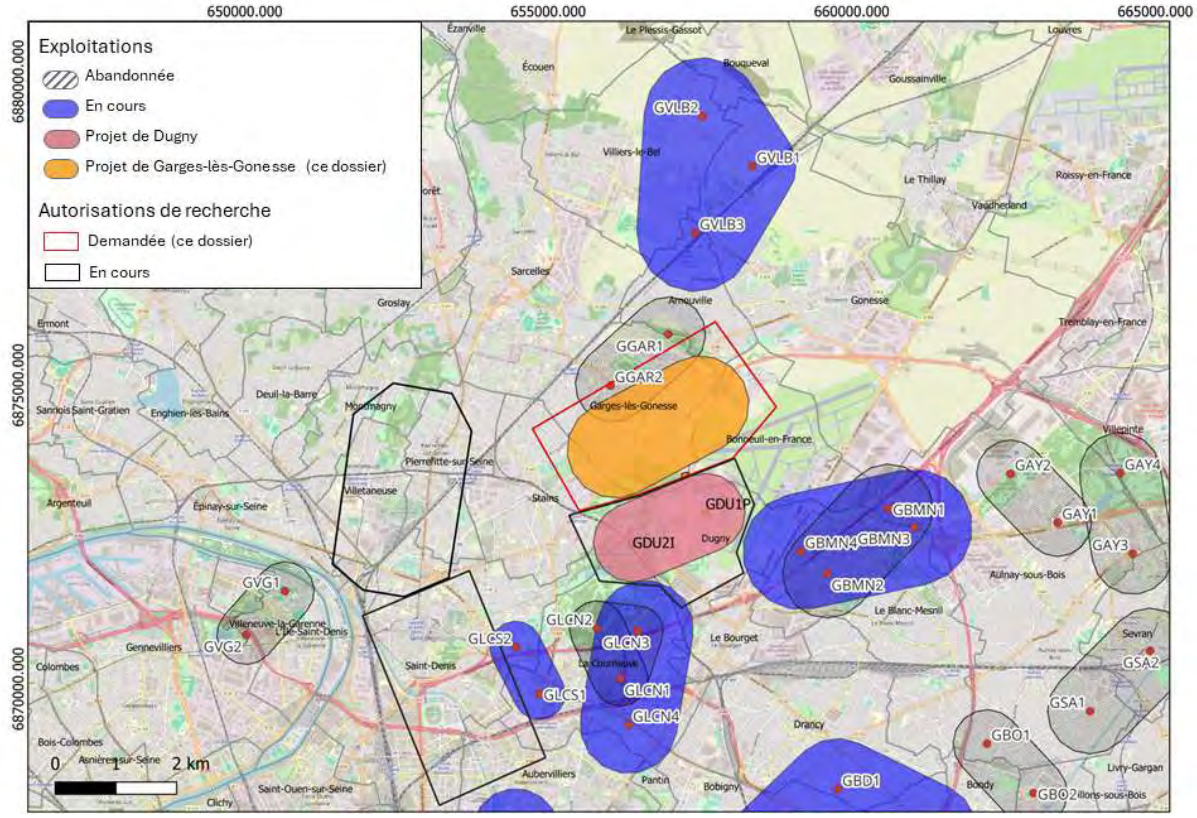


Figure 15 : Périmètre de recherche (rouge) et gélule d'exploitation (orange) sollicités dans ce dossier avec les exploitations actuelles et abandonnées et projet en cours dans le secteur.

La Figure 15 permet de rendre compte de la position géographique du projet de Garges-lès-Gonesse par rapport aux exploitations géothermiques en cours et projets à venir, tandis que la Figure 16 présente plus nettement les coordonnées de périmètre de recherche et sa position par rapport au projet géothermique de Dugny. A l'intérieur du périmètre de recherche, l'emprise du futur périmètre exploitation est représentée par une zone en forme de « gélule » d'orientation Nord-Est/Sud-Ouest

(Figure 16). Il s'agit de la gélule représentée en orange dans le périmètre de recherche décrit ci-dessus. La proximité avec le futur projet de Dugny (Autorisation de recherche figurée en noir et gélule en rose) a nécessité des ajustements (éloignements des impacts au toit du réservoir) afin de s'assurer de la compatibilité des deux projets.

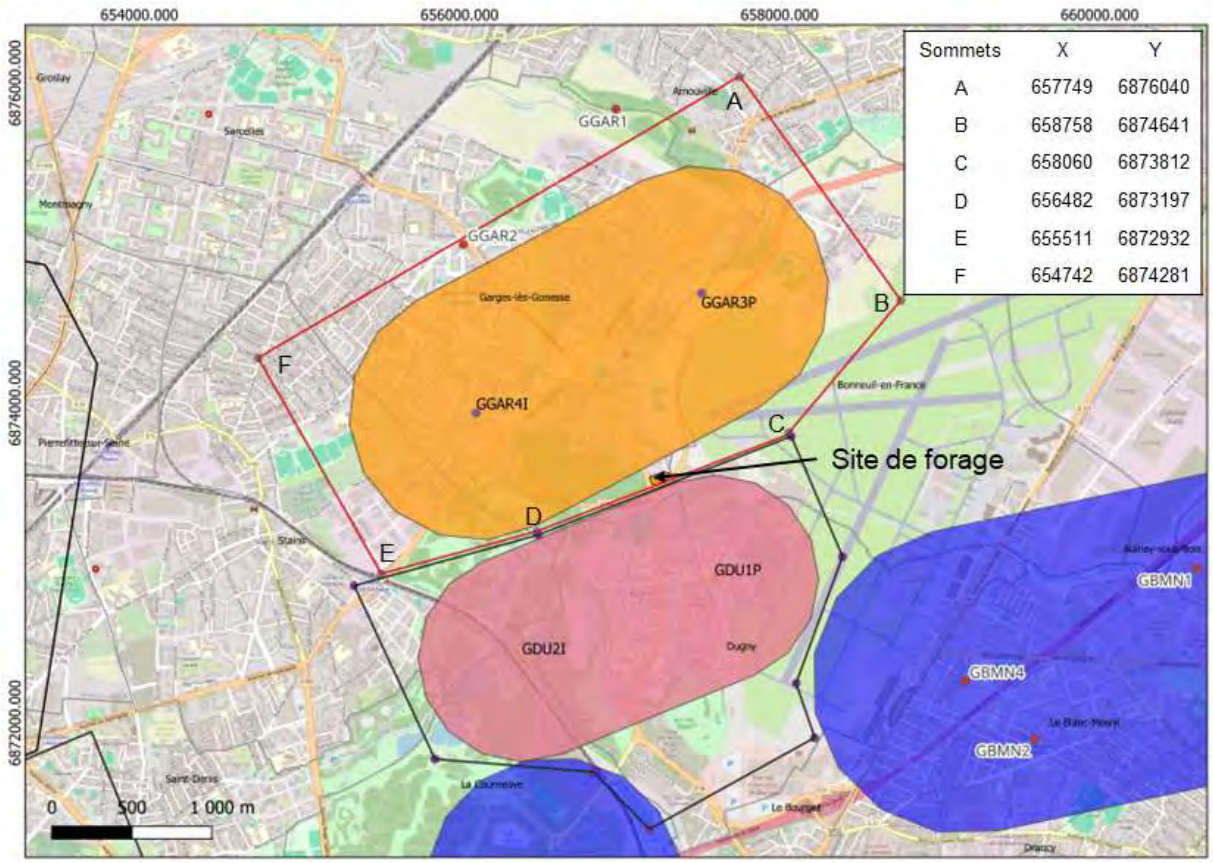


Figure 16 : Coordonnées géographiques de l'AR sollicité et de la géllule prévisionnelle d'exploitation

1.5. Résumé de l'étude d'impact

Les présentes demandes d'autorisation de recherche de gîte géothermique au Dogger et d'autorisation d'ouverture de travaux miniers sont accompagnées d'une étude d'impact environnementale qui concernent la phase travaux et d'exploitation du projet.

Pour rappel, le projet permettra d'alimenter à terme 9300 équivalents logements pour des besoins estimés à 96 GWh/an. Ainsi, la mise en œuvre du doublet de géothermie, permettra de couvrir 62% des besoins des bâtiments raccordés, 35% seront pourvus grâce à la récupération de chaleur fatale et 3% d'appoint se fera grâce à du biogaz. Le réseau de chaleur de Garges sera l'un des réseaux les plus vertueux du territoire français, permettant de respecter les engagements suivants :

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

Ainsi le caractère à priori vertueux d'une opération de géothermie, doit être validé par l'impact environnemental qu'il peut générer. L'étude d'impact environnemental est construite comme suit :

- D'abord une analyse initiale du site et de son environnement qui permet de dégager les principaux enjeux environnementaux.
- Puis l'évaluation des impacts globaux sur l'environnement du projet (puits de géothermie) et des installations associées (centrale et réseau de chaleur). Cette évaluation doit permettre de distinguer :
    - Les effets temporaires liés à la phase de travaux.
    - Les effets permanents liés à la phase exploitation.

En outre, un projet de géothermie ayant des impacts spécifiques sur le sous-sol, une étude d'impact spécifique nommée « étude hydrodynamique et thermique » doit permettre d'évaluer la pérennité du projet sur la ressource en eau géothermale.

Enfin, les travaux doivent être réalisés dans le respect des dispositions du SDAGE et du SAGE en vigueur au voisinage du site d'implantation des installations. Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) réglementairement en vigueur est le SDAGE 2021-2027.

1.5.1. Résumé de l'étude hydrodynamique et thermique

Les résultats de la modélisation hydrodynamique et thermique du réservoir montrent que le doublet de Garges ne génère pas d'impacts hydraulique et thermique sur les exploitations géothermiques à proximité susceptibles de créer un conflit d'usage d'un point de vue minier.
La modélisation des impacts thermique et hydrodynamique permet de montrer que le positionnement des nouveaux puits :

- Garantit un fonctionnement du nouveau dispositif au cours des trente premières années d'exploitation sans percée thermique et avec des rabattements à la production et des pressions d'injection relativement usuels en géothermie ;
- N'implique aucun impact hydraulique important sur les exploitations lointaines.
- Minimise l'impact thermique sur l'opération à venir de Dugny à moins de 0.5°C sur une durée de 30 ans. Ce résultat étant obtenu grâce à l'optimisation de l'implantation du projet de

Garges afin de préserver une économie de projet, tout en garantissant à Dugny d'accéder également à la ressource.

L'exploitation des puits GGAR3 et GGAR4 s'inscrit dans une démarche de gestion pérenne de la ressource géothermique du Dogger.

1.5.2. Synthèse des impacts et mesures compensatoires

Les principaux enjeux sont synthétisés dans le Tableau 3.

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

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

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

En phase exploitation, les impacts sont mineurs. Le fonctionnement du doublet géothermique, de la centrale et du réseau de chaleur aura des effets cumulés très réduits sur l'environnement et les effets attendus sur le climat et l'énergie sont très positifs. La géothermie sera privilégiée et les consommations en énergie et émissions de gaz à effet de serre réduites (soit 28 497 tonnes de CO_2 évitées chaque année).

Tableau 3 : Synthèse des enjeux environnementaux d'un projet de géothermie à Garges-Lès-Gonesse

Thématique / description		Niveau d'enjeu	Moyens destinés à limiter les effets
Population et Santé humaine	Population : contexte très urbanisé mais travaux sur voiries publiques	Moyen	Dialogue et informations auprès de la population. Médiateur de site. Utilisation de machine électrique. Limitation des phases bruyantes la nuit. Protection/modélisation anti-bruit du chantier. Interdiction d'accès à la plateforme.
	Voisinage sensible		
	Contexte sonore (dégradé)		
	Captages d'eau potable (hors du fuseau d'étude)	Très faible	
Biodiversité	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique	Très faible	Identification des zones à enjeux éloignées du site. Limitation du nombre de rotation des véhicules. Impact sur les gaz à effet de serre très positif. Equipements enterrés et non visibles. Espace boisé et zone humide de classe 3 affectés, projet de re-végétalisation en lien avec les services de la ville. **A noter que malgré une catégorisation en zone humide de classe 3 sur le PLU, le pré-diagnostic environnemental ne considère pas la parcelle comme une zone humide**
	Sites Natura 2000 (proches mais en dehors du fuseau)	Faible	
	Zone humide de classe 3	Faible	
	Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope	Très faible	
	Milieux naturels et flore Secteur boisé	Moyen	
	Avifaune Probabilité de présence d'oiseaux communs nidifiant dans les arbres. Absence de potentialités pour des espèces « à enjeux »	Faible	
	Mammifères Potentialités nulles zone urbaine	Négligeable	
	Reptiles et amphibiens Potentialités nulles zone urbaine		
	Entomofaune Potentialités nulles zone urbaine		
	Trames vertes et bleues Aucun élément des continuités écologiques régionales ou locales au droit du fuseau d'étude	Très faible	

Thématique / description		Niveau d'enjeu	Moyens destinés à limiter les effets
Contexte physique	Géologie	Négligeable	Plateforme étanche bétonnée, surfaces bâchées ou bétonnées pour le stockage de produits dangereux, bacs de décantation et de rétention ; maximisation de l'emploi de produits non polluants, système de réseaux de rejets différenciés et traitement des déchets ; sensibilisation des personnels. Maintenance régulière et contrôle périodique des ouvrages.
	Eaux superficielles	Négligeable	
	Eaux souterraines Masse d'eau Albien néocomien Craie et Tertiaire du Mantois à l'Hurepoix	Faible	
Patrimoine culturel et archéologique	Monuments historiques Le projet ne se situe pas au sein d'un périmètre de protection de monument historique	Négligeable	Pas de co-visibilité avec le projet.
Patrimoine culturel et archéologique Paysage	Sites inscrits, sites classés : Sans enjeux	Négligeable	Stockage à l'intérieur de l'enceinte du site. Propreté des installations. Intégration paysagère de la centrale
	Patrimoine archéologique : Sans enjeux	Négligeable	
	Paysage	Très faible	
Biens matériels	Contexte agricole : Sans enjeux aux abords du site	Nul	-
Biens matériels	Contexte forestier : Sans enjeux aux abords immédiat du site	Très faible	Abattage d'arbre et travail de restitution engagée avec la collectivité
Biens matériels	Contexte économique Contexte bien développé dans les zones urbaines. Plusieurs secteurs d'activités artisanales, industrielles et tertiaires en périphérie du tracé.	Moyen	Impact favorable sur l'hôtellerie et la restauration du secteur. Sensibilisation au secteur d'activité de la géothermie auprès des acteurs économiques du territoire.
Biens matériels	Loisirs Pas d'infrastructures de loisirs à proximité du site d'étude	Très faible	Information à la population et médiation permanente.

Thématique / description		Niveau d'enjeu	Moyens destinés à limiter les effets
Biens matériels	Voies de communication et trafic Plusieurs axes routiers d'importance locale à régionale (A1). avec trafic important	Moyen	Signalisation et affichage conforme à la réglementation, utilisation des axes majeurs pour ne pas encombrer les petites voies de circulation. Protocole avec les services de la voirie de la ville.
Risques naturels et technologiques	Risque sismique Niveau 1/5 très faible	Très faible	Réalisation de sondages géotechniques de reconnaissance ; Construction réalisée selon les « bonnes pratiques » ; Bon dimensionnement des réseaux de la plateforme
Risques naturels et technologiques	Submersion : En dehors du zonage du PPRi de la Seine et du PPRN concernant les mouvements de terrains	Faible	
	Retrait-gonflement d'argiles Aléa moyen au Nord et Fort en partie Sud	Négligeable	
Risques naturels et technologiques	Servitude aéronautique	Fort	Contact avec la DGAC et dossier dédié à l'impact temporaire des travaux sur les servitudes aériennes. Positionnement des têtes de puits là où les servitudes sont les moins contraignantes
	Proximité Usine de Traitement des eaux usées	Moyen	Intégration de la chaleur fatale de l'usine au projet
	Sites et sols pollués	Négligeable	Plateforme étanche.
	Qualité de l'air Globalement dégradée du fait du trafic routier, du chauffage et des activités industrielles. Dépassements réguliers de certains seuils.	Moyen	Utilisation d'appareils de forage électrique

1.6. Glossaire

AFPG

Association Française des Professionnels de la Géothermie, a été créée le 15 juin 2010 à Paris. L'AFPG représente différents métiers de l'énergie géothermique en France métropolitaine et dans les DROM : foreurs, fabricant et installateurs de pompes à chaleur, gestionnaires de réseaux de chaleur, bureaux d'études, etc.

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).

BOP

« *Blow Out Preventer* » ou Bloc Obturateur de Puits. Mesure de sécurité pour éviter toutes venues de fluide incontrôlées en cours de forage.

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.

Boue de forage

Désigne un fluide de composition spécifique qui permet de refroidir l'outil de forage, remonter les déblais, et maintenir les parois du forage.

Caliper

Mesure du diamètre du forage et localisation de cavage ou collapse : la sonde utilisée est une sonde excentrée à un bras palpeur maintenu en contact avec la paroi du trou et reliée mécaniquement, via une crémaillère, à un potentiomètre dont la résistance varie en fonction de l'écartement du bras.

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.

Délégation de service public

L'ensemble des contrats par lesquels une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire public ou privé dont la rémunération est substantiellement liée au résultat d'exploitation du service. C'est une notion de droit français.

La délégation de service public est le régime le plus fréquent de gestion déléguée des services publics, la collectivité pouvant par ailleurs opter pour une gestion directe du service (on parle alors de gestion en régie).

DJU : Degré jour unifié

Les **degrés jour unifiés** (**DJU**, aussi appelé « Base 18 ») , permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver ou de la chaleur de l'été. Ils se divisent en **degré-jour de chauffe** et **degré-jour de réfrigération**.

Il existe deux méthodes de calcul des Dju donnant des résultats différents : une méthode dite « météo » avec calcul simple et une méthode dite « Professionnels de l'énergie » avec calcul plus élaboré (conforme à la méthode réglementaire pour les marchés d'exploitation chauffage et de la climatisation à utiliser pour le suivi).

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 55 °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 largement 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.

Drill Collar

Masse tige, tige de forte épaisseur placée au-dessus de l'outil pour encaisser les efforts de compression.

Drill Pipe

Tige de forage

Drill rig

Machine de forage

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 oeuvre. On dit aussi Differential Valve.

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'échangeurs de chaleur : le condenseur et l'évaporateur.

Essais de production

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).

Garniture de forage

La garniture de forage c'est l'ensemble des tubulaires introduites dans le puits pour assurer un avancement de sondage, dont Les principaux objectifs sont :

- Transmettre le mouvement vers l'outil de forage.
- Appliquer un poids suffisant sur l'outil
- Mesurer la profondeur exacte du puits
- Conduire les fluides du forage du surface jusqu'à l'outil
- Réaliser les opérations liées au forage (cimentation, DST, LOGGING, perforation...)

L'unité de forage est composée d'un **derrick** et d'une **garniture de forage (drill stem)**. La garniture de forage comprend les tiges de forage (**DP drill pipes**) et une partie inférieure appelée **BHA (Bottom Hole Assembly)**. La BHA comprend les **masses tiges (drill collar),** les stabilisateurs, le moteur de fond, éventuellement un système de mesures (**MWD measurement while drilling**), une coulisse de battage, un absorbeur de chocs. Sous la BHA se trouve l'outil de forage proprement dit (trépan, tricône, …) qui sert de source sismique lors du forage.

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.

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.

Perméabilité

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

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.

Sabot

Le sabot (ou tubage de fond ou poubelle) se trouve à la terminaison du tubage de production ou des crépines. Il est censé créer une zone morte du point de vue de la circulation en cas de pompage ou d'injection. Il permet la sédimentation de particules, et la mise à l'écart de la circulation des objets qui tomberaient malencontreusement dans la colonne.

Side Track

Reprise en déviation d'un forage

TAI (Tube Auxiliaire d'injection)

Ligne d'inhibition en fond de puits.

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.

Tube guide ou cuvelage

Le tube guide est dans presque tous les cas , nécessaire et peut être défini comme le tube qui isole tout le puits des terrains encaissants et qui durant les opérations contient le fluide de forage.

Tubage intermédiaire

Le tubage intermédiaire est facultatif et peut être défini[3] comme « le tubage installé dans un puits après l'installation et à l'intérieur du tubage de surface et dans lequel les opérations de forage ultérieures peuvent être effectuées à l'intérieur du puits ».

Tubage de production

Le tubage de production isole l'encaissant du système d'exploitation (pompe et tiges). Ce tubage est

cimenté dans l'encaissant, du moins dans la partie basse du forage si un tubage intermédiaire est utilisé.

Unité *Coiled tubing*

Unité de manutention des TAI, nettoyage des complétions géothermiques et pétrolières, stimulations de puits et cimentation

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.

ZNIEFF

Zones d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique.

2. INFORMATIONS GÉNÉRALES

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

1.7. Justification de la demande et du projet

1.7.1. Objet de la demande

Le présent dossier, établi conformément aux Codes Minier et de l'Environnement, concerne une demande **d'autorisation de recherche** et d'ouverture de **travaux de forage/complétion** (Cf. schéma de principe en Figure 17) et **l'exploitation d'un doublet géothermique** de forage urbain sur la commune de Garges-Lès-Gonesse (95). Il comprend la réalisation de deux puits au Dogger, à trajectoires déviées avec respectivement, un ouvrage producteur et un ouvrage injecteur (re)injectant dans le réservoir source, les eaux géothermiques refroidies après échange de chaleur.

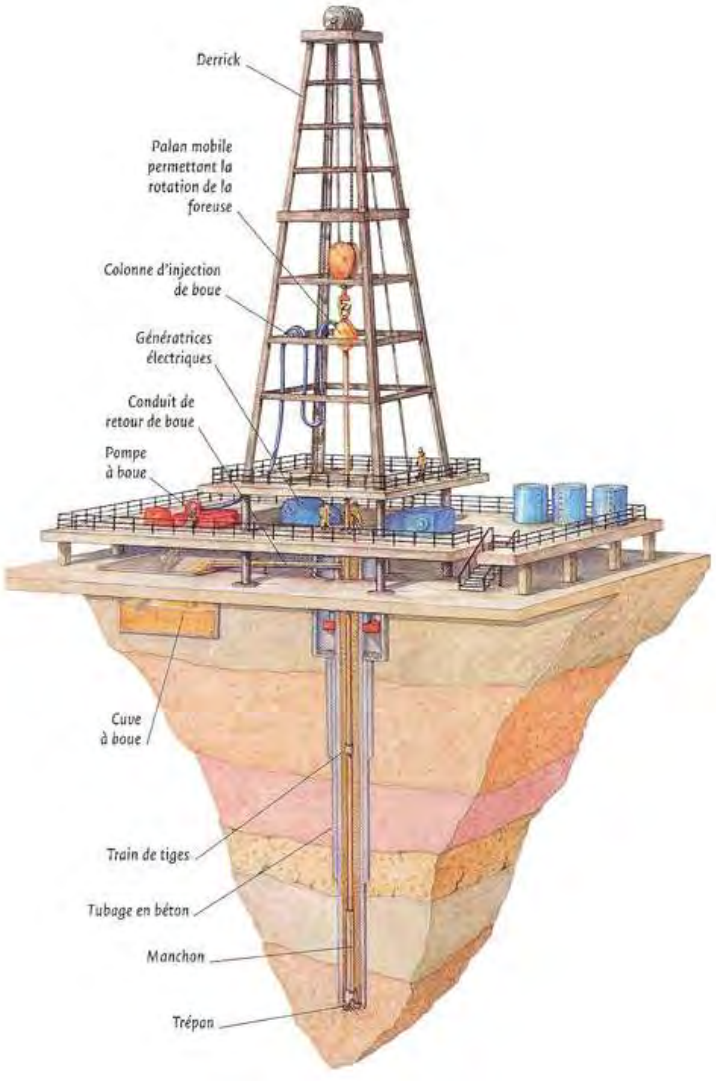


Figure 17 : schéma de principe d'un forage

1.7.2. Contenu du dossier

Le dossier détaille les aspects techniques et environnementaux relatifs à la réalisation des puits GGAR3 et GGAR4 faisant l'objet de la demande d'autorisation de recherche et d'ouverture de travaux miniers et d'exploitation. Le dossier aborde également les aménagements à réaliser en lien avec les travaux de forage (centrale de production géothermale par exemple).

Vu le (nouveau) code minier et vu le décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ainsi que le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines,

Le **Chapitre 1** est un résumé non technique du projet ;

Le **Chapitre 2** de ce document comprend :

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

Le **Chapitre 3** concerne **la mobilisation de la ressource d'un gîte géothermique au Dogger.** Il comprend :

- La localisation du secteur d'étude ;
- Les sollicitations actuelles de l'aquifère du Dogger et à venir et l'emprise prévisionnelle du projet ;
- Les contextes géologique et hydrogéologique du secteur d'étude ;
- La modélisation des impacts hydraulique et thermique de l'exploitation sur 30 ans,
- Le débit et le volume d'exploitation prévisionnels ;
- La description des dispositifs de mobilisation de la ressource ;
- La description du réseau de surface géothermique ;

- La description des contrôles périodiques et du suivi de l'exploitation ;

- Les conditions d'arrêt de l'exploitation du gîte géothermique.

Le **Chapitre 4** de ce document concerne **la demande d'ouverture de travaux de forage et d'exploitation**. Il comprend :

- Un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus ;

- L'exposé des méthodes de forage envisagées ;

- Le descriptif de fonctionnement du doublet et de la boucle primaire.

Le **Chapitre 5** explicite **l'impact du projet sur l'environnement** d'une manière globale. Il traite notamment de l'analyse des impacts permanents liés au fonctionnement de l'exploitation géothermique et les mesures compensatoires envisagées qui entrent dans le cadre de la demande d'ouverture des travaux en particulier vis-à-vis des aquifères d'eau potable.

Ce chapitre comprend :

- La description du contexte relatif au projet ;

- La description du site et de son environnement (état initial du site) ;

- L'analyse des impacts du projet et les mesures compensatoires ;

- L'incidence des travaux sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine-Normandie ;

- Les éléments économiques relatifs aux impacts et aux mesures compensatoires envisagées, en phases forage et exploitation.

Le **Chapitre 6** traite quant à lui **des aspects relatifs à la sécurité** et à la santé pour la période des travaux, puis pour la période d'exploitation du gîte géothermal.

Le **Chapitre 7** décrit les méthodes d'abandon des ouvrages.

1.7.3. Pertinence du projet

L'accord de Paris sur le climat, adopté le 12 décembre 2015 par 195 pays, a réaffirmé la volonté internationale de lutter contre le dérèglement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. La France s'inscrit en tête de cette démarche, notamment à travers les orientations prises dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV). Elle prévoit, entre autres, de porter à 32% la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale du pays d'ici 2030.

Depuis 2013, la Ville de Garges-lès-Gonesse poursuit son engagement en faveur du développement durable, elle a adopté son Agenda 21 en février 2023.

Dans le cadre d'une délégation de service public, la ville de Garges-lès-Gonesse a choisi Coriance pour l'accompagner dans la transition énergétique de son territoire. Energie Verte de Garges, filiale du Groupe Coriance, a pour mission de créer puis exploiter un réseau de chaleur, unique et exemplaire, alimenté à 100% par des Energies Renouvelables et de Récupération (EnR&R) locales.

La crise énergétique actuelle rappelle à quel point la transition énergétique des territoires est importante. Et dans ce contexte, les réseaux de chaleur alimentés par des EnR&R sont la réponse à l'envolée des prix des énergies fossiles.

Les avantages du réseau Energie Verte de Garges sont nombreux :

- Améliorer la qualité de l'air de la Ville en remplaçant des énergies fossiles par des énergies renouvelables, évitant ainsi les émissions de 28 497 tonnes équivalent CO_2 chaque année,
- Faire bénéficier les Gargeois et les Gargeoises d'une chaleur à un prix compétitif et maitrisé dans la durée, décorrélé des fluctuations du prix des énergies fossiles,
- Contribuer à l'indépendance énergétique de la Ville.

Ce nouveau réseau fera partie des rares en France à être alimenté à 100% par des EnR&R et le seul à associer une géothermie et une station d'épuration. La chaleur sera produite localement grâce à de la géothermie (62 %) et à la valorisation de la chaleur fatale issue de la station d'épuration du SIAH située à Bonneuil-en-France (35 %). 3 % de biogaz sera utilisé en appoint.

Ce réseau innovant deviendra ainsi un véritable atout pour accélérer la conversion énergétique du territoire communal. Les travaux de création du réseau de distribution de la chaleur ont débuté en septembre 2023. A l'automne 2024, les équipements permettant la récupération de chaleur sur les eaux usées de la station d'épuration seront mis en service. Au cours du printemps 2025, la centrale géothermale sera mise en service. Elle comprendra un doublet de géothermie associé à des pompes à chaleur et deux chaudières fonctionnant au biogaz, utilisées en appoint et secours (mise en service en 2024).

A terme, l'équivalent de 9 300 logements bénéficiera d'une chaleur produite à 100% par des EnR&R. Le réseau rayonnera sur la majorité des quartiers. Des logements de résidences collectives, des bâtiments publics et certaines maisons individuelles seront raccordés.

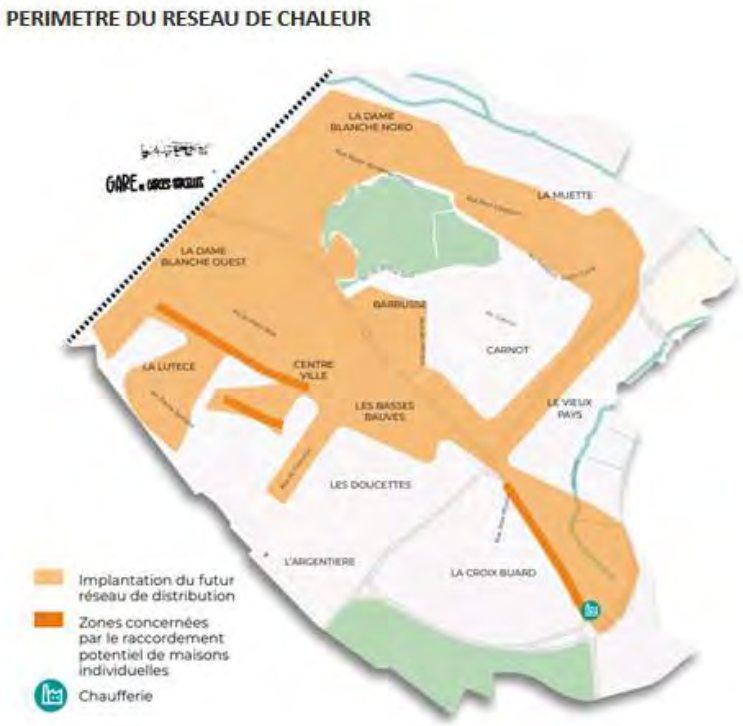


Figure 18 : périmètre du réseau de chaleur de Garges (source : www.villedegarges.fr)

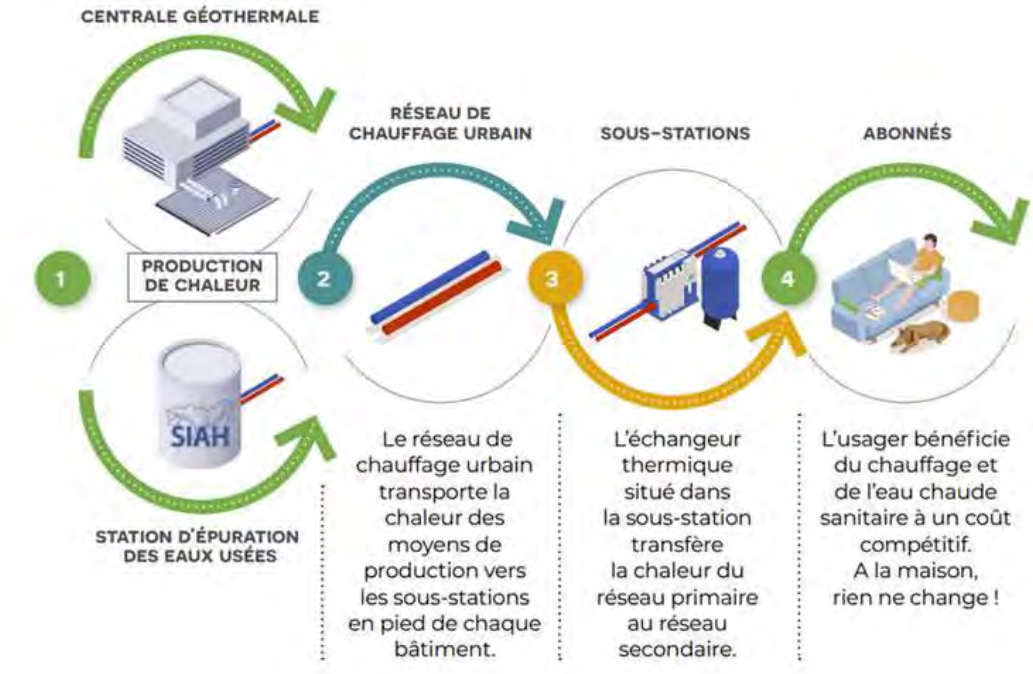


Figure 19 : principe de fonctionnement du réseau de chaleur (www.villedegarges.fr)

Ce projet de géothermie de grande envergure s'intègre parfaitement dans le Projet d'Aménagement et Développement Durables (PADD) du territoire puisque le point 3 « *Développer l'innovation et l'inclusion via le numérique* » de l'Axe 1 « *Affirmer l'identité de Garges-lès-Gonesse, ville inclusive et innovante* », prévoit de :

*« **Permettre le déploiement d'un réseau de chaleur sur l'ensemble du territoire afin de faire bénéficier les usagers d'un service public de production et de distribution de chaleur moderne et performant en favorisant l'usage d'énergies alternatives aux énergies fossiles et en inscrivant le chauffage urbain dans une dynamique de Développement Durable. »***

Un des objectifs de l'Orientation d'Aménagement et de Programmation (OAP) thématique Trame Verte et Bleu, est de restaurer et renaturer les vallées du Croult et du Petit Rosne par la renaturation des berges et la recréation de ripisylves et mettre en place une gestion écologique des cours d'eau et de leurs berges.

Plusieurs facteurs tels que la pollution, l'altération morphologique et la détérioration des berges sont susceptibles de dégrader les milieux supports de trame bleue. De fait il convient d'interdire toute construction dans une marge de 15 mètres depuis les berges des cours d'eau.

La parcelle sur laquelle se situe le projet de recherche est bordée par le Croult sur sa bordure est. La centrale sera elle construite sur la partie ouest à plus de 15 m de distance du ruisseau. Par ailleurs la hauteur de la centrale sera limitée et un traitement paysager adapté sur la périphérie de la parcelle lui permettront de s'intégrer parfaitement dans le paysage péri-urbain. La parcelle sera en partie reboisée sur son pourtour permettant ainsi une re naturalisation dans sa partie est qui jouxte le Croult.

Par ailleurs le projet de géothermie s'inscrit dans une Chartre de Construction Durable.

Le projet est donc conforme aux OAP et est compatible avec les orientations définies par ces dernières ainsi que le Droit de Préemption Urbain et le Droit de Préemption Urbain Renforcé.

1.8. Couverture des besoins par le réseau de chaleur

La géothermie permettra de couvrir 62% des besoins du réseau. Le réseau Energie Verte de Garges sera l'un des réseaux les plus vertueux du territoire national avec près de 100% des besoins couverts par des énergies renouvelables ou de récupération.

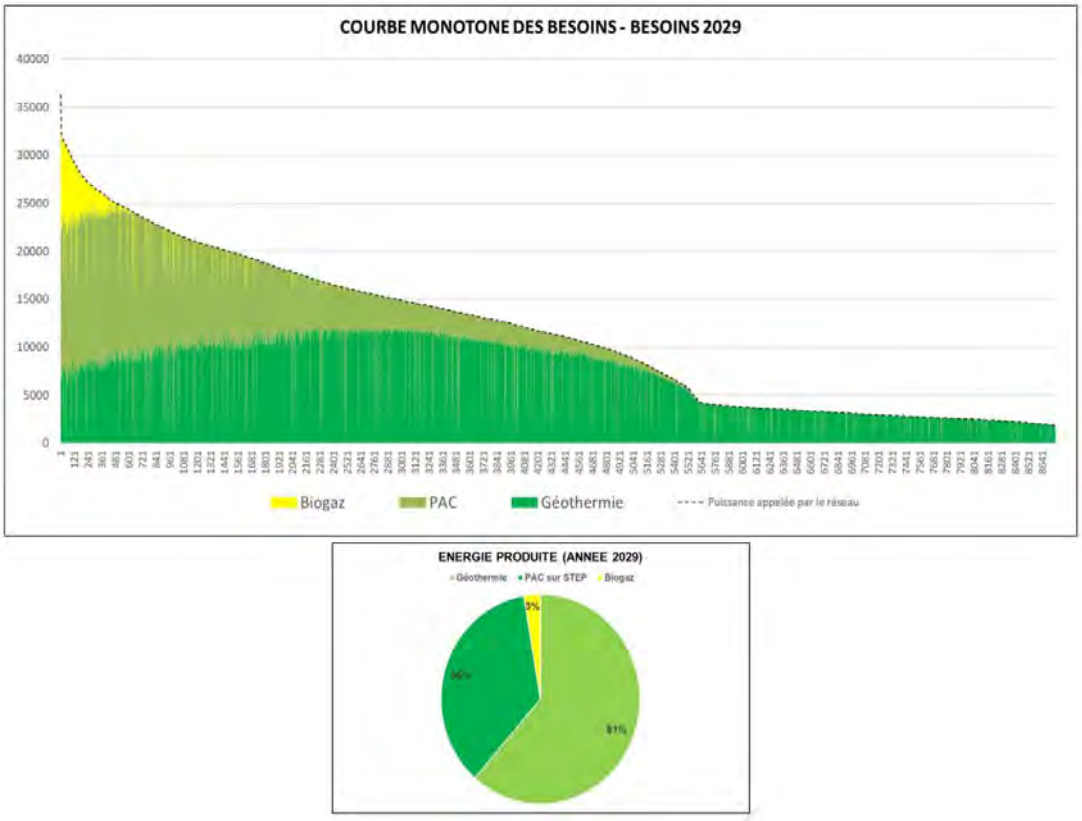


Figure 20 : monotone du réseau pour une année type à partir de 2029

La montée en charge des raccordements et le mix énergétique projeté après l'ensemble des créations, extensions et densifications en 2029 sont résumés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : montée en charge du réseau

Année	*Energie vendue en sous-station (MWh)*	*Nombre de Ss stations*	*Longueur réseau (ml)*	*Nb de logements*	*Puissance souscrite (kW)*	*Mixité EnR&R*	*Quantités d'EnR&R injectée*
2023	*2 312*	*21*	*5 054*	*1 635*	*1 170*	*0%*	*0*
2024	*27 235*	*78*	*12 804*	*7 684*	*13 183*	*42%*	*12 237*
2025	*70 003*	*116*	*18 216*	*10 832*	*39 802*	*87%*	*65 329*
2026	*89 262*	*125*	*18 387*	*11 533*	*53 320*	*89%*	*84 791*
2027	*92 917*	*132*	*19 562*	*11 786*	*57 082*	*88%*	*87 497*
2028	*93 209*	*134*	*19 641*	*11 878*	*57 189*	*88%*	*87 792*

1.9. Identité du demandeur

1.9.1. Nom et entité sociale

La demande d'autorisation de recherche et d'autorisation de travaux de forage, objet du présent document est formulée par **la ville de Garges-Lès-Gonesse**, représentée par son Maire, Monsieur Benoît JIMENEZ. Un courrier d'accompagnement est disponible en Annexe 1.

Il est à noter que la ville de Garges a confié le développement et l'exploitation de son réseau à la société Coriance, via sa filiale dédiée au projet Energie Verte de Garges (Cf. Annexe 2)

Coriance est un groupe français créé en 1998 qui accompagne les collectivités et les industries dans la création, la construction et l'exploitation de réseaux de chaleur et de froid urbains. L'actionnaire principal du groupe est Vauban Infrastructure Partner à 50.1% et La Caisse des dépôts et consignation à 49.9%. La société compte environ 420 collaborateurs, pour un chiffre d'affaires annuel de 325 millions d'euros. Son Président est **Yves LEDERER.** Le siège social de la société se situe au 10 Allée Bienvenue 93885 Noisy-le-Grand CEDEX.

Il pourra être envisagé d'amodier le titre d'exploitation à la société Energie Verte de Garges à l'issue des travaux et ce pour la durée de la délégation de service public (DSP).

1.9.2. Schéma de délégation de service public (DSP)

Dans le cadre de ce projet de géothermie, une consultation a été réalisée en 2022 afin de déléguer l'extension du réseau et l'exploitation de la centrale à une société dédiée (Energie Verte de Garges) et ce pour une durée de 25 années. Les modalités du contrat sont présentées L'annexe confidentielle n°1.

Pour rappel, les collectivités territoriales et leurs groupements disposent de la liberté du choix du mode de gestion pour exploiter leurs services publics. Cette liberté de choix du mode de gestion découle du principe constitutionnel de libre administration des collectivités territoriales. Les collectivités territoriales peuvent alors décider soit de gérer directement le service soit d'en confier la gestion à un tiers.

L'article 4 de l'ordonnance du 29 janvier 2016 confirme ce principe de libre administration des personnes publiques : elles sont libres de décider du mode de gestion qu'elles estiment le plus approprié pour satisfaire à leurs besoins, y compris en recourant à leurs propres ressources. L'ordonnance rappelle cependant que le mode de gestion choisi doit permettre « d'assurer notamment un niveau élevé de qualité, de sécurité et d'accessibilité, l'égalité de traitement ainsi que la promotion de l'accès universel et des droits des usagers en matière de services publics ».

L'article 5 de cette même ordonnance donne une nouvelle définition de la concession dont la notion de service public n'est plus un élément indispensable pour recourir à ce type de contrat.

Une délégation de service public est un ensemble de contrats conclus par écrit et à titre onéreux par lesquels un pouvoir adjudicateur (« autorités concédantes ») confie l'exploitation de travaux pour les premières ou la prestation et la gestion de services pour les secondes, à un ou plusieurs opérateurs économiques (« concessionnaires ») à qui est transféré le risque d'exploitation de l'ouvrage ou du service et dont la contrepartie consiste soit uniquement dans le droit d'exploiter les ouvrages ou services, soit dans ce droit accompagné d'un prix.

Deux éléments cumulatifs permettent d'identifier une concession :

1. **son objet :** l'exécution, la conception et l'exécution de travaux, ou encore la réalisation ou la conception et la réalisation, par quelque moyen que ce soit, d'un ouvrage répondant aux exigences fixées par l'autorité concédante ou bien la gestion d'un service
2. **existence d'un transfert de risque :** c'est le critère de distinction entre un marché public et un contrat de concession. Dans le cadre d'un contrat de concession, la rémunération du concessionnaire est liée aux résultats de l'exploitation de l'ouvrage ou du service. Le critère du risque est un élément intrinsèque du critère financier. Conformément au dernier alinéa de l'article L.1211-1 du code, cette part de risque transférée au concessionnaire implique une réelle exposition aux aléas du marché, une perte potentielle supportée par le concessionnaire ne doit pas être purement nominale ou négligeable

Le contrat de concession est une convention conclue entre un pouvoir adjudicateur ou une entité adjudicatrice et un opérateur économique.

Dans le cadre de Garges, l'objectif de cette délégation de service public est de concevoir, réaliser et exploiter le réseau de chaleur. La production de chaleur sera en partie (62%) d'origine géothermique dans le but d'approvisionner le réseau de chaleur urbain et de participer à son extension. Le reste sera produit à partir de biogaz (3%) ou proviendra de la récupération de chaleur de l'usine de traitement des eaux du SIAH (35%).

Les parties études et permis ont donc été réalisées par Coriance dans le cadre de ce marché, qui porte la responsabilité et les coûts afférents au projet.

Figure 21 : acteurs du projet

1.9.3. Calendrier de la DSP

La Ville de Garges-lès-Gonesse a fait réaliser en 2021 une étude de faisabilité pour la création d'un réseau de chaleur sur son territoire. Compte-tenu des conclusions de l'étude, la Ville de Garges-lès-Gonesse a décidé d'approuver, par Délibération de son Conseil Municipal du 8 novembre 2021, le principe d'une concession de service public pour la création d'un réseau de chaleur alimenté majoritairement par des EnR&R. Le lancement de la consultation a été réalisé en décembre 2021.

La Ville de Garges-lès-Gonesse a ensuite attribué au Groupe Coriance, par l'intermédiaire de sa filiale Energie Verte de Garges, le contrat de Délégation de Service Public pour la mise en œuvre et l'exploitation d'un réseau de chauffage urbain sur son territoire. Le contrat de Délégation de Service Public a pris effet le 12 janvier 2023, pour une durée de 25 ans.

Les travaux de création du réseau de distribution de la chaleur ont débuté en septembre 2023, ceux de la centrale de production en octobre 2023.

En fin d'année 2024, les équipements permettant la récupération de chaleur sur les eaux usées de la station d'épuration seront mis en service. Puis, au printemps 2025, la centrale géothermale sera mise en service

1.10. Justification des capacités techniques et financières du demandeur

1.10.1. Le maître d'ouvrage

Le maitre d'ouvrage et demandeur de l'autorisation de recherche et d'ouverture de travaux miniers est la ville de Garges-Lès-Gonesse.

Cependant, la collectivité a délégué la conception et la réalisation du projet à la société Energie Vert de Garges, filiale à 100% du groupe Coriance. C'est donc à cette dernière que revient la justification de ses capacités techniques et financières à mettre en œuvre le projet.

1.10.1. Le Délégataire

Capacité technique

En 2023, le groupe Coriance a recourt à plus de 65% d'énergies renouvelables et de récupération pour alimenter ses réseaux. Ceux-ci sont au nombre de 40 de chaleur & de froid, représentant environ 408 km de réseaux.

Pour la seule géothermie, ce sont 12 installations recensées en Île-De-France, parmi lesquelles les plus proches du projet, Villiers-le-Bel ou encore l'installation de Dugny à venir prochainement.

Ainsi, les équipes de Coriance sont composées d'experts dans leur domaine : des ingénieurs, des techniciens, des spécialistes en installations thermiques et climatiques, des spécialistes en achats d'énergie.

Elles s'investissent sur l'ensemble du process :

- conception
- construction
- exploitation de nos réseaux de chaleur ou de froid urbains.

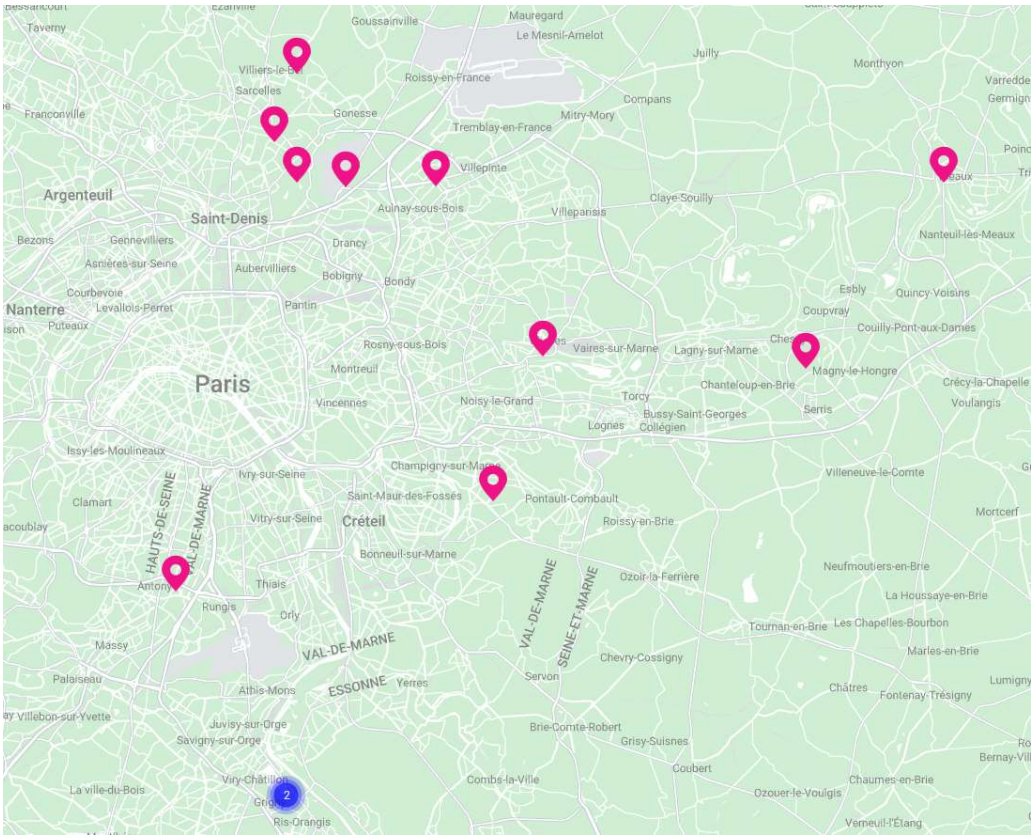


Figure 22 : centrales géothermiques et réseaux de chaleur opéré par le groupe Coriance en île de France

Capacité financière et taux d'endettement sur les trois dernières années

Les éléments financiers de la société Coriance sur l'exercice 2022 sont disponibles en Annexe confidentielle n°2 et n°3. Il s'agit des liasses fiscales et du transfert des données fiscales et comptables.

Ces éléments montrent la bonne santé financière de l'entreprise et ses capacités à mettre en œuvre les investissements nécessaires dans les cadres du terme de la DSP.

Les capacités économiques et financières de CORIANCE ainsi que le courrier d'engagement du groupe sont également joints en annexe (Annexe 2.1 du contrat de Délégation de Services Publiques).

En conclusion et dans le cadre de la demande de permis de recherche d'un gîte géothermique au Dogger et d'autorisation d'ouverture de travaux de forage (AR-AOTM) à Garges-lès-Gonesse, CORIANCE atteste que les comptes du contrat de délégation de service public dans le cadre duquel le doublet géothermique sera exploité par la société Energie Verte de Garges-lès-Gonesse (EV2G) intègrent le budget nécessaire aux opérations de suivi, de prévention et de maintenance de son exploitation évitant ainsi une dégradation des ouvrages et la survenue d'incident.

Il s'agit notamment des dépenses suivantes pour assurer le bon fonctionnement des installations tout au long de la vie de l'ouvrage (Cf. Tableau suivant).

Au-delà de la fin du contrat de Délégation de Service Public d'une durée de 25 ans, CORIANCE et sa filiale EV2G s'engagent à assurer la continuité de la prise en charge financière liée à l'exploitation du doublet géothermique puis à son abandon si nécessaire.

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

1.10.2. La maîtrise d'œuvre

En ce qui concerne les travaux du sous-sol, études, conception et suivi des travaux de réalisation, le maître d'ouvrage s'appuiera sur un bureau d'étude afin de compléter ses compétences propres. Le bureau d'étude associé est GPC-IP, spécialisé en géothermie.

GPC Instrumentation Process
(SARL)
165, RUE DE LA BELLE ETOILE- BP 55030
95946 ROISSY CDG Cedex
Tél. : 01.48.63.08.08
Fax. : 01.48.63.08.89
Courriel : office@geoproduction.fr
Adresse internet : http://www.gpc-france.com
Siret : 421 314 386 00028
Pierre UNGEMACH, Gérant

GPC INSTRUMENTATION PROCESS (GPC IP), Bureau d'Études spécialisé dans l'ingénierie géothermique, assure les études de sous-sol, les démarches administratives et les dossiers concernant la géothermie profonde.

GPC IP est une société créée en 1998 à partir d'un noyau d'ingénieurs expérimentés dans l'exploration et l'exploitation des fluides du sous-sol (eau, hydrocarbures, géothermie) avec pour objectif la promotion de technologies de forage/complétion/production innovants.

Son champ d'intervention couvre les domaines d'activité suivants :

- forage/complétion ;
- ingénierie de réservoirs et évaluation de ressources et réserves ;
- mesures électriques/essais de puits, simulations de réservoirs et gestion des ressources ;
- suivi et maintenance des installations de production ;
- réparations (« workovers ») de puits et complétions endommagés ;
- service « coiled tubing» ;
- traitement/abattement des effluents et rejets ;
- inhibition chimique anti-corrosion/dépôts/biocides ;
- études de faisabilité et montages financiers ;
- études d'impact environnemental ;
- aspects légaux et réglementaires ;
- due diligence.

Sept brevets d'invention (France, Europe, USA) ont été déposés à ce jour. Afin de sécuriser la réussite, aux plans techniques et financiers, de projets souvent complexes, la structure maison, matérialisée par un effectif de seize personnes à temps plein, a été maintenue à dessein, légère et ouverte à des collaborations et partenariats, scientifiques et industriels, extérieurs.

Cette souplesse permet de concentrer sur un objectif précis, l'expertise et le savoir-faire conceptuels et industriels ainsi que l'accompagnement financier.

Les informations techniques et financières concernant GPC-IP sont consignées en Annexe 3.

1.11. Contexte et description du projet de valorisation de la ressource

1.11.1. Généralités

La réalisation du doublet géothermique de chauffage urbain de Garges-Lès-Gonesse et d'une centrale associée s'inscrit dans le contexte de l'exploitation des ressources géothermiques des formations carbonatées perméables (calcaires oolithiques principalement) du Dogger (Jurassique moyen) du Bassin Parisien.

L'exploitation de la chaleur géothermale repose sur le schéma minier du doublet géothermique combinant un puits producteur et un ouvrage injecteur repompant le fluide géothermal refroidi après échange de chaleur, dans le réservoir source (Figure 23). En raison des contraintes de site et de terrassement/pose de conduite en zone urbaine, ainsi que la recherche d'un optimum économique, les puits sont forés en déviation à partir d'une plateforme unique, l'espacement des impacts au toit du réservoir étant déterminé pour sécuriser une durée de vie thermique utile du doublet, supérieure à 30 ans.

Par ailleurs, dans le cas de Garges, d'autres sources d'énergies seront sollicitées telles que la récupération de chaleur fatale du SIAH ou la production d'appoint par du biogaz.

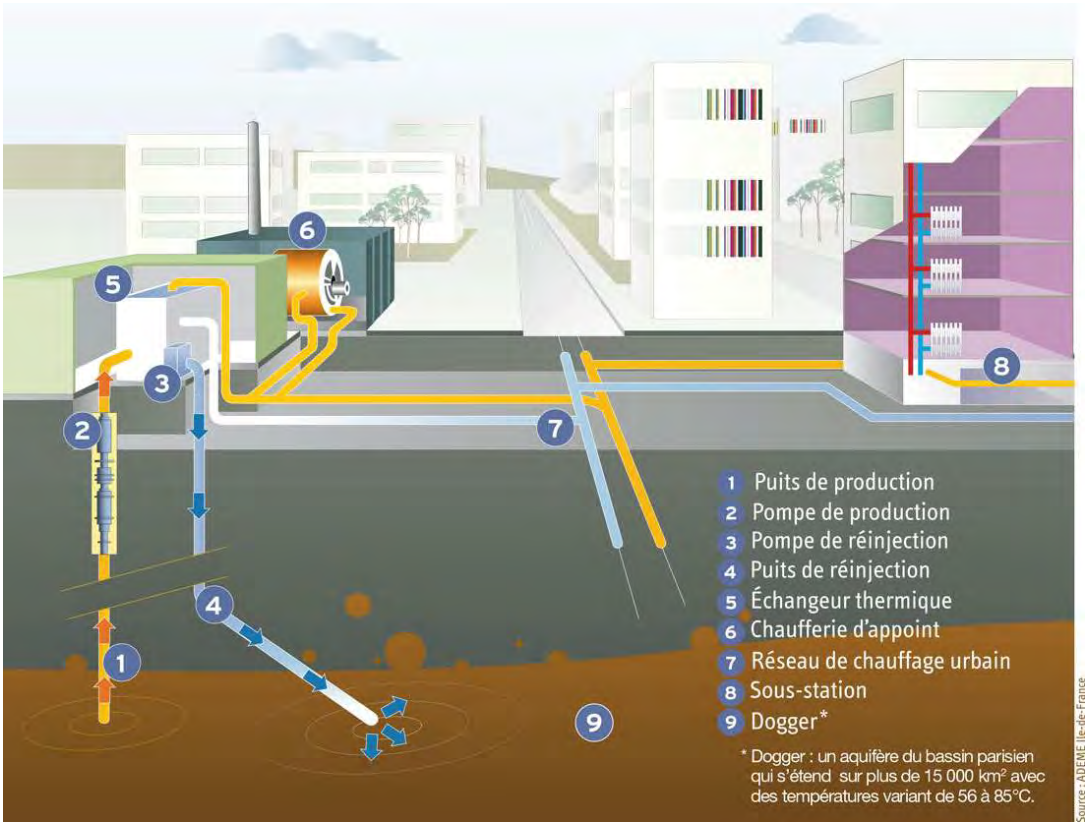


Figure 23 : Schéma de principe d'un doublet géothermique et acquisition des paramètres de sa boucle géothermale en mode de production assistée par électropompe immergée (source : ADEME IDF). Dans le cas de Garges, d'autres sources d'énergie sont également impliquées dans la production de chaleur

1.11.2. Histoire de la géothermie à Garges

La ville de Garges-Lès-Gonesse est l'une des villes pionnières dans l'exploitation de la géothermie. Malheureusement, le manque de maturité de la filière à l'époque a conduit à l'abandon du projet.

Le doublet géothermique de chauffage urbain de Garges-Lès-Gonesse foré en 1983, démontrait des performances hydrodynamiques élevées voire exceptionnelles (Une transmissivité de 50 D.m avec une épaisseur de réservoir proche de 20 m). Il a été mis en service à l'été 1984 et son exploitation fut arrêtée en 1986. Les puits ont été abandonnés et cimentés en 1995 conformément à la procédure d'abandon règlementaire (décrite au chapitre 7).

Les raisons ayant conduit à son abandon sont dues à des difficultés liées à l'émergence d'une filiale énergétique nouvelle, à savoir :

- La thermochimie corrosive et agressive du fluide géothermal (une saumure chaude de 65°C comprenant une phase gazeuse dissoute enrichie en CO2 et H2S) dévastatrice en l'absence de dispositifs et procédures d'inhibition chimique en fond de puits, non disponibles à l'époque.
- Une absence de maîtrise technique et opératoire des électropompes de production immergées, transférées *ex-abrupto* de la production pétrolière à l'exploitation géothermale.
- Des difficultés économiques du moment marquées par le poids de la dette contractée par les opérateurs, ajoutée aux taux d'inflation élevés de l'époque pénalisant à la fois la compétitivité de la filiale et la tarification de la chaleur aux abonnés.

Les quelques 50 années de retour d'exploitation de la filière permettent désormais d'envisager sereinement les problématiques techniques rencontrées à l'époque. En effet l'inhibition chimique des puits est aujourd'hui d'usage et l'adaptation des équipements de production à la filière a permis de réelles avancées technologiques.

Le site retenu correspond à la meilleure adéquation possible entre une ressource favorable en profondeur (température et transmissivité élevées) et la disponibilité du foncier (une superficie supérieure à 5000 m²) en surface pour implanter la future centrale géothermique. Le site a aussi été choisi afin de minimiser la distance entre la future centrale et le réseau de chaleur.

1.11.3. Description sommaire de l'opération projetée

Les séquences majeures du projet (puits et centrale géothermique) seront réalisées sur une période de deux ans. Elles consistent aux phases suivantes :

- **Démarrage des travaux de réseau en septembre 2023**
- Construction du local PAC et de la centrale géothermique à partir de février 2024
- **Forage des puits (durée environ 4 mois) à partir de novembre 2024**
- Raccordement au réseau de chaleur début 2025
- **Mise en exploitation des puits au printemps 2025**

Le projet de géothermie au Dogger se situe au sud de la commune de Garges-Lès-Gonesse à proximité du centre technique municipal de la ville.

Il se situe sur un site regroupant les parcelles cadastrées AW 106, AW126, AW127, AW128 et une partie des parcelles cadastrées AW108, AW109 et AW115, avenue Ambroise Croizat (Cf .Figure 24). En phase exploitation, seules les parcelles AW106 et AW126 seront utilisées par la centrale et la plateforme de maintenance. La superficie totale de ces deux terrains est de 6184 m².

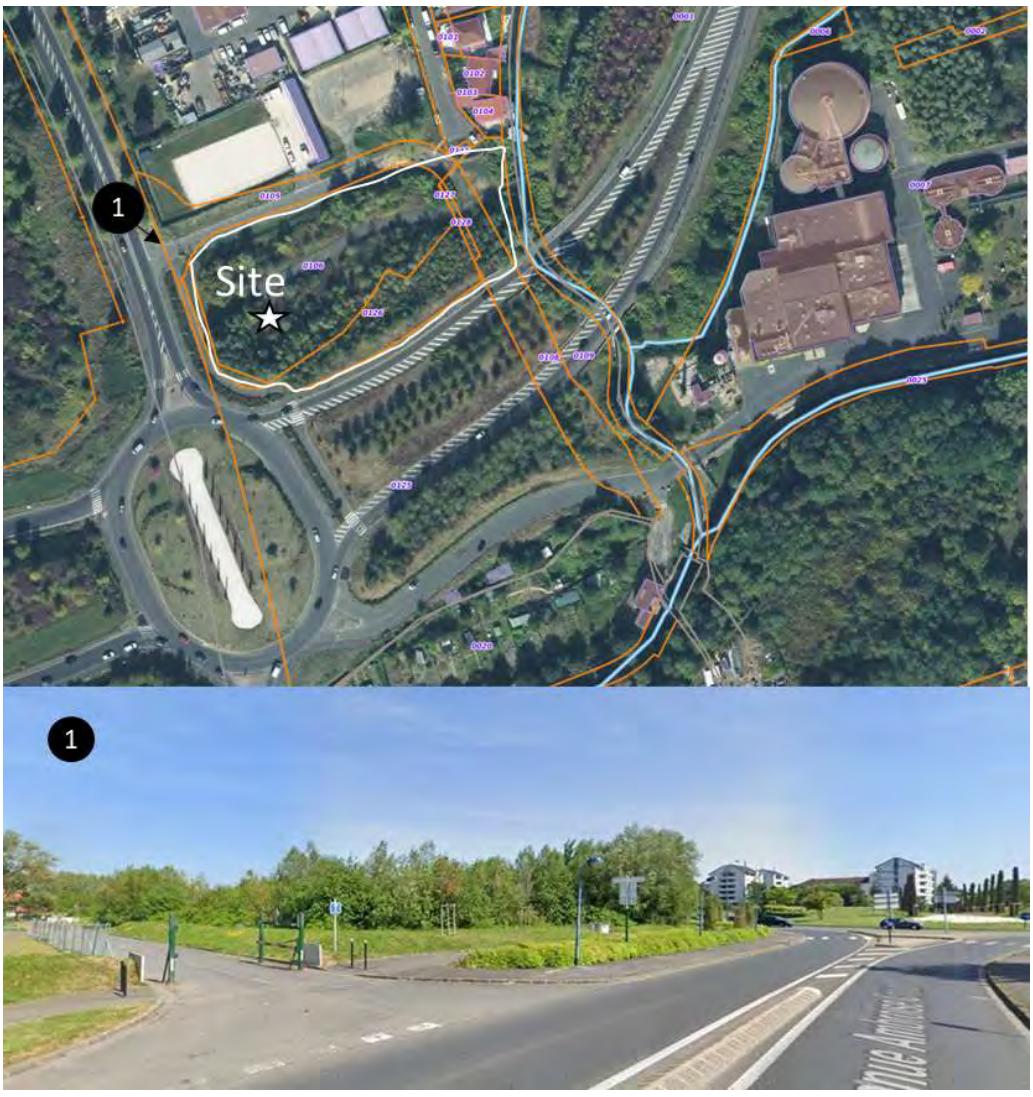


Figure 24 : Localisation de la parcelle et vue google street depuis l'avenue Ambroise Croizat

Travaux de forage du producteur GGAR3 et GGAR4

Le programme de forage comprend la réalisation des deux puits à architecture conventionnelle, nommés respectivement GGAR3 (producteur) et GGAR4 (injecteur) tubés jusqu'au toit du réservoir objectif (Dogger) à environ 1600 m de profondeur, ainsi que l'exploitation en découvert du réservoir. Le programme de test et de diagraphies différées proposé est un programme classique entrepris lors de la réalisation de doublets géothermiques dans le réservoir du Dogger dans

le Bassin parisien. Ce programme de forage s'étendrait de 100 à 130 jours (mobilisation et démobilisation de l'appareil de forage incluse).

Les tubages en acier seront protégés, durant l'exploitation, par un inhibiteur de corrosion injecté par un dispositif de traitement en fond de puits, qui permet de protéger l'ensemble des conduites et installations de surface ainsi que les puits injecteurs contre la corrosion. Par ailleurs les aquifères sensibles tels que l'Yprésien, le Lutétien et l'Albien et le Néocomien sont protégés par un double tubage en acier cimenté (vertical).

Travaux de centrale

Le projet prévoit la construction d'une centrale géothermique d'environ 1000 m². Cette centrale géothermique répondra d'une part aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire du réseau de chaleur (en complément de la chaleur fatale récupérée sur la centrale d'épuration et d'un léger appoint au gaz (moins de 3 %).

A l'issue des travaux de forage, le site ne retrouvera pas son aspect visuel d'origine mais sera occupé par les caves et les têtes de puits, ainsi que par la centrale. Les installations géothermales souterraines ne seront que très peu visibles mais une aire d'une superficie maximale de 2500 m² sera maintenue déboisée autour des têtes de puits pour faciliter les opérations de maintenance et les diagraphies de contrôle des puits. Une attention particulière est apportée au projet afin de travailler à des aménagements paysagers, sur site et en lien avec la collectivité. La centrale fait l'objet d'un dépôt de permis de construire *ad hoc.* (Cf. Figure 25).

Figure 25 : site de la future centrale géothermale

Travaux de réseau

Le projet prévoir l'extension du réseau de Garges-Lès-Gonesse (Cf. Figure 27) et le raccordement de plusieurs milliers d'abonnés potentiels, parmi lesquels des équipements publics de la ville de Garges et du département (école, collège), mais également des locaux à usages d'habitation appartenant aux bailleurs I3F ou encore à Grand Paris Aménagement.

Les travaux liés au réseau font également l'objet de procédure *ad hoc*, en ce sens qu'ils nécessitent des autorisations de voirie afin d'être réalisés.

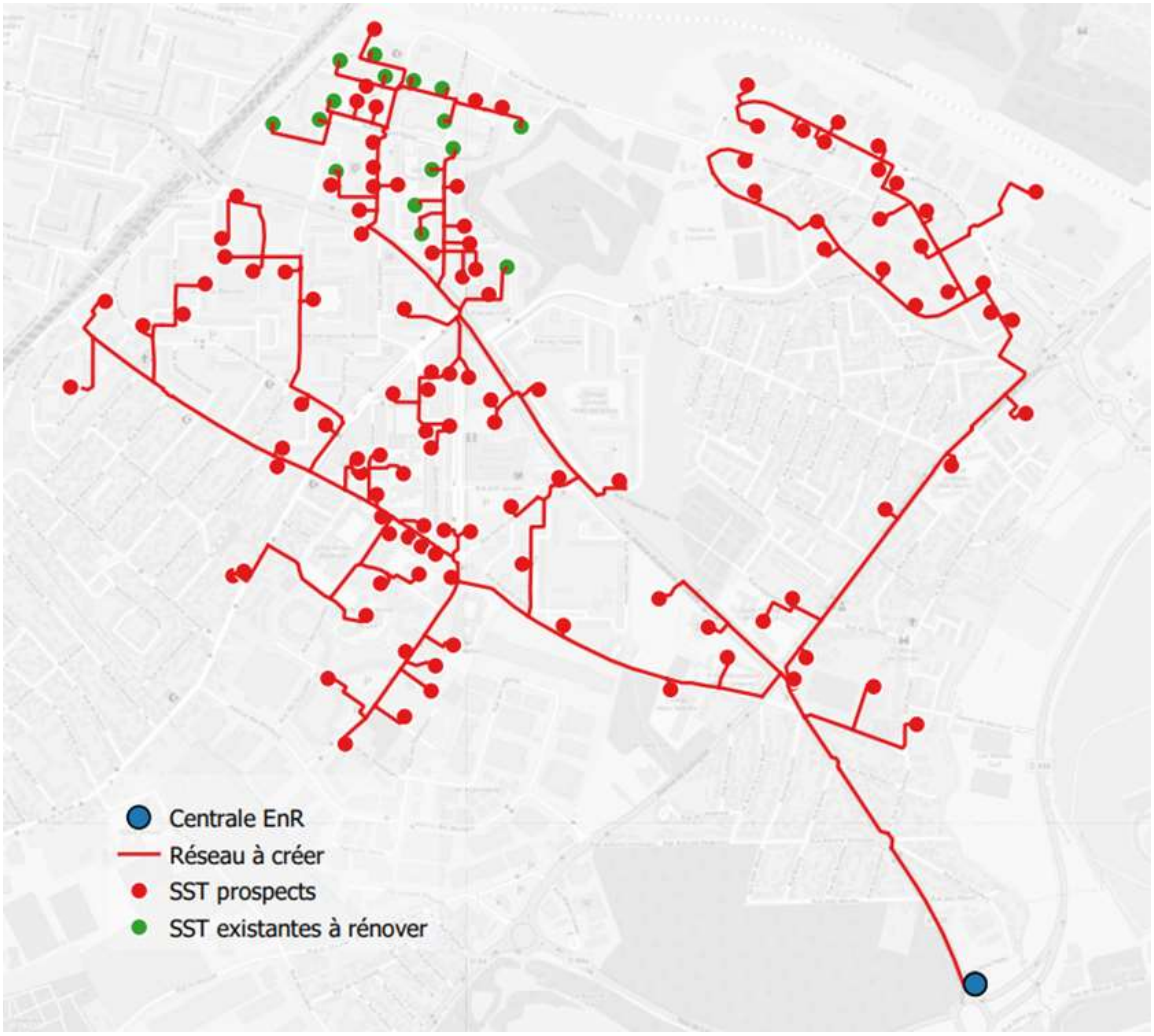


Figure 27 : projection du réseau au terme de l'année 2028

1.12. Aspects financiers du projet

1.12.1. Budget prévisionnel

Le budget afférent aux opérations de forage et d'exploitation du sous-sol s'établira à environ 17 millions d'euros, comprenant les phases de test et les équipements à mettre en œuvre dans le puits.

Il prend en compte également les frais assurantiels obligatoires pour ce type d'opération :

- Assurances tout risque chantier
- Assurance géologique (fond SAF-e), spécifique à la géothermie, qui permet de garantir le remboursement d'un ouvrage si la ressource trouvée n'est pas suffisamment conséquente pour garantir l'économie du projet.

Le budget lié au réseau, comprenant les frais d'ingénieries est estimé à 31 millions d'euros. Ce montant comprend les travaux de génie civil ainsi que les équipements de distributions (pompe, sous-stations, etc.). Le budget de la centrale et des PAC est de 13.7 millions d'euros, celui de la chaufferie d'appoint au biogaz de 2.7 millions d'euros.

Coûts des travaux de forage

Estimation des coûts d'investissement

La réalisation de ces nouveaux ouvrages à tubage de soutènement en acier permettra de répondre aux exigences règlementaires et aux besoins énergétiques des communes. Le tubage en acier sera protégé par un inhibiteur de corrosion injecté par un dispositif de traitement en fond de puits, qui permet de protéger l'ensemble des conduites et installations de surface ainsi que les puits injecteurs contre la corrosion. Par ailleurs les aquifères sensibles tels que l'Albien et le Néocomien seront forés verticalement et seront protégés par un double tubage en acier cimenté.

Le prix estimé dans le Tableau 5 repose sur les postes techniques suivants :

- plate-forme ;
- amené - repli de l'appareil de forage ;
- fuel et eau ;
- régie et suivi forage et avant-puits ;
- outils de forage ;
- acidification ;
- transport et logistique chantier ;
- tubages ;
- accessoires de cimentation et des tubages/vissage ;
- cimentation ;
- boues de forage et traitement des boues ;
- forage directionnel ;
- diagraphies ;
- surveillance géologique (mud logging) ;
- équipements tête de puits.

Ces prix n'intègrent pas l'ensemble des coûts liés au raccordement avec la centrale.

Tableau 5 : CAPEX forage puits déviés

ITEM	PHASE	COUTS (€ HT)
1	Avant puits 50 m	225 000
2	Génie civil plateforme, remise en état site	610 000
3	Amenée/montage/démontage/repli appareil et dotation	550 000
	SOUS TOTAL	**1 385 000**
4	Cuvelages acier incl logistique et stockage/manutention cuvelages	864 000
5	Régie appareil et dotation	2 522 000
6	Fioul	420 000
7	Gardiennage	65 000
8	Eau	30 000
9	Outils de forage et forage dirigé (DD, MWD)	550 000
10	Fluides de forage	437 760
11	Evacuation/traitement déblais et effluents	720 204
12	Vissage cuvelages/service clé/	130 000
13	Cimentations	800 000
14	Accessoires de cimentation et de cuvelages	110 000
15	Géologie de sonde (*mud logging*)	250 000
16	Diagraphies différées de découvert, *openhole* (OH)	210 000
17	Diagraphies différées de trou tubé, *cased hole* (CH)	180 000
18	Stimulation(s) acide(s) (et dégorgement)	65 000
19	Essais/PLT/Prélèvement fluides/analyses (liquides et gaz) PVT	90 000
20	Têtes de puits-*casing head*	50 000
	SOUS TOTAL	**7 493 964**
21	Ingénierie/gestion/rapports marché au forfait	300 000
22	Assurance TRC	400 000
23	Divers/imprévus (plafonnés à 5% du total hors TRC)	389 698
	SOUS TOTAL	**1 089 698**
	TOTAL FINAL	**9 968 663**
	Têtes de puits production et injection	108 000
	EPI - pompe de production	170 000
	Colonne d'exhaure	220 000
	Fourniture et installation station inhibiteur + TAI + installation Pompe	150 000
	Ingénierie/gestion/rappors	30 000
	SOUS TOTAL Equipement des puits	**678 000**
	TOTAL CAPEX MINIER	**10 646 663**

Coûts d'exploitation du doublet géothermique

Les coûts annuels, hors frais financiers, liés à l'exploitation du doublet géothermique constitué de deux puits en acier sont estimés à 832 000€ HT (Cf. Tableau 6) à partir des trois postes suivants :

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

Le montant total des charges P1 intègre :

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

Le montant total des charges P2 comprend :

- Le suivi réglementaire réalisé par une entreprise spécialisée assurant le suivi et le contrôle des installations géothermiques (caractéristiques chimiques de l'eau géothermale, paramètres hydrodynamiques des puits, paramètres électromécaniques de fonctionnement des équipements, indicateurs de corrosion, filtration et traitement) ;

- Les diagraphies différées d'inspections réglementaires du puits d'exhaure (GGAR3) et du puits d'injection (GGAR4), réalisées par une entreprise spécialisée afin de s'assurer de l'intégrité des cuvelages, de l'absence de risque de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, et de contrôler l'épaisseur des dépôts à la surface des parois ;

- Le petit entretien de la boucle géothermale par du personnel d'exploitation qualifié.

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

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

Le montant annuel total des charges P'3 des provisions pour travaux lourds sur les puits et la boucle géothermale intègre quant à lui :

- Le coût des opérations de stimulation
- Le coût des opérations de réparation (*workover*) des puits
- Les autres charges.

Tableau 6 : OPEX de la boucle géothermale

POSTE	DESCRIPTION	COÛT (k€ HT)
CONSOMMABLES		
P1	Electricité	235
	Eau	4
	Produits inhibiteurs	50
	Sous-total	**289**
PETIT ENTRETIEN, SUIVI REGLEMENTAIRE		
P2	Suivi périodique paramètres hydrothermaux, électromécaniques boucle	32
	Suivi hydrochimique fluide géothermal et gaz dissous	
	Comptage particules en suspension (filtrations étagées)	
	Suivi corrosion/dépôts sur coupons	
	Contrôle de conformité et calibration instrumentation	
	Diagraphies différées d'inspection réglementaires (outils CIC, CBL-VDL)	64
	Sous-total	**96**
GROS ENTRETIEN		
P3	Echangeur de chaleur à plaques (nettoyage, joints)	8
	Pompe d'injection	6
	Variateurs de fréquence	10
	Filtres	6
	Inhibition chimique	4
	Conduite géothermale et instrumentation	3
	Bâtiment et clôtures	2
	Sous-total	**39**
REMPLACEMENT D'EQUIPEMENTS		
P3	Puits	p.m
	Têtes de puits, robinetterie, vannes	18
	Conduite géothermale, tuyauterie centrale	17
	Electropompe de production immergée	66
	Ligne d'inhibition chimique fond de puits	19
	Ligne de contrôle piézomètrique	3
	Pompe d'injection	9
	Variateurs de fréquences	20
	Echangeur de chaleur géothermal	18
	Filtres	7
	Instrumentation	8
	Automate de régulation	2
	Sous-total	**187**
SERVICES ASSOCIES AU REMPLACEMENT		
P3	Remontée/Descente électropompe de production immergée (hydraulique, moteur et colonne)	20
	Démontage/remontage tête de puits	p.m
	Remontée/Descente lignes d'inhibition chimique (TAI) et de contrôle	8
	Autres services puits et boucle	5
	Sous-total	**33**
ASTREINTES / PIECES DE RECHANGE		
P3	Electropompe de production immergée	10
	Pompe d'injection	12
	Variateurs de fréquences	13
	Sous-total	**35**
PROVISIONS POUR TRAVAUX LOURDS PUITS ET BOUCLE GEOTHERMALE		
P'3	Stimulation puits producteur	9
	Stimulation puits injecteur	8
	Workover réparation puits producteur	60
	Workover réparation puits injecteur	60
	Sous-total	137
AUTRES COÛTS		
P4	Personnel de conduite/entretien	p.m
	Frais généraux, assurances	p.m
	Consultants extérieurs	16
	Sous-total	16
	TOTAL GÉNÉRAL	**832**

Coûts des travaux de surface

Les travaux du projet intégrant les investissements liés au réseau sont décomposés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : détail des coûts du réseau de chaleur

	Détail des coûts réseau de chaleur	Coûts totaux
Réseau de chaleur (ingénierie comprise)	**Production (pompe de distribution réseau)**	30 600 613
	- dont pompes qui alimentent le réseau et son raccordement	
	- dont régulation/raccordement électrique du réseau de chaleur	
	Voirie, génie civil tranchée	15 228 135
	- dont travaux de pénétration en sortie de chaufferie	
	- dont ouverture de tranchée, terrassement	
	- dont chambres à vannes, massifs, lits de sables, percements	
	- dont travaux divers de maçonnerie et gros œuvre nécessaire au on fonctionnement du RC, travaux de fonçage	
	- dont remise en état, réfection de voirie	
	Distribution hydraulique	8 199 765
	- dont métrés linéaires de canalisations enterrées suivant les DN	
	- dont lyres de dilatation, vannes de coupures, purge, vidange, divers accessoires du RC	
	Sous stations	5 253 999
	- dont suggestions de traversée de bâtiments	
	- dont sous stations (par gamme de puissance)	
	- dont réseaux primaires jusqu'à l'échangeur	
	- dont accessoires et régulation du réseau côté primaire de l'échangeur	
	- dont compteur d'énergie primaire réglementaire	
	- dont échangeur	
	Maitrise d'œuvre travaux, AMO, bureau de contrôle, SPS, OPC)	5 862 641
	Sous total Réseaux de chaleur en €HT	
Investissement total projet éligible en € HT		**65 145 153**
Demande de subvention Fonds Chaleur (2024)		**28 062 867**

L'intégralité du projet sera financée par emprunt. Une demande de financement a été déposée auprès du Fonds Chaleur en 2023 et sera mise à jour en 2024 (voir section suivante).

1.12.2. Plan de financement

Les objets du financement sont :

- Les nouveaux puits
- La construction de la centrale géothermique (intégrant la boucle géothermale), la centrale PAC, les chaudières ainsi que les équipements du réseau de chaleur urbain ;
- Les locaux électriques et sociaux

- L'adaptation du réseau existant à l'alimentation par une centrale géothermique

Le financement du projet se fera par le délégataire (Coriance via sa filiale Energie Verte de Garges).

Tout ou partie de ces travaux sont éligibles aux subventions du fond chaleur. Les demandes correspondantes seront formulées par la société Energie Verte de Garges. Le fond chaleur s'élève à l'année 2023 à un montant de 520 millions d'euros.

Les investissements réalisés pour l'ensemble du projet (forage, surface, *workover*, …) ont, entre autres, les objectifs suivants : permettre d'atteindre à terme un taux de couverture en ENR de 100% pour le réseau grâce à la géothermie et la récupération de la chaleur fatale de l'usine d'épuration et garantir la compétitivité et la stabilité du prix de la chaleur pour les abonnés.

1.12.3. Subventions et garanties

Subventions à la réalisation – Fonds Chaleur et FEDER

Le Fonds Chaleurs est l'une des 50 mesures opérationnelles en faveur du développement des énergies renouvelables, annoncées à la suite des engagements du Grenelle Environnement.

Il a pour objectif d'aider financièrement au développement de la production de chaleur à partir des énergies renouvelables (biomasse, géothermie, solaire) par le remplacement ou la création de nouvelles installations et de diversifier ainsi les approvisionnements en énergie pour renforcer l'indépendance énergétique de la France.

Il contribue aux objectifs du paquet européen énergie-climat, qui consiste à porter la part des ENR à 30 % de la consommation énergétique nationale d'ici à 2030.

Cet outil financier complète les dispositifs d'aide actuels et s'intègrera dans les projets des Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie à venir. Il est destiné aux entreprises (industrie, tertiaire, agriculture), aux collectivités et à l'habitat collectif.

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

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

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

Le fond de chaleur concerne la géothermie sur aquifère profond et/ou la création d'un réseau de chaleur associé :

- Réalisation d'un doublet (ou autre configuration spécifique) et l'adaptation d'un réseau de chaleur existant ;
- Mise en œuvre d'une réinjection en aquifère sur une opération existante ;

- Réalisation d'un doublet sur un aquifère profond peu connu avec (ou sans) création d'un réseau de chaleur associé et/ou avec (ou sans) la mise en place d'une pompe à chaleur ;
- Transformation d'un ancien puits pétrolier pour une valorisation thermique de l'eau chaude produite avec (ou sans) la mise en place d'une pompe à chaleur.

Le niveau d'aide est déterminé au cas par cas, à la suite de l'instruction du dossier de demande et à l'analyse économique du projet. Il peut être seul, ou en combinaison avec des crédits régionaux et le fonds européen de développement régional (FEDER).

Les aides du Fonds Chaleur ne sont pas cumulables avec les Certificats d'Economie d'Energie depuis 2021 à condition d'avoir explicitement indiqué dans le dossier de demande de subventionnement le montant des CEE prévu sur l'opération.

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

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

Une demande de financement de 20 718 126 € a été déposée auprès du Fonds Chaleur en 2023. Cette demande sera mise à jour en 2024 pour prendre en compte le nouveau calcul de l'ADEME. Le montant de la subvention demandée s'élèvera alors à 28 062 867 €.

Déduction faite de la subvention de 2024 (sous réserve d'acceptation), le coût restant du projet sera de 37 082 286 € (contre 44 427 027€ avec la subvention 2023).

Fonds de garantie géothermale

Précisées dans le Plan Régional pour la relance de la Géothermie en Ile-de-France, les garanties court terme et long terme visent à mutualiser les risques respectivement miniers (échec géologique) et d'exploitation (pérennité de la ressource, dommages liés à la thermochimie du fluide géothermal) selon les modalités suivantes (le fond étant en cours de révision les modalités seront quelque peu modifiées ; Cf. Tableau 8).

Fonds Court Terme (couverture du risque géologique)

Dans le cas d'un doublet, les grandes lignes sont les suivantes :

- **Garanties :** échec des forages (les débits ou températures escomptés ne sont pas vérifiés).
- **Cotisation :** 3,5 à 5 % du montant Hors Taxe du forage d'un puits au DOGGER.
- Couverture : Elle garantit la puissance thermique de l'installation selon les critères de température et de débit exploitable et injectable. Elle prend en charge jusqu'à 65% des coûts assurés et supportés par le maître d'ouvrage, c'est-à-dire hors subventions. Ce pourcentage peut être porté à 90% grâce à une couverture additionnelle de 25% proposée par certaines régions françaises. Le montant plafond garanti par forage est de 4,2 M€ pour des cotisations comprises entre 3,5% et 5% (selon le risque minier) du montant garanti. En cas d'échec partiel d'un des deux

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

Conformément aux engagements pris dans le contrat de DSP, l'opérateur fera une demande de contrat Fonds Court Terme pour les nouveaux puits. Cette police d'assurance couvrira les risques géologiques liés aux travaux ainsi que ceux liés à la ressource.

Fonds Long Terme (couverture du risque thermochimique)

- **Garanties :** pérennité de la ressource (en termes de débit et de température), dommages aux puits d'origine géologique ou géothermique (dépôts, corrosion, colmatage, vieillissement du réservoir…).
- **Durée :** 20 ans.
- **Cotisation :** 15 000 €/an pour une opération sur le Dogger dans le Bassin Parisien (montant en vigueur au 1er janvier 2015).
- Couverture : Elle couvre la valeur des puits au moment du sinistre, celle de la boucle géothermale ainsi que le débit et la température du fluide géothermique. Cette couverture est accordée en cas de déclaration de sinistre et dépend du degré de déperdition de la ressource. Elle est plafonnée à 1,4 M€ pour une cotisation fixe de 15 k€/an et une durée de garantie long terme fixée à 20 ans.

Si le fond est pérennisé, l'opérateur fera une demande de contrat Fonds Long Terme pour les nouveaux puits. Cette police d'assurance couvrira les risques liés à l'exploitation de la ressource.

Le dossier étant susceptible d'être instruit dans le cadre du nouveau fonds de garantie, en cours d'élaboration, les dispositions seraient légèrement différentes (voir tableau ci-dessous).

Tableau 8 : nouvelle disposition du fond de garantie court terme en cours de révision

	Ancien fonds	Nouveau fonds
Assiette	4880 k€	3M€/km (limite 3km)
Périmètre	1 puits	2 puits (doublet)
Cotisation	3,5-5%	5%-10%-15% en fonction du risque projet
Taux de couverture	65% (+ 25% IDF)	90%
Indemnisation étude préalable complémentaires	non	en cours d'analyse

1.13. Planning prévisionnel du projet

Outre les contraintes techniques liées à la réalisation d'une architecture puits contrainte, le succès du projet sera conditionné par le respect d'un calendrier complexe.

Jeux Olympiques et Paralympiques 2024	Fin juillet à fin septembre 2024
Travaux de plateforme (génie civil)	5 mois à compter de janvier 2024
Travaux de géothermie	3.5 mois à compter de novembre 2024
Travaux de la centrale	Octobre 2023 à été 2024
Création et extension du réseau	2023 à 2028

1.14. Conditions réglementaires d'accès à la ressource

Les textes réglementaires applicables sont les suivants :

- Phase Projet :
    - Les gîtes géothermiques relèvent du code Minier (nouveau) : Article L112-1 Créé par Ordonnance n°2011-91 du 20 janvier 2011 et article 4 du Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié par DÉCRET n°2015-15 du 8 janvier 2015 - art. 18.
    - Les conditions administratives d'obtention des titres de recherche et d'exploitation sont précisées par le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le décret n°78-498 du 28 mars 1978 et l'Article L124-4 créé par Ordonnance n°2011-91 du 20 janvier 2011 du Code Minier (nouveau).
- Phase Travaux :
    - Le décret n° 2014-118 du 11 février 2014 modifiant le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains ainsi que l'annexe de l'article R. 122-2 du code de l'environnement ;
    - Le d**écret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives.**

Toutes les autorisations sont délivrées par arrêtés préfectoraux, y compris l'arrêt définitif des travaux d'exploitation du gîte (Article 124-4 et L162-1du Code Minier (nouveau) et article 3 du décret n°2006-648 du 2 juin 2006 modifié par DÉCRET n°2015-15 du 8 janvier 2015 - art. 2.

1.14.1. Permis de recherche minier et permis d'exploitation

L'objectif du projet étant la récupération de chaleur souterraine, assimilée à une substance minérale qualifiée de « gîte géothermique », le cadre règlementaire qui s'applique est le **Code Minier, art. L124-4 (Livre Ier, Titre II, Chapitre IV) : «** 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. » fin de citation. En outre, les obligations prévues à l'article L. 121-4 s'appliquent à tous les gîtes géothermiques quelle que soit leur température.

Les procédures d'obtention des permis minier et d'exploitation sont étroitement liées. L'exploitation des gîtes géothermiques fait l'objet du Chapitre IV, (Titre III du Livre Ier du Code Minier).

Il faut retenir des articles 134-4 à 134-9 du Code Minier que :

- Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative ;

- Le titulaire d'une autorisation de recherches peut seul obtenir, pendant la durée de cette autorisation, un permis d'exploitation qui englobe les emplacements des forages autorisés ou qui est situé en tout ou en partie à l'intérieur du périmètre de cette autorisation. De plus, si ses travaux ont fourni la preuve qu'un gîte est exploitable et s'il en fait la demande avant son expiration, le titulaire de l'autorisation a droit à l'octroi d'un permis d'exploitation.

- Le permis d'exploitation confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé, dit « volume d'exploitation », défini par un périmètre et deux profondeurs. L'arrêté portant permis d'exploitation peut limiter le débit calorifique qui sera prélevé. Il peut également imposer toutes dispositions concernant notamment l'extraction, l'utilisation et la réinjection des fluides calorifères et des produits qui y seraient contenus et, plus généralement, les obligations relatives au respect des intérêts mentionnés à l'article L. 161-1. Il peut abroger l'autorisation de recherches dont dérive le permis d'exploitation, ou réduire les droits qui y sont attachés.

- Les dispositions des articles L. 131-3 et L. 131-4 s'appliquent à l'exploitation des gîtes à basse température. A savoir que l'exploitation des mines est considérée comme un acte de commerce et que les mines sont immeubles. Sont aussi immeubles, outre les bâtiments des exploitations des mines, les machines, puits, galeries et autres travaux établis à demeure. Sont immeubles par destination les machines et l'outillage servant à l'exploitation. Les actions ou intérêts dans une société ou entreprise pour l'exploitation de mines sont meubles. Sont également meubles les matières extraites, les approvisionnements et autres objets mobiliers.

- La durée initiale de validité du permis d'exploitation ne peut excéder trente ans.

- L'arrêté initial portant permis d'exploitation ou un arrêté ultérieur de l'autorité administrative peut, à la demande du pétitionnaire, fixer un périmètre de protection à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés tous travaux souterrains susceptibles de porter préjudice à l'exploitation géothermique. La détermination du périmètre de protection, lorsqu'elle n'est pas prévue par l'arrêté initial portant permis d'exploitation, est effectuée selon la procédure prévue à l'article L. 124-5. Le périmètre de protection peut être modifié ou supprimé dans les mêmes formes que celles prévues pour sa détermination.

Les modalités administratives de demande d'autorisation de recherche, de permis d'exploitation ou de prolongation de permis sont décrites dans le Décret n°78-498 du 28 mars 1978. La demande d'autorisation de recherches d'un gîte géothermique doit être accompagnée d'une étude d'impact environnemental définie par les articles R.122-1 à R.122-16 du Code de l'Environnement.

La demande de permis d'exploitation n'est pas soumise à une enquête publique lorsqu'elle est déposée avant l'expiration de l'autorisation de recherches et qu'elle répond aux conditions suivantes : 1° Les forages sont situés à des emplacements précisés dans le dossier d'autorisation de recherche soumis à enquête publique ; 2° Le volume d'exploitation et éventuellement le périmètre de protection ainsi que le débit calorifique sollicités se situent dans les limites de ceux qui étaient mentionnés à titre prévisionnel dans le dossier d'autorisation soumis à enquête publique.

Sinon, les permis d'exploitation sont délivrés après l'accomplissement d'une enquête publique réalisée conformément aux dispositions du chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement.

Le préfet de département soumet la demande de permis d'exploitation à une enquête publique dans les conditions prévues respectivement par les articles L. 124-6 et L. 134-10 du code minier. Le préfet de département recueille l'avis des services déconcentrés intéressés, des services militaires, de l'agence régionale de santé, des conseils municipaux des communes intéressées.

1.14.2. Demande d'ouverture de travaux miniers

L'Article L162-1 du code minier (nouveau) subordonne l'ouverture de travaux de recherches et d'exploitation de mines soit à une autorisation, soit à une déclaration administrative suivant la gravité des dangers ou des inconvénients qu'ils peuvent représenter pour les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1.

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

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

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

1.14.3. Evolution des textes vis-à-vis de la loi du 22 août 2021

Le projet est également concerné par la LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets et notamment deux articles modifiant le Code Minier : article 65 et article 74. 4.

- **L'article 65**

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

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

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

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

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

Les capacités financières du maître d'ouvrage lui permettent de provisionner le budget nécessaire aux opérations de suivi, de prévention et de maintenance de son exploitation évitant ainsi une dégradation des ouvrages et la survenue d'incident. Il anticipe également les investissements lourds à effectuer tout au long de la vie des ouvrages. D'après les termes du contrat de la délégation de Service Public, Coriance s'engage à respecter cet article.

Par ailleurs, Energie Verte de Garges souscrira une assurance spécifique auprès de la SAF Environnement, couvrant les risques liés aux aléas géologiques, aux travaux et à l'exploitation de la boucle géothermale

Les coûts de nettoyage, de bouchage et d'abandon des puits ont été estimés à environ 800 k€ HT pour le doublet. Ces montants sont compatibles avec les capacités financières du demandeur (Cf. paragraphe 1.3). En cas d'arrêt de l'exploitation lié à un incident ou à un accident technique, une partie de ces montants pourrait être prise en charge par la SAF-Environnement (garantie « pérennité » ou long terme, sous réserve des évolutions liées au fond de garantie).

Une fois le programme de comblement validé par l'administration et après réalisation du rebouchage et validation de ce dernier par la réalisation des contrôles et des essais listés à l'article 69 de l'Arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, la règlementation n'impose pas à l'heure actuelle la surveillance des ouvrages par l'exploitant. Lorsqu'un site géothermique est définitivement abandonné, l'accès à l'ancien puits peut être rendu impossible par de nouveaux aménagements. Dans ce cas, l'existence de l'ouvrage abandonné doit impérativement être prise en compte par les aménageurs qui ne devront en aucun cas intervenir sur la tête de puits existante ou la modifier sans une autorisation préalable de la DRIEAT (d'après le Guide de « bonnes pratiques » sur les retours d'expérience des forages géothermiques profonds, BRGM/RP-65443-FR, mise à jour octobre 2021).

- **L'article 74**

Après l'article L. 164-1-1 du code minier, il est inséré un article L. 164-1-2 ainsi rédigé :
« Art. L. 164-1-2.-Les demandes d'autorisation d'ouverture de travaux de recherches ou d'exploitation sont accompagnées d'un mémoire précisant les mesures mises en œuvre et celles envisagées pour connaître la géologie du sous-sol impacté par les travaux et comprendre les phénomènes naturels, notamment sismiques, susceptibles d'être activés par les travaux, afin de minimiser leur probabilité, leur intensité ainsi que les risques de réapparition de tels phénomènes

après leur survenance éventuelle, en vue de protéger les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1. « L'autorité administrative peut demander l'actualisation de ce mémoire et sa transmission. En tout état de cause, le mémoire est actualisé et transmis à l'autorité administrative au plus tard trois ans après le démarrage effectif des travaux et au moment de la déclaration d'arrêt des travaux. »

Un mémoire, proportionné aux enjeux locaux du risque sismique, est présenté en Annexe 4.

1.14.4. Autorisation de recherche

L'autorisation de recherche sollicitée est définie par les coordonnées géographiques décrites sur la Figure 28, pour l'horizon géologique (et aquifère) du Dogger compris entre 1500 et 1800 m de profondeur sur une surface de 6.67 km^2. Cette autorisation est sollicitée pour une durée non renouvelable de 3 ans. Elle est déposée sur les départements du Val-d'Oise et de la Seine-Saint-Denis et s'étend sur les villes de : Bonneuil-en-France, Arnouville, Garges et Stains.

A proximité du projet se trouvent :

- Les installations abandonnées de Garges 1, Le Blanc Mesnil 1, La Courneuve Nord 1.
- Les exploitations en cours : triplet de Villiers Le Bel, les doublets de La Courneuve Nord 2, de La Courneuve Sud, et du Blanc-Mesnil 2.
- Les autorisations de recherche en cours ou à venir : Villetaneuse, Saint-Denis, Dugny.

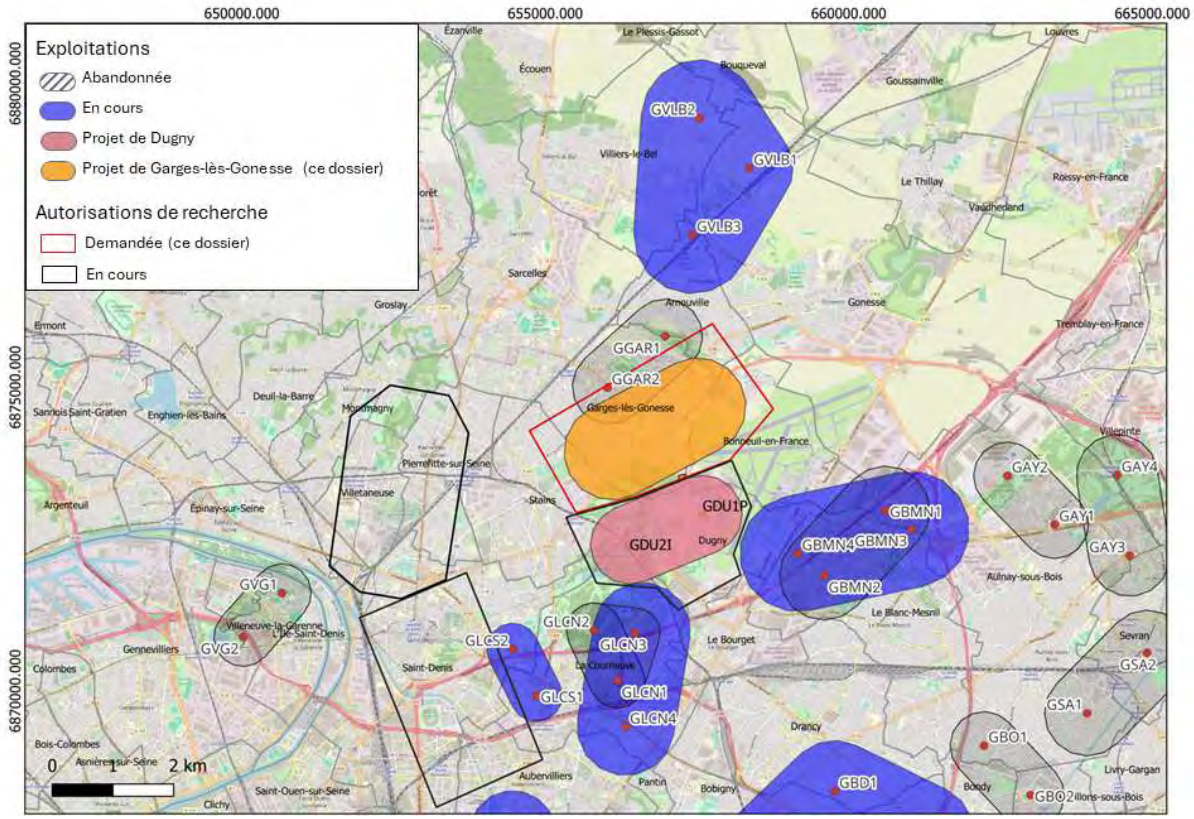


Figure 28 : autorisation de recherche (en rouge) et gélule d'exploitation (orange) sollicitées pour Garges-lès-Gonesse, dans le secteur élargi.

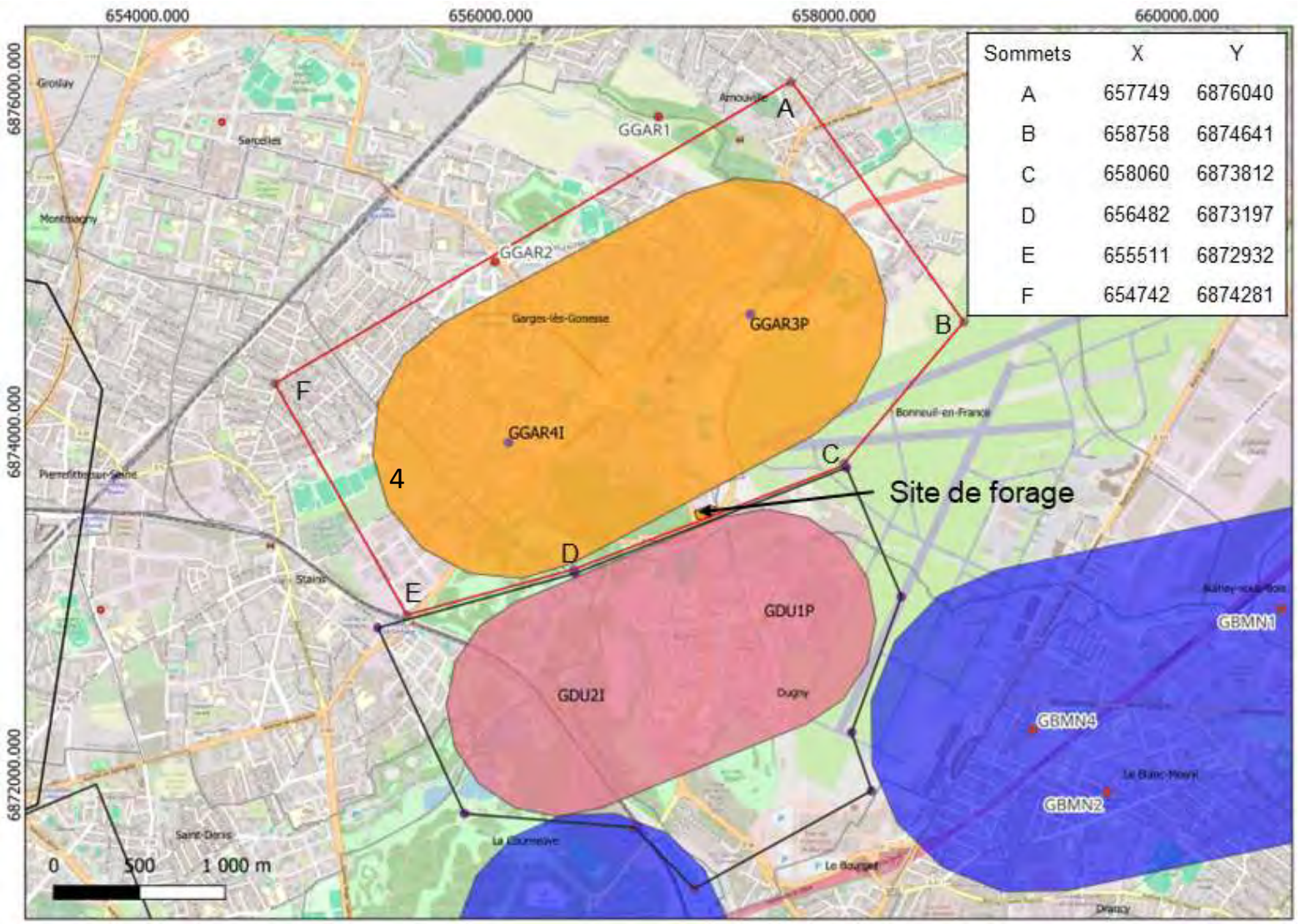


Figure 29 : Coordonnées géographiques de l'AR sollicitée

L'emprise de ce permis de recherche borde la future autorisation de recherche déposée dans le cadre du développement du projet de Dugny. S'agissant du même exploitant opérateur désigné pour les DSP des deux projets (Coriance), cette proximité a été travaillée afin de permettre aux deux exploitations de voir le jour dans les meilleures conditions possibles.

L'emprise des futurs périmètres d'exploitation s'appuie ainsi sur la modélisation du fonctionnement hydrodynamique et thermique du réservoir (présentée au Chapitre 3) dont les principaux objectifs sont :

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

1.14.5. Permis d'exploitation prévisionnel

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

Le périmètre d'exploitation sollicité à l'issue des travaux de forage sera la projection horizontale de l'enveloppe du volume d'exploitation. Il prendra en compte les éléments du sous-sol, à savoir :

- Les impacts réels des puits au toit du réservoir,
- L'épaisseur du réservoir.

Pour un doublet de forage, il a la forme d'un « stade » ou d'une « gélule », où P et I représentent les points d'impact au niveau du Dogger respectivement des puits producteur et injecteur (Cf. Figure 30).

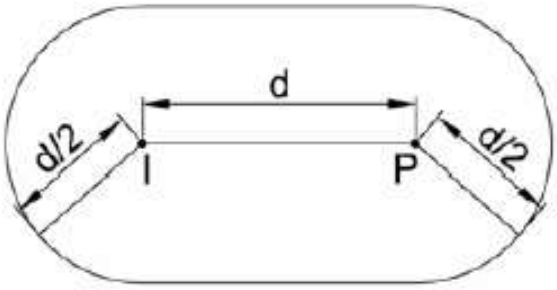


Figure 30 : projection horizontale du volume d'exploitation

Ce périmètre s'étendra sur quatre communes (du Val d'Oise et de la Seine-Saint-Denis), Stains, Garges-Lès-Gonesse, Arnouville, Bonneuil-en-France, occupant une aire de 4.5 (+/-0.3) km² (Cf. Figure 29).

Le Tableau 9 présente les coordonnées des têtes de puits de GAGR3 et GAGR4 ainsi que les coordonnées des impacts au toit du réservoir.

Les coordonnées des têtes de puits seront ajustées après relevé du géomètre. Les coordonnées en fond de puits sont prévisionnelles et dépendront des résultats du forage.

Les coordonnées au toit du réservoir devront être ajustées en fonction des résultats de forage. Un cône d'erreur de 50 m autour des impacts prévisionnels est usuellement toléré. Dans le cas du projet de Garges et en raison de la proximité de Dugny, les marges d'erreur sont réduites et seule la direction Nord permet un écart à la cible sans impacter le projet voisin.

Coordonnées Lambert (93)	GGAR3 P	GGAR4 I
Tête de puits (mNGF) XYZ : +/- 20m	X : 657225,50 Y : 6873520,50 Z : +37.7	X : 657235,50 Y : 6873520,50 Z : +37.7
Toit du réservoir (m NGF) XY : +/- 50m	X : 657512 Y : 6874686 Z : -1600 (+/- 30) mNGF	X : 656105 Y : 6873938 Z : -1600 +/-30 mNGF

Tableau 9 : Coordonnées des têtes de puits et des impacts.

1.14.6. Durée relative à la demande formulée

A l'issue des travaux de forage, la demande de permis d'exploitation (PEX) sera formulée pour une durée de 30 ans.

Ce PEX se basera sur la présente demande, en l'adaptant aux résultats finaux des puits.

1.15. Identification des risques et contraintes techniques et organisationnelles applicables au projet

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

1.15.1. Les contraintes en surface

Le guide des fiches de bonnes pratiques du BRGM (RP-65443-FR) rappelle les principales procédures et règles de l'art applicables aux ouvrages géothermiques profonds réalisés dans le Bassin parisien. A ce titre les dispositions à prendre s'agissant des contraintes de surface sont les suivantes :

- **Superficie des plateformes** : pour réaliser un doublet au Dogger dans le Bassin parisien, une plateforme de 5 000 m² est généralement considérée comme une surface optimum.
- **Accès en exploitation** : l'accès aux puits doit pouvoir être maintenu tout au long de la durée d'exploitation et permettre des interventions de sécurité, de contrôle (camion de *logging*, grue), de maintenant et d'abandon (machine de maintenance). Une surface minimale de 1 500 m² et un environnement adapté doivent être conservés autour des têtes de puits pour permettre l'amenée du matériel, sa mise en place sur le site et la réalisation des opérations de *maintenance*.

1.15.2. Le risque géologique et hydrogéologique

Les risques naturels géologiques regroupent principalement les séismes, mouvements de terrain, effondrement des cavités, éruptions volcaniques, retrait-gonflement des argiles, etc.

La variabilité des épaisseurs des couches géologiques entraine également des incertitudes sur les profondeurs des différents horizons traversés, leur nature lithologique et la présence d'aquifères. Ces aléas peuvent constituer un risque pour le projet dans la mesure où la rhéologie de la boue de forage doit être bien adaptée à la couche traversée tout comme le programme de tubage (dont l'objectif est de bien isoler les aquifères d'eau douce, et de laisser en trou ouvert l'aquifère cible du Dogger). L'architecture du forage doit également tenir compte de l'obligation de protection des aquifères de l'Albien et du Néocomien traversés pour atteindre la cible du Dogger. Ces aquifères « stratégiques », compte tenu de l'exceptionnelle qualité de l'eau qu'ils contiennent, doivent être isolés par deux tubages concentriques avec cimentation de chaque annulaire. Les nouveaux ouvrages seront réalisés dans les règles de l'art avec notamment un double voire triple tubage en acier cimenté au droit des aquifères sensibles. Une attention particulière sera portée sur les cimentations des tubages.

La ressource géothermale du Dogger autour de Garges est relativement connue mais le risque n'étant jamais nul, la couverture du risque par le fond court terme de la Société Auxiliaire de Financement de l'énergie et de l'environnement (SAF) sera demandée.

1.15.3. Les risques liés au forage

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

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

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

Ainsi, les règles de l'art ont été respectées pour la conception des ouvrages (inclinaison des ouvrages, programmes de tubages, etc.) et seront appliquées pendant la réalisation des travaux (mise en place d'un bloc obturateur de pression, suivi des paramètres de boue, etc.).

1.15.4. Les contraintes d'organisation et de planification

Elles sont de trois ordres s'agissant des travaux de forage uniquement, respectivement (i) la disponibilité d'appareils de forage, (ii) les délais d'approvisionnement de fournitures, et (iii) la variabilité des prix. La crise sanitaire du COVID 19 et la guerre en Ukraine ont notamment entraîné une très forte hausse des prix des matières premières et matériaux, qui concernent principalement l'acier (tubages) et le titane (échangeurs de chaleur à plaques).

S'agissant de l'ensemble du projet le respect des grands phasages du calendrier sera essentiel à la bonne conduite du projet.

1.15.5. Les contraintes de chantier

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

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

Les approvisionnements en tubages, produits boue, ciment, outillages divers, les camions de diagraphies et les véhicules (camions, bennes et citernes) représentent un mouvement régulier de camions estimé à un minimum de 50 par phase, nécessitant une gestion rigoureuse des flux correspondants.

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

Le chantier est par ailleurs source de nuisances, au demeurant atténuées par le recours obligatoire à des motorisations électriques et hydrauliques, des protocoles de traitement (déshydratation, floculation) des boues (de formulations compatibles avec le milieu naturel), de lavage des déblais, traitement par centrifugation des solides, compactage et ennoyage ciment des résidus solides, et de neutralisation (hypochlorite, Javel) des émanations de H_2S par ailleurs contrôlées vis-à-vis des seuils de toxicité.

Toutes ces contraintes sont abordées dans le Chapitre 5 de ce document relatif à l'impact du projet sur l'environnement.

1.15.6. Contraintes liées au SDAGE Seine-Normandie et à la protection de l'aquifère de l'Albien/Néocomien

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

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) réglementairement en vigueur est le SDAGE 2021-2027.

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

Ses dispositions prévoient une protection accrue de l'aquifère stratégique de l'Albien/Néocomien. Le détail de ces prescriptions liées au SDAGE est développé dans le Chapitre 5 : étude d'impact environnemental.

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

1.16. Localisation du projet

Le projet de géothermie au Dogger de Garges-lès-Gonesse se situe sur un site regroupant les parcelles cadastrées AW 106, AW126, avenue Ambroise Croizat, d'une superficie de 6184 m², jouxtant le Centre Technique Municipal. Ce terrain se compose d'un bois classé et est vierge de toute construction (Figure 24).

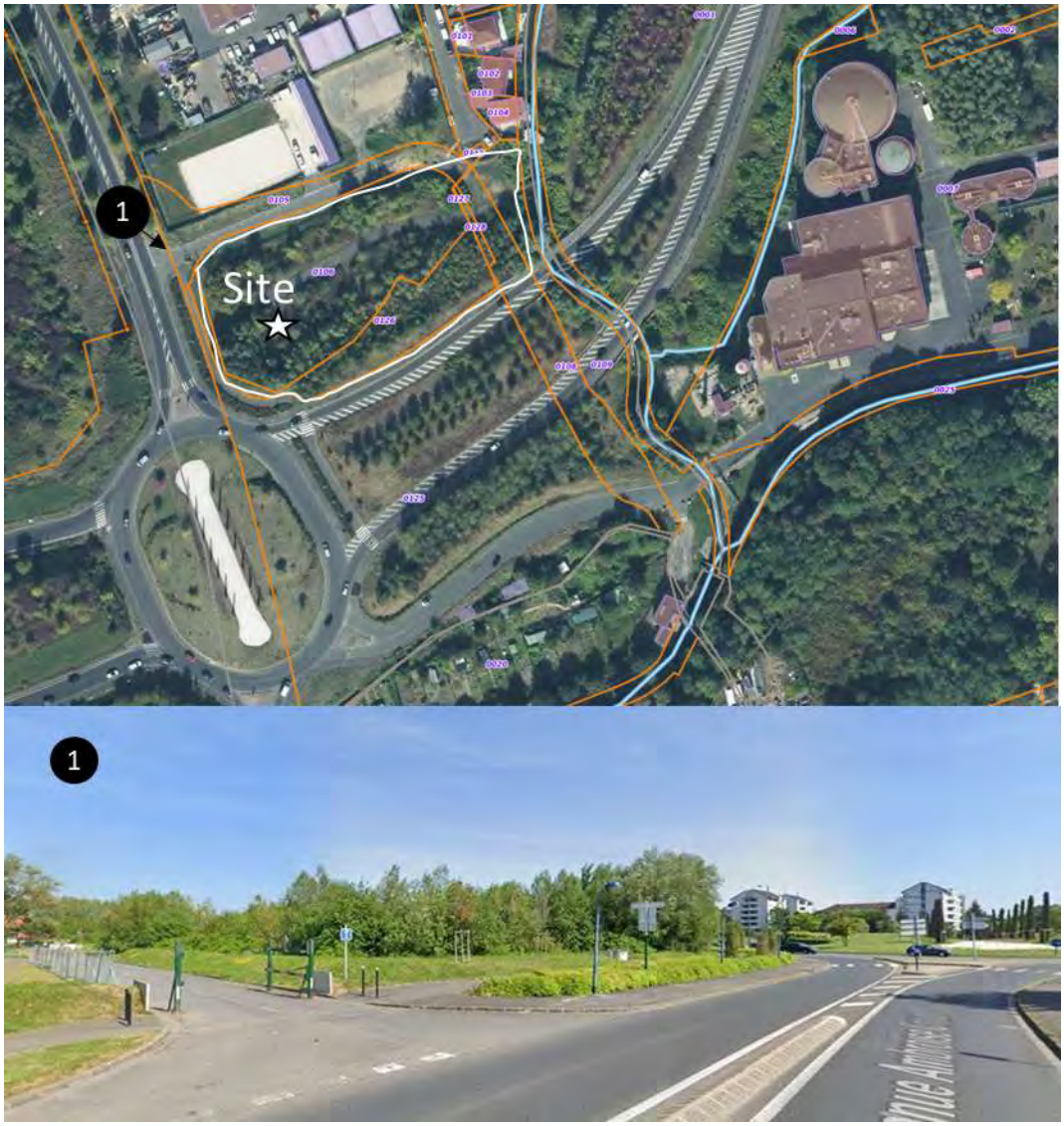


Figure 31 : Localisation de la parcelle et vue google street depuis l'avenue Ambroise Croizat

1.17. Contexte géologique et hydrogéologique du projet

1.17.1. Contexte géologique

Les données issues des puits réalisés au Dogger en Seine-Saint-Denis (Aubervilliers, Aulnay-sous-Bois, Bobigny, Bondy, Clichy-sous-Bois, La Courneuve, Le Blanc-Mesnil, Rosny-sous-Bois, Sevran, Tremblay et Villepinte), à Paris (La Villette, Paris Nord Est) et dans le Val d'Oise (Garges-lès-Gonesse et Villiers-Le-Bel), permettent de bien caractériser la ressource et d'observer la structure géologique dans laquelle s'inscrit le secteur de Garges. Leurs trajectoires respectives, ainsi que leurs marqueurs stratigraphiques représentant les différents horizons géologiques traversés, sont illustrés en Figure 32.

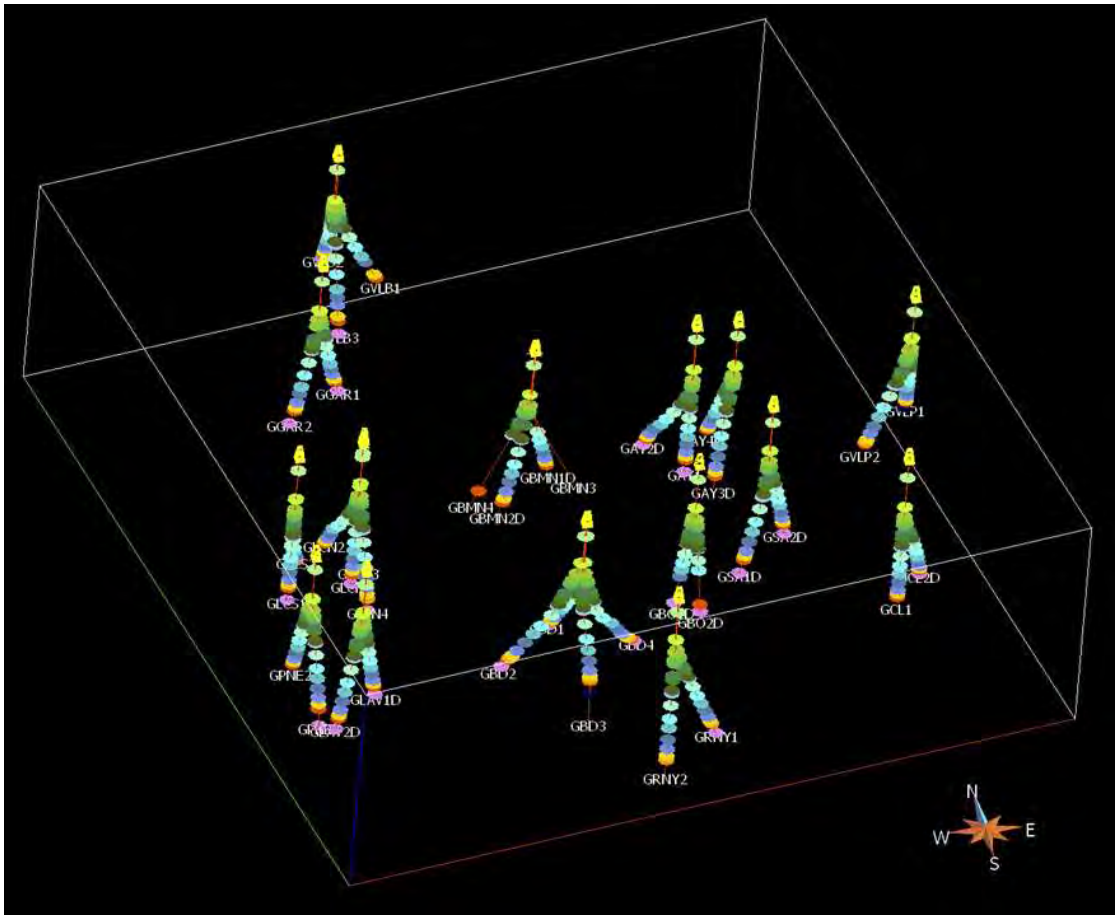


Figure 32: Trajectoire et marqueurs stratigraphiques des puits au Dogger à proximité de Garges-lès-Gonesse

Le nouveau doublet se situera sur le flanc nord du synclinal de la Seine qui s'étalent entre Argenteuil et Sevran et qui s'approfondit sous les communes de Saint-Denis, Épinay, Saint-Ouen et Clichy-sous-Bois. Il s'agit de la fosse de Saint-Denis.

Le toit de l'Albien, un des horizons géologiques qui sera traversé par les forages, interpolé à partir des données des puits environnants, met clairement en lumière cette structure (Figure 33). Ce synclinal affectera l'intégralité des horizons traversés (Dogger compris). On observe un approfondissement de la couche de l'Albien vers Clichy-sous-Bois et une remontée de part et d'autre de la fosse, vers le Nord en remontant vers Garges-lès-Gonesse (GGAR1 et GGAR2) et Villiers le Bel (GVLB1 ; GVLB2 et GVLB3) et vers le Sud en descendant vers Bobigny (GBD1, GBD2, GBD3 et GBD4) ainsi que vers les puits de Paris – La Villette (GLAV1 et GLAV2).

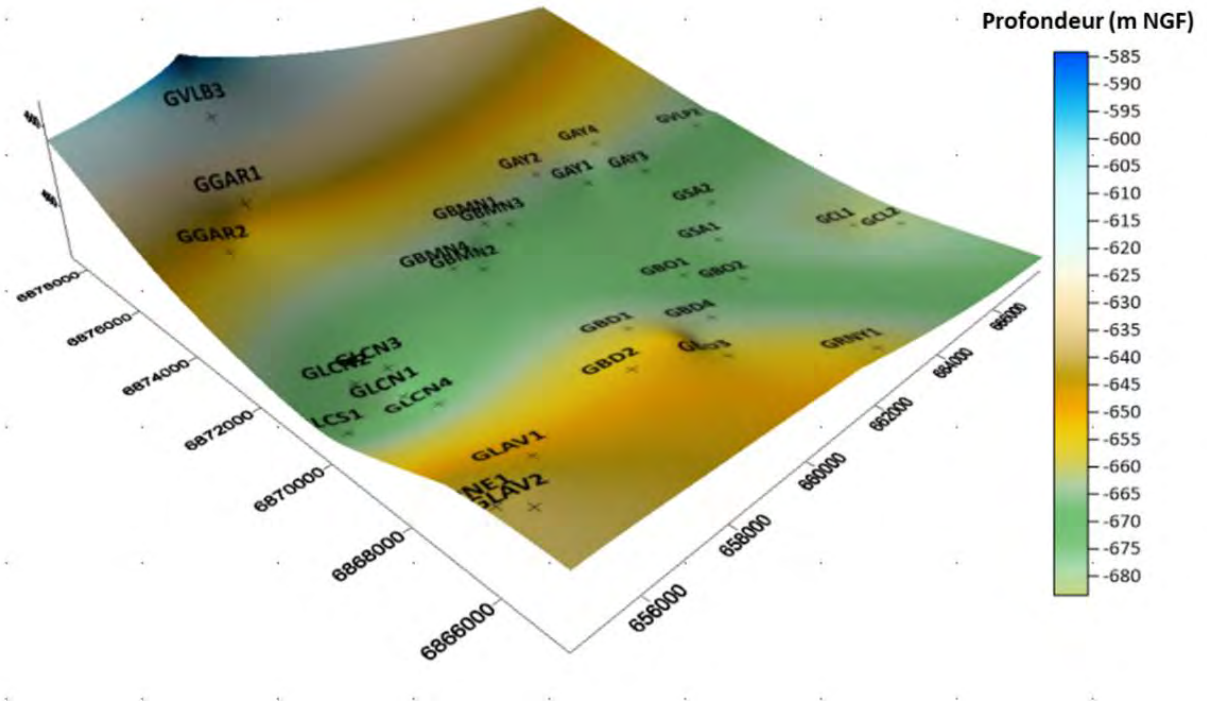


Figure 33 : Carte de la profondeur du toit de l'Albien

1.17.2. Coupe prévisionnelle

Une coupe géologique prévisionnelle a été réalisée en considérant les forages alentours (Figure 34). Dans le cadre du projet différentes surfaces ont été interpolées afin de réaliser les coupes de puits dans les 3 dimensions (Cf. programme de travaux au chapitre 4)

Cotes NGF en m	Prof. Verticales en m	Epaisseurs en m	Lithologie	Stratigraphie
+60	0			
			Terre végétale, limons des plateaux	QUATERNAIRE TERTIAIRE
		15	Bancs de gypses et lianes de marnes intercalés Sables de Monceau à la base	
+45	15			
		20	Calcaires de Saint-Ouen : calcaire marneux de couleur crème à lits de silex et bancs de gypses	Bartonien moyen et inférieur
+25	35		Sables de Beauchamp : sables avec intercalations de grès et de calcaires	
		30	Marnes et calcaires marneux (marnes et caillasses) Calcaires grossiers compacs en bancs massifs alternant avec des calcaires en plaquettes	Lutétien
-5	65	30	Sables rougeâtres ou jaunâtres, devenant grisâtres et noirâtres en profondeur, avec des niveaux ligniteux (sables de Cuise et sables du Soissonnais)	Cuisien
-35	95	7	"Fausses glaises" : argiles sableuses	
-42	102	3	Sables d'Auteuil	Sparnacien
-45	105	12	Argiles plastiques bariolées	
-55	117	3	Calcaire marneux	Montien
60	120			CRETACE
		355	Craie blanche à silex	Sénonien
-415	475			
		170	Craie griso et glauconieuse	Turonien
-585	645	50	Craie marneuse, argiles calcaires	Cénomanien
-635	695	45	Argiles noires du Gault	
-680	740	70	Sables verts de l'Albien. Sables verts avec intercalations de niveaux argileux	Albien
-750	810			
		20	Argiles noires	Aptien
-770	839	150	Argiles bariolées avec passées sableuses et gréseuses Alternance de sables et argiles. Niveaux de lignites et du pyritos	Barrémien-Néocomien
-930	990	30	Successions de calcaires bioclastiques, oolithiques, gréseux et dolomitiques	MALM Purbéckien
-960	1020	130	Alternances de calcaires gris silteux et de calcaires compacts Nombreux niveaux fossilifères	Portlandien
-1090	1150	150	Alternance de calcaires marneux et de marnes Niveaux gréseux	Kimméridgien
-1240	1300	80	Calcaires compacts et calcaires graveleux avec passées de marnes noires	Séquanien
-1320	1380	160	Calcaires gréseux et intercalations de marnes noires Quelques niveaux à coquilles. Présence de pyrites par niveaux	Rauracien et Argovien
-1480	1540	100	Marnes noires indurées avec niveaux de calcaires gréseux	Oxfordien
-1580	1640	50	Marnes grises à intercalations calcaires Repère "oolithes ferrugineuses" vers -1600 mNGF	Callovien
-1630	1690	140	Calcaires bioclastiques et graveleux et calcaires oolithiques devenant marneux vers la base	Bathonien

Figure 34 : Coupe géologique réalisée au droit du site de forage

On retrouve les formations suivantes :

- Les calcaires du **Lutétien,** calcaires grossiers à la base puis marnes et caillasses au sommet, **(48 à 40 Ma**).
- Marnes et calcaires du **Montien (65 à 60 Ma)** dits « calcaires de Meudon ».

Les formations du **Crétacé** sont ensuite représentées par :

- Le sommet de la craie **Campanienne** (83 à 70 Ma) ;
- La Craie du **Santonien, Turonien et Cénomanien** ;
- Les argiles de **l'Albien supérieur** (argiles du Gault) ;
- Les Sables verts de **l'Albien inférieur et de l'Aptien** ;
- Les formations argilo-sableuses et calcaires du **Barrémien – Néocomien** ;
- Le calcaire et la dolomie du **Purbeckien (Tithonien/Berriasien)**.

Les formations du **Jurassique** sont représentées par :

- Les calcaires **du Portlandien,** les marnes **du Kimméridgien** et les calcaires de l'**Oxfordien** pour l'ensemble du Jurassique Supérieur (Malm) ;
- Les argiles du **Callovien**, les calcaires micritiques, graveleux et oolithiques du **Bathonien** et les Marnes du **Bajocien** pour l'ensemble du Jurassique Moyen (Dogger).

Les oolithes du Bathonien correspondent globalement à une période de mise en place de plates-formes carbonatées, avec une variabilité verticale et horizontale très importante et une dégradation des caractéristiques du faciès à l'approche du sillon marneux à l'ouest (139AL).

Les forages environnants présentés (Figure 32) permettent de calibrer les horizons les plus profonds. Les côtes de l'Eocène jusqu'au Sénonien ont été extrapolées sur la base des forages peu profonds environnants, notamment à Garges (voir Tableau ci-dessous).

Des nappes d'eau superficielles seront présentes au droit du site de forage, l'avant puit permettra de les isoler du forage.

Tableau 10 : nappe d'eau potable et niveau piézométrique associé au droit du projet

Horizons géologiques	prof	Zsol	
Calcaire de St Ouen	2.37	45.21	eau à 2.30 m
Sables de Beauchamp	3.92	43.66	
Marnes et Caillasses du Lutétien	15.11	32.47	
Calcaires grossiers du Lutétien	23.75	23.83	eau remontant à 0.39 m du sol

1.18. Caractéristiques du réservoir

Les principaux paramètres caractérisant le succès d'une opération de géothermie, à savoir la température de la ressource, la transmissivité du réservoir ainsi que sa profondeur ont été cartographiés.

Ces cartes du réservoir du Bathonien sont habituellement définies par une interpolation géostatistique des valeurs mesurées entre les puits existants d'un secteur. Cet exercice a été réalisé dans le cadre de ce projet, en intégrant les données des forages des puits présents dans la zone d'étude et énumérés précédemment (cf. Figure 32).

La Figure 35 représente la profondeur du toit du réservoir par rapport au niveau de la mer où l'on retrouve la structure synclinale de la Seine. Bien que le nouveau doublet de Garges-lès-Gonesse se situe à l'écart de l'axe de la fosse de Saint-Denis, il bénéficie néanmoins d'une profondeur importante, évaluée entre -1580 et -1630 mètres par rapport au niveau de la mer (m NGF).

Cette profondeur permet de maximiser l'écartement entre les forages producteur et injecteur au droit de la ressource tout en limitant les inclinaisons des forages. La longévité du doublet s'en trouve optimisée, en retardant d'une part le temps de percée thermique et d'autre part en limitant la formation de dépôts en phase d'exploitation.

Le doublet devrait bénéficier en outre d'une pression artésienne d'environ 7 bars qui facilitera l'exploitation en limitant les puissances de pompage à la production.

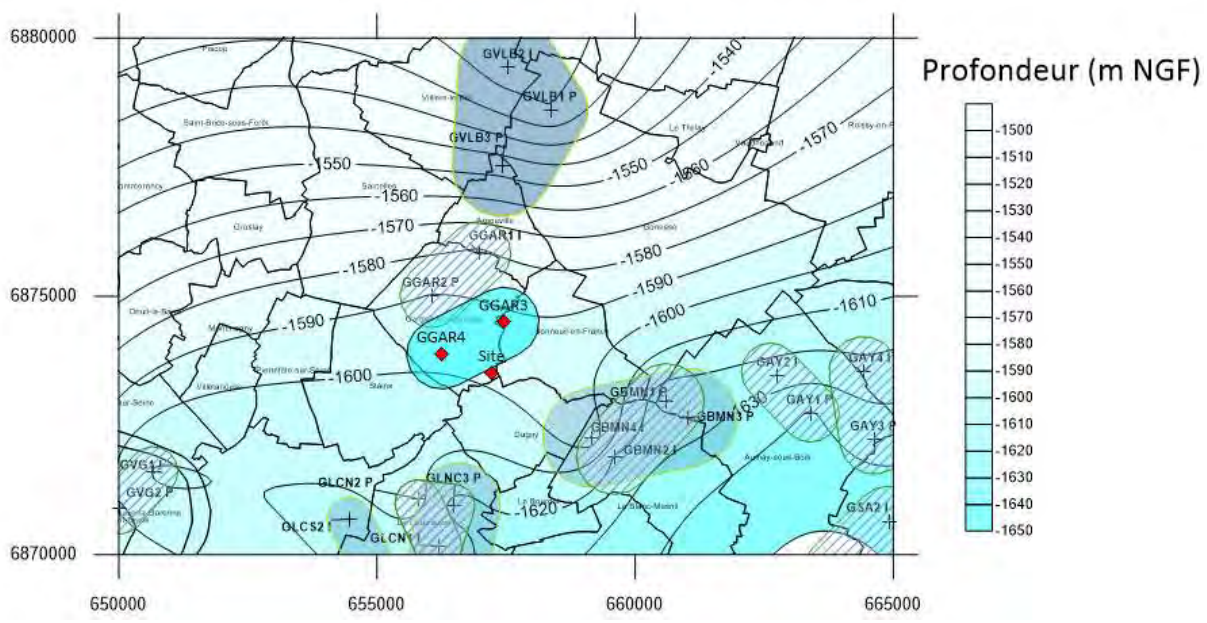


Figure 35 : Carte de la profondeur du toit du réservoir Bathonien

La transmissivité de la roche réservoir, qui traduit sa capacité à laisser s'écouler l'eau géothermale, est importante dans le secteur. Elle est évaluée entre 50 et 80 D.m (Figure 36).

Cette propriété qui impacte directement les débits d'exploitation, en limitant les rabattements, correspond au produit de l'épaisseur productrice du réservoir (en mètres) et de la perméabilité de la roche (en Darcy). Dans le secteur de Garges la perméabilité de la roche attendue

est supérieure à 3 Darcy (valeur importante) et l'épaisseur escomptée du réservoir est d'environ 15 m (valeur moyenne).

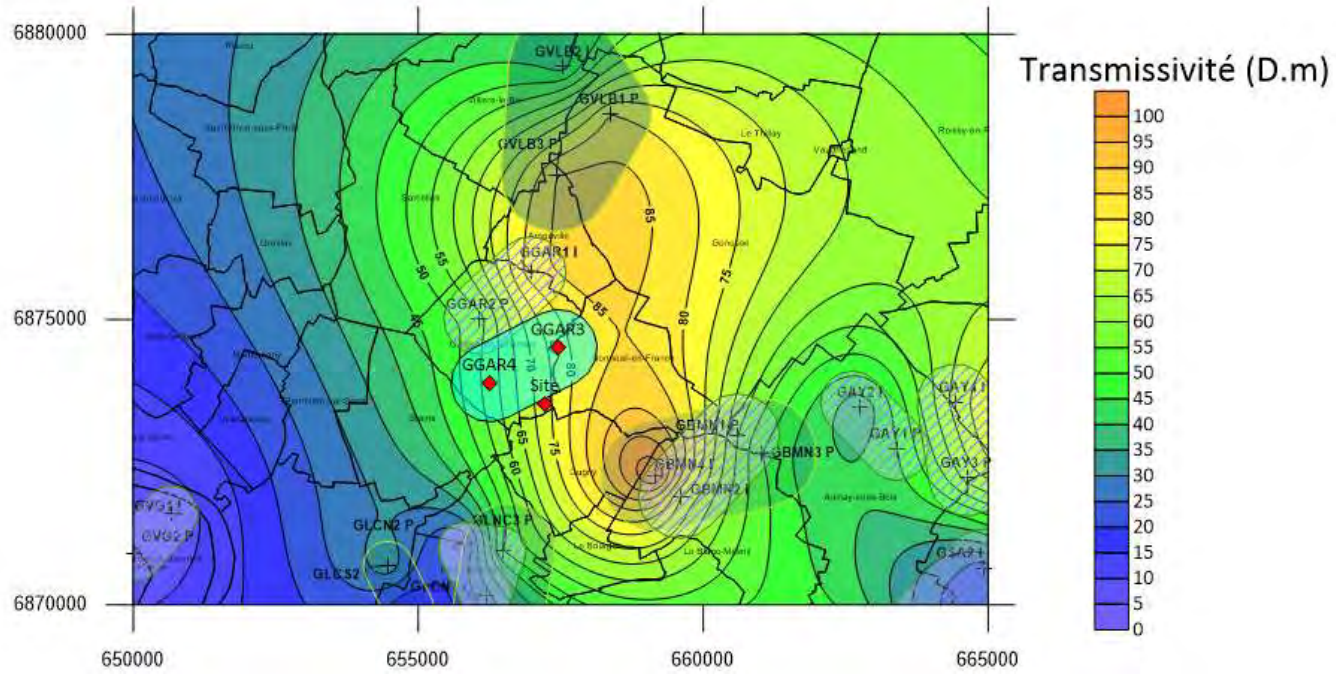


Figure 36 : Carte de la transmissivité du réservoir du Dogger

La température de la ressource, également interpolée à partir des puits alentours, est estimée à 65 +/- 2°C en sous-sol (Figure 37) pour une production en surface évaluée à 64 +/- 2°C.

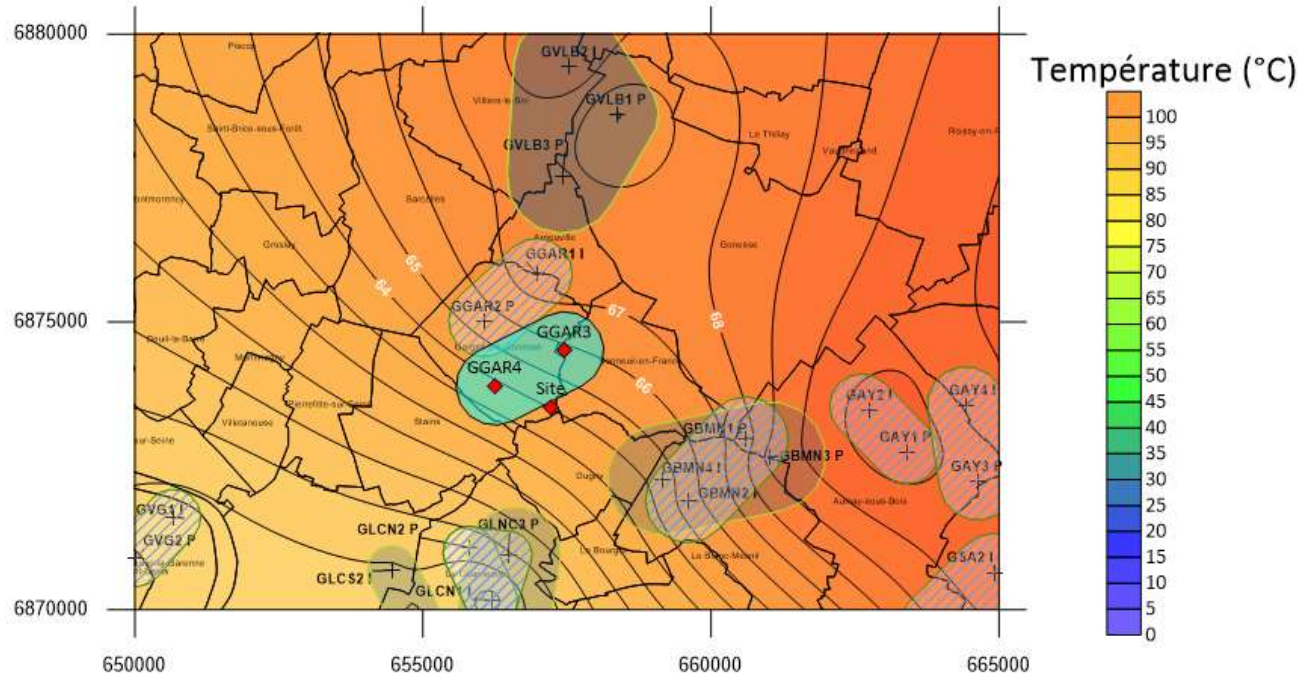


Figure 37 :Carte de la température de la ressource au niveau du réservoir

Les caractéristiques générales prévisionnelles de la ressource sont rassemblées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Caractéristiques générales de la ressource

Doublet de Garges-lès-Gonesse - GGAR3 (P) /GGAR4 (I)	
Température initiale de la ressource (°C)	65°C +/- 2°C
Température attendue en surface (°C)	63,5°C +/- 2°C
Transmissivité (D.m)	50 à 80
Profondeur (m NGF)	Entre -1580 et -1610 mètres

1.19. Architectures puits et points d'impacts retenus

1.19.1. Choix d'un optimum de forage et d'une architecture puits

L'optimisation de l'ensemble des contraintes du projet de Garges :

- Besoin énergétique,
- Paramètre de réservoir (transmissivité et température)
- Proximité du projet de Dugny qui contraint l'écartement ;

A conduit à retenir une architecture avec :

- un puits producteur GGAR3 disposant d'une chambre de pompage de 400 m de profondeur dans laquelle sera installée l'électropompe immergée de production de l'eau chaude géothermale ;
- un puits injecteur GGAR4 qui permettra la réinjection du l'eau géothermale refroidie en aval de l'échangeur de chaleur.

L'architecture retenue affiche un degré d'inclinaison maximal au sabot des cuvelages 9 ⅝'' de 59° pour les puits producteur GGAR3 et injecteur GGAR4. Les trajectoires sont illustrées en vues 3D sur la Figure 38.

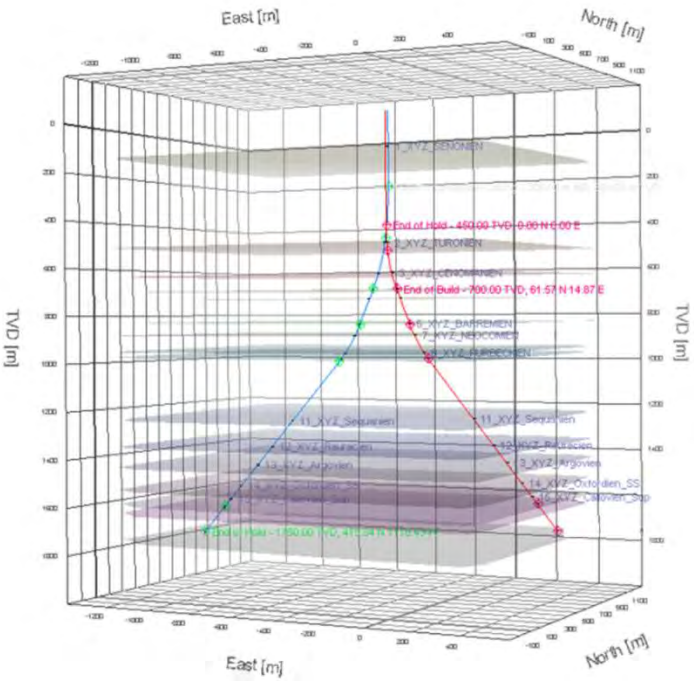


Figure 38 : Architecture puits conventionnelle. Vue 3D du doublet de Garges-lès-Gonesse

1.19.2. Concertation avec le projet de Dugny

La société Coriance développe un second projet de géothermie, à proximité immédiate du projet de Garges, l'ARDAOTM de ce projet nommé Dugny/Le Bourget, sera déposé dans les mêmes délais que celui de Garges. Aussi afin de s'assurer qu'aucun des deux projets ne nuisait au développement de l'autre, plusieurs réunions de concertation et de paramétrages ont été réalisées dans le but d'optimiser le positionnement de chacun des ouvrages.

Les points suivants ont fait l'objet de discussion et de validation :

- Paramètres théoriques du réservoir considérés ;
- Implémentations des paramètres simplifiés dans les différents logiciels de modélisations ;
- Points d'impact retenus au toit du Dogger ;
- Paramètres d'exploitation retenus (moyenne annuelles et maxima) pour Garges et Dugny, ainsi que pour les ouvrages alentours.
- Tolérance d'impact thermique et hydraulique retenue.

Le doublet de Dugny étant le plus contraint « géométriquement » en raison des exploitations environnantes de La Courneuve Nord 2 et du Blanc-Mesnil 2 (Cf. Figure 39), il s'agissait d'ajuster l'emplacement du projet de Garges afin d'éloigner le plus possible les ouvrages et de minimiser l'impact thermique sur Dugny tout en assurant :

- Un espacement suffisant entre les points d'impact de Garges pour éviter le recyclage thermique ;
- L'optimisation des impacts pour bénéficier des meilleurs paramètres prévisionnels du réservoir : température et transmissivité notamment,
- La limite de l'inclinaison des ouvrages pour se conformer aux bonnes pratiques et aux règles de l'art.

A l'issue des travaux de concertation et d'ajustement, l'impact thermique sur le projet de Dugny n'est plus que de 0.5°C, contre 1.6°C initialement au bout de 30 ans d'exploitation (Cf. Figure 40). Cette valeur est acceptable pour les deux projets.

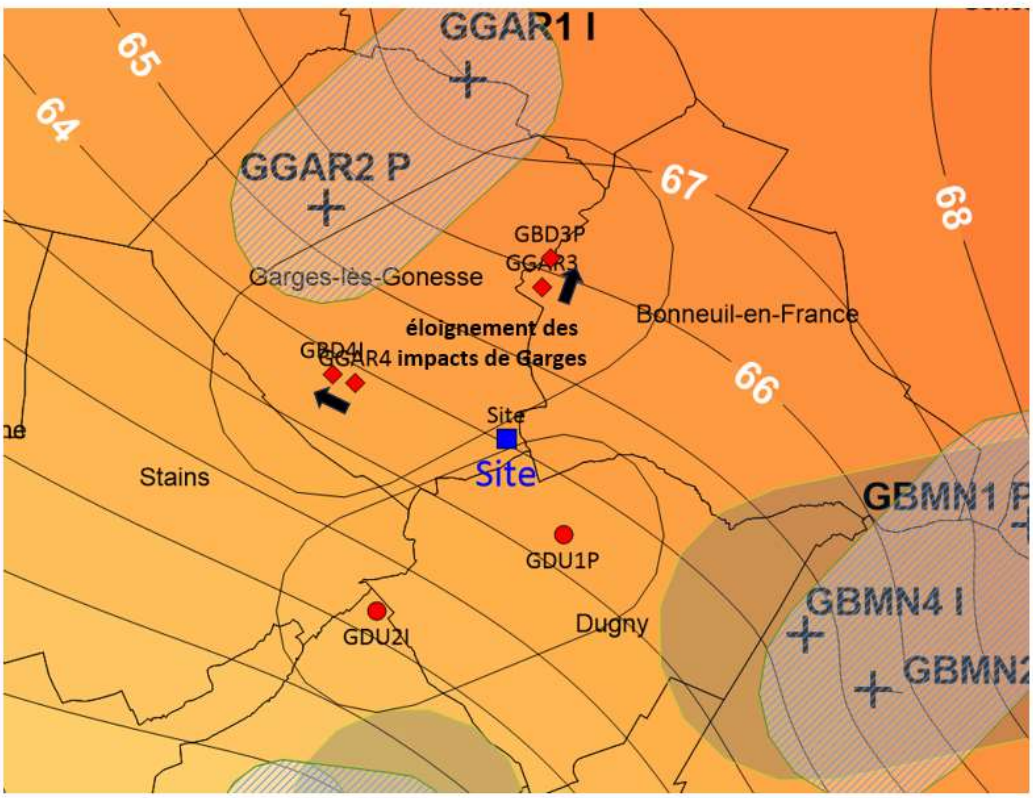


Figure 39 : éloignement des impacts de Garges pour limiter les impacts (thermiques et hydrauliques) entre les deux projets

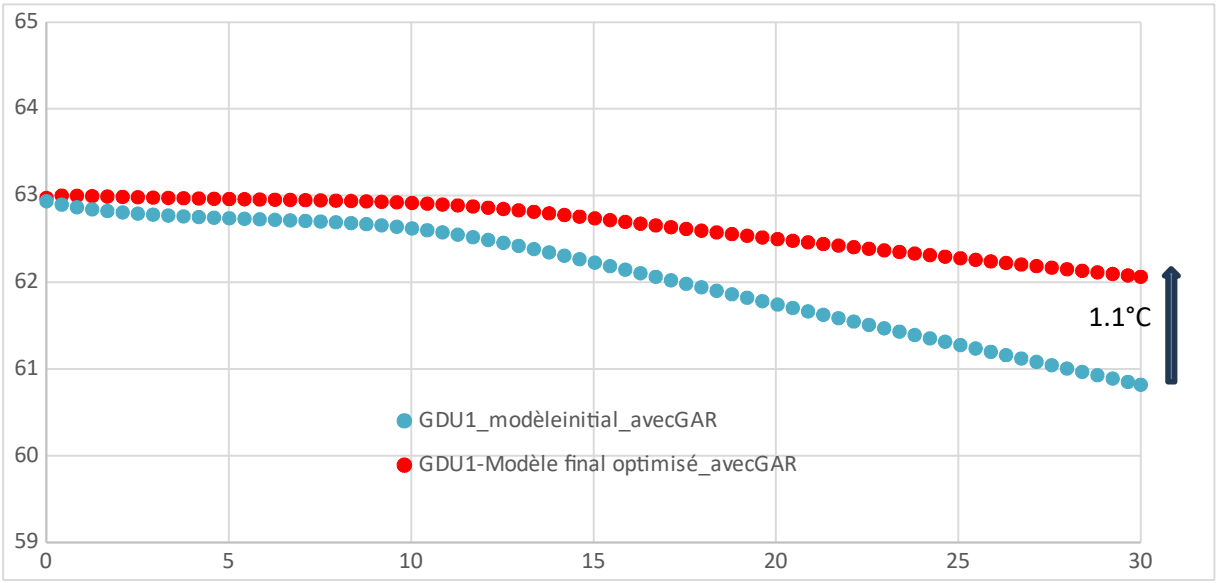


Figure 40 : évolution de la température prévisionnelle de production au puits producteur de Dugny avec optimisation des points d'impacts de Garges-Lès-Gonesse.

1.19.3. Points d'impacts retenus

Les coordonnées des impacts au toit du Dogger retenus à l'issus de l'étude et des concertations sont donc les suivantes :

Coordonnées Lambert (93)	GGAR3 P	GGAR4 I
Tête de puits (mNGF) XYZ : +/- 20m	X : 657225,50 Y : 6873520,50 Z : +37.7	X : 657235,50 Y : 6873520,50 Z : +37.7
Toit du réservoir (m NGF) XY : +/- 50m	X : 657512 Y : 6874686 Z : -1600 (+/- 30) mNGF	X : 656105 Y : 6873938 Z : -1600 +/-30 mNGF

Tableau 12 : Coordonnées des têtes de puits et des impacts.

L'écartement entre les impacts au toit du réservoir est d'environ 1593 m.

1.20. Simulations réservoirs

1.20.1. Logiciel Tough 2

Les simulations de calage et prévisionnelles ont fait appel au logiciel spécialisé TOUGH2 V2, qui résout par voie numérique les formes discrétisées (différences finies) des équations aux dérivées partielles décrivant les transferts de masse et de chaleur, assorties de leurs équations d'état et des conditions initiales et aux limites.

TOUGH2 résout les équations de conservation de la masse et de l'énergie qui décrivent les flux de fluide et de chaleur dans les systèmes multiphasiques et multi composants. L'advection des fluides est décrite par une extension multiphasique de la loi de Darcy . De plus, la diffusion (dispersion + diffusion moléculaire) est prise en compte pour chaque phase. Le flux de chaleur se produit par conduction et convection (prise en compte de la chaleur sensible et de la chaleur latente).

Les modifications de densité et/ou viscosité du fluide en fonction de la température du fluide réinjecté (couplage entre les transferts hydrauliques et thermiques) sont bien prises en compte dans TOUGH2. Les conditions thermodynamiques sont calculées en supposant l'équilibre local de chacune des phases entre elles. Les paramètres des fluides et des formations peuvent être choisis arbitrairement comme fonctions non linéaires des variables thermodynamiques primaires.

Les logiciels de la suite TOUGH2 v2 comprennent des modules de simulation de fluides multi-composants, en conditions non iso thermales, polyphasiques, et des environnements poreux bi ou tridimensionnels, fracturés ou non. Il est largement utilisé dans l'ingénierie des réservoirs géothermiques, du stockage des déchets radioactifs ainsi qu'en modélisation des milieux hydrogéologiques saturés et non saturés.

1.20.2. Paramètres hydrothermiques du réservoir et conditions aux limites

Les champs de perméabilités et de température du Dogger assignés au modèle sont identiques à ceux présentés au paragraphe 3.3 de la présente étude. Ils sont représentés en Figure 37(température) et Figure 36 (perméabilité).

Les champs de pressions (P) du réservoir suivent les variations en profondeur du toit du réservoir, selon la formule $P = \rho g z$, procédure qui induit une légère différence vis-à-vis des valeurs disponibles dans la base de données Dogger.

Les propriétés pétro physiques appliquées aux différentes couches sont consignées dans le Tableau 13. Des conditions de Dirichlet (pressions et températures constantes) ont été imposées aux limites verticales (épontes supérieure et inférieure) et latérales (périmètre du domaine simulé). Les valeurs des paramètres thermiques et celles affectées aux épontes sont celles usuellement utilisées dans la modélisation du Bathonien du Bassin de Paris.

Tableau 13 : propriétés pétrophysiques appliquées aux différentes couches du modèle

	Masse volumique (kg/m3)	Porosité	Perméabilité (m^2)	Conductivité thermique (W/m°C)	Chaleur spécifique (J/kg.K)
Eponte supérieure et inférieure	2 000	1%	10-16	2,3	840
1er et 2ème réservoir	2 500	15%	Variable	2,4	1 000
Eponte intermédiaire	2 000	1%	10-16	2,3	840

L'état initial de la simulation, qui correspond à un état stabilisé des pressions et températures, a été calculé au moyen d'une modélisation en régime stationnaire, soumis aux seules sollicitations naturelles (flux de fluides et chaleur latéraux et verticaux), hors toute exploitation géothermique.

Les hypothèses de modélisation utilisées sont les suivantes :

1. La conduction, la convection et la dispersion thermique sont résolues dans les niveaux producteurs ; au niveau des épontes, le phénomène de conduction est dominant.
2. Le transport de chaleur en milieu poreux est résolu en régime transitoire pour les simulations d'historiques d'exploitation et les simulations prévisionnelles sur 30 ans.
3. Les changements de viscosité et de densité sont pris en compte ainsi que les écoulements gravitaires.

1.20.3. Structure du modèle

La modélisation verticale choisie est du type « sandwich » (Antics et al, 2005 ; Ungemach et al, 2011), sur le principe de la Figure 41 suivante.

Pour chaque puits, on extrait l'épaisseur productrice totale, somme des niveaux producteurs individualisés, ainsi que l'épaisseur cumulée des épontes intercalaires à partir des débitmétries réalisées. Le modèle se structure selon la séquence suivante : une première couche réservoir d'épaisseur égale à la moitié de l'épaisseur productrice totale, l'éponte intercalaire unique cumulant les épaisseurs des épontes individuelles, enfin une seconde couche réservoir symétrique de la première. Le système étant confiné par deux épontes, supérieure (toit) et inférieure (mur) d'épaisseurs 200 m.

L'épaisseur productrice totale (hp = 2 x hr) dans ce modèle est de 15 mètres, tandis que l'épaisseur cumulée des épontes intermédiaires (he) a été évaluée à 35 mètres.

Le réservoir du Dogger ayant été discrétisé en deux couches, les débits d'exploitation des doublets/triplets intégrés dans la modélisation ont été distribués afin de respecter la répartition de la productivité des zones au sein du réservoir.

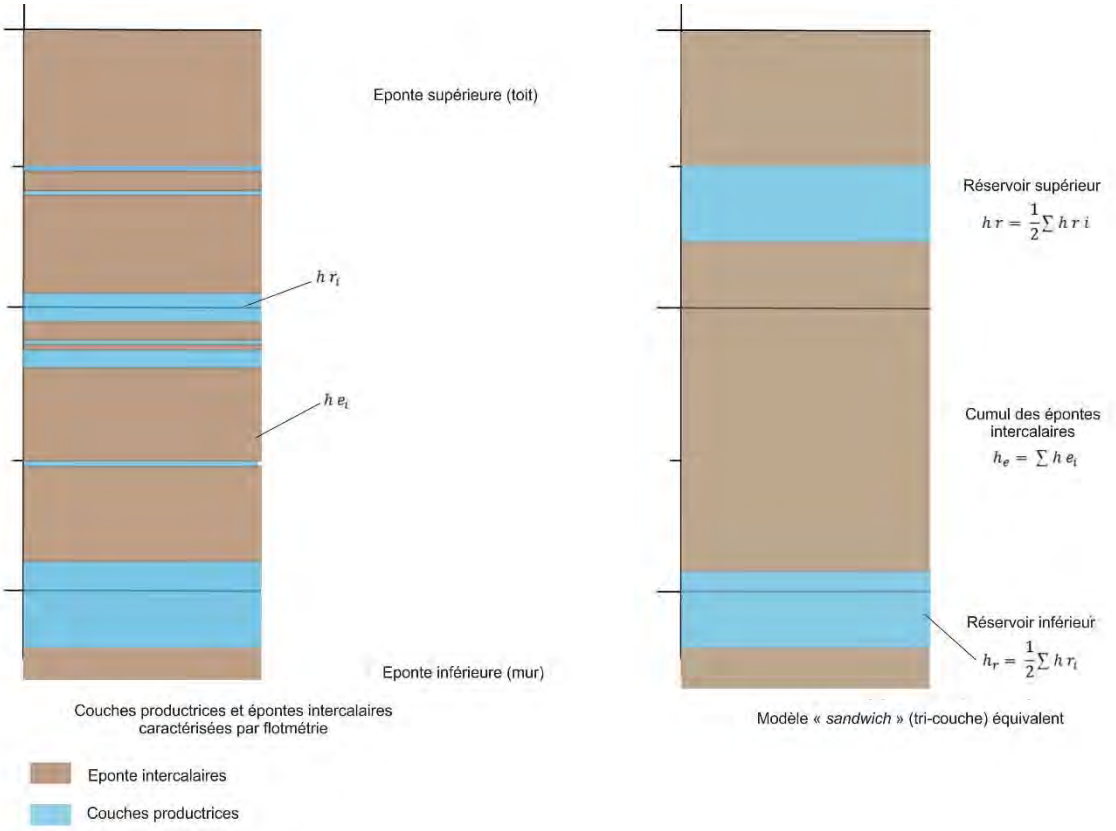


Figure 41 : Equivalence sandwich (tri-couche) du réservoir géothermal

Le domaine simulé est un rectangle d'environ 277,5 km² de superficie incluant le triblet actuel de Villiers-le-Bel (GVLB1, GVLB2 et GVLB3), les anciens doublets abandonnés de Garges-Lès-Gonesse (GGAR1 et GGAR2), La Courneuve Nord (GLCN1 et GLCN2) et le Blanc-Mesnil (GBMN1 et GBMN2) ainsi que les doublets en cours d'exploitation de La Courneuve Nord (GLCN3 et GLCN4) et du Blanc-Mesnil (GBMN3 et GBMN4). Il inclut également les futurs projets de Garges-lès-Gonesse (GGAR3 et GGAR4), objet de ce dossier, et de Dugny-Le Bourget (GDU1 et GDU2).

Les cellules de la grille ont une taille maximale de 400 m x 400 m sur les bords du modèle. La transition entre les cellules autour des doublets/triplet et le reste du domaine discrétisé s'effectue via des cellules de 50 m x 50 m puis 100 m x 100 m et enfin 200 m x 200 m (Figure 42).

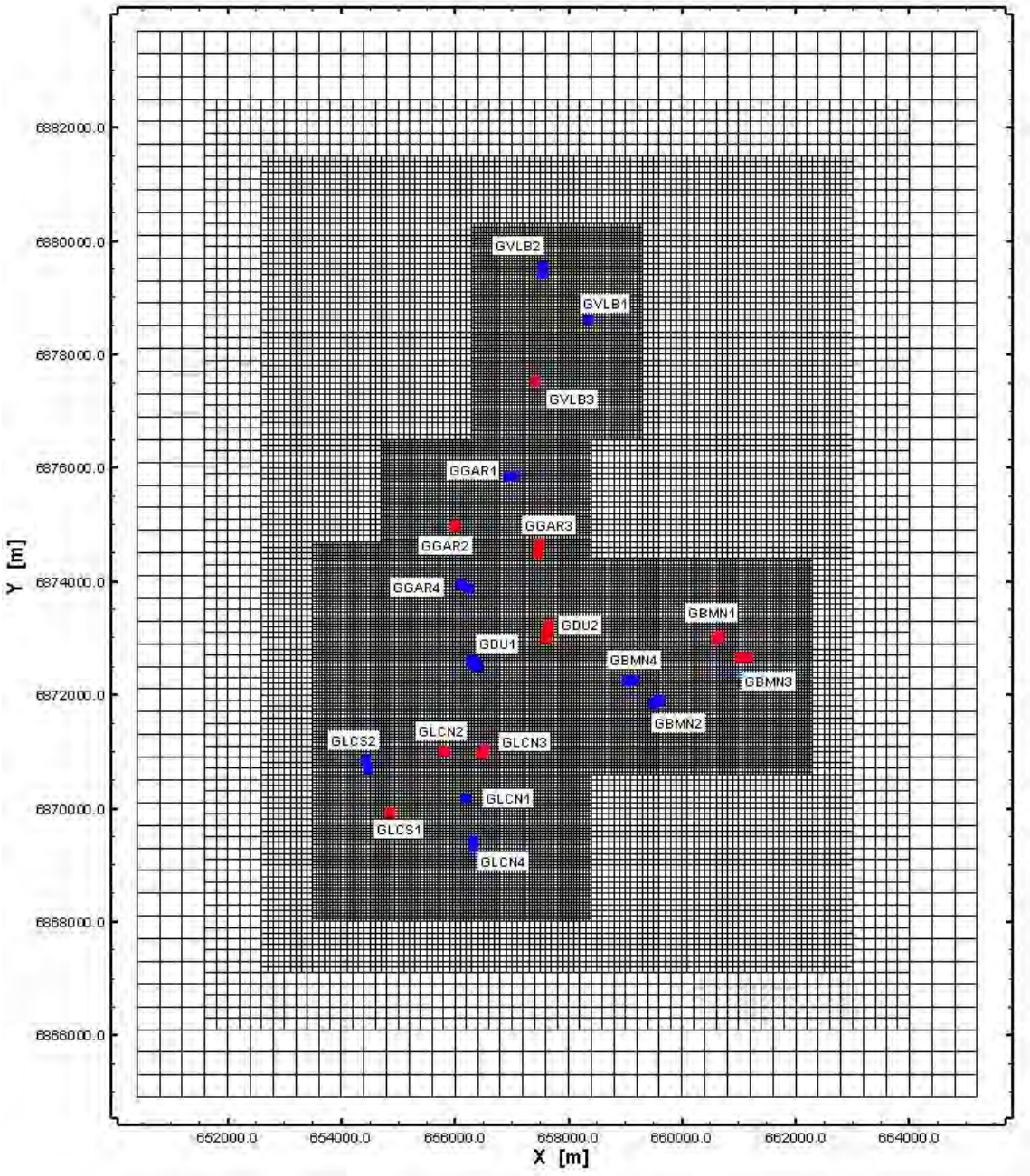


Figure 42 : Maillage du domaine simulé (Coordonnées en Lambert 93)

1.20.4. Simulations historiques

Les simulations en régime transitoire ont été effectuées à un pas annuel sur une période globale d'un peu plus de 43 ans allant du 1er février 1982 au 1er juillet 2025, date de mise en service prévisionnelle du nouveau doublet de Garges-lès-Gonesse.

La première exploitation géothermique a avoir débuté dans la zone est celle de La Courneuve Sud le 01/06/1982. Le dernier puits mis en service, en juillet 2018, est le producteur GVLB3 de l'exploitation de Villiers-Le-Bel foré pour prolonger l'exploitation de l'ancien doublet (GVLB1 et

GVLB2) en triplet. Le chronogramme de mise en service/arrêt des exploitations géothermiques de la zone est présenté en Figure 43.

Les chroniques de production, en termes de débits moyens annuels et de températures moyennes d'injection ont été établies par rapport aux données d'exploitations disponibles transmises par les exploitants. En cas d'incertitudes, des valeurs pessimistes i.e. des températures de réinjection plus faibles et/ou des débits plus importants sont retenus.

Ces données sont consignées dans le Tableau 14 pour les exploitations de Villiers-Le-Bel et du Blanc-Mesnil et dans le Tableau 15 pour le reste des exploitations (à l'exception des futurs doublets de Dugny-Le Bourget et de Garges-lès-Gonesse).

Le doublet de La Courneuve Sud en fin de vie est arrêté dans notre modèle début 2025, et les débits de la Courneuve Nord retenus sont volontairement importants (compensation de l'arrêt de l'exploitation de la Courneuve Sud.

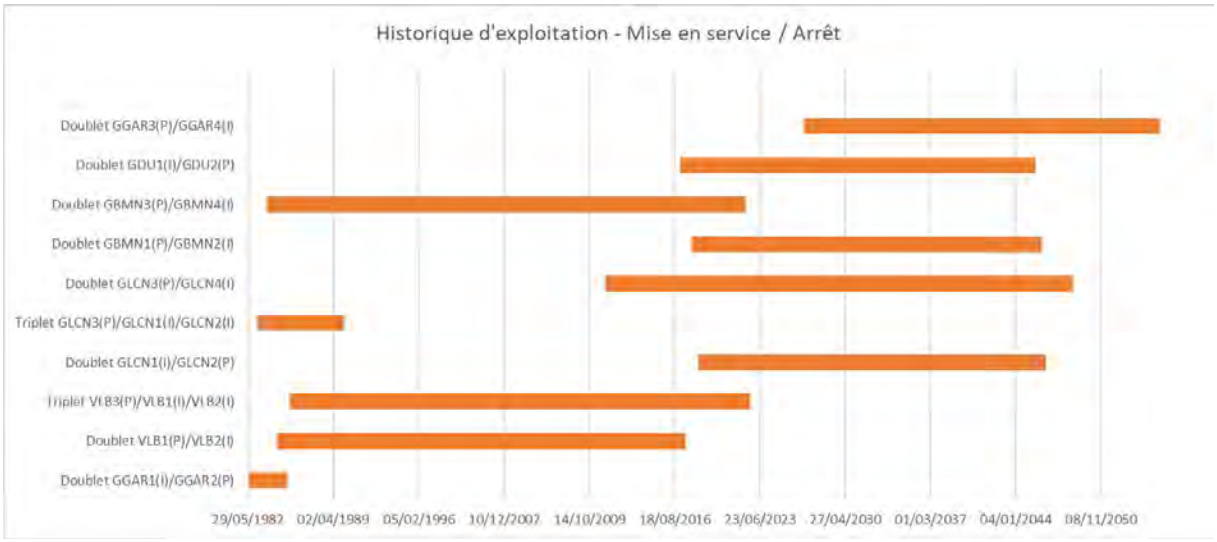


Figure 43 : Périodes d'exploitation des doublets/triplets intégrées au modèle

Tableau 14 : Débits moyens et températures d'injection moyennes pour le doublet/triplet de Villiers-Le-Bel et les deux doublets du Blanc-Mesnil. Les débits sont négatifs en production et positif en injection entre 1982 et 2025

Année	GVLB3 (P)	GVLB1 (P+I)		GVLB2 (I)		GBMN1 (P)	GBMN2 (I)		GBMN3 (P)	GBMN4 (I)	
	Q (m^3/h)	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**
1982											
1983											
1984						-152,9					
1985		0		0	0	-152,9	152,9				
1986		-161		161	46	-152,9	152,9				
1987		-168		168	48	-152,9	152,9				
1988		-174		174	49	-152,9	152,9				
1989		-181		181	51	-152,9	152,9				
1990		-181		181	51	-152,9	152,9				
1991		-181		181	51	-152,9	152,9				
1992		-181		181	51	-152,9	152,9				
1993		-181		181	51	-152,9	152,9				
1994		-181		181	51	-152,9	152,9				
1995		-154		154	51	-152,9	152,9				
1996		-158		158	51	-152,9	152,9				
1997		-180		180	51	-152,9	152,9				
1998		-183		183	51	-152,9	152,9				
1999		-172		172	51	-152,9	152,9				
2000		-171		171	51	-152,9	152,9				
2001		-186		186	54	-152,9	152,9				
2002		-131		131	54	-152,9	152,9				
2003		-120		120	54	-152,9	152,9				

Année	GVLB3 (P)	GVLB1 (P+I)		GVLB2 (I)		GBMN1 (P)	GBMN2 (I)		GBMN3 (P)		GBMN4 (I)
2004		-113		113	54	-49	49	60			
2005		-99		99	54	-49	49	60			
2006		-110		110	54	-40	40	60,83			
2007		-150		150	54	-43,75	43,75	54,1			
2008		-150		150	54	-38,68	38,68	53,28			
2009		-150		150	54	-44	44	53			
2010		-180		180	54	-46,68	46,68	63,68			
2011		-155		155	52,43	-49	49	55			
2012		-231		231	50,63						
2013		-210		210	51,64						
2014		-187		187	52,64						
2015		-189		189	52,5						
2016		-163		163	48,46						
2017		-72		72	53,68				-185	185	54
2018	-253,5	136,5	52,73	156,4	52,73				-137	137	54
2019	-266,4	109,3	51,91	156,8	51,91				-103	103	54
2020	-308,2	131,7	50	181,6	50,				-280	280	36
2021	-308,2	131,7	40	181,6	40				-280	280	36
2022	-308,2	131,7	40	181,6	40				-280	280	36
2023	-308,2	131,7	40	181,6	40				-280	280	36
2024	-308,2	131,7	40	181,6	40				-280	280	36

Tableau 15 : Débits moyens et températures d'injection moyennes pour les doublets/triplet de La Courneuve Nord, le doublet de la Courneuve Sud et celui de Gargès-lès-Gonesse (ancien) entre 1982 et 2025. Les débits sont négatifs en production et positif en injection

Année	GLCN2 (P+I)		GLCN1 (I)		GLCN3 (P)	GLCN4 (I)		GLCS1 (P)	GLCS2 (I)		GGAR2 (P)	GGAR1 (I)	
	Q (m^3/h)	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**	**Q (m^3/h)**	**Q (m^3/h)**	**T_{inj} (°C)**
1982								-130,1	130,1	44			
1983	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1984	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44	-165	165	33
1985	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44	-165	165	33
1986	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44	-165	165	33
1987	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44	-165	165	33
1988	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1989	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1990	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1991	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1992	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1993	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1994	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1995	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1996	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1997	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1998	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
1999	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
2000	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
2001	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			
2002	-132,1		132,1	43,7				-130,1	130,1	44			

Année	GLCN2 (P+I)		GLCN1 (I)		GLCN3 (P)	GLCN4 (I)		GLCS1 (P)	GLCS2 (I)		GGAR2 (P)	GGAR1 (I)	
2003	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2004	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2005	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2006	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2007	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2008	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2009	-132,1		132,1	43,7				-90	90	44			
2010	-132,1		132,1	43,7				-81,24	81,24	46,42			
2011	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-86,91	86,91	44,61			
2012	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-85	85	46			
2013	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-85	85	46			
2014	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-95	95	46			
2015	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-79	79	46			
2016	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-74	74	46			
2017	96,665	43,8	96,665	43,8	193,33			-93	93	47			
2018					-275	275	35	-100	100	44			
2019					-275	275	35	-85	85	46			
2020					-275	275	35	-85	85	46			
2021					-275	275	35	-85	85	46			
2022					-300	300	35	-85	85	46			
2023					-300	300	35	-85	85	46			
2024					-300	300	35	-85	85	46			

La carte de la Figure 44 illustre les distributions de température simulées dans les deux couches réservoirs du Bathonien début juillet 2025. Cette distribution de la température dans le réservoir du Dogger constitue l'état initial de la simulation sur trente années de l'exploitation de Garges-lès-Gonesse.

Deux bulles froides se manifestent clairement autour des puits GVLB1 et GVLB2, résultant du rejet d'eaux refroidies dans ces deux puits injecteurs. On remarquera que la bulle froide autour du puits GVLB2 est plus grande que celle autour du puits GVLB1 du fait de son exploitation en tant qu'injecteur depuis 1985. En effet, le puits GVLB1 a été utilisé pendant plus de 30 ans comme producteur avant d'être reconverti en injecteur fin 2017.

On observe également des bulles froides autour des anciens puits injecteurs de La Courneuve Nord (GLCN2 mais également GLCN1 qui a été reconverti temporairement en injecteur pendant un temps) et du Blanc-Mesnil (GBMN2), ainsi qu'autour des injecteurs en exploitation de La Courneuve Sud (GLCS2), Le Blanc-Mesnil (GBN4) et la Courneuve Nord (GLCN4).

Une petite bulle froide est également observée au niveau de l'ancien doublet de Garges-lès-Gonesse qui n'a été exploité que très peu de temps (entre le 30/09/1984 et le 01/12/1987).

La carte de la Figure 45 illustre les rabattements simulés dans le réservoir du Bathonien début juillet 2025 par rapport à l'état initial de pression du réservoir (c'est-à-dire sans aucune exploitation).

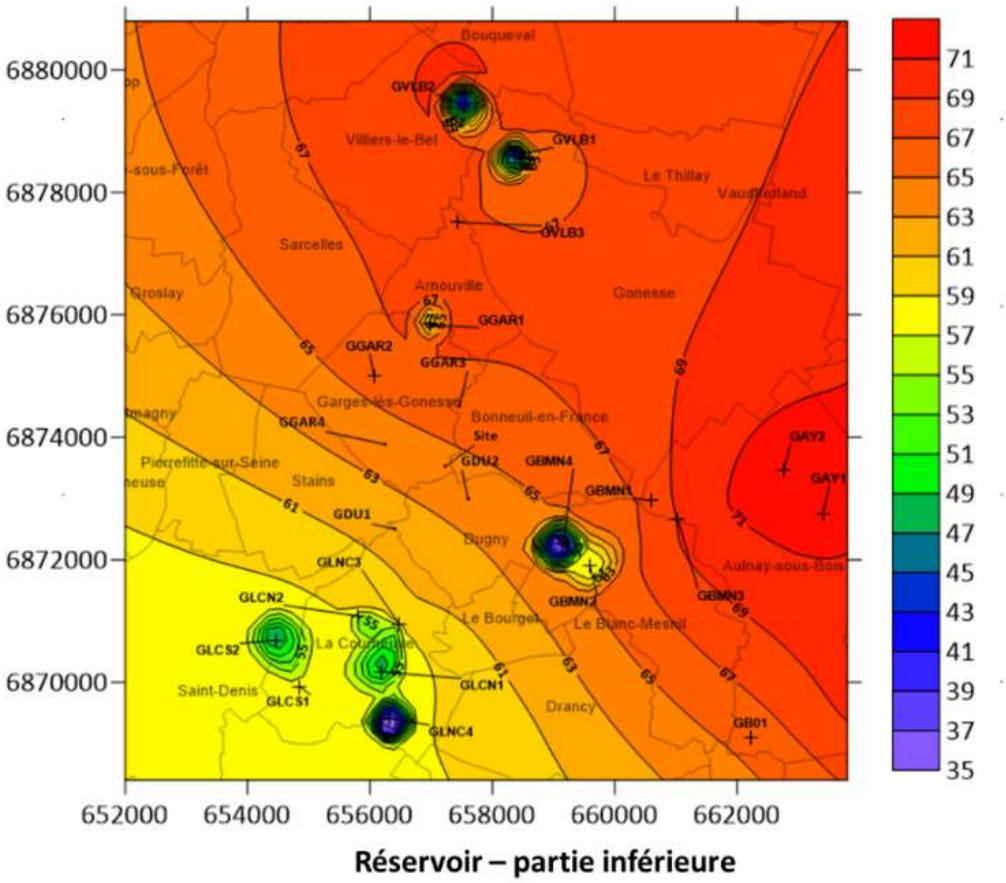


Figure 44 : Carte des températures simulées sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2025. Dans un soucis de visualisation seule la partie inférieur du réservoir Dogger est représentée ici

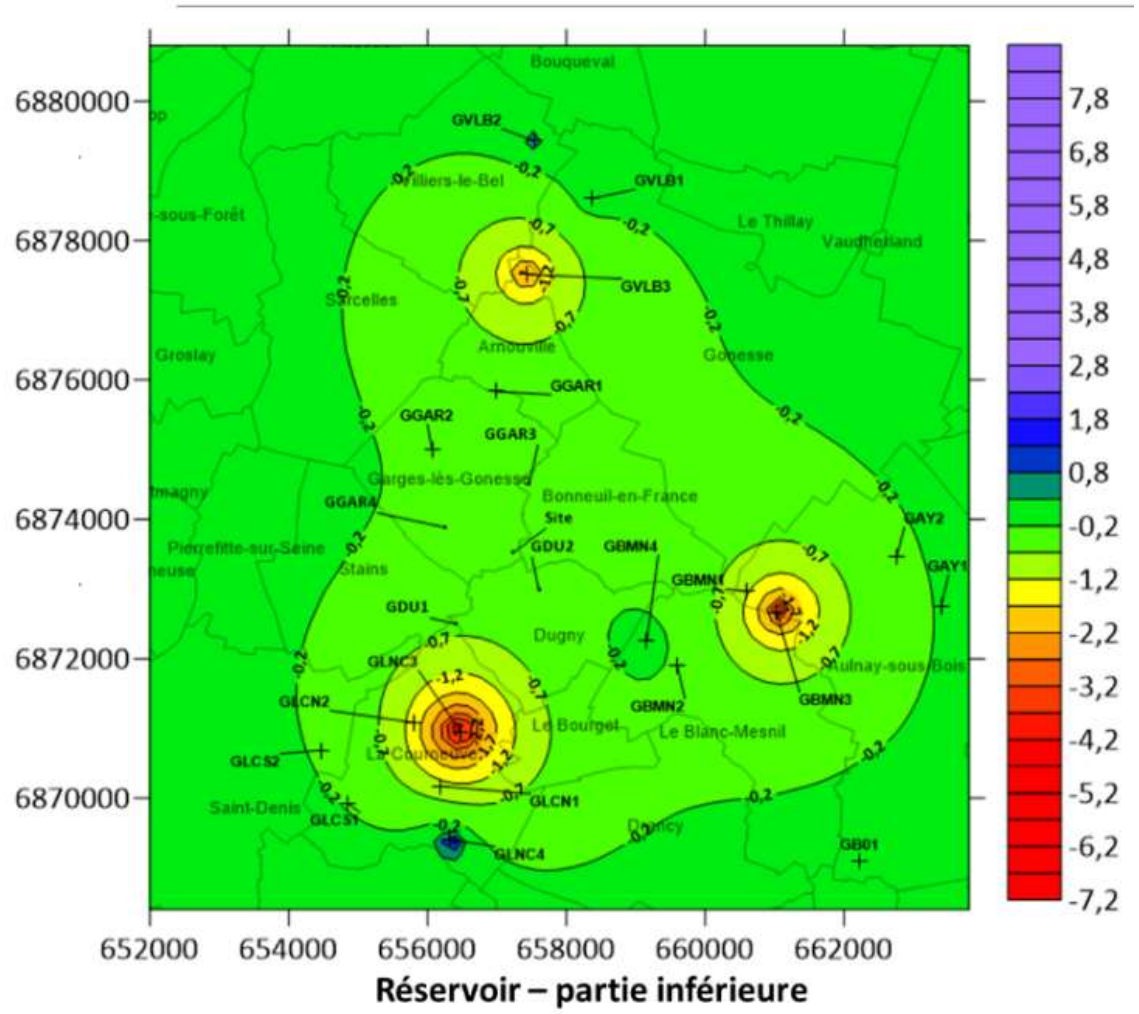


Figure 45 : Carte des rabattements simulés sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2025. Dans un soucis de visualisation seule la partie inférieure du réservoir Dogger est représentée ici.

1.20.5. Résultats des simulations pour le doublet de Garges

Hypothèses du projet

L'état initial des modèles présentés en Figure 44 et Figure 45 correspond donc à la répartition des températures et des pressions dans le réservoir début juillet 2025. Les résultats présentés dans ce paragraphe représentent la répartition de ces paramètres début juillet 2055 soit 30 ans plus tard (date supposée de la fin du permis d'exploitation).

Afin d'évaluer ces impacts, plusieurs scenarii, présentés dans le Tableau 16, ont été simulés. Pour l'ensemble de ces scenariis , toutes les exploitations décrites sont en activité sur les 30 années de simulation.

Les simulations évaluant l'impact hydraulique intègrent **les débits maximaux et les températures de réinjection minimum** envisagés pour l'ensemble des exploitations afin de quantifier **l'impact hydraulique maximal** en termes de rabattement (correspondant à une approximation de la période hivernale) tandis que **les simulations évaluant l'impact thermique** prennent en compte **les débits moyens annuels et les températures de réinjection moyenne annuelle** afin d'estimer les impacts sur la ressource géothermale après 30 années d'exploitation.

Tableau 16 : Hypothèses des simulations évaluant l'impact hydraulique et thermique des exploitations géothermiques sur le réservoir du Dogger

	Débit maximal (m^3/h)			Débit moyen annuel (m^3/h)			Température de réinjection moyenne annuelle (°C)	Température de réinjection minimum (°C)
Garges-lès-Gonesse GGAR3 P/GGAR I	350			240			40	30
Dugny - Le Bourget GDU1 I/GDU2 P	350			254			40	30
La Courneuve Nord GLCN3 P/GLCN4 I	300			200			38	25
Le Blanc-Mesnil GBMN3 P/GBMN4 I	350			280			56.8	30
Villiers-Le-Bel GVLB1 I/GVLB2 I/GVLB3 P	117	233	350	132	182	308	40	32

Rabattements modélisés

Pour le doublet de Garges-lès-Gonesse, un scénario d'exploitation avec un débit maximum annuel de 350 m^3/h et une température de réinjection moyenne minimum de 30 °C a été simulé.

La Figure 46 matérialise l'impact hydraulique de l'ensemble des exploitations sur la ressource en 2055, après 30 ans d'exploitation, au maximum de leur capacité. Les cartes présentées ne semblent pas montrer d'importantes interactions hydrauliques entre les doublets.

Afin d'évaluer l'impact hydraulique du projet de Garges-lès-Gonesse sur celui de Dugny-Le Bourget, une simulation supplémentaire a été réalisée. Cette dernière est en tout point identique au scénario présenté ci-dessus mais ne considère pas la présence du doublet de Garges-lès-Gonesse. Les différences de rabattements observées au droit du producteur de Dugny, GDU1, avec et sans le doublet de Garges-lès-Gonesse en fonctionnement sont présentées dans le Tableau 17. Ces résultats montrent que les différences de rabattements observées entre les deux modèles sont mineures.

L'exploitation de Garges-lès-Gonesse ne devrait influencer que très peu celle de Dugny le Bourget (moins de 0,5 bars à la production et négligeable à l'injection).

En outre, le rabattement maximal hivernal observé à Garges est de -7.3 bar en production et 10.7 bar à l'injection. Ces pressions valident la faisabilité du projet de géothermie de Garges.

Tableau 17 : Impact hydraulique du nouveau doublet de Garge-lès-Gonesse au débit maximum d'exploitation

	Injecteur GDU1	Producteur GDU2
Variation de pression maximale dans la partie supérieure du réservoir (bars)	0	-0,25
Variation de pression maximale dans la partie inférieure du réservoir (bars)	0	-0,32

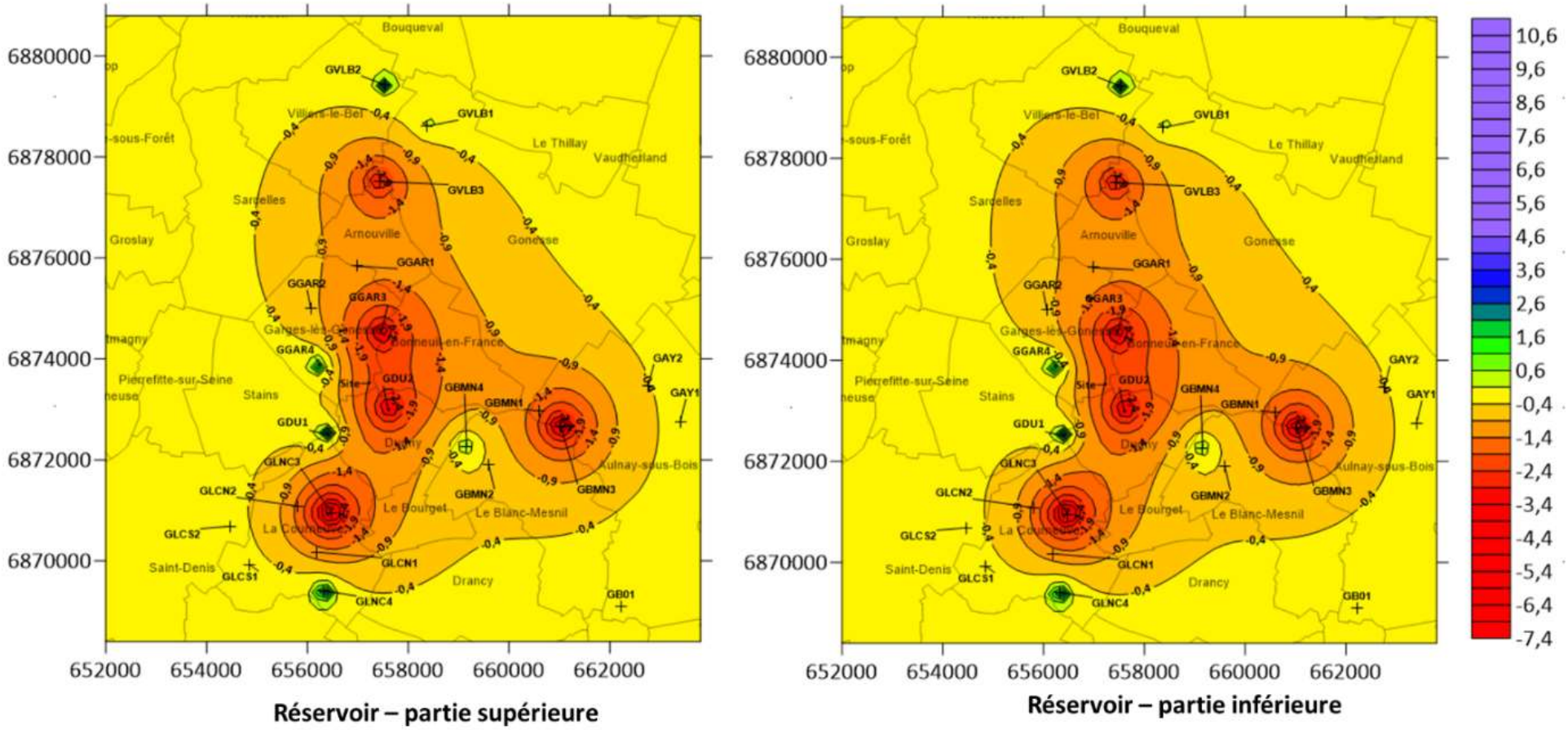


Figure 46 : Carte des rabattements simulés sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2055. La partie supérieure du réservoir Dogger est représenté à gauche tandis que sa partie inférieure est représentée à droite

Cinétique de refroidissement

Pour le doublet de Garges-lès-Gonesse, un scénario d'exploitation avec un débit moyen annuel de 240 m^3/h et une température de réinjection moyenne annuelle de 40 °C a été simulé.

La Figure 47 matérialise l'étendue des bulles froides en 2055, après 30 ans d'exploitation. Les bulles froides autour des doublets existants et des futurs doublets de Garges-lès-Gonesse et Dugny-Le Bourget sont relativement étendues et une percée thermique semble être observée pour ces deux doublets.

La Figure 48 permet de visualiser plus en détail l'évolution thermique dans le puits de production GGAR3 (Producteur) durant les 30 années d'exploitation. La température représentée correspond à la moyenne de température entre l'eau produite dans la partie supérieure du réservoir et celle produite dans sa partie inférieure. En surface, il faut compter en moyenne 1 à 1,5°C de moins en fonction du débit d'exploitation (Cf. Figure 50, illustrant l'influence du débit, donc de la convection, sur la diminution des pertes thermiques par conduction dans le cheminement de l'eau géothermale du réservoir vers la surface.)

La température initiale dans le puits début juillet 2025 est d'environ 65.5°C, elle commence très légèrement à baisser à partir de 15 années d'exploitation, néanmoins après 30 ans quasiment aucune baisse (<0.2°C) n'est enregistrée sur le puits. En raison notamment de l'écartement important entre les deux ouvrages.

Ainsi, la faible variation de température (moins de 0.2°C) permet de valider le fonctionnement thermique de l'exploitation à une température d'injection moyenne annuelle de 40°C et un débit moyen d'exploitation de 240 m^3/h, correspondant à un débit maximum de 350 m^3/h.

Afin d'évaluer l'impact thermique du projet de Garges-lès-Gonesse sur celui de Dugny-Le Bourget, une simulation supplémentaire a été réalisée. Cette dernière est en tout point identique au scénario présenté ci-dessus mais ne considère pas la présence du doublet de Garges-lès-Gonesse. Les températures observées au droit du producteur de Dugny, GDU2, avec et sans le doublet de Garges-lès-Gonesse en fonctionnement sont présentées en Figure 49.

Au bout de 30 année d'exploitation, la différence de température entre les deux scenariis est d'environ 0,5°C. L'impact thermique du doublet de Garges-lès-Gonesse sur celui de Dugny-le-Bourget est donc évalué à 0,5 °C au bout de 30 ans.

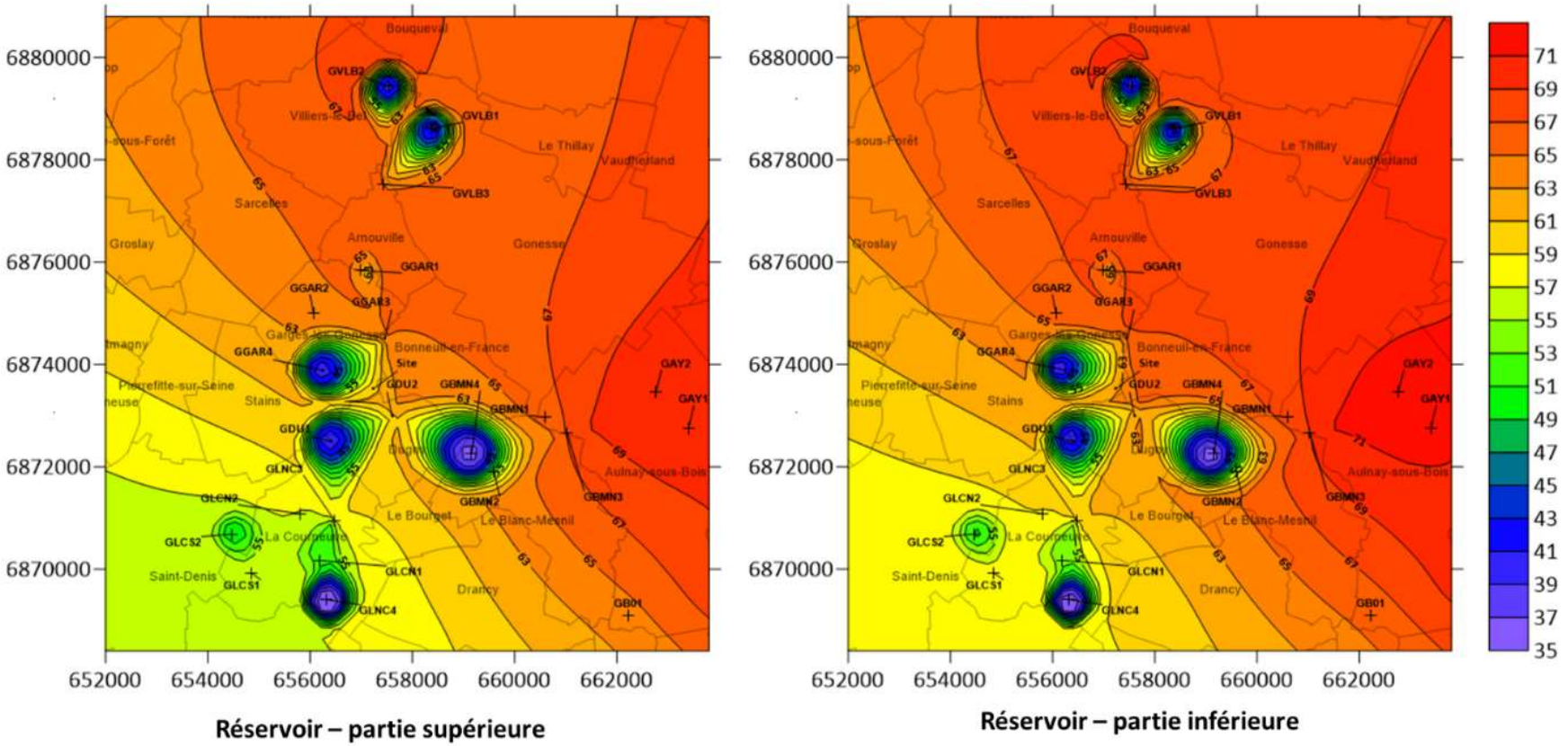


Figure 47 : Carte des températures simulées sur la totalité du domaine d'étude début juillet 2055. La partie supérieure du réservoir Dogger est représenté à droite tandis que sa partie inférieure est représentée à gauche

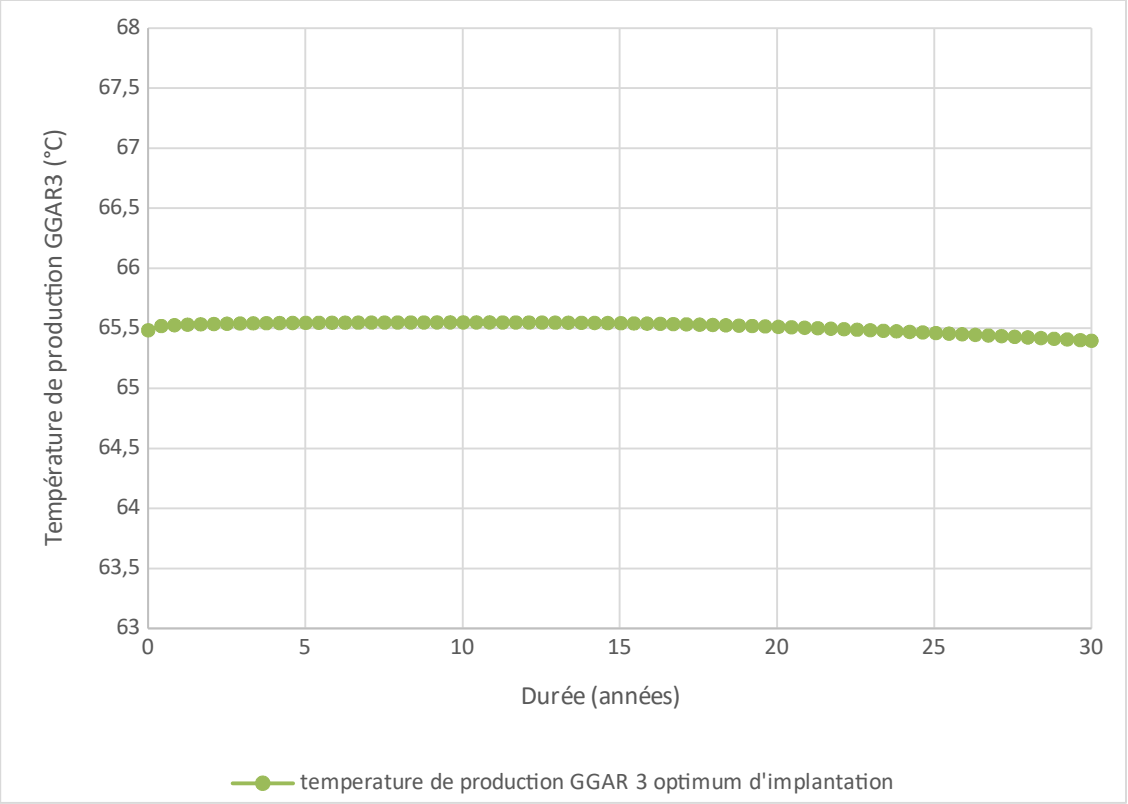


Figure 48 : Evolution de la température au puit de production de Garges-lès-Gonesse au cours de 30 années d'exploitation, de juillet 2025 à juillet 2055

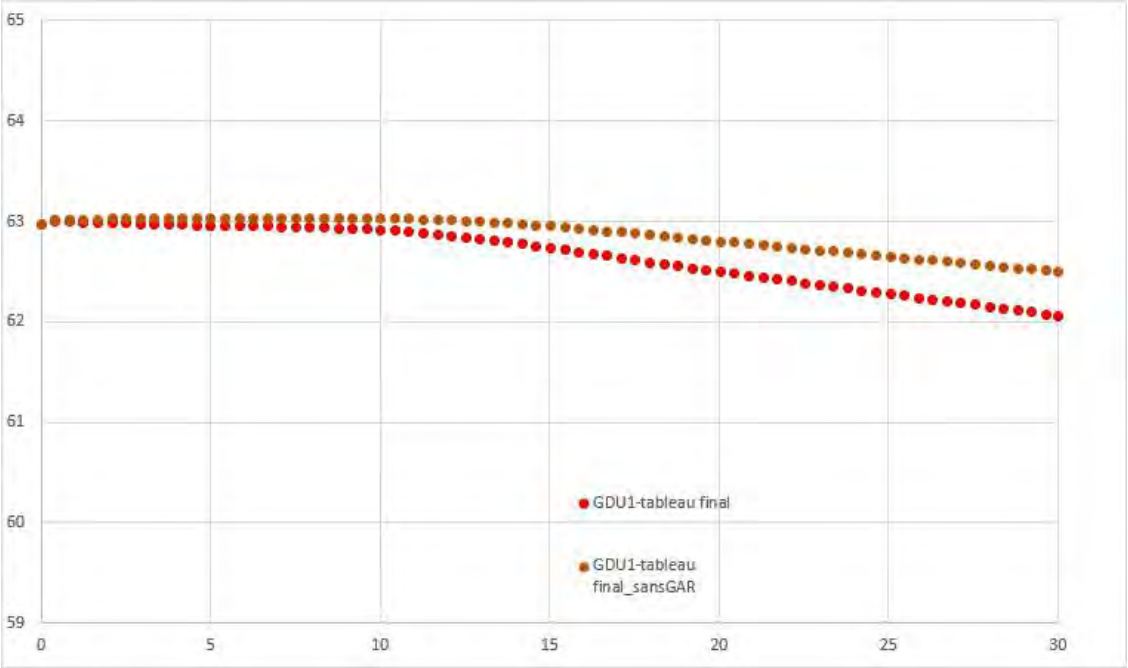


Figure 49 : Impact thermique de l'exploitation du doublet de Garges-lès-Gonesse sur celle de Dugny-Le-Bourget. Evolution de la température au puit de production de Dugny-le Bourget au cours de 30 années d'exploitation, de juillet 2025 à juillet 2055.

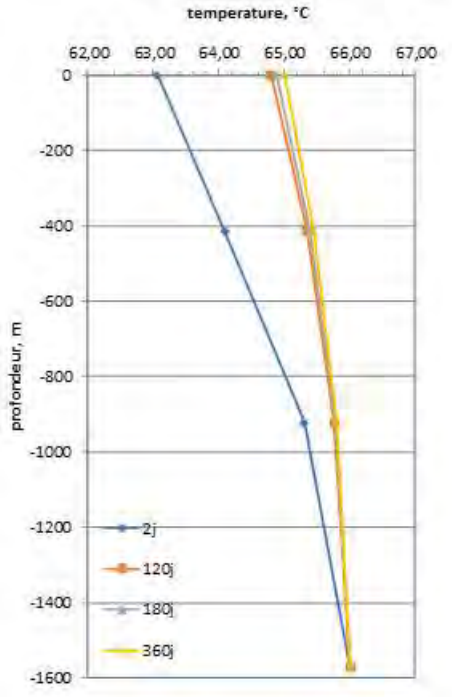


Figure 77.a : Débit = 130 m³/h, T@1552mTVD=66°C

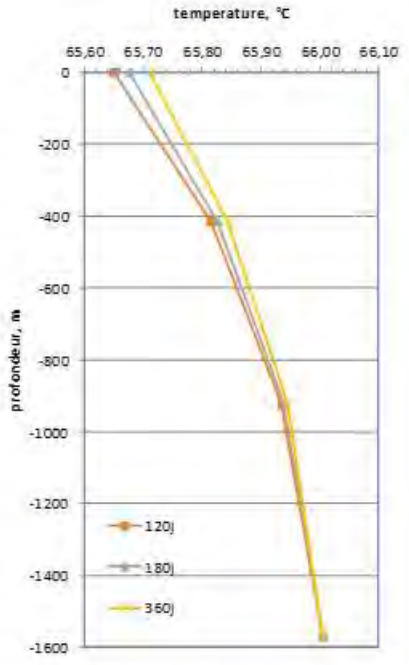


Figure 77.b : Débit = 450 m³/h, T@1552mTVD=66°C

Figure 50 : profils thermiques de puits calculés à différents temps et à différents débits

Conclusion

Les simulations réalisées ont permis de valider le fonctionnement thermique du futur doublet de Garges-Lès-Gonesse, à une température d'injection moyenne annuelle de 40°C et un débit moyen d'exploitation de 240 m^3/h, correspondant à un débit maximum de 350 m^3/h.

Les simulations réalisées indiquent que les interférences hydrauliques entre le doublet de Garges-lès-Gonesse et celui de Dugny-Le Bourget devraient être négligeable (moins de 0,5 bars à la production). Du point de vue thermique, les simulations indiquent qu'au bout de 30 années d'exploitation, la température de production de l'exploitation de Dugny-Le Bourget est 0,5°C plus basse lorsque le doublet de Garges-lès-Gonesse est également en fonctionnement.

Les caractéristiques favorables du réservoir permettent ainsi d'envisager une production géothermale à une température de surface d'environ 63,5°C +/-2°C et à des débits d'exploitations de l'ordre de 350 m^3/h (voir plus). On ajoutera que le degré d'incertitude sur ces valeurs reste faible au vu des résultats positifs des opérations de géothermie voisines.

L'écartement retenu entre les puits producteur et injecteur au toit du réservoir devrait favoriser une exploitation du doublet à un débit moyen de 240 – 300 m^3/h sur plus de 30 ans sans percée thermique dû au refroidissement induit par le puits injecteur.

1.21. Caractéristiques d'exploitation

1.21.1. principe

Les pressions (niveaux dynamiques) calculées en fonction des débits de circulation, en sus des rabattements modélisés, pour l'architecture retenue, intègrent :

- Les corrections d'effet radial induit par la discrétisation
- Le *skin effect* calculé pour un coefficient d'effet pariétal (*skin factor)*
- Les pertes de charges dans les tubages
- Les pertes de charges dans la colonne d'exhaure associée à l'électropompe de production immergée.
- Une pression de consigne en entrée en échangeur fixée à 10 bars et 8 bars en sortie (au débit maximum produit/échangé).

Les courbes caractéristiques prévisionnelles présentées dans les paragraphes suivants ont été élaborées à partir des hypothèses des données de productivité et d'injectivité du réservoir résumées dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Caractéristiques hydrothermiques locales

PARAMETRE	Puits
	GGAR3/GGAR4
Profondeur du toit du réservoir objectif (mNGF)/mTVD	-1 595/-1 637
Température au toit du réservoir producteur (°C)	65 (±2)
Température d'injection (°C)	30
Transmissivité (darcy-mètres)	75/55
Coefficient d'effet pariétal (*skin factor*) (s.d.)	-2
Indice de productivité (m^3/h/bar)	52,3
Indice d'injectivité (m^3/h/bar)	20,8
Epaisseur réservoir nette (m vert.)	15
Pression statique en tête de puits (bar)	7
Salinité du fluide (g/l éq. NaCl)	27
Espacement au toit du réservoir objectif des impacts du doublet (m)	1593

Les hypothèses prises pour le dimensionnement des moyens de pompage du nouveau doublet sont les suivantes :

- mode d'exploitation par groupe de pompage immergé ;
- Rugosité de l'acier de 1mm (état dégradé)
- Pour le puits producteur GGAR3 :
    - l'indice de productivité du réservoir est estimé à 52,3 m^3/h/bar ;
    - la température de production en tête de puits est estimée à 63,5 ± 2°C ;
    - la pression artésienne est estimée à 7 bar ;
    - Colonne d'exhaure d'une longueur de 400 mètres et d'un diamètre de 200 mm ;
- Pour le puits injecteur GGAR4 :
    - l'indice d'injectivité du réservoir est estimé à 20,8 m^3/h/bar ;
    - la température de réinjection minimale est de 30 °C ;
    - la pression artésienne est estimée à 7 bar.
- débit d'exploitation variant de 250 à 350 m^3/h.

1.21.2. estimation du niveau dynamique

Le dimensionnement définitif des équipements de production dépendra des résultats des essais de production et de réinjection réalisés en fin de travaux de forage (cf. Chapitre 4).

La Figure 51 illustre l'estimation du niveau dynamique dans le puits en fonction du débit d'exploitation. Ce dernier dépend de plusieurs paramètres incluant les pertes de charges dans les tubages et l'indice de productivité du puits (fonction de la transmissivité et du skin).

La profondeur d'immersion finale de la pompe sera ajustée en fonction des résultats des essais de boucle prévus lors de sa mise en service.

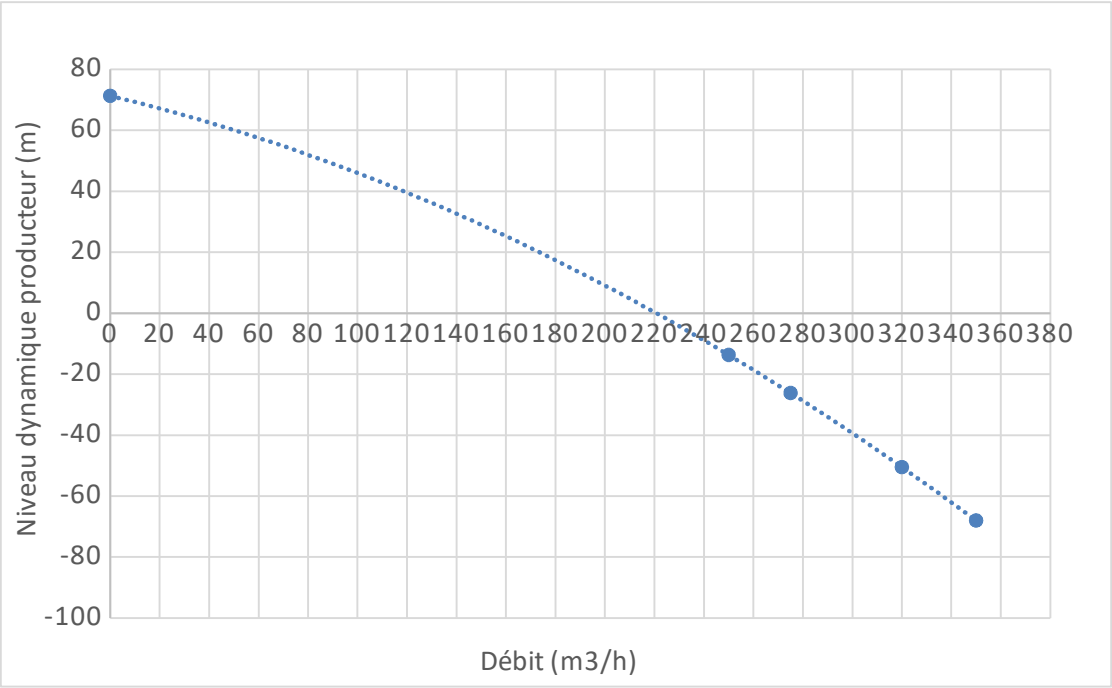


Figure 51 : Niveau dynamique du puits producteur GGAR3

1.21.3. Pression d'injection prévisionnelle

L'injectivité dépend de la capacité du réservoir à absorber le débit (pertes de charge linéaires) injecté et des pertes de charge quadratiques induites par les cuvelages.

La température de la colonne d'eau joue un rôle significatif dans le calcul des pressions d'injection en tête de puits.

Toute valorisation thermique du fluide allant dans le sens de l'optimisation de la température de réinjection, minimise la consommation d'énergie nécessaire à la réinjection (l'impact de masse volumique dans le réservoir étant supérieur à l'impact de viscosité). Les calculs sont réalisés pour une température de réinjection minimale de 30°C et une gamme de débit variant de 0 (statique) à 350 m^3/h (pointe).

La Figure 52 traduit l'évolution de la pression d'injection en fonction du débit d'exploitation qui se situe à 30,3 bar pour un débit d'exploitation de 350 m^3/h.

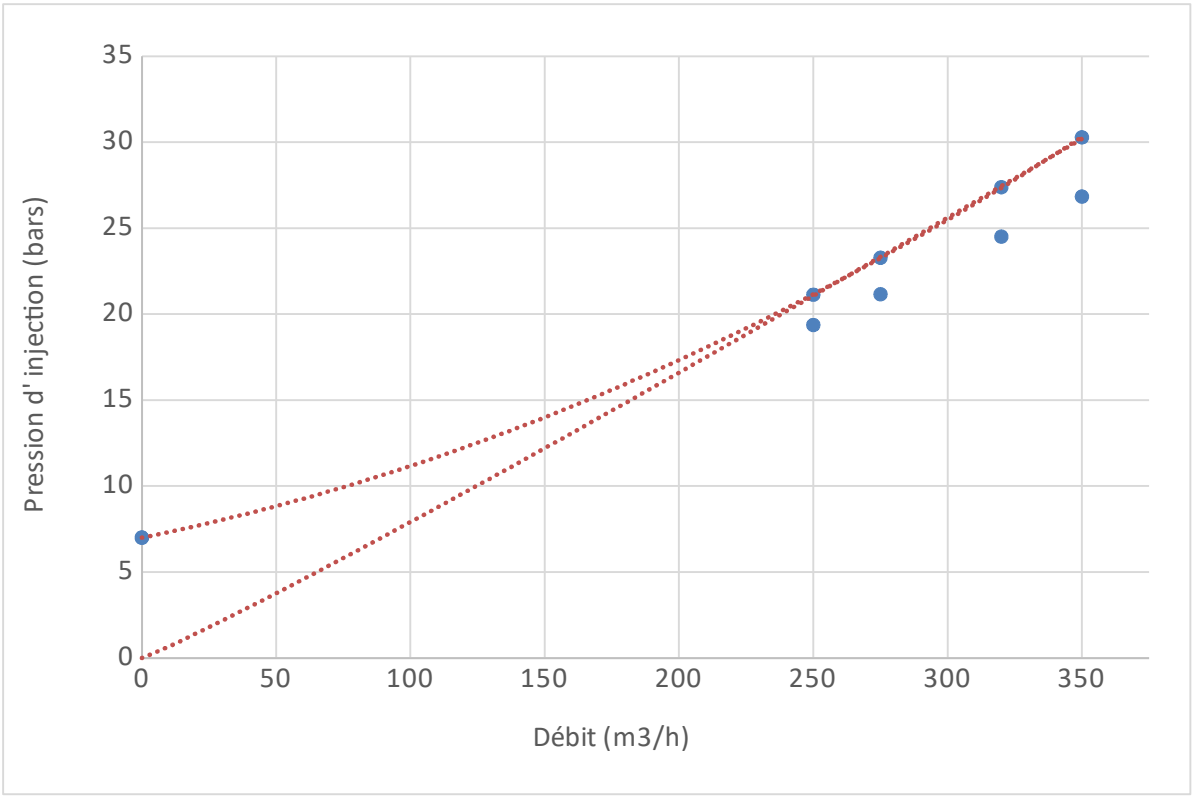


Figure 52 : Pression d'injection du puits injecteur GGAR4

1.21.4. Puissance de pompage

Compte tenu des contraintes et des conditions de fonctionnement, les équipements de pompage immergés utilisés en géothermie pour les eaux du réservoir objectif (Dogger) sont issus de la technologie pétrolière réputée robuste pour ce type d'application.

La puissance hydraulique de pompage et l'encombrement de la chambre de pompage impliquent l'utilisation d'un moteur à induction type cage d'écureuil et d'un câble électrique haute tension immergés.

Afin de réduire les sections des équipements électriques immergés, il convient de fonctionner sous des tensions électriques variant de 1000 à 4000 V entre 30 et 60 Hz en fonction de la puissance hydraulique appelée. L'augmentation de la tension sera réalisée au moyen d'un transformateur élévateur placé en amont ou aval du variateur de fréquences autorisant un fonctionnement à vitesse variable.

La variation du débit géothermal en fonction des besoins en chaleur du réseau, sera régulée par les variateurs de fréquence d'exhaure et de réinjection.

Une bonne qualité du courant et de la tension (emploi si nécessaire de filtres sinus sur le variateur de production) délivrés aux équipements électriques immergés, est indispensable pour assurer leur longévité.

La consommation d'énergie électrique de pompage est essentiellement fonction du débit géothermal et de la hauteur manométrique que développera l'hydraulique de pompage pour extraire et injecter l'eau géothermale.

Les rendements et les pertes de charge des équipements du système de pompage ont également une influence sur la consommation d'énergie électrique.

Les équipements de pompage présenteront des caractéristiques de puissance hydraulique très proches de celles du groupe de pompage d'exhaure, restant entendu que :

- les rendements des équipements de pompage de surface supérieurs à ceux des équipements de pompage immergés ont été fixés à 65% contre 55% pour les équipements immergés (toutes pertes confondues).

Les puissances de pompage afférentes à l'électropompe de production immergée et à la pompe d'injection de surface sont consignées en Figure 53.

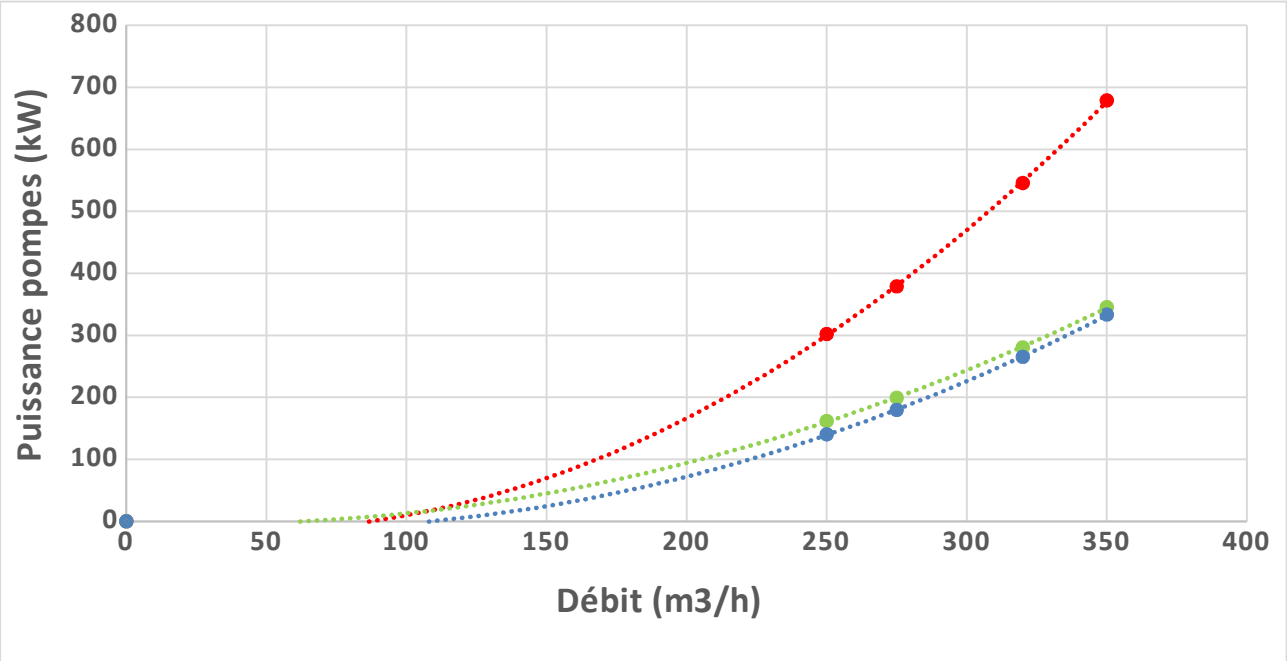


Figure 53 : Puissance de la pompe de production immergée (GGAR3) et de la pompe d'injection de surface (GGAR4)

Le Tableau 19 détaille les valeurs de HMT et le calcul des puissances appelées par les pompes d'exhaure et d'injection.

Tableau 19 : HMT et Puissances nominales de pompage

DEBIT (m^3/h) ITEM	250	275	320	350
PRODUCTION				
HMT (bar)	12,8	14,3	17,3	19,5
Puissance (kW_{el})	161,8	199,2	280,5	345,5
INJECTION				
HMT (bar)	13,1	15,3	19,4	22,3
Puissance (kW_{el})	140,3	179,7	225,3	333,5
Puissance de pompage totale				
	302,1	378,9	545,7	679

La puissance totale dissipée par les systèmes de pompage de production et d'injection, pour un débit géothermal de 350 m^3/h, s'élèveront à environ 679 kW_{el}.

1.22. Définition des paramètres du permis d'exploitation

Le permis d'exploitation est demandé pour une période de 30 ans, suite à la réalisation des forages.

1.22.1. Périmètre d'exploitation

Le périmètre d'exploitation sollicité est la projection horizontale de l'enveloppe du volume d'exploitation.

Pour un doublet de forage, il a la forme d'un « stade » ou d'une « gélule », où P et I représentent les points d'impact au niveau du Dogger respectivement des puits producteur et injecteur (Cf. Figure 30).

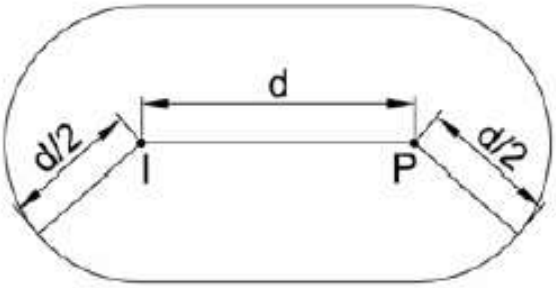


Figure 54 : projection horizontale du volume d'exploitation

Ce périmètre s'étendra sur quatre communes (du Val d'Oise et de la Seine-Saint-Denis), Stains, Garges-Lès-Gonesse, Arnouville, Bonneuil-en-France, occupant à terme une aire de 4.5 (+/-0.3) km² (Cf. Figure 55).

Les coordonnées des têtes de puits sont ajustées après relevé du géomètre. Les coordonnées en fond de puits sont prévisionnelles et dépendent des résultats du forage. Un écart de d'une dizaine de mètres en profondeur est plus que probable en raison des incertitudes liées au sous-sol.

Les coordonnées au toit du réservoir doivent généralement être ajustées en fonction des résultats de forage. Un cône d'erreur de 50 m autour des impacts prévisionnel est usuellement toléré, cela se traduit également dans le périmètre d'exploitation afférent. Dans le cas du projet de Garges, il faudra veiller à ce que cette tolérance ne s'applique que vers le nord-ouest du projet, afin de ne pas superposer les permis d'exploitations de Garges et Dugny.

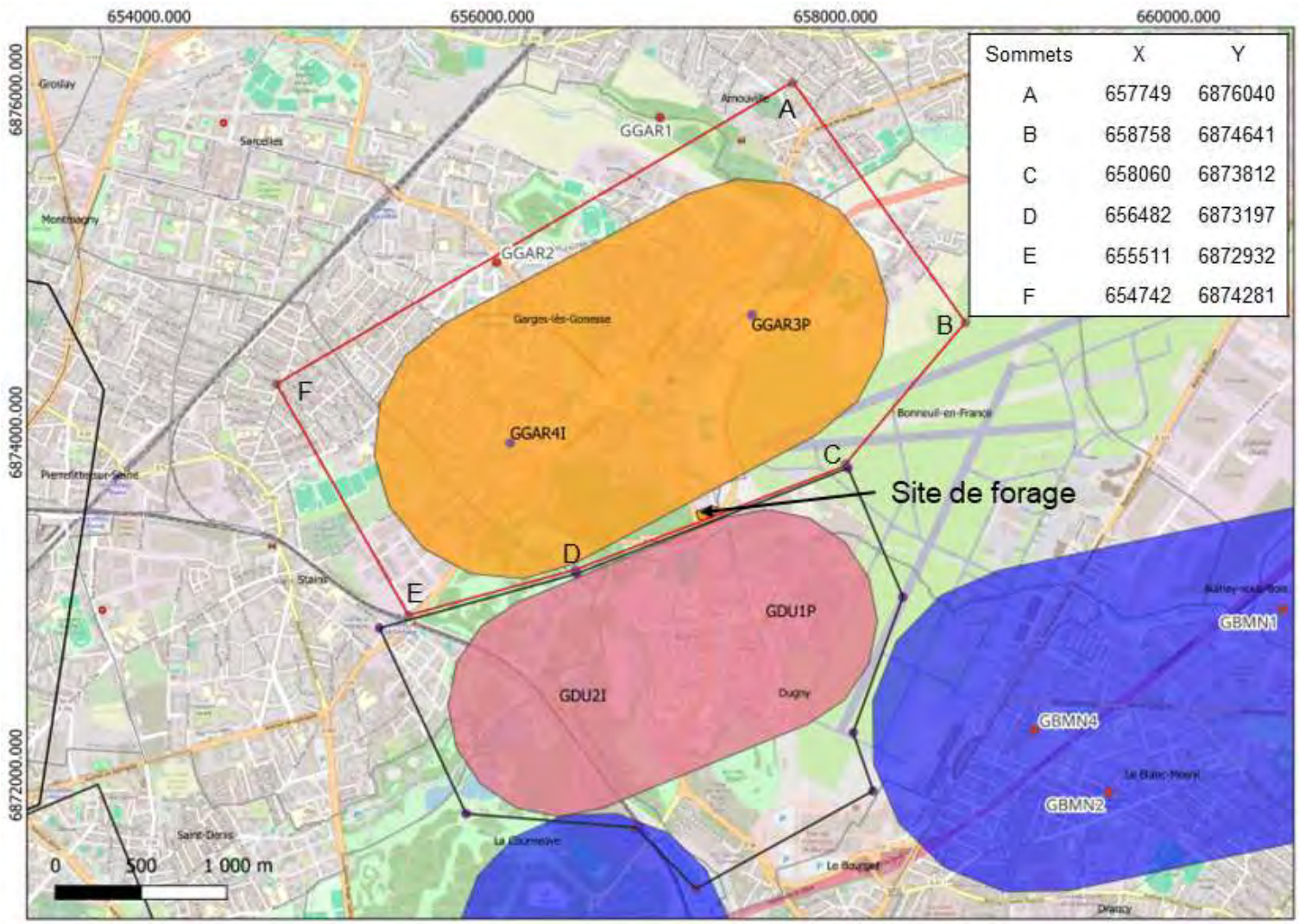


Figure 55 : Autorisation de recherche sollicitée (polygone ABCDEF en rouge) et gélule d'exploitation prévisionnelle (en orange). Périmètre de recherche de Dugny en noir avec la gélule prévisionnelle en rose. Permis actifs en bleu.

1.22.2. Calcul du volume

Le volume d'exploitation prend en compte les éléments du sous-sol, à savoir :

- Les impacts réels des puits au toit du réservoir,
- L'épaisseur du réservoir.

D'après les données prévisionnelles présentés dans les paragraphes précédents, l'air de la surface projetée du permis d'exploitation serait de 4.5 km², l'épaisseur maximale du réservoir traversée serait comprise entre le -1590 m NGF (côte du sabot du puits injecteur) et -1620 m NGF (côte de fond de puits du producteur), soit 30m d'épaisseur, et un volume correspondant de 135 millions de m^3.

1.22.3. Puissance calorifique

Le débit maximal demandé est de 350 m^3/h, la température moyenne d'injection de 40 °C.

La puissance thermique s'exprime comme suit :

$$P_{thermique} = 1.161 * Q_{max} ¿$$

Avec $T_{maxprod}$ la température maximale en tête de puit et T_{mininj} la température minimale de réinjection dans le réservoir. En considérant un gradient géothermique de 3.4°C/100 m, la température de production en tête de puits est estimée à 65 +/- 2°C. Pour une température de réinjection minimale de 30°C, la puissance thermique seront donc de 14 +/-1 MW.

La puissance thermique maximum demandée correspond au cas le plus favorable où la température de production et les débits sont maximum (Q_{max} = 350 m3/h, $T_{maxprod}$ = 67°C, soit un ΔT de 37°C), soit **une puissance de 15MW**.

1.23. Contraintes liées au fluide

1.23.1. Corrosion

La nature agressive de l'eau du Dogger est en partie due à sa composition chlorurée sodique avec une salinité de l'ordre de 27 g/l (10 g/l à 20 g/l attendu sur ce site), qui lui donne un caractère corrosif. Des facteurs aggravants de la corrosion tels que l'activité bactérienne ou la teneur en sulfure, sont connus dans cet aquifère. La présence de gaz est également dommageable aux équipements, dès lors qu'un fonctionnement au-dessus de la pression de point de bulle n'est pas respecté.

Le suivi de la corrosion sur les doublets est réalisé au moyen de coupons témoins immergés dans le fluide géothermal et dont la pesée différentielle (avant et après séjour dans l'eau géothermale), tous les 3 mois, permet une estimation de la vitesse moyenne de corrosion des tubages sur la durée considérée. La corrosivité de l'eau du Dogger non traitée est de l'ordre de quelques dixièmes à quelques mm/an sur l'acier au carbone.

La mise en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion, dès la mise en service des installations, dans le puits de production est une nécessité dans le cas de réalisation de puits en acier. Il permet de diviser par un facteur d'environ 5 à 10 les vitesses de corrosion sur l'acier au carbone des cuvelages. Ce dispositif consiste en un tube de traitement de petit diamètre descendu dans le puits producteur jusqu'au sabot du tubage et injectant en continu un produit inhibiteur. Il est relié en surface à une station d'injection dont le fonctionnement est asservi au débit d'exploitation.

La mise en place de ce traitement ne justifie pas l'abandon de certaines règles de l'Art en matière d'exploitation, telles que le respect de la pression de point de bulle ou le choix de matériaux adéquats par exemple.

En outre, les processus de corrosion constituent un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages et donc de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, en particulier celui de l'Albien. Au droit de cet aquifère, un double tubage est mis en place et l'espace annulaire est cimenté afin de constituer une barrière étanche et minimiser ainsi le risque de perforation des cuvelages.

En tout état de cause, les paramètres de la corrosion font l'objet, en cours d'exploitation, d'un suivi rigoureux dont le contenu et la fréquence sont intégrés à l'arrêté préfectoral d'exploitation.

Un bureau d'étude spécialisé en en exploitation, réalisera les suivis périodiques de puits et les supervisera.

1.23.2. Risques de dépôts

La composition chimique de l'eau du Dogger induit un risque de dépôts de sulfures de fer et de carbonates (de fer et de calcium), dès lors que l'eau est refroidie et/ou dégazée.

Le niveau de risque est quantifié par l'indice de saturation du fluide vis-à-vis de chaque phase minérale susceptible de précipiter. Cet indice évolue en fonction du pH, de la température et de l'état d'oxydation de l'eau (potentiel redox). Le maintien d'une pression, en tout point de l'installation, supérieure à la pression de point de bulle, permet de limiter ce risque.

1.23.3. Filtration

Une filtration des fines particules doit être mise en place en entrée de centrale et si besoin en entrée des échangeurs afin d'éviter le colmatage de ces derniers.

En effet, à la production, l'eau du Dogger véhicule des particules dont la granulométrie et la quantité varient en fonction de la lithologie des niveaux producteurs et des vitesses d'écoulement dans la formation et les cuvelages.

A la réinjection, l'aquifère calcaire est relativement tolérant quant à la teneur en particules du fluide

1.23.4. Contrôles périodiques et suivi de l'exploitation

Le contrôle se conformera à l'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation.

Les permis actuels mentionnent les obligations exposées ci-après. Ils peuvent être ajustés suite à la réalisation des puits et au regard de la qualité des ouvrages (qualité de la cimentation notamment).

1.23.5. Contrôle périodique de l'installation et des équipements

Les installations et équipements constituant la boucle géothermale doivent être maintenus en permanence en état de propreté et de bon fonctionnement.

Un suivi des paramètres électromécaniques des équipements de production constituant la boucle géothermale (variateurs de fréquence, vannes, échangeurs…) sera réalisé.

Ces auscultations permettent de détecter des dérives ou l'évolution de paramètres symptomatiques de dysfonctionnements de matériel ou l'évolution des paramètres hydrodynamiques de l'ensemble réservoir/puits. Toute dérive fait l'objet d'une analyse conduisant, si besoin, à l'organisation d'une intervention d'entretien ou de renouvellement.

Les éléments suivants sont rapportés et comparés avec ceux de l'auscultation précédente tous les trois mois :

- La productivité des puits d'exhaure (niveau hydrodynamique et rabattement) ;
- L'injectivité du puits d'injection ;
- L'état du groupe de pompage d'injection (consommation électrique, puissance, rendement) ;

Chaque intervention sur site fera l'objet d'un rapport détaillé où seront reportées les mesures réalisées, les observations particulières, les recommandations et toute suggestion relative à un éventuel désordre. Le rapport sera diffusé à la DRIEAT, au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation.

Par ailleurs, un contrôle régulier des éléments suivants sera réalisé par l'exploitant :

- Le bilan thermique des échangeurs (efficacité, pertes de charge) ;
- L'état des dispositifs de sécurité et de mesure : vannes de barrage en tête de puits, clapets anti-retour, manomètres, thermomètres…
- L'état des régulations.

1.23.6. Contrôles périodiques de la ressource

L'exploitant de surface réalise quotidiennement un relevé des débits, températures, pressions et de l'énergie thermique transférée au réseau. Cette surveillance permet de s'assurer du bon fonctionnement des installations et d'optimiser l'appoint sur le réseau. Les données sont enregistrées soit de façon numérique, soit dans un registre papier. Elles sont ensuite mises à disposition sur la base de données en ligne *Gestion du Dogger* du BRGM, par envoi trimestriel du tableau suivant complété (Tableau 20).

Tableau 20 : Tableau de suivi des paramètres d'exploitation, à envoyer chaque trimestre au BRGM

Opération géothermique de :

Informations/Observations sur les conditions d'exploitation

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
jour et heure (jj/mm/aaaa hh:mm)	Flag état fonctionnement de la boucle GTH/On-Off : **1**=OK ; **2**=indisponible ou non représentatif ; **-1**=faux ou incohérent	Pression Aspiration Production /Pap/bar	Pression Refoulement Production/Pp/bar	Pression Aspiration Injection /Pai/bar	Pression Aspiration Injection /Pai2/bar	Pression Refoulement Injection/Pi/bar	Pression Refoulement Injection/Pi2/bar	Température extérieure/Text/°C	Température de Production/Tp/°C
commentaires				si puits injecteur **unique** d'un **doublet** ou **1er puits** injecteur d'un **triplet**	si **second** puits injecteur d'un **triplet**	si puits injecteur **unique** d'un **doublet** ou **1er puits** injecteur d'un **triplet**	si **second** puits injecteur d'un **triplet**		

0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
jour et heure (jj/mm/aaaa hh:mm)	Température supplémentaire 1 - Départ réseau T1/°C	Température supplémentaire 2 - Retour réseau T2/°C	Température d'Injection/Ti/°C	Puissance Electrique Production/Wp/kW	Puissance Electrique Injection/Wi/kW	Puissance Electrique Injection/Wi2/kW	Débit Géothermal de Production Qp/m^3/h	Débit Géothermal d'Injection Qi1/m^3/h	Débit Géothermal d'Injection Qi2/m^3/h	Sonde de Corrosion/Cor/ mm/an
commentaires					si puits injecteur **unique** d'un **doublet** ou **1er puits** injecteur d'un **triplet**	si **second** puits injecteur d'un **triplet**		**premier** puits injecteur d'un **triplet**	**second** puits injecteur d'un **triplet**	

Tous les évènements dont les interventions telles que les nettoyages de filtre, les contrôles particuliers et les incidents survenus sur la boucle géothermale, y sont également enregistrés.

Les mesures, les enregistrements et les évènements relevés au cours des cinq dernières années sont tenus à la disposition des agents de la DRIEAT. Ces données doivent lui être transmises annuellement et une synthèse trimestrielle doit être produite

1.23.7. Contrôles périodiques des ouvrages

Corrosion

En complément du suivi chimique des paramètres indicateurs de la corrosion (fer et sulfures), le suivi de la corrosion sur ce doublet géothermal sera réalisé au moyen de coupons témoins immergés dans le fluide géothermal et dont la pesée différentielle (avant et après séjour dans l'eau géothermale) tous les 3 mois permet une estimation de la vitesse moyenne de corrosion des tubages sur la durée considérée. Les coupons témoins sont réalisés dans un métal de même nuance que le tubage équipant les puits géothermiques. Ils permettent donc de simuler l'effet de la corrosion de l'eau géothermale.

Une estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion sera présentée tous les trois mois à la DRIEAT pour l'estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion/dépôts dans la partie de la boucle en surface.

Suivi hydrodynamique des puits

L'objectif du contrôle des caractéristiques des ouvrages et équipements de pompage est d'identifier des variations de fonctionnement et d'en diagnostiquer les origines possibles.

Les mesures des caractéristiques des puits et leurs évolutions sont les principaux indicateurs de l'état des puits et des performances du réservoir.

Les mesures de consommations, puissance électriques et rendement des pompes informent sur le fonctionnement des équipements de pompage. Ces mesures sont alors complétées par des mesures trimestrielles de pertes de charge en surface afin d'identifier des encrassements éventuels qui auraient un impact sur les performances des équipements.

Etat des tubages et principes de diagraphies différées

Le principe d'une diagraphie est de faire remonter à faible vitesse le long du tubage un outil de mesure afin de mesurer les variations d'épaisseur du tubage dues aux dépôts ou à la corrosion.

Les parois des tubages des puits sont maintenues dans un état de surface suffisant pour assurer la validité des contrôles visés ci-dessous. Dans l'éventualité où l'épaisseur des dépôts sur les parois des tubages dépasse 2 cm, le titulaire procède au nettoyage des puits ou adresse au préfet des Hauts-de-Seine et à la DRIEAT un argumentaire justifiant le report de l'opération de nettoyage à une échéance donnée.

Calibration des tubages

Classiquement, pour vérifier l'état des tubages, ce sont les diagraphies de diamétrage qui sont utilisées. Elles mettent en œuvre des outils multi bras (40 ou 60 bras pour les plus courants) qui sont descendus au fond des puits et communiquent en surface, via une télémétrie et un câble de suspension, les valeurs des rayons du tubage. Ces mesures permettent de mesurer les phénomènes de corrosion et de dépôts pouvant affecter les puits.

Les inspections sont réalisées tous les 3 ans et à l'issue de chaque opération de nettoyage des parois sur les puits d'injection et tous les 5 ans sur le puits de production (ainsi qu'à l'occasion d'une opération de remontée d'équipements tels que la pompe, le tube d'injection d'inhibiteur si le dernier contrôle date de plus de 3 ans, ou après chaque opération de nettoyage des parois).

Contrôle de cimentation

A la demande de la DRIEAT pourront être mis en œuvre des diagraphies de contrôle de cimentations des annulaires entre tubages et formations et entrefers entre deux tubages mettant en œuvre des outils de type CBL-VDL ou imageurs USIT/URS.

Les comptes rendus de ces différentes diagraphies sont diffusés dans un délai de deux mois après leur réalisation au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation et le suivi ainsi qu'à la DRIEAT.

1.23.8. Contrôles périodiques du fluide géothermal

L'objectif du suivi chimique de la qualité du fluide géothermal est d'identifier d'éventuels problèmes survenant en sous-sol à partir de mesures faites en surface.

Les paramètres physico-chimiques, mesurés sur site, sont les premiers indicateurs de stabilité ou d'évolutions des propriétés de l'eau géothermale produite. Les mesures des teneurs en ions majeurs, réalisées en laboratoire, complètent ces mesures en quantifiant pour chaque ion l'évolution de sa teneur dans l'eau géothermale. La mesure des gaz dissous contribue à l'évaluation des modifications des propriétés de l'eau géothermale.

Les mesures des éléments significatifs de la corrosion (fer et souffre), la recherche bactériologique ainsi que la mesure des teneurs en matières en suspension informent sur l'évolution des phénomènes de corrosion/dépôts affectant le puits producteur et par conséquence le puits injecteur.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques seront réalisées selon la fréquence présentée dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Fréquence des contrôles périodiques des paramètres physico-chimiques du fluide géothermal

Paramètres	Périodicité
Fer total et dissous, sulfure, mercaptans Température, pH, Eh, conductivité	6 fois par an
SiO_2, Na, Ca, K, Mg, HCO_3, Cl, SO_4, Mn, NH_4, Sr, F	3 fois par an

Comptage des particules microniques – Mesure de la filtrabilité et des matières en suspension Détermination de la présence de bactéries sullfatoréductrices et de ferrobactéries	
Mesure des teneurs en gaz libres et dissous : N_2, CH_4, H_2, H_2S, CO_2 Recherche des traces d'O_2, H_2 – Contrôle de la valeur du point de bulle Détermination du rapport gaz/liquide (GLR)	Une fois par an

A l'issue de chaque série de mesures, les éléments sont rapportés et comparés avec ceux de la visite précédente. Les mesures sont interprétées en termes de :

- Variation de la composition chimique du fluide et notamment de sa conformité avec les caractéristiques de l'eau du Dogger au droit du site ;
- Évolution de la quantité et de la qualité du gaz et implication sur les conditions d'exploitation ;
- Examen des indicateurs de corrosion/dépôts ;
- Évolution de la charge solide ;
- Nature et abondance des colonies bactériennes.

Les interprétations conduisent, selon les cas, à des mesures correctives d'exploitation ou à des diagnostics de désordres nécessitant des actions curatives.

Le rapport sera diffusé trimestriellement à la DRIEAT, au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation.

4. PROGRAMME DE TRAVAUX

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

1.24. Introduction

Ce chapitre est dévolu à la présentation du programme technique de réalisation des puits GGAR3 et GGAR4 du futur doublet de Garges-lès-Gonesse. Les contextes géologique et hydrogéologique font l'objet d'une présentation au Chapitre 3.

Les caractéristiques favorables du réservoir permettent d'envisager une production géothermale à une température de surface d'environ 65°C (+/-2°C) et à des débits d'exploitation de l'ordre de 350 m3/h. On ajoutera que le degré d'incertitude sur ces valeurs reste faible au vu des résultats positifs des opérations de géothermie voisines.

Le programme de forage comprend la réalisation des deux puits à architecture conventionnelle, nommés respectivement GGAR3 (producteur) et GGAR4 (injecteur) tubés jusqu'au toit du réservoir objectif (Dogger) ainsi que l'exploitation en découvert des drains forés dans le réservoir. Le programme de test et de diagraphies différées proposé est un programme classique entrepris lors de la réalisation de doublets géothermiques dans le réservoir du Dogger du Bassin parisien. Ce programme de forage s'étendrait de 100 à 130 jours (mobilisation et démobilisation de l'appareil de forage incluse).

Les travaux suivront les orientations portées par le « guide des bonnes pratiques d'un forage pour la géothermie en aquifère profond » issu d'un projet porté par l'ADEME et le BRGM et publié au début de l'année 2016 (mises à jour en octobre 2021).

Les différents travaux de réhabilitation ou de forages de puits géothermiques réalisés ces dernières années ont permis de constituer une base expérimentale robuste des meilleures techniques et pratiques recommandées pour éviter les dysfonctionnements ou les incidents constatés par le passé, susceptibles de remettre en cause la pérennité des ouvrages.

La mobilisation de la ressource géothermale locale s'articulera succinctement selon le phasage suivant, en lien avec la consultation publique en cours :

- élaboration d'un programme de développement en accord avec l'adéquation entre la ressource géothermale (débit, température) attendue et les besoins du réseau de chaleur,
- définition d'un schéma minier (type doublet), d'une architecture puits et d'une boucle géothermale (interface puits/réseau) aptes à sécuriser l'objectif de production (mission PRO) ;
- affrètement d'un appareil et d'une dotation de forage appropriés dont l'empreinte au sol et la signature acoustique sont compatibles avec les contraintes logistiques (accès, transports) et environnementales (habitats, végétation, faune) locales du site sélectionné ;
- engagement des travaux de Génie Civil préparatoires à l'installation de l'appareil et de la dotation de forage ;
- réalisation du programme de forage, complétion et essais validant la ressource et son exploitation ultérieure ;
- établissement du cahier des charges des équipements, prestations et services requis par la mise en œuvre de la boucle géothermale ;
- réception des travaux et équipements ;
- mise en service du doublet géothermique de chauffage urbain.

<table>
<tr><td>Intitulé du projet</td><td>Réalisation d’un doublet géothermique de chauffage urbain sur la commune de Garges-lès-Gonesse</td></tr>
<tr><td>Département</td><td>Val-d’Oise (95)</td></tr>
<tr><td>Localisation du site d ’implantation</td><td>Phase travaux
Parcelle cadastrées AW 106, AW126, AW127, AW128 et une partie des parcelles cadastrées AW108, AW109 et AW115 du cadastre de Garges-lès-Gonesse (Avenue Ambroise Croizat)
Phase exploitation
AW106 et AW126</td></tr>
<tr><td>Objectif</td><td>Réalisation de deux puits (un injecteur et un producteur) pour constituer un doublet géothermique</td></tr>
<tr><td>Maître d’Ouvrage</td><td>Ville de Garges-Lès-Gonesse et son délégataire CORIANCE, via la société Energie Verte de Garges</td></tr>
<tr><td>Maîtrises d’œuvre</td><td>Surface : Coriance
Sous-sol : GPC-IP</td></tr>
<tr><td>Classification minière</td><td>Forage de gîte géothermique</td></tr>
<tr><td>Aquifère cible/ressource sollicitée</td><td>Calcaires oolithiques du Dogger (Bathonien)</td></tr>
<tr><td>Type d’ouvrage</td><td>Doublet avec architecture conventionnelle</td></tr>
<tr><td>Coordonnées cible du toit du réservoir</td><td>
<table>
<tr><td></td><td>GGAR3 P</td><td>GGAR4 I</td></tr>
<tr><td>x</td><td>657512
+/-50m</td><td>656105
+/-50m</td></tr>
<tr><td>y</td><td>6874686
+/- 50m</td><td>6873938
+/-50m</td></tr>
<tr><td>z</td><td>-1600m NGF +/-30</td><td>-1600m NGF +/-30</td></tr>
</table>
Les profondeurs finales pourront être inférieures ou supérieures en fonction des résultats observés.
</td></tr>
<tr><td>Production géothermale</td><td>Puissance thermique maximale : 15 MW (14 +/-1 MW)
Taux de couverture ENR par la géothermie 62%</td></tr>
<tr><td>Calendrier prévisionnel</td><td>Voir planning au 4.3.7</td></tr>
<tr><td>Date prévisionnelle de début des travaux de forage</td><td>Été 2024</td></tr>
<tr><td>Durée prévisionnelle des travaux de forage</td><td>100 à 130 jours</td></tr>
<tr><td>Date prévisionnelle de mise en service</td><td>Saison de chauffe 2025</td></tr>
</table>

1.25. Exposé des méthodes de forages envisagées

1.25.1. Principe et méthodologie des travaux de forage

Mise en place du tube guide

Compte tenu de l'instabilité des terrains de surface dans le secteur (Sables de Fontainebleau, Sables de Montceaux, Sables de Beauchamp …), mais surtout en raison de la présence de captage d'eau potable dans les aquifères du Lutétien, de l'Yprésien et de l'Albien, il est indispensable de réaliser un « avant-puits » au forage. Cet avant-puits est un trou de diamètre généralement de 36/40'', souvent réalisé par la méthode de havage et arrêté à la côte de refus (généralement autour de 40 m, ici 50 m). On l'équipe alors d'un tube guide en acier roulé/soudé de diamètre 30''. Il permettra donc la protection des aquifères superficiels.

Le forage « rotary »

Le forage *rotary* utilise un trépan (ou outil), à dents ou monobloc, sur lequel on applique une force procurée par un poids, tout en l'entraînant en rotation. Forage *rotary* pour le forage « droit » (vertical et *slant*), et alternance de *rotary* et *sliding* lors du forage dirigé. Le terrain foré étant totalement détruit, on parle de forage destructif.

Le poids appliqué sur l'outil est fourni par les masses-tiges vissées au-dessus de l'outil et prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage, simples tubes vissés entre eux et qui assurent la transmission du mouvement de rotation et la canalisation du fluide de forage. Le mouvement de rotation est obtenu par une tête d'injection rotative (*top drive*) montée sur une glissière dans le mât.

Le mât est la superstructure métallique montée à l'aplomb du puits qui permet la manutention des tiges et soutient leur poids (Figure 56).

On injecte en continu un fluide au niveau du trépan (Figure 57) de manière à emporter les débris hors du trou grâce au courant ascensionnel du fluide vers la surface. Le fluide de forage, appelé boue, constitué d'un mélange d'eau et de bentonite (argile naturelle) est utilisé en circuit fermé et injecté par une pompe à haute pression. Il assure la remontée des déblais produits par l'action des dents de l'outil, contribue au soutien des parois du puits par formation d'un *cake* et maintient en place par pression hydrostatique les fluides présents dans les terrains perméables.

Le puits est foré par intervalles ou phases de diamètres décroissants et concentriques. A la fin de chaque phase, un tubage en acier est mis en place dans le puits puis cimenté à l'extrados jusqu'à la surface, les aquifères stratégiques protégés du Bassin Parisien doivent être sécurisés au moyen d'un double tubage cimenté, conformément aux recommandations de la DRIEAT. En général, deux ou trois phases de forage sont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé.

La géologie des réservoirs est également un élément structurant des forages géothermiques. En ce qui concerne les réservoirs calcaires auto-consolidés du type Dogger exploités en trou nu (*open-hole*) l'impact sur la structure du forage se montre relativement négligeable.

Figure 56 : Photo d'un site de forage (Grigny, 2016)

Trépan broyant la roche

Exemple du tubage pour maintenir le puits

Boue de forage utilisée pour lubrifier, refroidir, remonter les débris en cours de forage

Exemple de 4 tubes cimentés

Figure 57 : Illustration des éléments d'un forage

1.25.2. Matériel mis en œuvre pour les travaux de forage

Forage de l'avant trou

Le matériel qui sera utilisé pour réaliser « l'avant trou » des puits GGAR3 et GGAR4 n'est pas encore déterminé et fera l'objet d'une consultation au même titre que pour le forage des puits, lancée au courant de l'été 2023.

Matériel de forage rotary

La réalisation du programme de travaux, tel qu'il est défini dans ce dossier, nécessite l'utilisation d'une machine de forage d'une capacité minimale au crochet de 200 tonnes. Les équipements suivants seront également nécessaires :

- Top drive system (TDS).
- Garniture de forage (BHA), composée de :
  - L'outil tricône à dents ou à picots, ou PDC suivant la phase de forage
  - Stabilisateurs
  - Masses tiges (DC)
  - Tiges lourdes (HWDP)
  - Coulisse de forage (Jar)
  - Tiges de forage (DP)
- Pour les phases déviées, il sera également fait appel aux éléments de garniture (*Bottom Hole Assembly*) suivants (entre l'outil tricône et les masses tiges) :
  - Moteur à déplacement positif coudé ou RSS (*Rotary Steerable System*)
  - Masse tiges non-magnétiques (*Non-Magnetic Drill Collars*).
- Pour le forage du trou ouvert dans le Dogger, la garniture de forage comprendra un système Moteur droit.

Installation électrique

Pour permettre le travail de nuit (et à faible luminosité) dans des conditions de sécurité maximales, une installation électrique d'éclairage sera mise en place sur la zone de travail, les aires de stockage ainsi que l'accès immédiat au chantier. La possibilité de se raccorder au réseau électrique est en cours d'étude. La puissance disponible sera vérifiée. La demande de branchement provisoire est en cours d'instruction.

Fluides

La sollicitation des réseaux d'alimentation en eau potable sera sujette à autorisation des concessionnaires respectifs. Les besoins en eau pour le forage sont très variables, mais on peut les estimer à 7 000 m^3 par puits soit 14 000 m^3 au total (fabrication de boue, cimentation et essais).

La consommation approximative de fioul d'un forage (valeur indicative à confirmer après sélection de l'appareil et dotation de forage) est généralement de l'ordre de 230 m^3 (dans le cas d'une machine de forage branché à des génératrices fiouls). Ainsi, des bacs de rétention (éventuellement des bacs gonflables) seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

Une demande de raccordement provisoire au réseau d'électricité HTA est en cours d'instruction pour alimenter la machine de forage. La consommation de fioul sera donc limitée aux équipements annexes (*forklift*, pompes de test, génératrice de secours, …). L'impact sonore sera lui aussi largement réduit.

1.26. Mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus pour la réalisation des puits

1.26.1. Implantation des nouveaux forages, de l'appareil de forage et de sa dotation.

Le site des travaux se situe sur les parcelles cadastrées AW 106, AW126, AW127, AW128 et une partie des parcelles cadastrées AW108, AW109 et AW115, avenue Ambroise Croizat, jouxtant le Centre Technique Municipal de la commune de Garges-lès-Gonesse (95). La Figure 58 montre le site retenu avec les différentes parcelles cadastrées. Une fois les travaux de forage et de construction de la centrale finis, seule les parcelles AW 106 et AW 126 seront concernées par la centrale et la plateforme.

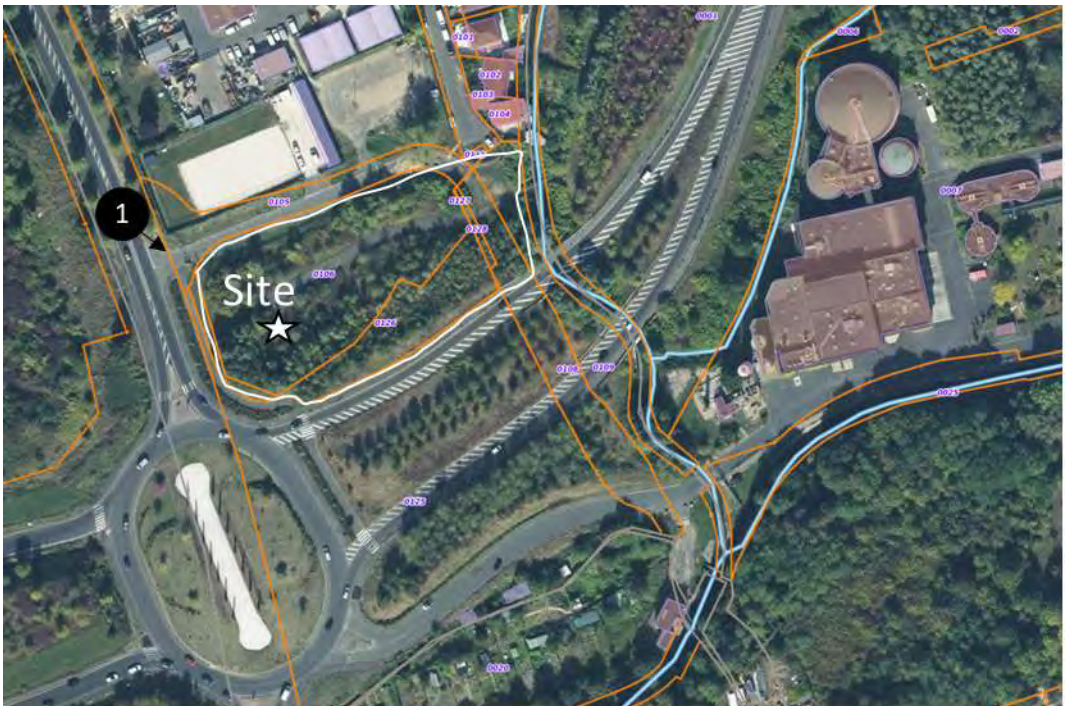


Figure 58 : Vue satellite du site retenu (source : Google Map)

En phase de forage, une surface de 3800 m² sur la moitié est de la parcelle sera réservée pour les travaux. La Figure 59 montre l'implantation du rig de forage, et donc de la zone réservée pour les travaux sur les parcelles AW 106 et AW 126.

Les coordonnées des têtes de puits sont rappelées dans le Tableau 22. Leurs coordonnées seront précisées à la suite de l'implantation proposée par le futur contracteur de forage et finalisé lors du relevé du géomètre. Une marge de sécurité de 50 m est retenue permettant à l'exploitant qui réalisera le projet d'insérer au mieux les têtes de puits afin de permettre l'ensemble des usages actuels du site. Les têtes de puits resteront néanmoins circonscrites dans la parcelle citée. L'emplacement prévisionnel des têtes de puits et de la centrale géothermique est présentée en Figure 60.

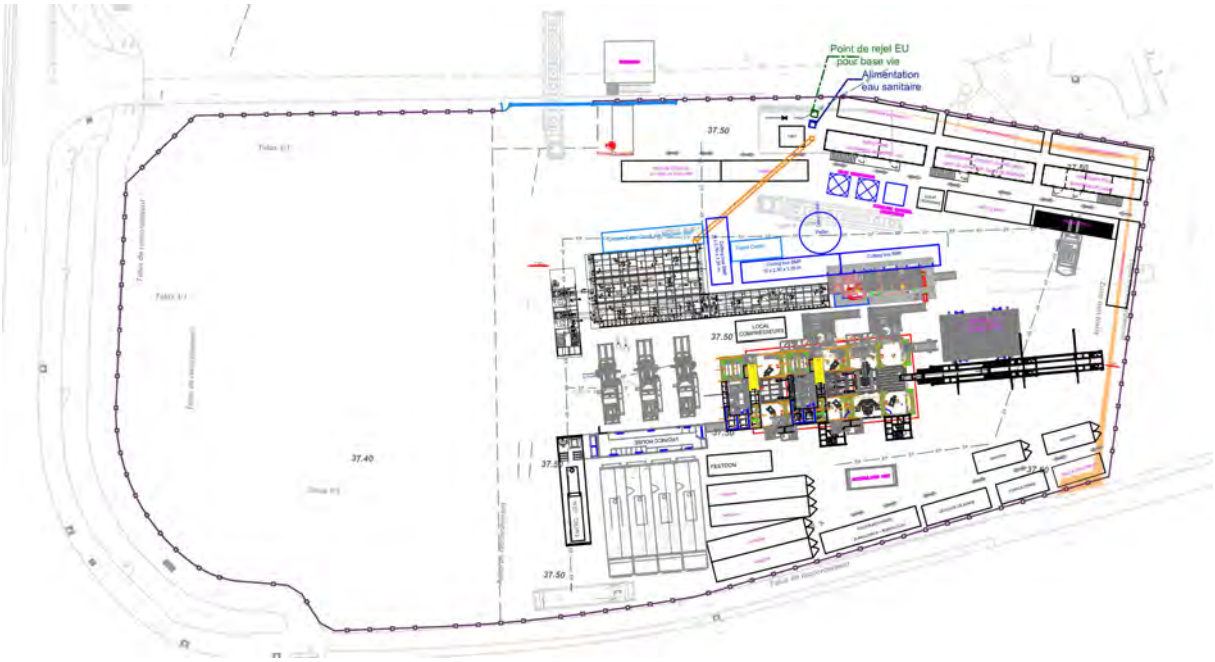


Figure 59 : Schéma d'implentation du rig de forage

Tableau 22 : Coordonnées des têtes de puits GGAR3 et GGAR4 en Lambert 93

	X	Y	Z (mNGF)
GGAR3	657225.5 +/-50 m	+6873520.5/-50 m	37.7 +/- 2 m
GGAR4	657235.5+/-50 m	6873520.5 +/-50 m	37.7 +/- 2 m

Les spécifications importantes, approuvées par le règlement national, concernant les appareils de forage français existants, sont présentées dans le Tableau 23. Certains appareils de forage sont en cours d'acquisition ou d'adaptation pour le marché français et pourront également être mobilisés sur le projet.

Tableau 23: Spécifications de quelques appareils de forages approuvés par le RN existant

Nom du RIG	Hauteur maximale	Hauteur si diminution possible	Capacités statique	Contraintes	Adéquation avec le projet ?
Rig pour travaux de forage (marché français)					
SMP101	38,86 m	38,86 m	200 T	Faible capacité de levage (mais à réévaluer au regard de la déviation et des diamètres forages)	?
SMP104	44,2 m	**41,3 m**	250 T		X
SMP106	44,56 m	**42,2m**	350 T		X
Rig pour travaux de forage (en cours d'acquisition sur le marché français)					
HH220	29,9 m	29,9 m	200 T	Faible capacité de levage.	?
VDD370	31 m	**31 m**	370 T		X

En phase de forage, l'accès des camions au site se ferait par le Nord via la rue Denis Papin leur permettant facilement d'acheminer le matériel et d'évacuer les boues et déblais de forage. Les génératrices seraient localisées côté Sud, afin de limiter les nuisances sonores pour les habitations situées au Nord-Est de la parcelle. Le forage sera réalisé sur une surface de 3800 m², avec la centrale construite sur la partie ouest de la parcelle.

Le plan d'implantation prévisionnel de l'appareil de forage est présenté en Figure 59. S'agissant des impacts générés par le chantier de forage :

- Les nuisances acoustiques engendrées et les éléments de remédiation sont développés dans le chapitre 5. Des dispositions spécifiques seront prises pour protéger les habitants des nuisances, à l'aide notamment, des éléments suivants :la mise en place de capotages et de baches acoustiques au plus proche des sources de bruit ;
- le contrôle en continu du bruit ;
- une réduction des nuisances sonores par le raccordement du chantier au réseau d'électricité (et non à des génératrices à moteurs thermiques) ;
- la présence d'un médiateur travaux sur le chantier si besoin ;
- la mise en place d'un plan de communication avec les riverains.

L'accès sera clôturé, sécurisé et interdit au public pendant les travaux. Une dalle béton de 200 m² recouvrira les têtes de puits, le sol actuel sera préservé autour de cette surface permettant des opérations de maintenance lourdes sur près de 2500 m². Cet aménagement pourra être adapté par les opérateurs afin de respecter l'insertion paysagère du projet.

En phase exploitation, les têtes de puits seront sécurisées et interdites au public. 200 m² autour des têtes de puits seront réservés en permanence afin de faciliter les travaux courants. En cas d'installation d'un rig de réhabilitation / *work over* (opération ponctuelle, Cf. Tableau 24), cette surface réservée pourra s'étendre sur 2500 m² comme énoncé précedemment. Un exemple d'appareil de *workover*, dédié aux opérations de maintenance, réparations lourdes, ainsi que son emprise sur la zone sont représentés en Figure 60.

Tableau 24 : tableau comparatif d'appareils de *workover* courants en adéquation avec le projet.

Nom du RIG	Hauteur maximale	Hauteur si diminution possible	Capacités statique	Contraintes	Adéquation avec le projet ?
Rig pour travaux de réhabilitation/maintenance (tous les 10 à 15 ans)					
SMP2	18,3 m	18,3 m	80 T	Faible capacité. Dépend des opérations à effectuer. En cas d'échec, risque de devoir faire venir un second appareil de plus grande capacité.	?
SMP5	33,5 m	**33,5 m**	110 T	Rig de forage peu utilisé	X
SMP12	22,55 m	**21,3 m**	90 T	Capacité moyenne.	X

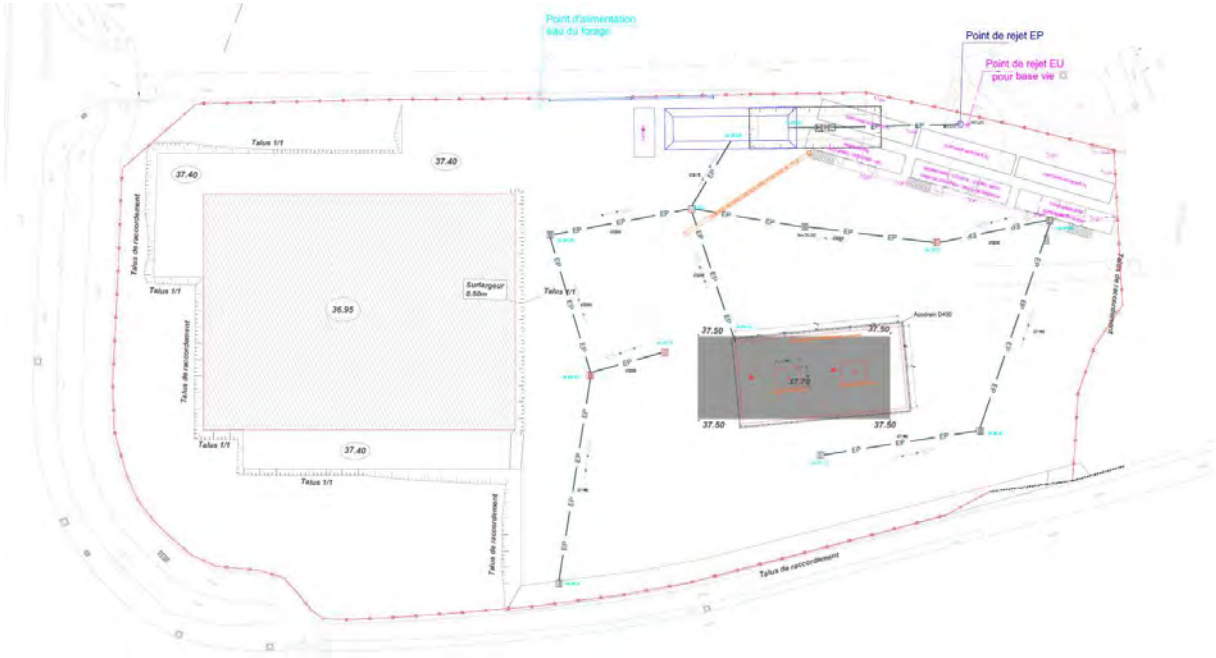


Figure 60 : Emplacement schématique du SMP 104 (similaire à celle du avec altimétrie du SMP 106) centrale, des têtes de puits et de la plateforme et du réseau d'eau pluvial qui sera mis en place pendant les phases de forage

Travaux d'aménagement de surface requis pour la réalisation des puits GGAR3 et GGAR4

La parcelle a été intégralement déboisé pour les travaux de construction de la centrale. Cela correspond à une superficie de 6184 m². CORIANCE a obtenu le permis de construction de la part de la Ville-de-Garges, qui avait connaissance des travaux entrepris et donc des modifications paysagères de la parcelle.

Toutes les précautions ont été et seront prises lors de la réalisation des travaux de préparation de la plateforme et de construction de la centrale, conformément aux points de vigilance identifiés dans l'étude d'impact environnementale réalisée.

Les travaux consisteront à :

- **Clôturer l'aire de travail** en y aménageant un accès (véhicules et évacuation en cas de nécessité), délimitant ainsi le périmètre rapproché de sécurité du chantier et du doublet futur.
- **Permettre le passage** des camions, des engins de manutention et de transport des équipements, lors de la mise en place et du démontage du chantier, ainsi que le passage des engins de manutention des consommables et des matériels tubulaires lors des travaux ; cette aire sera donc traitée en « voirie lourde ». On pourra par exemple aménager une aire concassée compactée sur 40 cm de profondeur ; l'empierrement et le compactage seraient réalisés via la pose d'un géotextile complété par une épaisseur de 10 cm de sablon et d'un empierrage (30x80) sur les 20 cm suivants, terminé par 10 cm d'enrobé bitumineux ;
- **Terrasser/couler** en fonction des résultats et des préconisations des études de sol 3 dalles béton à double ferraillage (double treillis soudé 100 x 100), d'épaisseur 30 à 35 cm et de surfaces 160 m² (appareil), 120 m² (générateurs) et 80 m² (stockage produits) à ciment CP 40-45 de portance minimum 20 MPa ;
- **Forer deux avant-puits**, de diamètre 36/40'', arrêtés à une profondeur de 50 m et équipés d'un tube guide en acier roulé/soudé de diamètre 30'' ;
- **Aménager deux caves de têtes de puits**, de dimensions 3,00 (longueur) x 3,00 (largeur) x 3,85 (hauteur/sol) m, bétonnées comprenant un logement de 40 x 40 x 80 cm pour pompe vide-cave (Figure 61).
- **Aménager un réseau de caniveaux et/ou de canalisations** disposé autour des bassins de fabrication et de circulation de la boue de forage ; ce réseau de caniveaux est destiné à drainer les effluents boueux vers la ligne de traitement via un bac déshuileur de piégeage des effluents polluants, la gestion des déblais et fluides de forage étant assurée séparément par des bacs, pelletage/bennes et citernage. La gestion des essais s'effectuera au moyen de bacs et d'une unité de traitement (ligne de traitement) par décantation de solides, refroidissement et dilution des eaux produites.

Ces ouvrages étant destinés à être détruits à l'issue des travaux de forage, seules resteront à demeure sur le site :

- Deux caves en béton armé au centre desquelles sont positionnés les puits avec leurs empilages de vannes de sécurité et adaptateurs ; la profondeur des caves est adaptée à l'utilisation ultérieure du puits, la largeur et la longueur étant liées aux dimensions de la sous-structure de l'appareil de forage.

- Les conduites d'eau géothermales reliant les têtes de puits à la centrale. (enterrées dans des caniveaux)
- Une aire de *servicing* dédiée aux travaux d'entretien et opérations de suivi de maintenance ultérieurs des ouvrages. Cette aire pourra s'étendre jusqu'à 2500 m², ce qui est largement suffisant pour les travaux de *workover*, qui ne nécessite pas plus de 1500 m².

Des aménagements peuvent être apportés à ce programme type. Le degré de liberté est moindre pour l'implantation des puits et donc de la dalle bétonnée sur la plate-forme, cette position étant imposée par l'espace nécessaire à la mise en place des équipements (le mât de forage par exemple est assemblé à terre nécessitant de ce fait un espace suffisant dans l'axe avant de la dalle).

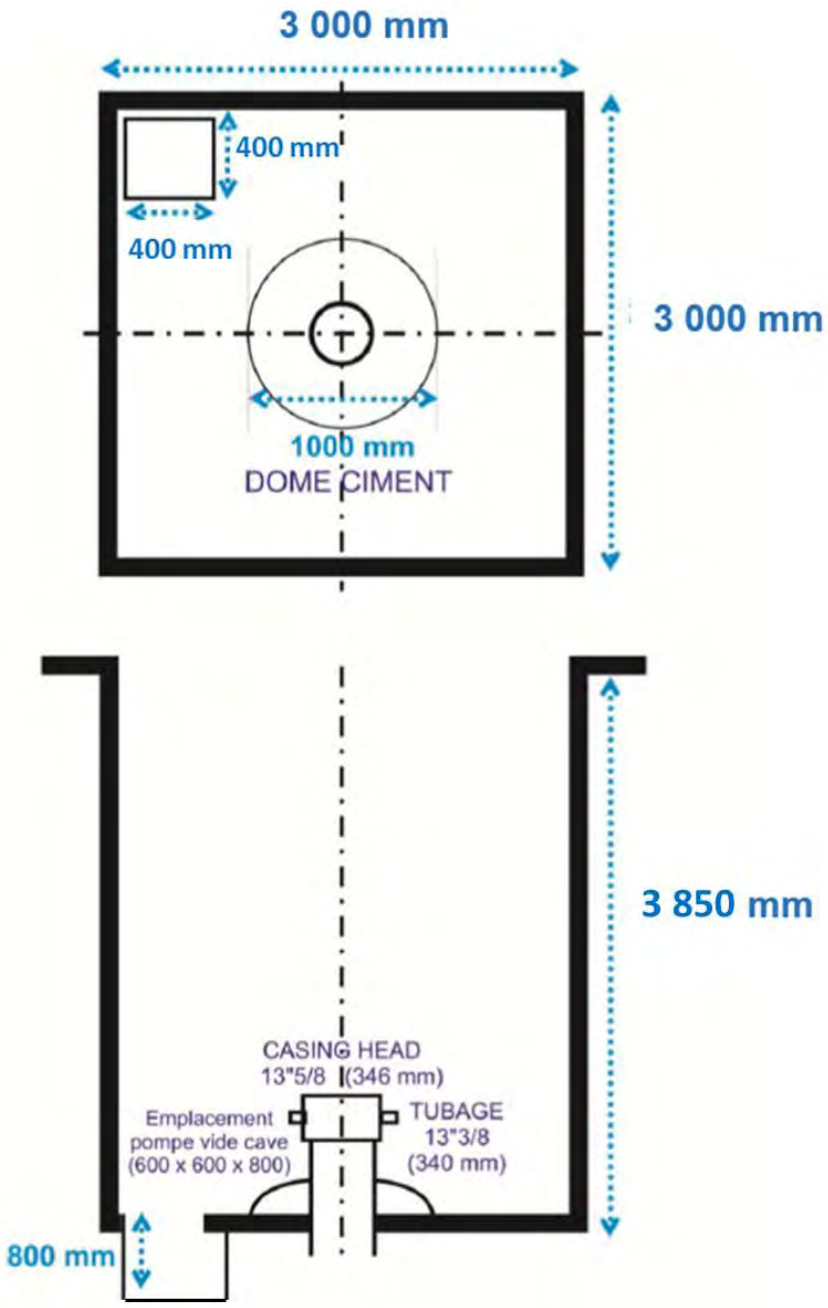


Figure 61 : schéma de principe de construction d'une cave de tête de puits

1.26.2. Programme de forage/complétion des puits et programme de boue

Travaux et études préparatoires

Conformément à l'arrêté du 30 mai 1975, le chantier devra, dès la prise de possession des lieux et pendant toute la durée du chantier jusqu'à la réception des travaux, être signalé, à un endroit visible de l'extérieur, par un (des) panneau(x) portant mentions :

- de la nature et description des travaux,
- du nom du maître d'ouvrage,
- du nom du maître d'œuvre,
- des noms et qualifications des entreprises intervenantes.

Un balisage devra être mis en place pour en interdire l'accès aux personnes non autorisées.

Ce balisage sera équipé de panneaux « chantier interdit au public » et « port des équipements de protection individuelle » à chaque accès.

Un balisage de guidage sera également mis en place à proximité du chantier sur les principales voies d'accès, pour en faciliter l'accès aux fournisseurs et prestataires des différentes sociétés de services.

Profils des puits et coupes géologiques et techniques prévisionnelles

Le site de Garges-Lès-Gonesse est assujetti à plusieurs contraintes/recommandations de trajectoires puits, respectivement :

- il est impératif que les impacts au toit du réservoir des trajectoires candidates soient circonscrites au périmètre d'exploration/de recherche cartographié en Figure 62;
- il est recommandé que leur inclinaison soit déterminée de façon à optimiser l'accès aux trous ouverts projetés tout en prenant en compte les besoins futurs en phase d'exploitation (descente du tube de traitement, diagraphies règlementaires,…),
- enfin, l'espacement des impacts au toit du réservoir doit, dans les limites imposées par (i) et (ii), être calculé de façon à sécuriser une vie thermique du nouveau doublet d'une durée de trente ans, équivalente à une percée thermique inférieure à 1°C (voir Chapitre 3).

Les projections 3D des trajectoires des puits retenues dans le cadre du projet et permettant de répondre aux attentes de la Maîtrise d'ouvrage et répondant aux bonnes pratiques de la profession sont décrites en Figure 63.

L'architecture retenue affiche un degré d'inclinaison au sabot des cuvelages 9 ⅝ ''de 59° pour le puits producteur GGAR3 et de 55° pour le puits injecteur GGAR4.

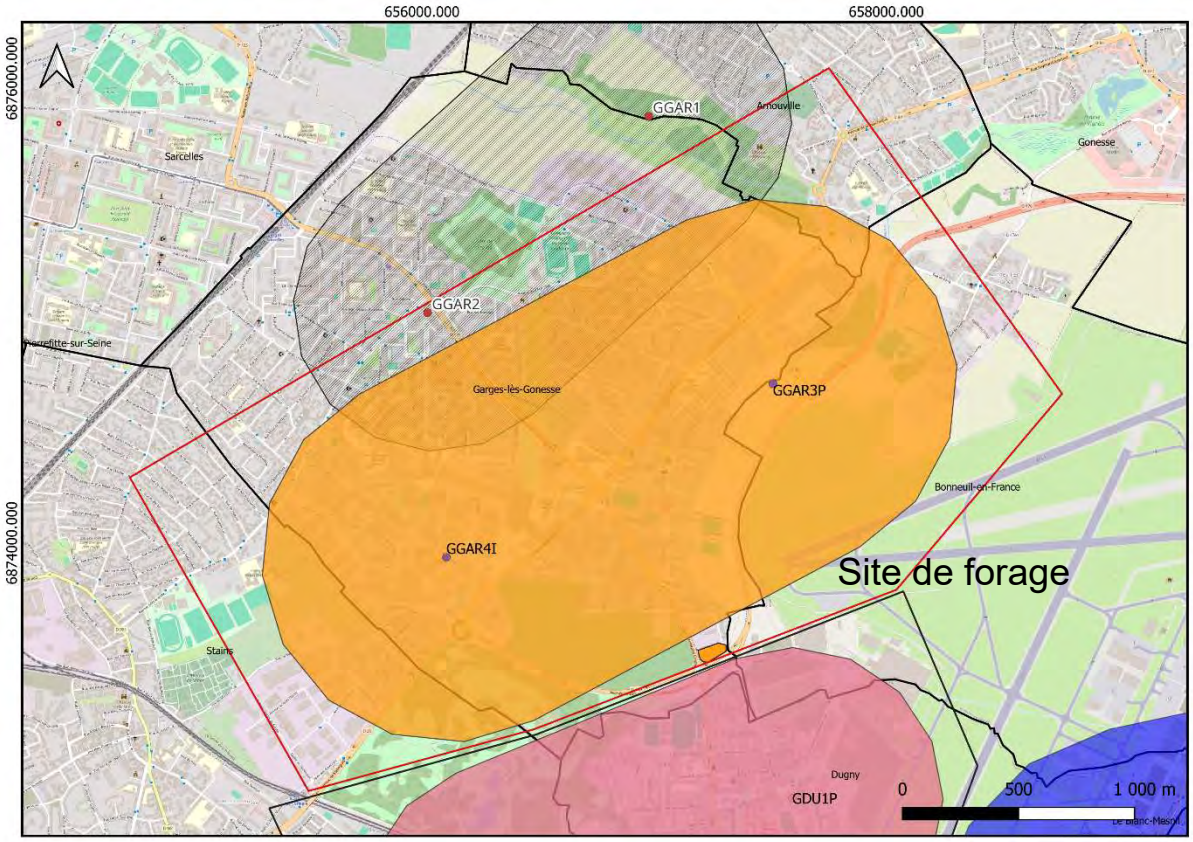


Figure 62 :– points d'impact au toit du réservoir – enveloppe prévisionnelle du permis d'exploitation

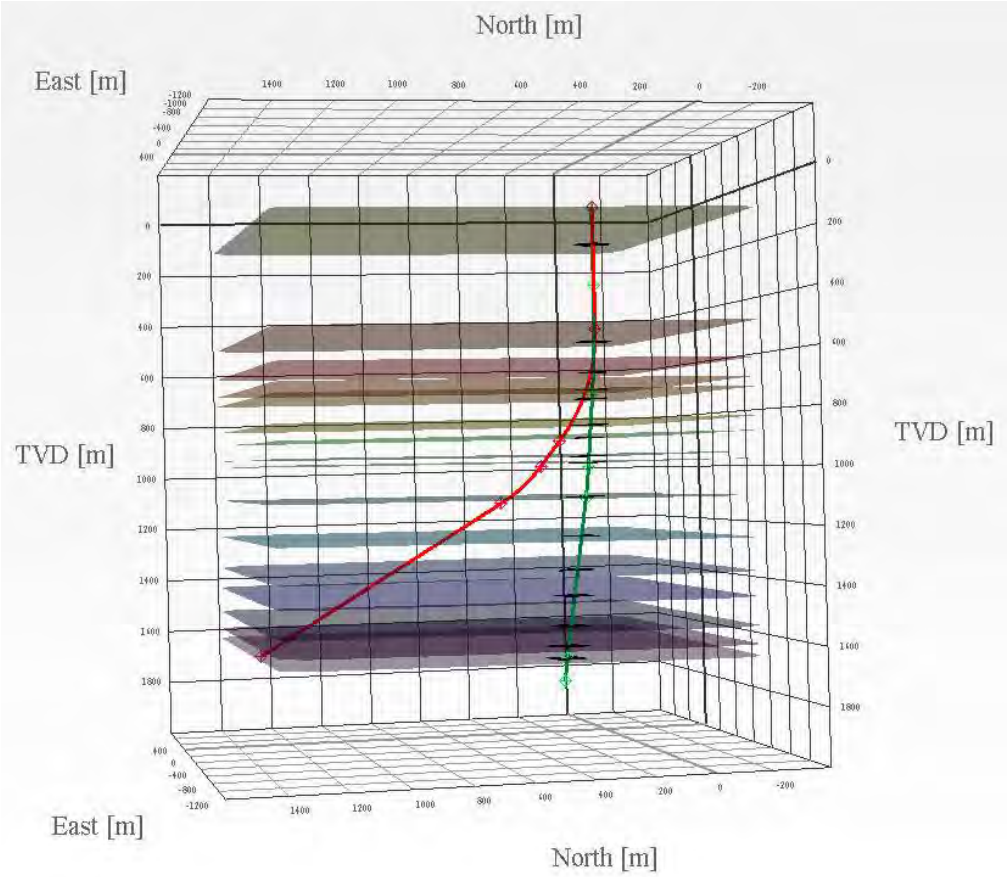


Figure 63 : projections 3D du doublet GGAR3 (rouge) et GGAR4(vert)

1.26.3. Programme de forage/complétion des puits GGAR3 et GGAR4 et programme de boue

Le forage débutera en diamètre 26'', l'avant puits et le tubage guide en acier de 30'' ayant été réalisés lors des travaux préparatoires de génie civil, pour se terminer en 8 ½" (réservoir objectif). Les phases tubées se dédoublent respectivement entre le tubage 18 ⅝'' et le 13 ⅜'' puis entre le tubage 13 ⅜'' et le 9 ⅝'' (réservoir exploité en trou ouvert 8 ½"). On observera la double protection tubée acier 13 ⅜'' et 9 ⅝''des aquifères sensibles à eaux douces de l'Albien-Néocomien.

Les outils (*drill bits*) seront du type tricônes à picots pour les phases 26'', 17 ½"et 8 ½" et PDC (*polycristalline diamond cutters*) pour la phase 12 ¼", ces derniers, démontrant à l'usage des avancements rapides et des durées de vie prolongées, dans les formations sédimentaires du bassin parisien.

Les fluides de forage évolueront des boues bentonitiques simples (BBS) à des formulations mixtes bentonitiques/polymères (BBA) cellulosiques, puis à des boues à eau salée et biopolymères dégradables dans le réservoir objectif.

Les cimentations des annulaires et entrefers, à l'exception de la cimentation *innerstring* (à travers tiges) de la phase tubée 18 ⅝'', seront de type classique [tête de cimentation, anneau (*float collar),* sabot (*shoe*), bouchon de tête et bouchon de queue], les ciments utilisés faisant appel à des laitiers de classe G (d#1,8-2) pour les sabots et des ciments plus légers (d#1,5-1,6) pour les laitiers de tête. Des laitiers allégés peuvent être mis en place dans la cimentation du cuvelage 9 ⅝'' afin d'éviter l'utilisation de DV hydraulique.

Une chambre de pompage, de diamètre 13 ⅜'' et de profondeur 450 m, sera aménagée sur le puits producteur soit par coupe/arasage du tubage 9 ⅝'', au-dessus de la *DV* mécanique ménagée à cet effet, soit par suspension sous dispositif *ad-hoc* (*liner hanger*).

Les mesures et essais comprendront :

- des diagraphies différées de découvert (*Open Hole*, OH), de caractérisation des lithologies des terrains traversés, de géométrie du trou (volumes de cimentation), et de porosité des formations réservoir,
- des mesures de production (débitmétrie et thermométrie du découvert, essais de puits et enregistrement des pressions de fond),
- des diagraphies des trous tubés (*Cased Hole*, CH) (contrôle de cimentations des annulaires et des diamètres intérieurs des tubages),
- des essais de production (cycles transitoires de rabattement et de remontée de pressions) de détermination des caractéristiques hydrodynamiques du réservoir (et de dimensionnement ultérieur des équipements de pompage et variateurs de fréquences), ainsi que des prélèvements d'échantillons de fluides en fond de puits aux fins d'analyses physico-chimiques et thermodynamiques (PVT, point de bulle, rapport gaz-liquide, gaz dissous et phase liquide séparée) de l'eau géothermale.

Les programmes de forage/tubage ainsi que le programme de boue envisagés sont décrits :

- dans le Tableau 25 et le Tableau 26 pour les phases de forage et de tubage du puits producteur;
- dans le Tableau 27 et le Tableau 28 pour les phases de forage et de tubage du puits injecteur ;
- dans la
- et la Figure 65 qui résument l'ensemble des informations de l'architecture des puits et des fluides de forage utilisés.

Le choix retenu est celui présentant les caractéristiques techniques les plus adaptées à une production assistée par pompe électrique immergée de caractéristiques compatibles avec le débit de production maximum envisagé (350 m^3/h).

Phases forage (GGAR3 - Producteur)

Tableau 25: diamètres Phases de Forage du Puits Producteur GGAR3

Diamètre Phase	Profondeur de début MD (m)	Profondeur de début TVD (m)	Profondeur de fin MD (m)	Profondeur de fin TVD (m)
36"	0	0	50	50
26"	50	50	450	450
17"1/2	450	450	1045	987
12"1/4	1045	987	2216	1623
8"1/2	2216	1623	2355	1695

Phases tubage (GGAR3 - Producteur)

Tableau 26 : cuvelages Puits Producteur GGAR3 (BTC Buttress PRE Premium)

Cuvelage	Top MD[m]	Top TVD[m]	Sabot MD[m]	Sabot TVD[m]	Pose du sabot du casing
30" 320# X52 Soudé	0	0	50	50	
18"5/8 106,5# K55 BTC	0	0	450	450	Chambre de pompage à 400m
13"3/8 62# BTC	0	0	1043	985	Top Portlandien +10m
9"5/8 43,5# K55 PRE	400	400	2205	1618	Sous les marnes du Callovien

Phases forage (GGAR4 - Injecteur)

Tableau 27: diamètres Phases de Forage du Puits Injecteur GGAR4

Diamètre Phase	Profondeur de début MD (m)	Profondeur de début TVD (m)	Profondeur de fin MD (m)	Profondeur de fin TVD (m)
36"	0	0	50	50
26"	0	0	282	282
17"1/2	282	282	1080	979
12"1/4	1080	979	2152	1626
8"1/2	2152	1626	2276	1697

Phases tubage (GVGV4 - Injecteur)

Tableau 28 : cuvelages Puits Injecteur GGAR4

Cuvelage	Top MD[m]	Top TVD[m]	Sabot MD[m]	Sabot TVD[m]	Pose du sabot du casing
30" 320# X52 Soudé	0	0	50	50	
18 5/8in Surface Casing	0	0	280	280	Pas de chambre de pompage
13 3/8in Intermediate Casing	0	0	1078	977	Top Portlandien +10m
9 5/8in Production Casing	0	0	2150	1624	Sous les marnes du Callovien

En outre, le maître d'œuvre transmettra à la DRIEAT, pendant les travaux de forage, un compte rendu détaillé du déroulement de l'opération à l'issue de chaque opération de cimentation des cuvelages (18 ⅝'', 13 ⅜'', et 9 ⅝''). Ce compte rendu comprendra *à minima* les éléments suivants :

- Nom du projet,
- Date / heure,
- Références de l'ouvrage,
- Maître d'ouvrage / maître d'œuvre,
- Appareil de forage / entrepreneur,
- Opérateur de cimentation,
- Opération de cimentation concernée (cote de fin de phase, cote sabot tubage),
- Volume théorique mis en œuvre (calcul),
- Composition de la colonne de cimentation (densités, cotes), schéma à l'appui le cas échéant,

- Descriptif sommaire des données techniques de l'opération (volumes, densités, débits, matériel et accessoires (DV, type de centreurs …) mis en œuvre,
- Contrôle visuel du retour de ciment au jour,
- Remarques.

Ce compte rendu a pour vocation d'attester du « bon déroulement des travaux ». Il ne se substitue pas aux contrôles de cimentation réalisés en différé à l'aide des outils dédiés (CBL/VDL, IBC ou équivalent), conformément au programme prévisionnel des travaux présenté dans le dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM).

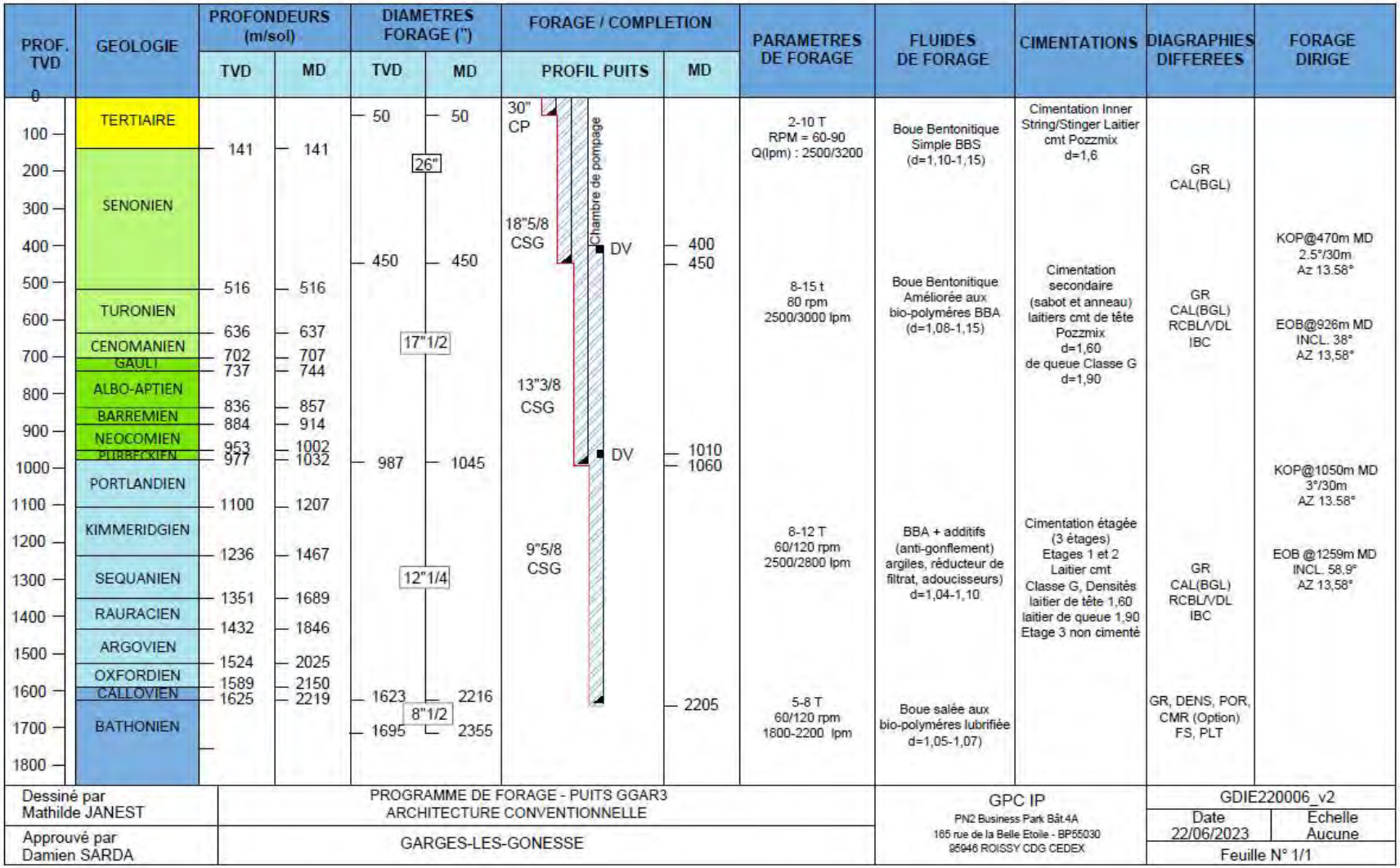


Figure 64 : programme prévisionnel de forage/complétion du puits GGAR3

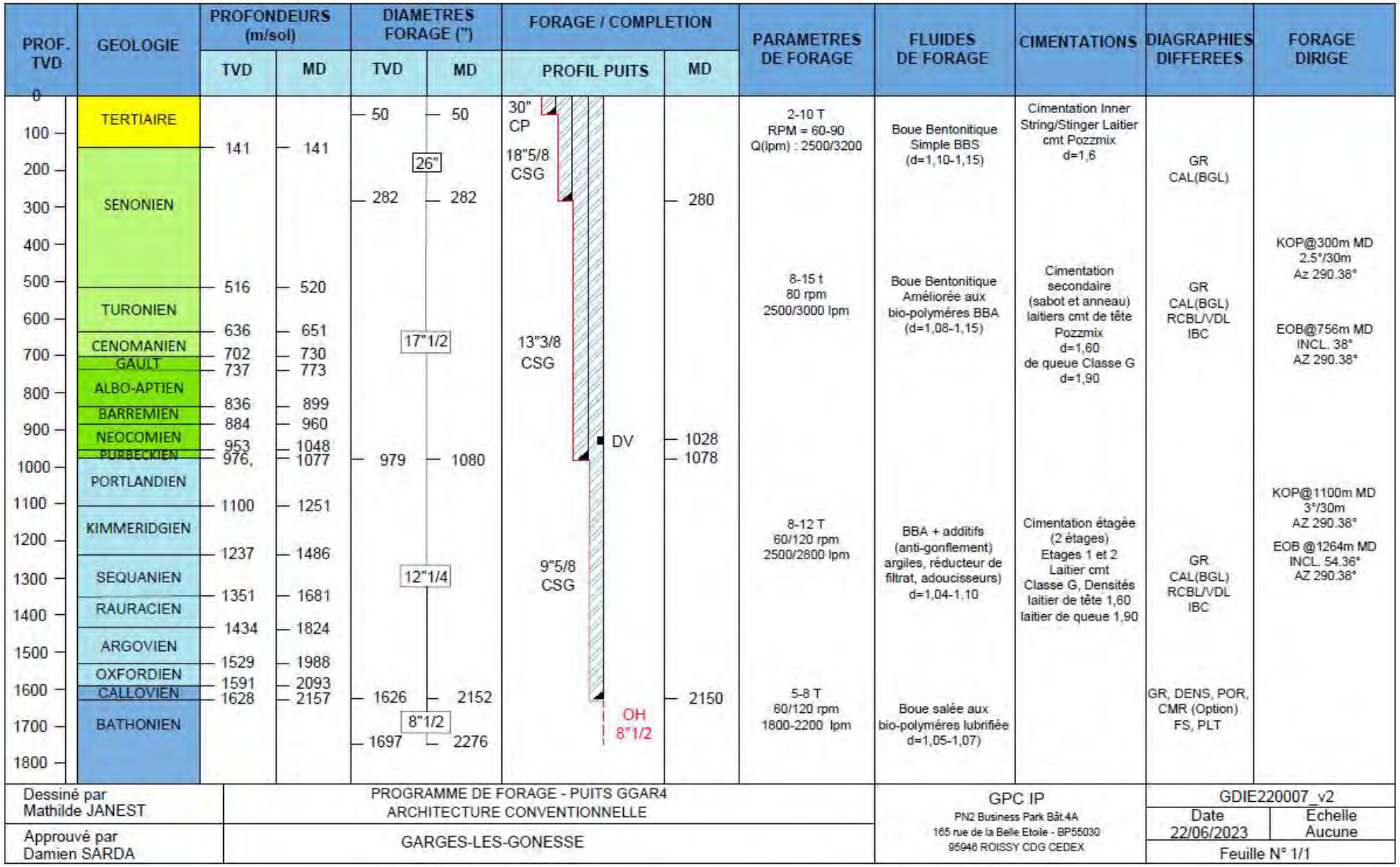


Figure 65 : programme prévisionnel de forage/complétion du puits GGAR4

1.26.4. Programme de diagraphies et de tests

Diagraphies

Le programme de diagraphies illustré précédemment en

et en Figure 65 pour les puits GGAR3 et GGAR4 est également résumé dans le Tableau 29. Les abréviations employées relatives à ce tableau sont résumées dans le Tableau 30.

Ce programme de diagraphie, classique pour les opérations au Dogger, a été conçu, afin de caractériser et préciser les propriétés du réservoir du Dogger.

Tableau 29 : programme de diagraphie

Phase	Outil de diagraphies
En fin de forage 26''	Log OH : CAL-GR
En fin de forage 17 ½"	Log OH : CAL-GR
Après cimentation du cuvelage 13 ⅜''	Log CH: USIT/IBC–CBL/VDL
En fin de forage 12 ¼"	Log OH : CAL-GR
Après cimentation du cuvelage 9 ⅝''	Log CH: USIT/IBC–CBL/VDL
En cours et fin de forage 8 ½"	Log OH: GR-CAL-DENS-POR-NMR (Option)
Après acidification	Log OH: FS, PLT

Tableau 30 : abréviations relatives aux tableaux précédents

OH	*Open Hole* (découvert)	**FS**	*Fluid sampler (bottomhole)*
CH	*Cased Hole* (Trou tubé)	**GR**	*Gamma Ray*
LWD	*Logging While Drilling*	**POR**	*Porosité*
PLT	*Production Logging Tool*	**IBC**	*Imaging behind casing*
CBL	*Cement bond log*	**CAL**	*Caliper*
DENS	*Density*	**VDL**	*Variable density log*
DT	*Sonic tool*	**USIT**	*Ultrasonic imaging tool*

Test du BOP (Blow Out Preventer)

Un système de contrôle des éruptions est obligatoire durant les forages et sera mis en place.Pour la phase de forage du 17 ½"; le programme de test du Blow Out Preventer (BOP)est présenté dans le Tableau 31. Pour les phases 12 ¼"et 8 ½" les programmes de test de BOP sont résumés au Tableau 32. Dans tous les cas, les risques d'être exposés à une situation d'éruption sont faibles durant le forage.

Tableau 31 : programme de test de BOP, pour la phase de forage 17 ½"

Option Phase 17 ½"			
BOP annulaire et à mâchoires		**Durée**	**Fréquence**
Tests en pression	10 bars	10 mn	Changement de phase, démontage et remontage du BOP, au moins 1 fois/21 jours
	30 bars	20 mn	
Test de fonctionnement			1 fois/ semaine

Tableau 32 : programme de test de BOP pour les phases de forage 12 ¼" et 8 ½"

Phase 12 ¼"			
BOP annulaire		**Durée**	**Fréquence**
Tests en pression	20 bars	5 mn	Changement de phase, démontage et remontage du BOP, au moins 1 fois/21 jours
	100 bars	15 mn	
Test de fonctionnement			1 fois/ semaine
Phase 8 ½"			
BOP à mâchoires		**Durée**	**Fréquence**
Tests en pression	20 bars	5 mn	Changement de phase, démontage et remontage du BOP, au moins 1 fois/21 jours
	50 bars	15 mn	
Test de fonctionnement			1 fois/ semaine

Programme des essais de production en fin de forage

A l'issue du forage, il sera procédé à la réalisation des essais de production préliminaires, comprenant les séquences suivantes :

- la mise en eau du puits,
- le dégorgement du puits se fera en artésien ou à l'air lift si besoin,
- la stimulation du réservoir par injection d'acide chlorhydrique (plusieurs acidifications peuvent être nécessaires afin de bien stimuler l'ensemble du réservoir),
- les essais par paliers d'évaluation de la productivité.

Les essais de productivité comprendront :

- une phase de fermeture du puits après stimulation acide pour assurer la recompression de l'aquifère,

- une phase de production à débit constant, d'une durée de 12 heures environ, durant laquelle seront enregistrées les diagraphies de production PLT (débitmétrie, température) et prélevés des échantillons de fond du fluide géothermal,
- une phase de remontée de pression d'une durée de minimum 12 heures pendant laquelle la remontée de pression du réservoir sera enregistrée au moyen d'une sonde de pression à quartz positionnée au sabot du tubage 9 ⅝''et deux sondes à mémoire en secours.

Programme d'échantillonnage des déblais

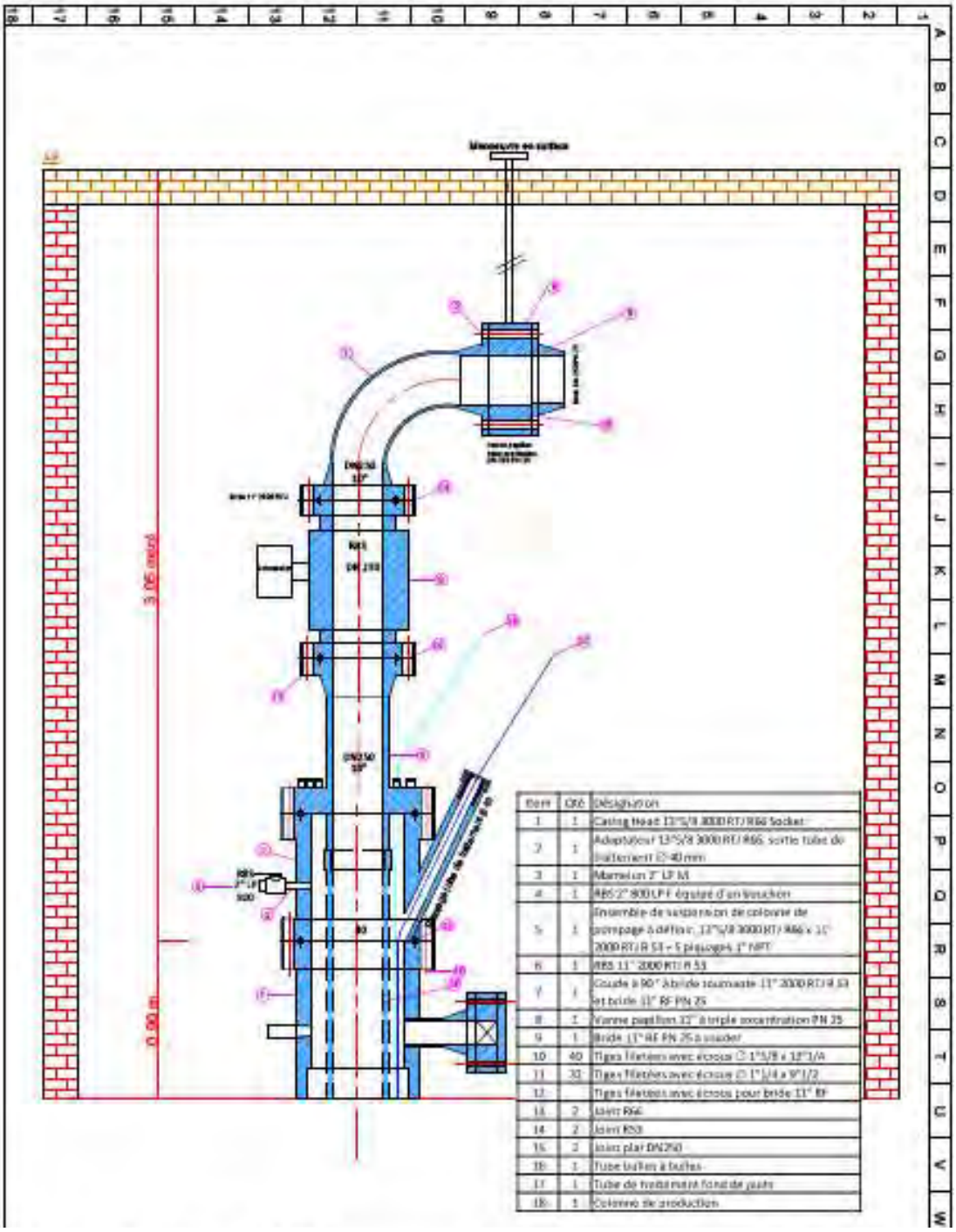
Durant le forage, des échantillons de terrain seront prélevés tous les 3 à 5 mètres en cohérence avec la vitesse d'avancement, observés à la loupe binoculaire et décrits par le géologue de l'unité *mud logging*, affecté au suivi de la géologie et des paramètres de forage, qui établira la coupe lithologique des terrains traversés. Au toit des formations « repère » pour les cotes d'arrêt, la fréquence sera accentuée à un échantillon par mètre foré.

La partie réservoir (Bathonien) sera échantillonnée selon une fréquence qui ne pourra être inférieure à un échantillon tous les 2,5 mètres.

La coupe géologique sera établie de la surface à la base du forage, dans les calcaires du Dogger-Bathonien.

1.26.5. Têtes de puits

A l'issue du chantier, les puits seront équipés de têtes de puits (production/injection) conformes aux pratiques en vigueur dont des exemples sont présentés en Figure 66 pour la production et en Figure 67 pour l'injection.



Item	Qté	Désignation
1	1	Casing head 13"5/8 3000 RTJ R66 Socket
2	1	Adaptateur 13"5/8 3000 RTJ R66, sortie tube de batterie ⌀ 40 mm
3	1	Manocon 3" LP M
4	1	RB5 2" 900 LP F équipé d'un bouchon
5	1	Ensemble de suspension de colonne de pompage à définir, 13"5/8 3000 RTJ R66 x 11" 2000 RTJ R 53 + 5 passages 1" NPT
6	1	RB5 11" 2000 RTJ R 53
7	1	Coude à 90° à bride soumaste 11" 2000 RTJ R 53 et bride 11" RF PN 25
8	1	Vanne papillon 11" à triple excentration PN 25
9	1	Bride 11" RF PN 25 à souder
10	40	Tiges filetées avec écrous ⌀ 1"5/8 x 12"1/4
11	32	Tiges filetées avec écrous ⌀ 1"1/4 x 9"1/2
12		Tiges filetées avec écrous pour bride 11" RF
13	2	Joint R66
14	2	Joint R53
15	2	Joint plat DN250
16	1	Tube buflon à buflos
17	1	Tube de revêtement fond de puits
18	1	Colonne de production

Figure 66 : schéma type de tête de puits producteur

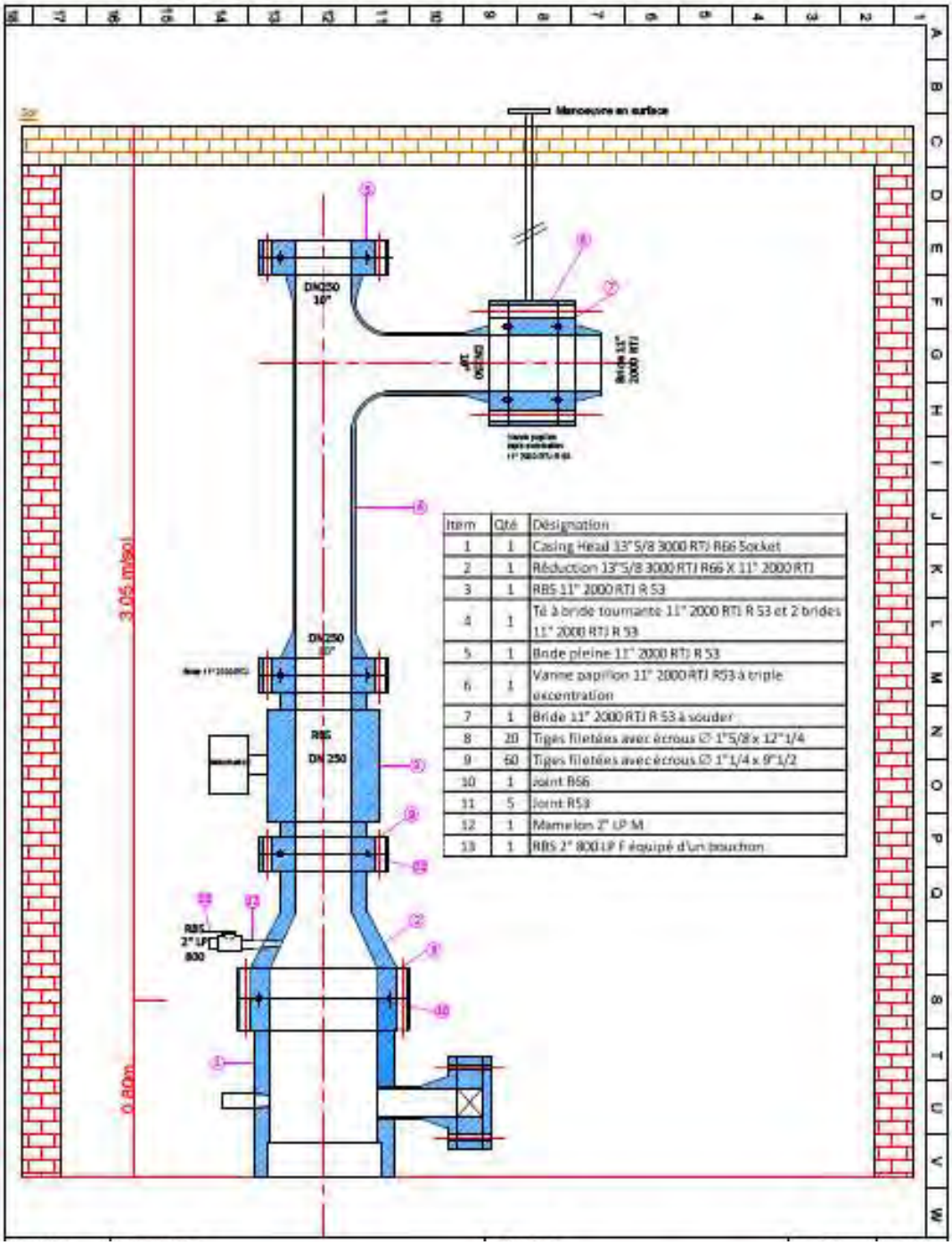


Figure 67 : schéma type de tête de puits Injecteur

1.26.6. Durée prévisionnelle des travaux

La durée des forages déviés (hors travaux préparatoires de génie civil) est estimée à 115 jours (entre 100 et 130 jours) la base d'un travail effectué en 3 postes par jour :

- Phase de mobilisation de l'appareil de forage : 15 jours
- Phase 26'' et Cuvelage 18 ⅝'': 10 jours cumulés GGAR3 et GGAR4
- Phase 17 ½"et Cuvelage 13 ⅜'': 20 jours cumulés GGAR3 et GGAR4.
- Phase 12 ¼" et Cuvelage 9 ⅝'': 36 jours cumulés GGAR3 et GGAR4.
- Phase 8 ½"et essais de production : 30 jours cumulés GGAR3 et GGAR4.
- BOP Test Aléa et Maintenance du Rig non prévue : 4 jours
- Phase de démobilisation de l'appareil de forage : 15 jours

1.26.7. Organisation générale du chantier

Horaires de travail

Pour des raisons de sécurité et de stabilité de l'ouvrage, les opérations de forages feront l'objet d'un minimum d'interruptions. De ce fait, le chantier fonctionnera en 3 postes de 8 heures par jour, 7 jours sur 7. Ce rythme de travail concerne les phases opérationnelles de forage et de tests. Les autres opérations s'effectueront selon un régime horaire normal de huit heures par jour, cinq jours sur sept, sauf situation exceptionnelle, de courte durée, qui sera gérée, le cas échéant, dans le cadre des lois et règlements régis par le code du travail (par exemple lors d'une opération de diagraphie, intervention urgente ou cas d'alarme pendant le week-end…).

Effectifs d'intervention

Toutes entreprises confondues, l'effectif comprend, de manière générale, 15 personnes présentes simultanément sur le site, étendu à 20 voire plus en période de pointe (Tableau 33).

Tableau 33 : organisation générale du chantier

	Maitre d'ouvrage **Maitrise d'œuvre**								
	1 x Superviseur jour **1 x Superviseur nuit**								
	Mud-logging	Déviation	Fluide de forage	Service Traitement	Entreprise de forage	Diagraphies	Cimentation	Service vissage	Acidification
Encadrement	1 x géologue	1 x chef d'équipe	1 x mud engineer jour	1 x opérateur centrifugeuses jour	1 x rig manager 1 x chef de chantier jour 1 x chef de chantier nuit 1 x HSE 1 x mécanicien sénior 1 x électricien sénior	1 x ingénieur logging	1 x chef d'équipe	1 x chef d'équipe jour 1 x chef d'équipe nuit	1 x chef d'équipe
Non cadres	3 x mud-loggers	3 x opérateurs	1 x mud engineer nuit	1 x opérateur centrifugeuses nuit	3 x chef de poste 3 x seconds 3 x accrocheurs 6 x opérateurs 1 x surfacier 1 x mécanicien 1 x électricien	3 x opérateurs	3 x opérateurs	1 x opérateur jour 1 x opérateur nuit	3 x opérateurs

1.26.8. Remise en état du site

Après évacuation par citernage ou via le réseau d'assainissement des effluents des travaux (en conformité avec le concessionnaire du réseau d'eaux usées) et démontage du matériel de forage, la remise en état du site comprendra :

(i) la démolition des dalles bétonnées de stockage (la plateforme de forage étant maintenue dans l'état) ainsi que l'évacuation des matériaux de démolition ;
(ii) la remise en place des matériaux déplacés ;
(iii) la finition des caves de têtes de puits ;
(iv) le démontage de la clôture de chantier.

A l'issue des travaux, la seule partie visible des installations se limitera aux caillebotis sous lesquels seront enterrés les têtes de puits (Figure 68). Une dalle béton de 200 m² recouvrira les têtes de puits. Les têtes de puits seront sécurisées et interdit au public. 200 m² autour des têtes de puits seront réservés en permanence afin de faciliter les travaux courants. En cas d'installation d'un rig de réhabilitation / *work over* (opération ponctuelle), cette surface réservée pourra s'étendre sur 2500 m².

La centrale occupera environ 1000 m², dont moins de 150 m² reservé à sa partie géothermique.

Ces aménagements ont été adaptés selon les propositions de Coriance, en lien avec les services de la ville, de manière à optimiser l'intégration paysagère du projet.

Figure 68 : Photo illustrant des têtes de puits enterrées dans le parc de la Bergère (Bobigny)

1.27. Fonctionnement du doublet

La boucle géothermale, ou circuit primaire, sera conforme au schéma minier du doublet de forage, représenté en Figure 69, qui combine un puits producteur et un ouvrage injecteur repompant l'eau géothermale refroidie après échange de chaleur en surface, dans le réservoir source.

La chaleur récupérée au secondaire de l'échangeur géothermal sera distribuée au réseau de chaleur via des pompes de circulations et des sous-stations. D'autres sources d'énergie alimenteront le réseau : la chaleur fatale issue de l'usine de traitement des eaux usées du SIAH, ainsi que de l'énergie issue du biogaz. Des pompes à chaleur et des chaudières gaz sont ainsi positionnées avant la distribution du réseau de chaleur urbain pour attendre 85°C au départ de la centrale.

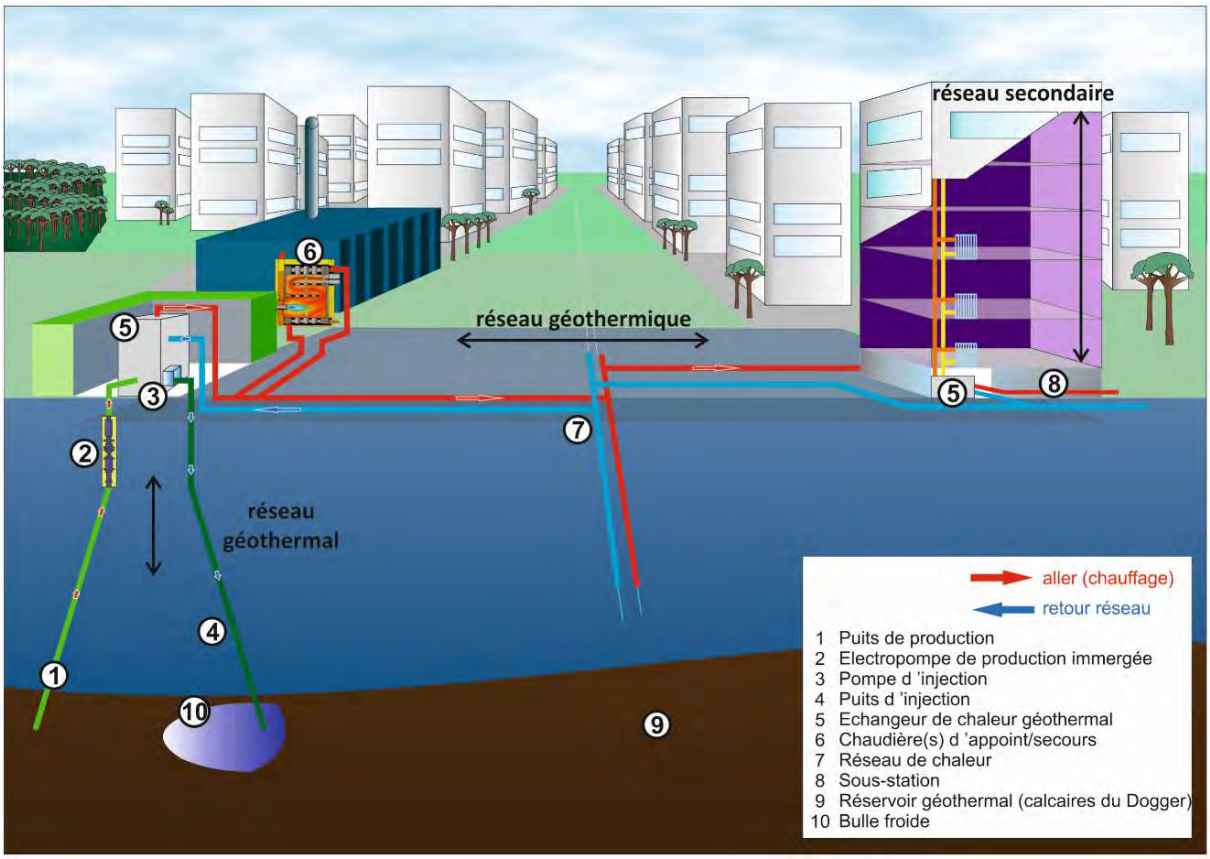


Figure 69 : principe de fonctionnement d'un doublet géothermique (seul) – schéma simplifié

1.27.1. Description sommaire des ouvrages du sous-sol

Pour les deux puits GGAR3 et GGAR4, le forage débutera en diamètre 26'', l'avant puits et le tubage guide en acier de 30'' ayant été réalisés lors des opérations de génie civil, pour se terminer en 8 ½" (réservoir objectif).

Les phases tubées se dédoublent respectivement entre le tubage 18 ⅝'' et le 13 ⅜'' puis entre le tubage 13 ⅜'' et le 9 ⅝'' (réservoir exploité en découvert 8 ½").

On observera la double protection tubée acier 13 ⅜'' et 9 ⅝'' des aquifères à eaux douces de l'Albien-Néocomien.

Le forage du réservoir se fera à l'aide d'un drain tangent à une inclinaison comprise entre 50 et 60° d'une portée d'environ 150 m.

1.27.2. Les équipements de complétions

Les équipements nécessaires à la mise en production de la boucle géothermale sont décrits succinctement par sous-ensembles fonctionnels, depuis le puits d'exhaure jusqu'au puits d'injection dans le Tableau 34. Dans ce tableau sont présentées, également, les durées de vie moyenne des équipements, données d'entrée indispensables à l'évaluation des coûts de gros entretien. Les échangeurs de chaleur constituent la limite entre la boucle géothermale et la boucle géothermique.

Les spécifications techniques des équipements seront déterminées pour un fonctionnement au débit maximum de 350 m^3/h pour le puits GGAR3, et une température au toit du réservoir de 65°C +/- 2°C, dans le cas le plus favorable.

Les sous-ensembles fonctionnels sont les suivants :

- Pour ce qui concerne les équipements du sous-sol (jusqu'en tête de puits) :
  - Un dispositif de traitement anticorrosion en fond de puits.
  - Une colonne d'exhaure.
  - Un groupe électropompe de production immergée.
- Pour ce qui concerne les équipements situés en surface (boucle géothermale) :
  - Une station d'injection du traitement anticorrosion.
  - Des conduites de surface, filtres et robinetterie jusqu'aux échangeurs de chaleur.
  - Des équipements électriques d'alimentation du groupe de pompage de réinjection depuis le Tableau Général Basse Tension (TGBT).
  - Des échangeurs de chaleur à plaques.
  - Un groupe de pompage de réinjection.
  - Des conduites de surface et robinetterie entre les échangeurs et la tête de puits d'injection.
  - Une régulation et un contrôle des puits, des installations de surface et du fluide.

Les caractéristiques des équipements fixes de la boucle géothermale (puits, équipements de têtes de puits, dispositif de traitement inhibiteur, conduites de surface, filtres, échangeurs) seront déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale, inhibiteur de corrosion) et limiter les pertes de charge.

Les caractéristiques des éléments de pompage de la boucle géothermale (pompes et variateurs associés) seront déterminées pour réguler la production d'eau géothermale en fonction des besoins de chaleur. Leur dimensionnement permettra d'anticiper une possible dégradation des caractéristiques des puits qui se traduiront par une augmentation des pertes de charge.

La durée de vie des équipements d'une boucle géothermale dépendra de plusieurs facteurs, respectivement (Tableau 34) :

- la qualité des matériels à l'achat,
- le choix de matériaux adaptés à la corrosivité du fluide géothermal,
- la maintenance et la conduite des équipements,
- l'efficacité des traitements inhibiteurs de corrosion/dépôts,

les performances techniques attendues des équipements seront précisées au stade des études *ad-hoc* (mission normalisée PRO).

Tableau 34 : descriptif sommaire des équipements de la boucle sous-sol du doublet de Villeneuve et estimation des fréquences de renouvellement

Sous-ensembles fonctionnels	Fonction	Durée de vie moyenne
Dispositif d'injection d'inhibiteur en fond de puits - Station de traitement associée	Lutter contre les phénomènes de corrosion et de dépôts dans les puits et dans les installations de surface.	10 ans
Colonne d'exhaure	Assurer la liaison entre l'électropompe de production immergée et la surface	15 ans
Groupe électropompe de production	Augmenter le débit artésien naturel au débit souhaité.	4 ans
Régulation et contrôle des puits, des installations de surface et du fluide	- Régulation des pressions et des débits en fonction des besoins. - Sécurité. - Contrôle des paramètres du fluide.	15 ans
Equipements électriques d'alimentation depuis le tableau TGBT	Alimentation électrique du groupe de pompage de production	20 ans
Filtration réseau géothermal	Eliminer des éléments pouvant réduire la durée de vie des échangeurs.	10 ans
Echangeurs de chaleur à plaques titane	Transférer l'énergie thermique du fluide primaire (réseau géothermal) au fluide secondaire (réseau géothermique).	20 ans
Groupe de pompage de réinjection et équipements électriques d'alimentation depuis le TGBT	Réinjecter la totalité du volume extrait. Vaincre les pertes de charge cumulées des tubages d'injection et du réservoir.	20 ans
Réseaux d'eau géothermale de	Relier les deux forages du doublet en	25-30 ans

surface	traversant les échangeurs de chaleur	

1.27.3. Descriptif du système de pompage d'exhaure

Production

La Figure 70 décrit le principe du système de pompage d'exhaure et son assemblage.

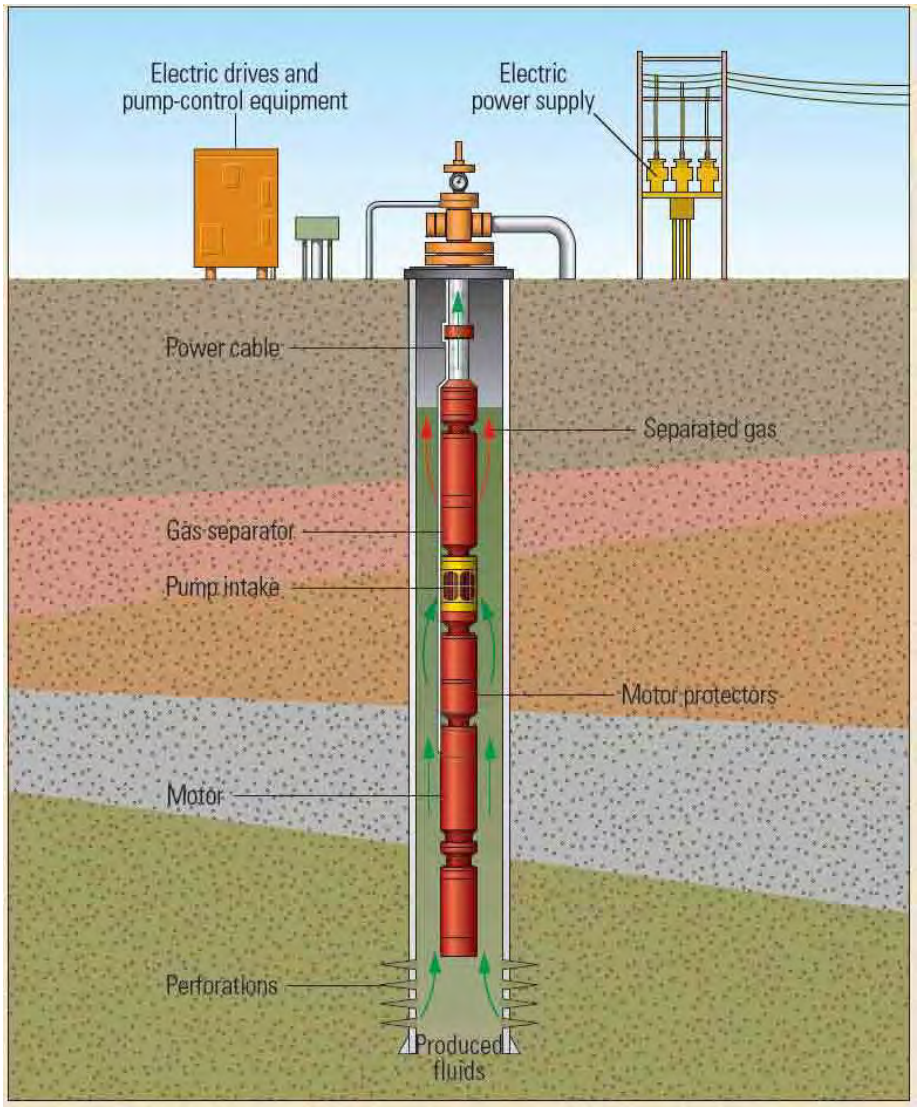


Figure 70 : Pompe centrifuge immergée (Source : Schlumberger)

Pompe

Les pompes immergées utilisées dans l'industrie pétrolière et en géothermie sont des pompes centrifuges à étages multiples entrainées par un moteur électrique. Elles sont utilisées pour atteindre les objectifs de production dans des puits dont les performances sont limitées par les conditions réservoir et/ou les pertes de charges dans la colonne de production. Le système de

pompage est suspendu à la colonne de production, le moteur étant positionné en dessous de la pompe et la pompe refoulant le fluide dans la colonne de production. Le moteur est alimenté par un câble électrique triphasé, déployé depuis la surface dans l'espace annulaire colonne d'exhaure/tubage. Le système de pompage est composé de :

- La pompe centrifuge.
- Les protecteurs ou pièces d'étanchéité.
- Le moteur électrique.
- Le câble de puissance.

La pompe est composée de plusieurs étages montés sur un arbre commun. Chaque étage est constitué d'un impulseur - mobile avec l'arbre - et un diffuseur - statique solidaire du corps de la pompe. Le diffuseur dirige le flux de fluide quittant l'impulseur vers l'entrée de l'étage suivant.

Les pompes sont fabriquées dans des matériaux capables d'opérer dans un environnement immergé et spécifiquement adaptés aux puits en question.

Il existe une multitude de configurations possibles. Le choix de la configuration est conditionné par les caractéristiques du puits. Le type et le nombre d'étages sont respectivement déterminés par le débit et la hauteur manométrique requise. La hauteur manométrique totale développée par la pompe est le produit du nombre d'étages par la hauteur unitaire.

Pour permettre l'entrée du fluide, une aspiration est intégrée au corps de la pompe. Une aspiration standard ne permet pas de séparer le gaz à l'entrée de la pompe. Il est donc préconisé de maintenir une cote d'immersion suffisante au-dessus de la pompe afin d'éviter le bullage et les risques de cavitation.

Les pompes de type compression (impulseurs fixés axialement par rapport à l'arbre) sont couramment utilisées en géothermie afin d'améliorer la résistance de l'hydraulique aux contraintes axiales dues aux variations de la Hauteur Manométrique Totale (HMT) en particulier en cas de surcharge.

Protecteur ou pièce d'étanchéité

Le Protecteur combine une ou plusieurs chambres d'étanchéité préremplies d'huile ; ses fonctions consistent à :

- Accoupler les éléments moteur et pompe afin de transmettre le couple moteur à la pompe à travers l'arbre.
- Servir de réservoir d'huile moteur pour compenser l'expansion et les pertes liées aux variations de température durant le fonctionnement
- Reprendre la charge verticale résultant du poids de la pompe, du débit et des forces centrifuges.
- Éviter la migration du fluide du puits dans le moteur en assurant une étanchéité entre la pompe et le moteur
- Équilibrer les pressions entre le moteur et l'espace annulaire du puits

Les chambres du Protecteur peuvent être combinées en série (S) ou en parallèle (P). Une combinaison en série crée une étanchéité supplémentaire tandis qu'une combinaison en parallèle augmente la capacité d'huile.

Le nombre de chambres d'étanchéité est basé sur les volumes d'expansion/contraction potentiels extrêmes de l'huile dans le puits, notamment déterminés par la puissance du moteur et la

température du puits. Pour obtenir l'étanchéité requise, les Protecteurs peuvent être installés en tandem.

La reprise de la charge verticale de la pompe est assurée par une chambre supplémentaire située à la base du Protecteur. Elle est constituée deux paliers de butée (*thrust runner*) reprenant les efforts de compression (*downthrust*) et de traction (*upthrust*) transmis par l'axe de la pompe.

Les chambres du Protecteur sont isolées par de pièces d'étanchéité et des vannes qui permettent l'accès à la chambre suivante lorsqu'une chambre est entièrement contaminée.

Le corps du Protecteur recommandé ici est en acier inox. La tête et la base en acier inox 416. Les vannes et tubes internes sont également en acier inox.

Moteur

Les moteurs utilisés dans les systèmes de pompage immergés (Schlumberger, Baker Hughes entre autres) sont des moteurs à induction dipolaires triphasés à cage d'écureuil. Ils sont remplis d'une huile minérale hautement raffinée aux propriétés diélectriques permettant la lubrification des paliers et la conductivité thermique. Le poids des rotors est repris par les paliers de butée du moteur. La chaleur générée en cours de fonctionnement est transférée au fluide de production lors de son écoulement le long du corps du moteur. La prise du moteur (Pot Head) se situe à la tête du moteur et permet le branchement du câble électrique triphasé.

Pour réduire les couts d'énergie, tous les moteurs possèdent une technologie d'enroulements déposée assurant une performance électrique et une efficacité optimale.

Les moteurs permettent de fonctionner dans des puits avec des températures de fluide allant jusqu'à 175 °C. Le corps du moteur recommandé ici est en acier inox. La tête et la base en acier inox 416.

Câble de puissance

Les pompes électriques submersibles sont alimentées à travers un câble passant le long de l'équipement dans l'espace annulaire *tubing/casing*.

Le câble est fixé à la colonne de production. Au niveau du moteur, le câble est branché à la prise moteur qui permet la transmission de la puissance aux enroulements moteur tout en prévenant l'intrusion du fluide de production dans le moteur.

Equipements de surface

Les équipements de surface associés à l'EPI (Electropompe Immergée) comprennent un variateur de fréquence, un transformateur élévateur et un capteur de pressions/températures de fond.

1.28. Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique (pour chacun des puits)

1.28.1. Textes réglementaires

Le programme de fermeture des puits et la déclaration d'arrêt de travaux miniers sont régis par :

- **le décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières** et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives. Le titre VI (articles 41 et 42) traite des dispositions spécifiques aux travaux de fermeture ;

- **l'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières** dont le titre V (articles 68 à 70) traite des dispositions spécifiques aux travaux de fermeture;

- **les articles L 163-1 à L 163-5 du Code minie**r relatifs à la déclaration d'arrêt de travaux miniers,

- l**es articles L163-6 à L163-9 du Code minier** qui donnent le cadre de la procédure s'enclenchant suite à la déclaration d'arrêt des travaux miniers,

- **le Décret n°2006-649 du 2 juin 2006** qui précise le contenu de la déclaration d'arrêt de travaux miniers.

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 de l'industrie, de la recherche et de l'environnement le programme définitif de fermeture avec l'ensemble des éléments lui permettant de juger de l'efficacité des dispositions prévues ;

- 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 géothermale 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 géothermale dans le respect des normes environnementales requises, sans qu'une solution technique et économique soit envisageable.

1.28.2. Protocoles d'abandon des puits

Procédure administrative

D'après **l'article 69 de l'arrêté du 14 Octobre 2016** : « Lorsque l'exploitant souhaite fermer définitivement un sondage ou un puits, il fait parvenir, deux mois avant la date du début de réalisation des travaux, au préfet son programme de fermeture définitive avec l'ensemble des éléments lui permettant de juger de l'efficacité des dispositions prévues. Cependant les travaux de fermeture ne peuvent débuter qu'après l'accord du préfet. Avant toute opération de fermeture définitive, un contrôle de l'état des cimentations et des cuvelages ainsi qu'une mesure de la pression dans les annulaires sont réalisés. »

L'article L163-2 du code minier précise que cette déclaration d'arrêt des travaux doit être faite au plus au terme de la validité du titre minier.

L'article 42 du décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 précise que « L 'exploitant transmet au préfet, au plus tard six mois après les travaux, le rapport de fermeture définitive du puits, en au moins deux exemplaires. Ce rapport décrit de façon précise l'état du puits lors de sa fermeture ainsi que les mesures prévues pour préserver les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 du code minier, conformément aux dispositions des articles L. 163-3 et suivants de ce code. »

Cette déclaration sera accompagnée des éléments suivants :

- un résumé des conditions conduisant à la décision de fermeture du ou des puits,
- un plan de position des ouvrages concernés et leur coupe technique avant rebouchage,
- la procédure d'abandon de puits appliquée (coupe après rebouchage) et les produits destinés à réaliser l'isolation,
- les mesures de prévention des risques identifiées, notamment celles concernant la protection des aquifères superficiels.

Une fois le puits abandonné, l'exploitant transmet alors au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement le rapport de fermeture provisoire ou définitif du puits, en au moins deux exemplaires, décrivant de façon complète et précise l'état du puits lors de sa fermeture.

Protection des aquifères

La fermeture des puits sera réalisée conformément aux prescriptions de **l'article 69 de l'arrêté du 15 octobre 2014.** La décision d'abandon d'un ou de plusieurs puits prend en compte des mesures de préventions des risques pour les aquifères superficiels, qui impliquent des protocoles de cimentation *ad hoc*.

Avant de réaliser la cimentation des tubages au droit des zones à risque, en vue de l'abandon du puits, il est indispensable d'effectuer le curage des puits afin de déterminer l'état complet de l'acier des cuvelages (sous dépôts) et de placer judicieusement les bouchons de ciment.

Le cas échéant et en fonction de la qualité de la cimentation des cuvelages au droit de l'aquifère sensible de l'Albien / Néocomien, des bouchons supplémentaires pourraient être mis en place.

L'abandon sera réalisé dans le respect des règles de l'art en matière d'abandon de puits profonds et dans les conditions optimales de sécurité par rapport à la protection des aquifères sensibles, en évitant par conséquent toutes connexions hydrauliques entre aquifères.

Exemple de programme d'abandon type dans le cas d'un puits dont l'intégrité du tubage est assurée :

- neutralisation de l'artésianisme du puits,
- installation de l'appareil de workover et de sa dotation,
- nettoyage hydro-mécanique de la phase tubée,

- diagraphies CIC et CBL-VDL du tubage,
- mise en place d'un gel visqueux colmatant dans le découvert ou mise en place d'un Bridge Plug au sabot du tubage en fond de puits,
- mise en place de bouchons de ciment vis-à-vis des aquifères producteurs ou cimentation totale du puits avec un *coiled tubing*,
- découpe de la *casing head* et soudure d'une plaque de fermeture.

Remise en état du site

Conformément à **l'article 70 de l'arrêté du 14 Octobre 2016**, il sera procédé à l'arasage des têtes de puits de production et d'injection à hauteur des *casing heads*, à la pose d'une bride pleine et à l'enlèvement des pompes vide caves et échelles d'accès.

Les caves proprement dites seront 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.

Concernant la conduite géothermale enterrée et les équipements en caniveau, il sera procédé à leur enlèvement. En cas de présence d'un caniveau, il sera procédé à son comblement par du gravier et, le cas échéant par une grave béton.

Concernant la centrale géothermale proprement dite, il sera procédé au démantèlement des unités et équipements spécifiques à la géothermie, à leur réutilisation/revente éventuelle, sinon à leur destruction assortie d'un recyclage pour les matériaux/métaux récupérables sur un site conforme à la réglementation industrielle et environnementale en vigueur et agrée par l'administration de tutelle compétente. Tout cela est réalisé afin de restituer le site dans son état initial.

1.28.3. Coûts

Les enveloppes budgétaires sont données à titre indicatifs dans les conditions économiques estimées de 2023. 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'amenée-repli et les charges opérationnelles d'un appareil de forage sur site ;
- les coûts d'ingénierie et de supervision des travaux.

Le coût serait de l'ordre de **800 k€ HT** par puits soit **1600 k€ HT** pour un doublet. Ces prix sont purement indicatifs et soumis à une évolution certaine.

Les comptes administratifs de Coriance et de sa société dédiée au projet rendront compte de la capacité de l'exploitant à assurer les coûts d'opération pour la fermeture de ces puits.

1.28.4. Titre minier

D'après l'article L174-2 du (nouveau) Code Minier, la fin de la validité du titre minier emporte transfert à l'Etat de la surveillance et de la prévention des risques mentionnés à l'article L. 174-1, sous réserve que les déclarations prévues aux articles L. 163-1 à L. 163-3 aient été faites et qu'il ait été donné acte des mesures réalisées.

Ce transfert n'intervient toutefois qu'après que l'explorateur ou l'exploitant a transmis à l'Etat les équipements, les études et toutes les données nécessaires à l'accomplissement des missions de surveillance et de prévention et qu'après le versement par l'exploitant d'une somme correspondant au coût estimé des dix premières années de la surveillance et de la prévention des risques et du fonctionnement des équipements.

5. ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

1.29. Description du projet

1.29.1. Justification et objectifs

Le projet dans lequel s'inscrit le forage d'un doublet géothermique prévoit la création d'un réseau de chaleur exemplaire et unique en France pour chauffer les habitants de Garges-Lès-Gonesse. Dans une volonté d'améliorer la qualité de l'air de la Ville et d'indépendance énergétique permettant de mieux réguler le prix de l'énergie dans le contexte actuelle de crise énergétique. La ville de Garges-Lès-Gonesse a choisi de s'associer au Groupe Coriance pour l'accompagner dans la transition énergétique de son territoire en exploitant la ressource géothermique locale qui a été démontrée lors de précédentes études de faisabilité. La création et l'exploitation du nouveau réseau de chaleur revient donc à Energie Verte de Garges, filiale du Groupe Coriance dans le cadre d'une délégation de service publics. Ce réseau sera alimenté à 100% par des Energies Renouvelables et de Récupérations (EnR&R) locales, combinant géothermie et station d'épuration. La chaleur sera produite localement grâce à la géothermie (62%) et la valorisation de la chaleur fatale issue de la station d'épuration du SIAH à Bonneuil-en-France (35%). Les 3% restant seront fournis par du biogaz.

La densité de population (7900 hab/km²) et la typologie des bâtiments de la ville permettent d'assurer la viabilité d'un projet de création d'un doublet géothermique. Ce projet s'inscrit dans la politique de subvention de l'ADEME qui valorise la géothermie comme source d'énergie locale, durable et sans émission de gaz à effet de serre.

1.29.2. Historique de la géothermie à Garges

La ville de Garges-Lès-Gonesse est l'une des villes pionnières dans l'exploitation de la géothermie. Malheureusement, elle en a subi les aléas, liés à une filière qui manquait à l'époque de maturité.

Le doublet géothermique de chauffage urbain de Garges-Lès-Gonesse foré en 1983 dans un secteur du réservoir du Dogger du Nord Parisien, démontrait des performances hydrodynamiques élevées voire exceptionnelles (transmissivité à 50 D.m, épaisseur réservoir proche de 20 m). Il a été mis en service à l'été 1984 et son exploitation arrêtée en 1986, les puits abandonnés et cimentés en 1995 conformément à la procédure d'abandon règlementaire (décrite au chapitre 7).

Les raisons ayant prévalu à son abandon procédaient des difficultés liées à l'émergence d'une filiale énergétique nouvelle, dans le cas présent :

- La thermochimie corrosive et agressive du fluide géothermal (une saumure chaude de 65°C comprenant une phase gazeuse dissoute enrichie en CO2 et H2S) dévastatrice dans l'attente de dispositifs et procédures d'inhibition chimique en fond de puits non disponibles à l'époque ;
- Une absence de maîtrise technique et opératoire de l'électropompe de production immergée transférée *ex-abrupto* de la production pétrolière à l'exploitation géothermale.
- Des difficultés économiques du moment marquées par le poids élevé de la dette contracté par les opérateurs ajouté aux taux d 'inflation élevé de l'époque pénalisant à la fois la compétitivité de la filiale et la tarification de la chaleur aux abonnés, dans un contexte baissier des prix de l'énergie.

Les quelques 50 années de retour d'exploitation de la filière permettent désormais d'envisager sereinement les problématiques techniques rencontrées à l'époque. En effet l'inhibition chimique des puits est aujourd'hui d'usage et l'adaptation des équipements de production à la filière a permis de réelles avancées technologiques.

1.29.3. Localisation

Le projet prévoit l'implantation de la centrale géothermique sur le site de la parcelle cadastré AW 106 et AW126, situé à l'intersection de l'avenue Ambroise Croizat et de la rue Denis Papin, juste au nord du Rond-Point Paul Langevin.

1.29.4. Ouvrages géothermiques, centrale géothermiques et réseaux de chaleur

A terme, le réseau prévoit de fournir une chaleur issue à 100% des EnR&R à 9300 équivalents logements, desservant la majorité des quartiers (Figure 71). Des logements de résidence collectives, des bâtiments publics et certaines maisons individuelles seront raccordés. Un réseau de chaleur fonctionne sur le principe du chauffage central mais appliqué à l'échelle d'un quartier ou d'une ville. Des canalisations enterrées sous la chaussée transportent l'eau chaude jusqu'au bâtiments desservis par le réseau de chaleur pour les alimenter en chauffage et eau chaude sanitaire (Figure 72).

Figure 71 : Périmètre prévisionnel d'implantation du futur réseau de chaleur (source : https://www.villedegarges.fr/).

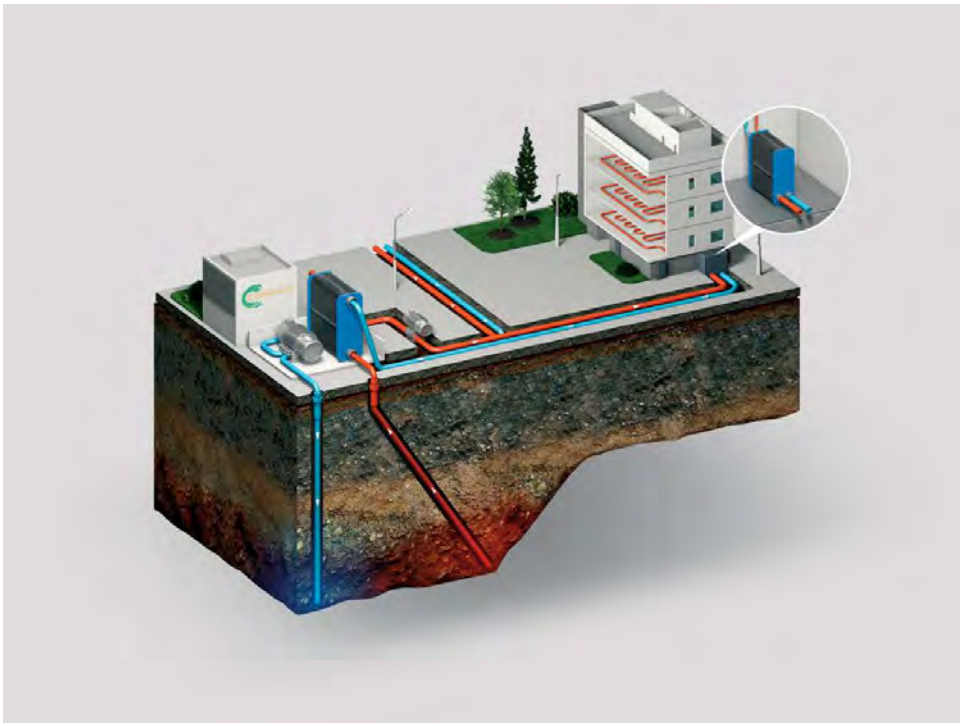


Figure 72 : Principe de fonctionnement d'un réseau de chaleur urbain alimenté par la géothermie (source : https://www.villedegarges.fr/).

1.30. Présentation de la ville de Garges-lès-Gonesse

1.30.1. Contexte administratif

Garges-lès-Gonesse est une commune de 43 215 habitants (rec. 2020) du Val d'Oise, située à 15 km au nord-est de Paris. Elle fait partie, avec Villiers-le-Bel et Gonesse, de la Communauté d'agglomération « Roissy Pays de France » depuis le 1er janvier 2016, qui regroupe 42 communes et rassemble près de 360 000 habitants. Roissy Pays de France est constituée de 25 communes du Val d'Oise et de 17 communes de Seine-et-Marne (Figure 1). L'intercommunalité est structurée autour du pôle économique de l'Aéroport Paris-Charles-de-Gaulle qui est un bassin d'emploi et qui connait une croissance démographique significative. Garges-lès-Gonesse appartient aussi à l'unité urbaine de Paris, qui regroupe 411 communes et 10 785 092 habitants (rec. 2017). La commune est limitrophe de Sarcelles et Arnouville au nord, nord-ouest, Bonneuil-en-France à l'est, ainsi que des communes de Dugny et Stains au sud, qui sont situées dans le département de la Seine-Saint-Denis.

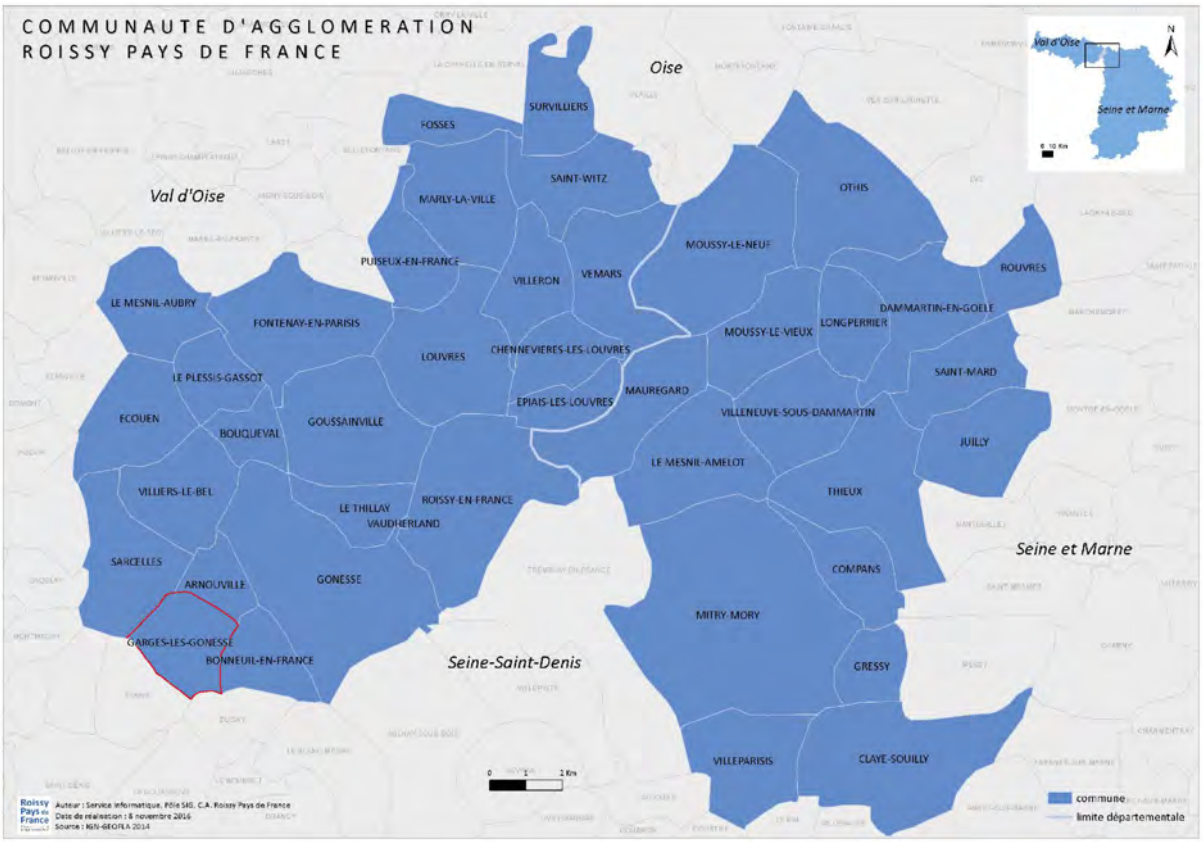


Figure 73 : Localisation de Garges-lès-Gonesse (contour rouge) au sein de la communauté d'agglomération Roissy Pays de France.

L'habitat de Garges-lès-Gonesse est contrasté, avec d'une part des quartiers historiques à faible densité de population avec un aspect de village, et d'autre part des quartiers fortement peuplés, constitués essentiellement de HLM. En 2018, le taux de logement sociaux est de 44.6%, avec 6162 logements pour 13 831 résidences principales. Ce contraste s'explique par l'histoire de la ville. Ancien village rural, la ville se transforme en commune de banlieue au début du XXème siècle, mais connait surtout de profondes mutations à partir des années 1950 avec la construction des premiers grands ensembles français.

1.30.2. Histoire de la ville

L'existence de Garges-lès-Gonesse est connue depuis 832, à minima, sous le nom de Gahareim qui dépend à cette époque de l'abbaye de Saint-Denis. Elle est ensuite rattachée à la seigneurie de Bonneuil qui dépend du seigneur d'Arnouville. Vers 1750, Marchault d'Arnouville, contrôleur des finances sous Louis XV, entreprend de grands travaux d'aménagement dont la construction d'un grand château. La ville vit alors de la vigne, de l'extraction du gypse, du commerce et de l'artisanat. Il ne reste aujourd'hui rien du château, qui fut rasé en 1840 et qui se trouvait au lieu de la Croix-Buard, ce qui correspond de nos jours à l'avenue Antoine Demusois, où un quartier HLM a été construit.

Le village perd près de 20% de sa population lors de la guerre franco-prussienne de 1870. Après la défaite, les autorités militaires entreprennent la construction d'une ceinture fortifiée au-delà des anciennes fortifications de Paris. Dans ce contexte, le fort de Stains est érigé à Garges en 1875 en raison de son altitude de 80 m car Stains est un terrain plat.

Au début du XXe siècle, les premiers lotissements ouvriers sont construits, annonçant une mutation du village en commune de banlieue (Figure 74). Le premier lotissement, *La Lutèce*, est ainsi habité par les employés du gaz venant de Saint-Denis. Dans l'après-guerre l'exode rural et la reconstruction amènent un flux de population depuis la région parisienne, ce qui entraine une crise du logement. Dans ce contexte, plusieurs grands ensembles immobiliers sont bâtis dans les années 1950-1960 sur d'anciennes terres agricoles à proximité de la nouvelle gare. 9500 logements sont ainsi construits entre la fin des années 1950 et le milieu des années 1970.

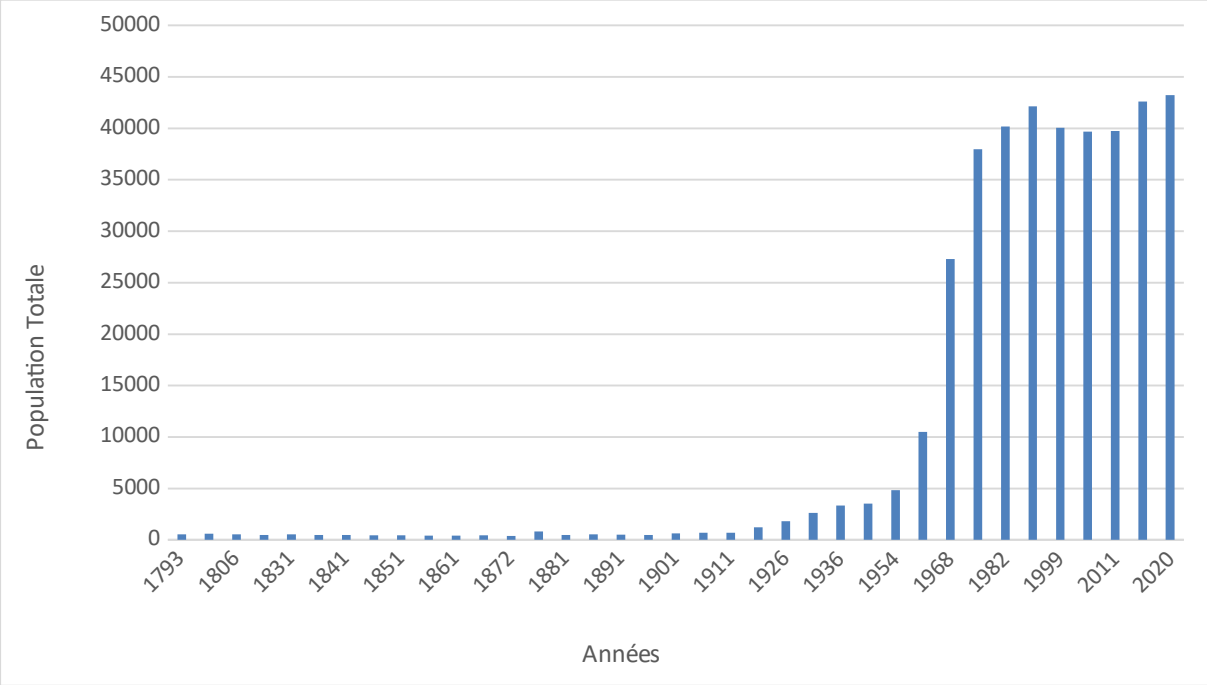


Figure 74 : Evolution démographique de la ville de Garges-lès-Gonesse. (Source : Insee).

En 2002, Garges-lès-Gonesse rejoint la communauté d'agglomération du Val de France, qui sera absorbée au 1er janvier 2016 par la nouvelle communauté d'agglomération Roissy Pays de France.

Garges-lès-Gonesse s'étend sur 5.47 km² et possède sur son territoire plusieurs parcs et espaces verts. Les principaux sont :

- Le parc de la Courneuve qui s'étend du sud-est de la ville à quatre communes de la Seine-Saint-Denis (La Courneuve, Saint-Denis, Stains et Dugny).
- Le bois de Garges, situé au nord-ouest de la ville, où le fort de Garges est érigé.
- Le parc des familles au cœur du quartier des Doucettes
- La Coulée Verte qui traverse la ville de part en part avec le fort de Stains en point central
- Le bois Jaurès, situé dans le quartier du Vieux Pays

La ville a obtenu en 2012 le prix d'excellence départementale des villes, villages et maisons fleuries.

1.30.3. Contexte socio-économique

La population gargeoise est considérée comme jeune avec près de la moitié qui a moins de 30 ans. Le taux de chômage de 18.8% (2019) est supérieur à la moyenne nationale (ca. 8.2% en 2019) et le taux de pauvreté s'élève à 38% (14.6% en France). 76.6% des salariés sont en CDI ou font partis de la fonction publique (Tableau 35). Les emplois sont répartis entre les principales catégories socioprofessionnelle suivantes : artisans, commerçants et chefs d'entreprise (6.7%), cadres et professions intellectuelles supérieures (12%), professions intermédiaires (26%), employés (33.4%) et ouvriers (21.9%). Les secteurs d'activités privilégiés sont le commerce, les transports, et les services divers (51.1 %) et l'administration publique, l'enseignement, la santé, l'action sociale (34,3%).

Garges-lès-Gonesse dépend de l'académie de Versailles et compte 41 établissements scolaires :

- 17 écoles maternelles et 17 écoles primaires dont une privée pour l'enseignement primaire
- 5 collèges dont un privé et 2 lycées (1 lycée d'enseignement général et technologique et 1 lycée professionnel) pour l'enseignement supérieur.

La ville possède plusieurs crèches et halte-garderie (la crèche Duvivier, rue Duvivier, la crèche des Doucettes, rue des Louvres, la crèche F.-Dolto, avenue Frédéric-Joliot-Curie, la crèche familiale et halte-garderie de la CAF, rue Jean-Baptiste-Corot, la crèche associative Déborah-Léa, rue Toulouse-Lautrec, et la halte-garderie municipale). Garges-lès-Gonesse dispose de 3 complexes sportifs (le complexe sportif Allende-Neruda, le complexe sportif Pierre-de-Coubertin et le complexe sportif Jean-Jaurès), 4 gymnases (Les Doucettes, Henri-Barbusse, Victor-Hugo et Colette-Besson), une salle de boxe (Daniel-Thiébaud) et une piscine intercommunale (Muriel-Hermine).

Garges-lès-Gonesse possède très peu d'équipements sanitaires et peu de médecins et praticiens. La ville ne possède pas d'hôpital et relève des centres hospitaliers situés dans les communes voisines : l'hôpital de Gonesse et l'hôpital privé du Nord Parisien à Sarcelles. Une maison de santé pluridisciplinaire a cependant ouvert en 2014 dans le centre commercial de l'hôtel de ville, situé au centre-ville. La ville possède une maison de retraite et deux laboratoires d'analyses.

Garges-Lès-Gonesse possède de nombreux commerces et artisanats répartis dans toute la ville, dont 6 centres commerciaux et deux ZAC. La ville accueille aussi 2 marchés.

Tableau 35 : Données socio-démographiques de la ville de Garges-lès-Gonesse

Population	**Garges-lès-Gonesse (95268)**
Population (2019 - habitants)	43239
Densité de la population (2019 - habitants au km²)	7904.8
Superficie (2019 - km²)	5.5
Variation de la population : taux annuel moyen entre 2013 et 2019 (%)	0.6
Dont variation due au solde naturel : taux annuel moyen entre 2013 et 2019 (%)	1.5

Dont variation due au solde apparent des entrées sorties : taux annuel moyen entre 2013 et 2019 (%)	-0.9
Nombre de ménage (2019)	13979
Sources : Insee, RP2013 et RP2019 exploitations principales en géographie au 01/01/2022	
Naissances domiciliées (2021)	670
Décès domiciliées (2021)	222
Source : Insee, état civil en géographie au 01/01/2022	

Logement	**Garges-lès-Gonesse (95268)**
Nombre total de logements (2019)	14644
Part des résidences principales (2019 - %)	95.5
Part des résidences secondaires (incl. Logements occasionnel ; 2019 - %)	0.4
Part des logements vacants (2019 - %)	4.1
Part des ménages propriétaires de leur résidence principale (2019 - %)	35
Sources : Insee - DGFiP - Cnaf-Cnav-Ccmsa, Fichier localisé social et fiscal en géographie au 01/01/2022	

Revenus	**Garges-lès-Gonesse (95268)**
Nombre de ménages fiscaux (2020)	13002
Part des ménages fiscaux imposés (2020 - %)	34
Médiane du revenu disponible par unité de consommation (2020 - euros)	15460
Taux de pauvreté (2020 - %)	38
Sources : Insee-DGFiP-Cnaf-Cnav-Ccmsa, Fichier localisé social et fiscal en géographie au 01/01/2022	

Emploi - Chômage au sens du recensement	**Garges-lès-Gonesse (95268)**
Emploi total (salarié et non salarié) au lieu de travail (2019)	8377
Dont part de l'emploi salarié au lieu de travail (2019 - %)	90.2
Variation de l'emploi total au lieu de travail : taux annuel moyen entre 2013 et 2019 (%)	0.3
Taux d'activité des 15 à 64 ans (2019)	65.1
Taux de chômage des 15 à 64 ans (2019)	18.8
Sources : Insee, RP2013 et RP2019 exploitations principales en géographie au 01/01/2022	

Etablissements	**Garges-lès-Gonesse (95268)**
Nombre d'établissements actifs (2020)	865
Part de l'agriculture (%)	0
Part de l'industrie (%)	3
Part de la construction (%)	29.1
Part du commerce, transports et services divers (%)	57.2
Dont commerce et réparation automobile (%)	21.5
Part de l'administration publique, enseignement, santé et	10.6

action sociale (%)	
Part des établissements de 1 à 9 salariés (%)	69.4
Part des établissements de 10 salariés ou plus (%)	19.7

Champ : hors secteur de la défense et hors particuliers employeurs
Source : Insee, Flores (Fichier Localisé des Rémunérations et de l'Emploi Salarié) en géographie au 01/01/2022

1.30.4. Les axes de communication et de transport

Les infrastructures routières et autoroutières

Le territoire de la ville est traversé par deux axes principaux : la D 125 et la D 84. La première permet de rejoindre les routes nationales N 16 et N 1 à hauteur de Sarcelles. La seconde est l'accès le plus simple à l'autoroute A 1 vers Paris ou, dans le sens opposé, à l'aéroport de Charles de Gaulle. La ville se trouve à proximité de l'aéroport du Bourget (Cf. Figure 75).

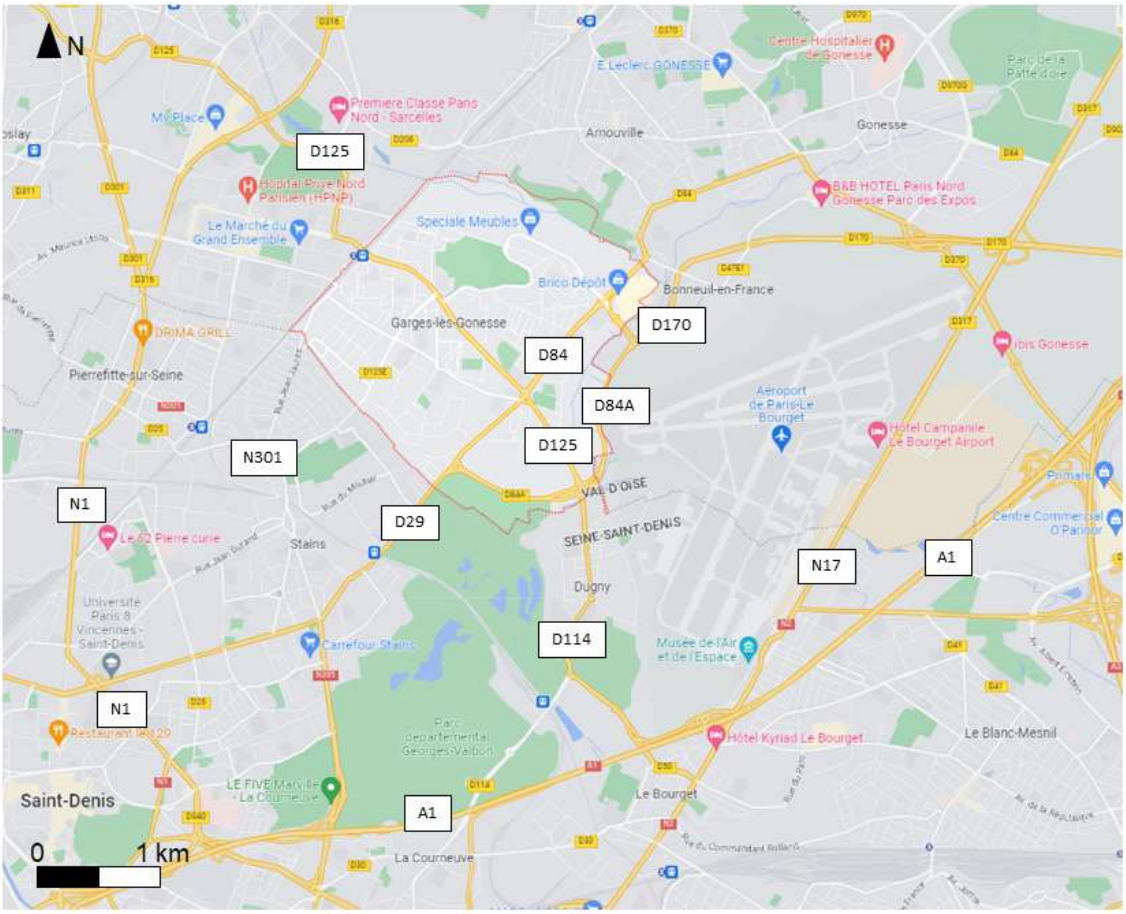


Figure 75 : Carte des accès routiers et autoroutiers autour de Garges-lès-Gonesse

La commune est desservie par la gare de – Garges-Sarcelles située à la limite des territoires des communes de Garges-lès-Gonesse et de Sarcelles sur la ligne D du RER, et la ligne Paris - Lille. Elle est aussi desservie par les lignes 133, 168, 250, 252, 255, 269, 270 et 368 du réseau de bus RATP, la ligne 95.02 du réseau de bus Busval d'Oise, les lignes 11 et 31 du réseau de bus CIF et la ligne N43 du Noctilien (Figure 76 et Figure 77).

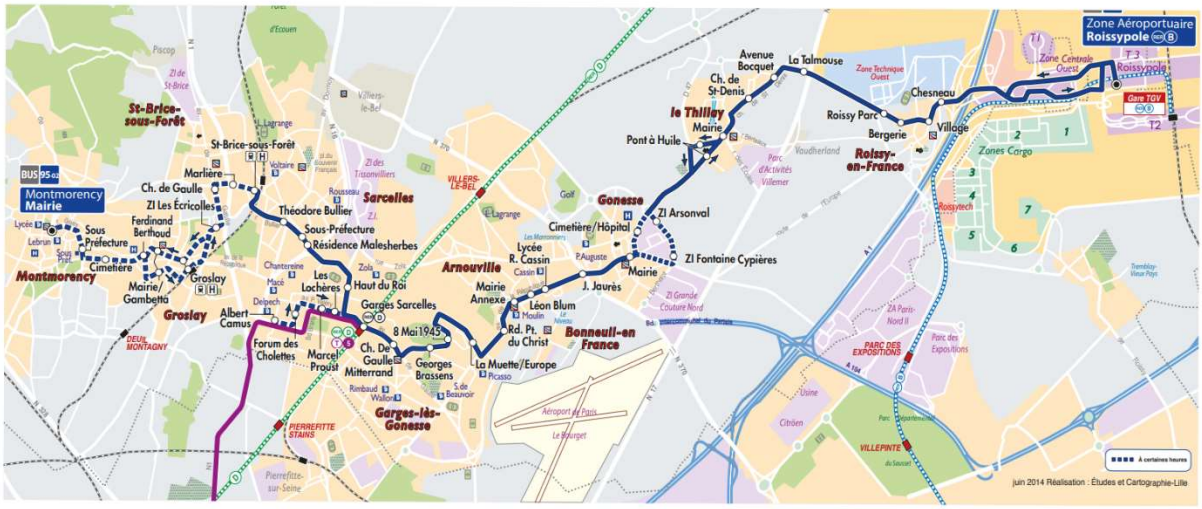


Figure 76 : Tracé de la ligne 95.02 du réseau de bus Busval d'Oise (bleu). Tracé des lignes D du RER (pointillé vert) et du Tramway T5 (violet), desservant la gare de Garges Sarcelles, à la limite ouest de la commune de Garges-lès-Gonesse.

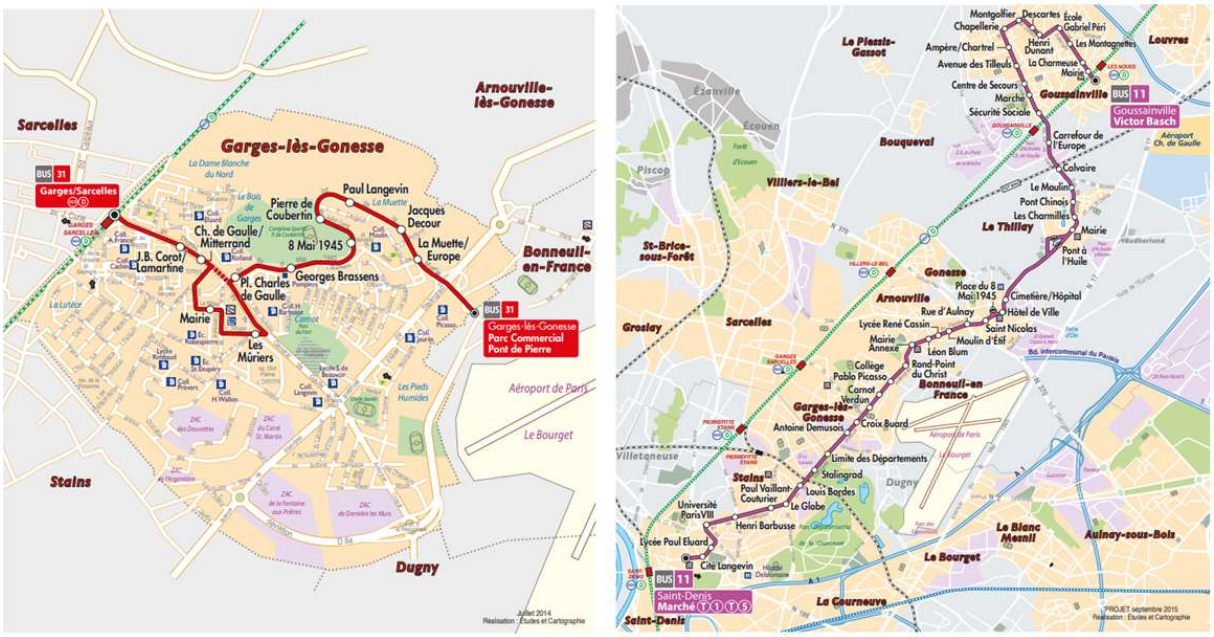


Figure 77 : Tracés des lignes 31 (gauche) et 11 (droite) du réseau de bus CIF sur la ville de Garges-lès-Gonesse et environs.

Réseau cyclable

Le réseau cyclable est très peu développé. En dehors des espaces verts qui disposent de sentiers cyclables, il n'existe qu'une seule piste cyclable le long de l'avenue de Morillons et quelques sentiers cyclables le long de la Rue Henri de Toulouse-Lautrec, de la Rue Noyer des Belles Filles et du Boulevard de la Muette. Néanmoins le plan local d'urbanisme (PLU), en date de juin 2023 prévoit le développement de pistes cyclables (Figure 78).

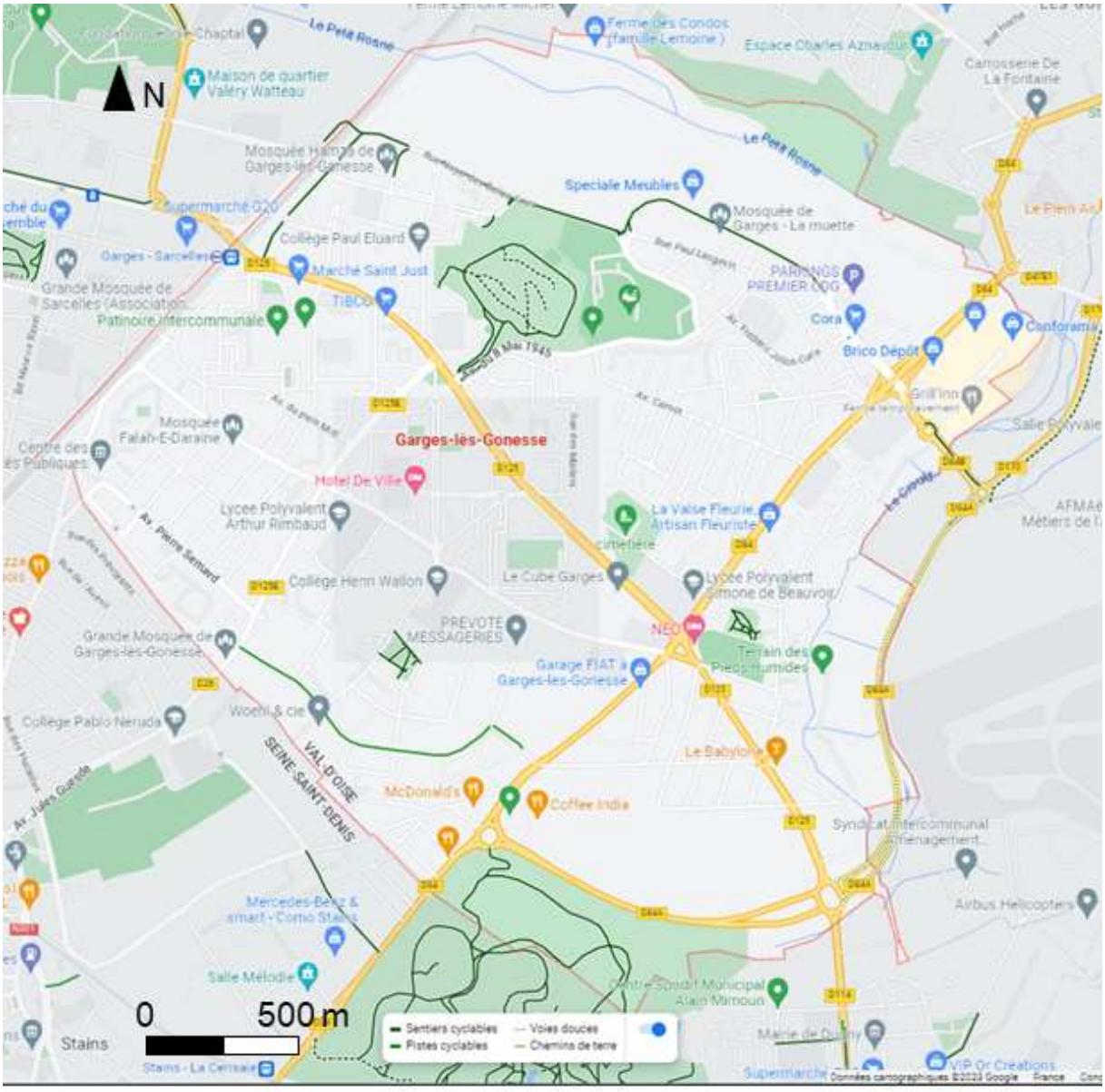


Figure 78 : Tracés des pistes et sentiers cyclables sur la ville de Garges-lès-Gonesse

Réseau piétonnier

Le PLU traduit une volonté de la commune de développer les voies piétonnes. La récente ZAC des Portes de la Ville (inaugurée en octobre 2022) s'inscrit dans cette dynamique de renouvellement urbain des quartiers de la Dame Blanche et des Doucettes. Les quartiers ont été repensé avec une création d'espaces publics piétons. Deux nouvelles rues ont été créées : la rue Gisèle Halimi, bordée de stationnements et de grands trottoirs et l'allée piétonne Joséphine Baker. Un parvis d'une superficie de 1 000m², donnant sur l'avenue du Général de Gaulle est un ajout au quartier, avec au sol du comblanchien (une pierre ayant un aspect proche du marbre et qui participe à la lutte contre les ilots de chaleur urbains avec l'effet albédo) et un renforcement de la végétation, créant des zones d'ombre et de fraicheur.

1.30.5. Les espaces verts

La ville compte plusieurs espaces verts impulsés par une volonté d'offrir un cadre de vie, un décor vert à tous les quartiers mais aussi un lieu de sociabilité, de jeux et d'échange. Les nouveaux usages de ces lieux s'amplifient chaque année un peu plus et de nombreux spectacles y ont lieu à la belle saison.

Le fort de Stains

Le site du Fort de Stains, appelé aussi le Bois de Garges, est un lieu particulièrement apprécié des Gargeois. Cet espace au cœur de la ville constitue un véritable poumon vert et dispose d'équipements sportifs sur le parcours santé.

Le parc des Famille

Cet espace vert au cœur du quartier des Doucettes, équipé d'une scène, d'un roller park, d'un city stade et d'une grande esplanade arborée permet aux petits et grands de flâner et de se balader en toute tranquillité et de se réunir.

Le parc de la Courneuve (parc départemental Georges Valbon)

Ce parc paysager départemental est un lieu privilégié pour la découverte et l'observation de la faune et la flore. Il s'organise autour d'une grande pelouse circulaire avec des sous-bois et des clairières et compte près de 400 ha, dessinés par rythmes variés de vallons, lacs, belvédères et vastes panoramas, avec des aires de jeux, des espaces pique-nique, des kiosques de restaurations, des locations de vélos, de pédalos et des manèges.

La Coulée Verte

Cet espace paysager traverse la ville de part en part et a pour point central le Fort de Stains. Sur un espace naturel d'environ 29 ha, elle fédère les habitants autour de nouveaux lieux de détente, de promenades et d'animations en pleine nature.

Le bois Jaurès

Il s'agit d'un parc familial d'environ un hectare, situé dans le quartier du Vieux Pays où petits et grands peuvent se promener avec des structures adaptées à tous (agrès, cabane, aires de jeux). Le parc dispose de transats, de tables de pique-nique et de fontaines d'eau potable.

1.31. Description de l'état initial de l'environnement

1.31.1. Situation et description du site de travaux

Caractère général du site de l'opération

L'implantation de la centrale géothermique est prévue sur le site des parcelles cadastrées AW 106 et AW126 à l'intersection de l'avenue Ambroise Croizat et de la rue Denis Papin, juste au nord-est du rond-point Paul Langevin et jouxtant le Centre Technique Municipal de la ville. Ce terrain se compose d'un bois classé et est vierge de toute construction (Figure 79). Ces parcelles, d'une surface de 6184 m², permettra d'installer une machine de forage et ses équipements lors de la phase des travaux de forage du doublet. La centrale de production de chaleur sera implantée sur une surface d'environ 1000 m² dont 150 m² dédiée à la seule géothermie.

Figure 79 : localisation des parcelles retenues (coloriées en bleu) – vue aérienne avec les parcelles cadastrées environnantes.

Accès

L'accès au site se fera par la rue Denis Papin, via l'avenue Ambroise Croizat (D 125) à hauteur du rond-point Paul Langevin, qui permet de rejoindre la départementale D84A. La rue Denis Papin est une voie sans issue et ne dessert aucune habitation à l'exception du centre équestre et d'un parking adjacent.

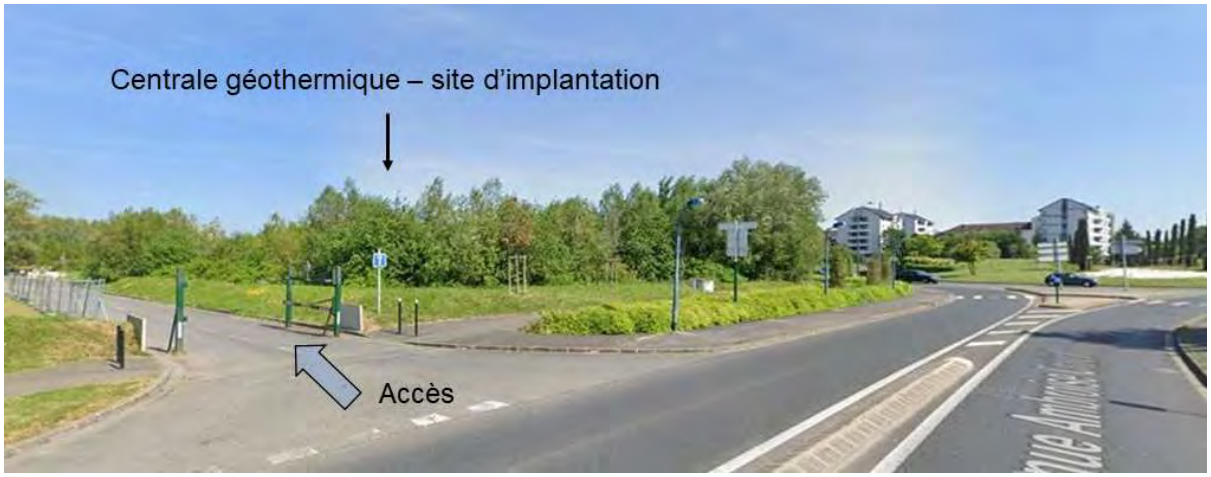


Figure 80 : Photo de la parcelle retenue avec l'accès par la rue Denis Papin (source : google map – street view).

Projets situés à proximité du site

Il n'y a pas de projet concomitant à cette parcelle. En revanche le nord de Paris est concerné par le développement de projet en lien avec les JOP2024, dont il conviendra de considérer la superposition des impacts en termes de trafic routier notamment. Par ailleurs un projet de développement de géothermie au Dogger est en cours à Dugny et ai pris en considération dans l'étude d'impact propre à la ressource (chapitre 3 de ce document).

1.31.2. Population et santé humaine

Habitations et infrastructures

Il y a très peu d'infrastructures dans un périmètre de 50 m de la future centrale géothermique : une partie du terrain appartenant à la brigade équestre et quelques maisons, de type résidences pavillonnaires de la rue des Chasseurs (Cf. Figure 82). Un périmètre élargi à 200 m (cercle rouge, Figure 81) inclut la brigade équestre, le CCAS de Garges-lès-Gonesse, les habitations de la Rue des Chasseurs depuis l'intersection avec la rue Jean Moulin, 5 maisons sur la rue Jean Moulin sur la commune de Garges-Lès-Gonesse, une partie de la station d'épuration sur la commune de Bonneuil-en-France et enfin deux immeubles sur la commune de Dugny.

Les photos Figure 83, Figure 84, Figure 85 et Figure 86 montrent les habitations et infrastructures à proximité (< 200 m) du terrain choisi pour l'implantation de la future centrale géothermique.

Figure 81 : Vue aérienne de la parcelle retenue pour la centrale géothermique avec les infrastructures et habitations environnantes. Cercle rouge : périmètre de 200 m autour de la centrale.

Figure 82 : périmètre de 50 m autour des têtes de puits représenté par le cercle orange

Figure 83 : vue sur la Brigade équestre depuis la rue Denis Papin

Figure 84 : Vue sur les habitations de la rue des Chasseurs (au 43)

Figure 85 : Vue sur les habitations de la commune de Dugny, depuis la rue de l'Eau des Enfants

Figure 86 : Vue sur la station d'épuration de Bonneuil-en-France, depuis la rue de l'Eau des Enfants

Captages d'eau potable

Le maître d'ouvrage concernant l'alimentation en eau potable est le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de Tremblay-en-France et Claye-Souilly. L'alimentation en eau potable est assurée par Véolia Eau (Société Française de Distribution d'Eau), en affermage.

L'eau alimentant le service est issue de l'usine d'Annet-sur-Marne. En revanche, le Forage n° 3 qui se situait au nord de la commune, dans la vallée du Petit Rosne, a été définitivement comblé en 2019 et est à l'arrêt. D'après les contrôles sanitaires effectués par l'Agence Régionale de Santé (ARS), l'eau distribuée est conforme aux valeurs limites réglementaires fixées pour les paramètres microbiologiques et physico-chimiques analysés.

En 2020, le territoire de Garges-lès-Gonesse compte 2 réservoirs d'une capacité totale de stockage de 5 000 m^3. Il existe 3 143 branchements en 2020, dont encore 8 branchements plomb. La longueur du réseau sur le territoire communal est de 87 km. En 2020, le volume total vendu est de 2

357 876 m^3, en augmentation par rapport à 2019. L'augmentation de la consommation se fait surtout dans l'habitat (individuel et collectif). La consommation moyenne est de 126L/hab/jours soit 10L de plus par habitant et par jour qu'en 2019.

Le réseau d'alimentation de Garges-lès-Gonesse est globalement en bon état et ne présente pas de point noir régulier. Des travaux de renouvellement sont effectués annuellement par Véolia, et sont généralement fait lors de travaux de renouvellement de voiries.

En termes de performance, l'indice linéaire de pertes en réseau s'élève à 10,02m^3/jour/km contre 8,17m^3/jour/km en 2019.

La base de données du sous-sol (BSS) Infoterre du BRGM recense 88 ouvrages dans un rayon de 3 km autour du site retenu dont 3 puits et un sondage (Figure 87). Le reste des ouvrages concerne des forages. Aucun des puits ne correspond à un captage d'Alimentation d'eau potable (AEP) en cours d'exploitation. Les coordonnées des puits et leurs principales caractéristiques sont présentées dans le Tableau 36. Il y a peu d'ouvrages à proximité direct du futur site de forage et aucun champ captant référencé.

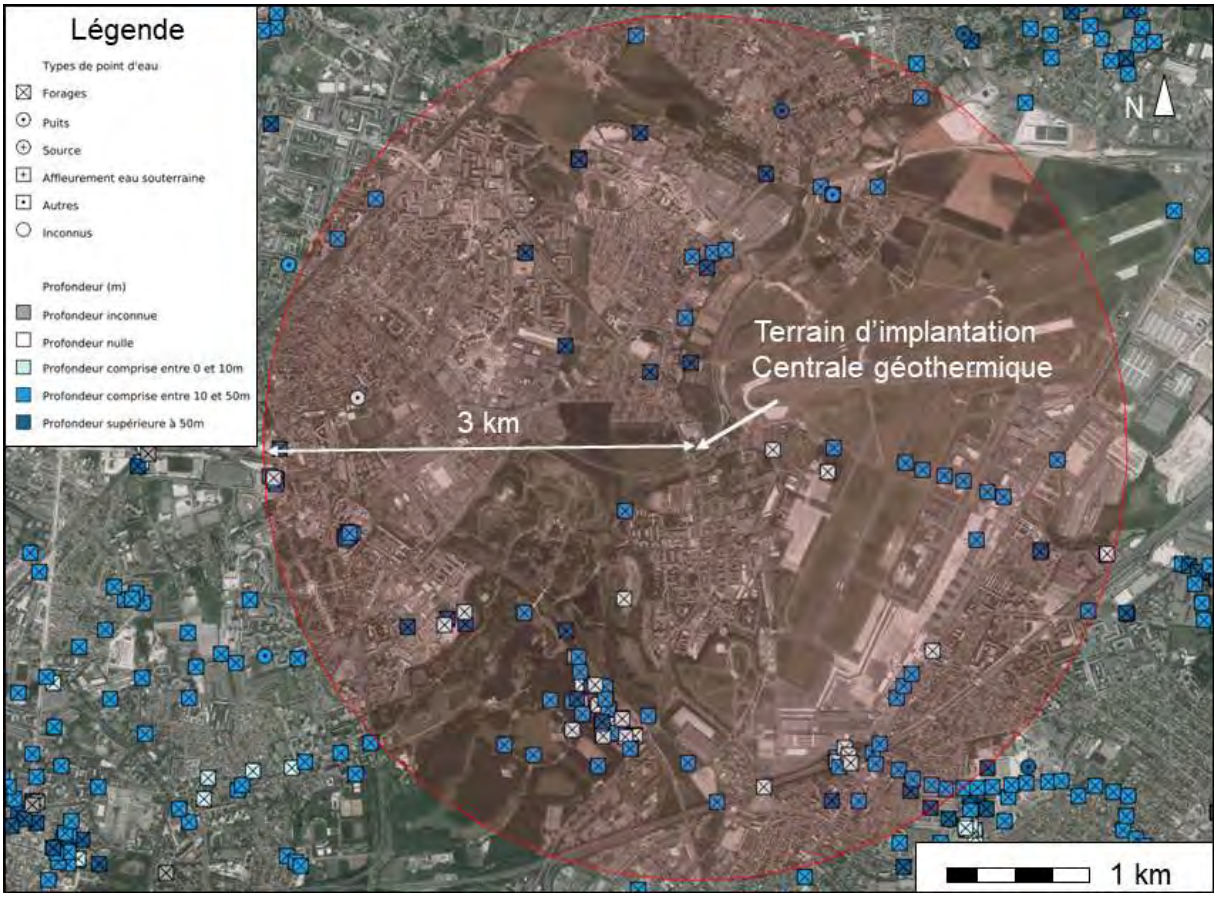


Figure 87 : Localisation des points d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site d'implantation retenu (source : Infoterre – BRGM).

Tableau 36 : Coordonnées et caractéristiques des ouvrages d'eau recensés dans un rayon de 3 km autour du site d'implantation retenu (source : Infoterre – BRGM). Coloriage en bleu : puits ; coloriage en vert : sondage.

Nr	Nom	Commune	Coordonnées		Nature	Profondeur atteinte(m)	Etat	Utilisation
			X_L93	Y_L93				
1	BSS000LKWW	GARGES LES GONESSE (95268)	656950	6874028	forage	77.18	jaillissant	eau collective
2	BSS000LLAC	GARGES LES GONESSE (95268)	657321	6875335	forage	59.7	acces	eau collective
3	BSS000LLAD	GARGES LES GONESSE (95268)	656883	6875609	forage	61	acces	eau collective
4	BSS000LKXW	GARGES LES GONESSE (95268)	657220	6874086	forage	51	non rens.	non rens.
5	BSS000LKUF	GARGES LES GONESSE (95268)	657326	6874715	forage	55	non rens.	eau collective
6	BSS000LKVQ	GARGES LES GONESSE (95268)	657183	6874386	forage	44	non rens.	eau industrielle
7	BSS000LLEF	GARGES LES GONESSE (95268)	656480	6875431	forage	1957	exploité	chauffage
8	BSS000LLAN	GARGES LES GONESSE (95268)	656475	6875440	forage	1812	abandonné	chauffage
9	BSS000LLAM	GARGES LES GONESSE (95268)	656480	6875431	forage	1975	exploité	chauffage
10	BSS000LLNA	BONNEUIL EN FRANCE (95088)	658455	6875250	forage	30	exploité	eau industrielle
11	BSS000LLHK	BONNEUIL EN FRANCE (95088)	658080	6875248	forage	38.1	non rens.	eau collective
12	BSS000LLHL	BONNEUIL EN FRANCE (95088)	658160	6875198	forage	91.5	non exploité	eau collective
13	BSS000NMUV	BONNEUIL EN FRANCE (95088)	659651	6873448	forage	15.35	mesure	piezometre
14	BSS000NGTR	STAINS (93072)	654976	6872964	forage	12	non rens.	non rens.
15	BSS000NGPF	STAINS (93072)	655346	6872341	forage	70	exploité	piezometre
16	BSS000NGRE	STAINS (93072)	655726	6872358	forage	70.2	non rens.	non rens.
17	BSS000NGSE	STAINS (93072)	655606	6872394	forage	55	exploité	eau industrielle
18	BSS000LKXS	STAINS (93072	654495	6873518	forage	68.38	non rens.	eau industrielle
19	BSS000LKUG	ARNOUVILLE (95019)	657825	6875756	puits	55.97	non rens.	non rens.
20	BSS000LKWJ	ARNOUVILLE (95019)	657638	6876192	forage	75.2	non rens.	eau collective
21	BSS000NMNZ	BLANC MESNIL (93007)	658931	6871065	puits	80	exploité	eau industrielle
22	BSS000NMQE	BLANC MESNIL (93007)	658677	6871253	forage	84.35	non rens.	non rens.
23	BSS000NMQP	BLANC MESNIL (93007)	659064	6871220	forage	80	exploité	eau industrielle
24	BSS000NMQZ	BLANC MESNIL (93007)	659526	6872842	puits	47	remblai	eau collective
25	BSS000NMNY	BLANC MESNIL (93007)	659188	6871409	forage	52	non rens.	non rens.
26	BSS000NMQD	BLANC MESNIL (93007)	659540	6872851	forage	48	remblai	non rens.
27	BSS000NMSB	BLANC MESNIL (93007)	659535	6872836	forage	110	exploité	eau collective
28	BSS000LLJC	GONESSE (95277)	658745	6875843	forage	25.8	remblai	eau collective
29	BSS000LLME	GONESSE (95277)	658455	6875825	forage	34	non rens.	eau collective
30	BSS000LLKN	GONESSE (95277)	658717	6876063	forage	38.7	non rens.	eau collective
31	BSS000LLHS	GONESSE (95277)	658717	6876063	forage	34.5	jaillissant	eau collective
32	BSS004CKTK	COURNEUVE (93027)	656418	6870758	forage	55	accès	eau industrielle
33	BSS000NGRS	COURNEUVE (93027)	656760	6871649	forage	58	non rens.	eau industrielle

34	BSS000NGSR	COURNEUVE (93027)	656375	6872313	sondage	34.5	remblai	non rens.
35	BSS000NGRG	COURNEUVE (93027)	656395	6872312	forage	60	non rens.	eau industrielle
36	BSS002PYYK	COURNEUVE (93027)	656605	6871420	forage	54.9	crepine	non rens.
37	BSS004AZME	COURNEUVE (93027)	656339	6872300	forage	30	crepine	non rens.
38	BSS002PYYB	COURNEUVE (93027)	656115	6872433	forage	56	crepine	non rens.
39	BSS000NGZT	COURNEUVE (93027)	656115	6872433	forage	23.5	exploité	piezometre
40	BSS000NGZS	COURNEUVE (93027)	656115	6872433	forage	54.9	exploité	piezometre
41	BSS000NGSJ	COURNEUVE (93027)	656890	6870498	forage	50	non rens.	eau industrielle
42	BSS000NGRQ	COURNEUVE (93027)	656871	6870598	forage	45	pompe	eau industrielle
43	BSS002PYYF	COURNEUVE (93027)	656289	6871858	forage	55	crepine	non rens.
44	BSS000NGZJ	COURNEUVE (93027)	656762	6871730	forage	7	mesure	piezometre
45	BSS000NGZF	COURNEUVE (93027)	656650	6871865	forage	20	exploité	piezometre
46	BSS000NGZP	COURNEUVE (93027)	656115	6872433	forage	56	exploité	piezometre
47	BSS000NGYS	COURNEUVE (93027)	656559	6871943	forage	223	exploité	piezometre
48	BSS000NGZV	COURNEUVE (93027)	656604	6871419	forage	26.25	exploité	piezometre
49	BSS000NGZQ	COURNEUVE (93027)	656938	6871755	forage	48	exploité	piezometre
50	BSS000NGZW	COURNEUVE (93027)	655981	6871559	forage	22.5	exploité	piezometre
51	BSS000NGZU	COURNEUVE (93027)	657198	6871444	forage	17	exploité	piezometre
52	BSS000NGZR	COURNEUVE (93027)	656604	6871419	forage	55	exploité	piezometre
53	BSS000NGYG	COURNEUVE (93027)	656783	6871615	forage	8	exploité	piezometre
54	BSS000NGYR	COURNEUVE (93027)	656498	6871965	forage	7.6	exploité	piezometre
55	BSS000NGYQ	COURNEUVE (93027)	656694	6871633	forage	8	exploité	piezometre
56	BSS000NHAD	COURNEUVE (93027)	656657	6871868	forage	5	exploité	piezometre
57	BSS000NGYD	COURNEUVE (93027)	656853	6871617	forage	8	exploité	piezometre
58	BSS000NGYM	COURNEUVE (93027)	656489	6871849	forage	4	exploité	piezometre
59	BSS000NGYN	COURNEUVE (93027)	656456	6872139	forage	7.2	exploité	piezometre
60	BSS000NGYE	COURNEUVE (93027)	656821	6871539	forage	6	exploité	piezometre
61	BSS000NGYJ	COURNEUVE (93027)	656605	6871824	forage	8	exploité	piezometre
62	BSS000NGYP	COURNEUVE (93027)	656655	6871939	forage	6	exploité	piezometre
63	BSS000NGYF	COURNEUVE (93027)	656687	6871700	forage	5	exploité	piezometre
64	BSS000NGZL	COURNEUVE (93027)	656589	6871958	forage	5.5	crépine	piezometre
65	BSS000NGZH	COURNEUVE (93027)	656639	6871621	forage	5	crépine	piezometre
66	BSS000NGYL	COURNEUVE (93027)	656503	6871758	forage	7	exploité	piezometre
67	BSS000NGZB	COURNEUVE (93027)	656763	6871738	forage	21.5	exploité	piezometre
68	BSS000NGYH	COURNEUVE (93027)	656679	6871789	forage	5	exploité	piezometre
69	BSS000NGZH	COURNEUVE (93027)	656639	6871621	forage	5	exploité	piezometre
70	BSS000NGYU	COURNEUVE (93027)	656818	6871531	forage	23.5	exploité	piezometre
71	BSS000NGYV	COURNEUVE (93027)	656433	6871847	forage	19.5	exploité	piezometre
72	BSS000NGZD	COURNEUVE (93027)	656673	6871799	forage	20	exploité	piezometre
73	BSS000NGZX	COURNEUVE (93027)	656288	6871857	forage	23.5	exploité	piezometre
74	BSS000NGZN	COURNEUVE (93027)	656630	6871713	forage	54.6	exploité	piezometre
75	BSS000NGZK	COURNEUVE (93027)	656629	6871696	forage	7	exploité	piezometre
76	BSS000NGZM	COURNEUVE (93027)	656434	6871660	forage	7	exploité	piezometre
77	BSS000NGYZ	COURNEUVE (93027)	656850	6871623	forage	22.5	exploité	piezometre
78	BSS002PYXZ	COURNEUVE (93027)	656631	6871714	forage	54.6	crepine	non rens.
79	BSS000NGZG	COURNEUVE (93027)	656501	6871764	forage	20	exploité	piezometre
80	BSS000NGYX	COURNEUVE (93027)	656486	6872044	forage	21	exploité	piezometre

81	BSS000NGYT	COURNEUVE (93027)	656632	6871627	forage	24.5	exploité	piezometre
82	BSS000NGZE	COURNEUVE (93027)	656466	6871865	forage	121.3	exploité	piezometre
83	BSS000NGZC	COURNEUVE (93027)	656691	6871641	forage	19.5	exploité	piezometre
84	BSS000NGYY	COURNEUVE (93027)	656630	6871706	forage	22.5	exploité	piezometre
85	BSS000NGZA	COURNEUVE (93027)	656650	6871944	forage	21.5	exploité	piezometre
86	BSS000NGYW	COURNEUVE (93027)	656471	6872144	forage	22.5	exploité	piezometre
87	BSS000NGTN	SAINT DENIS (93066)	656179	6871494	forage	12	exploité	eau industrielle
88	BSS000LLFL	VILLIERS LE BEL (95680)	656859	6876250	forage	22	non rens.	non rens.

Qualité de l'air

Textes règlementaires

Les diverses sources de pollution présentes à la surface de la terre et dans l'atmosphère, émettent de nombreux polluants dits primaires. Ces polluants tels que les oxydes de carbone, les oxydes de soufre ou encore les oxydes d'azote sont directement issus des sources de la pollution, qu'elles soient d'origine domestique, industrielle, ou automobile. Ces polluants peuvent alors se transformer en polluants secondaires dans des conditions météorologiques favorables. L'air ambiant en zone urbaine contient donc des polluants primaires et secondaires.

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques de certains types de pollution (industrielle ou automobile) et que les connaissances scientifiques actuelles leur attribuent des effets nuisibles sur l'environnement et/ou la santé et/ou le patrimoine bâti. Ces espèces sont appelées des indicateurs de pollution atmosphérique et font l'objet de réglementations.

La réglementation sur la qualité de l'air vise à protéger la santé humaine et l'environnement.

En matière de qualité de l'air, trois niveaux de réglementations imbriqués peuvent être distingués. Le premier niveau oblige les États membres européens, le deuxième l'Etat français, le dernier se situe au niveau local. Ensemble, ils forment la réglementation de la région.

L'ensemble de ces réglementations a pour objectifs :

- d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution atmosphérique pour la santé humaine et pour l'environnement dans son ensemble,
- d'évaluer la qualité de l'air ambiant dans les États membres sur la base de méthodes et critères communs,
- d'obtenir des informations sur la qualité de l'air ambiant afin de contribuer à lutter contre la pollution de l'air et les nuisances et de surveiller les tendances à long terme et les améliorations obtenues grâce aux mesures nationales et communautaires,
- de faire en sorte que ces informations sur la qualité de l'air ambiant soient mises à la disposition du public,
- de préserver la qualité de l'air ambiant, lorsqu'elle est bonne et l'améliorer dans les autres cas.

Les directives européennes (Directive 2008/50/CE et Directive 2004/107/CE) sont transposées dans la réglementation française, qui peut ajouter des critères plus restrictifs que ceux imposés par la Commission européenne.

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans :

- le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3),
- le décret n° 2010-1250 du 21/10/10 relatif à la qualité de l'air,
- l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

Quatre polluants déclenchent des seuils d'alertes, définis dans l'article R221-1 du Code de l'environnement, lorsque leur concentration augmente le dioxyde d'azone (NO_2), l'ozone (O_3), les poussières (PM10) et le dioxyde de souffre (SO_2).

Plus localement, l'arrêté inter-préfectoral du 19 décembre 2016, décrit la procédure d'information et d'alerte du public en cas de pointe de pollution atmosphérique en Région Ile-de-France. Cette procédure concerne 3 polluants : l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules (PM10).

En cas d'absence de réglementation française ou européenne, les résultats des mesures des polluants sont comparés avec les valeurs guides d'exposition estimées par l'OMS.

Types de polluants et seuils d'alertes

Les quatre polluants dont l'élévation de la concentration déclenchent des seuils d'alertes, définis dans l'article R221-1 du Code de l'environnement, sont recensés dans le Tableau 37. Ils sont cités ci-dessous.

i. **Le dioxyde d'azote (NO_2)** : la toxicité du NO_2, plus importante que celle du NO, est liée à ses propriétés oxydantes. Gaz irritant, il pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et, chez l'enfant, et augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

ii. **Les poussières < 10 µm** et < 2,5 µm **(PM 10** et PM 2.5**)** : les particules sont des composés très hétérogènes. Elles sont produites par les activités humaines (combustions industrielles, phénomène d'usure et de frottement des chaussées et des pneus, particules issues directement des véhicules, poussières de chantiers, acides condensés résultants de réactions chimiques entre polluants gazeux et l'humidité de l'air) et par les activités naturelles (vent de poussières, pollens, bactéries, aérosol marins, cendres volcaniques…). Elles peuvent être distinguées selon leurs tailles, leurs couleurs, leurs compositions chimiques et leurs poids. C'est sur ce dernier paramètre que ces composés sont généralement mesurés. Les poussières sont sélectionnées selon leurs tailles avant d'effectuer les mesures. Les particules dont la taille est inférieure à 10 µm sont les composés susceptibles de pénétrer dans l'arbre respiratoire. De ce fait, les analyseurs possèdent des têtes de prélèvements sélectionnant les particules dont la taille est inférieure à cette valeur.

iii. **L'ozone :** Ce composé est un polluant secondaire. Il n'est pas émis directement par une source particulière, mais il est produit par une transformation photochimique via les oxydes d'azote (émanant des centrales énergétiques et du trafic routier) et les Composés Organiques Volatils (COV, hydrocarbures et solvants émis par l'agriculture

et le milieu naturel). De fortes valeurs en ozone sont constatées en périodes estivales du fait de conditions favorables à l'apparition de ce type de polluant du point vue de la photochimie.

iv. **Le dioxyde de souffre (SO_2) :** Le dioxyde de soufre constitue un bon indicateur de sources de combustion du charbon, du lignite, du coke de pétrole, du fuel lourd, du fuel domestique et du gazole. Les émetteurs principaux sont les centrales thermiques et les grandes installations de combustion. Le chauffage individuel ou collectif (secteur résidentiel et tertiaire) constitue le deuxième type d'émetteur. Le secteur transport est un faible émetteur (trafic diesel majoritairement). Le gaz naturel, le GPL et le bois sont des combustibles très peu soufrés.

Tableau 37 : Polluants atmosphériques avec seuil d'alerte.

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Niveau critique
Dioxyde d'azote (NO_2)	**En moyenne annuelle :** depuis le 01/01/10 : 40 µg/m³. **En moyenne horaire :** depuis le 01/01/10 : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.	**En moyenne annuelle :** 40 µg/m³.	**En moyenne horaire :** 200 µg/m³.	**En moyenne horaire :** 400 µg/m³ dépassé pendant 3 heures consécutives ; 200 µg/m³ si la procédure d'information et de recommandation pour le dioxyde d'azote a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.	**Pour la protection de la végétation (oxydes d'azote):** 30 µg/m³ en moyenne annuelle d'oxydes d'azote.
Dioxyde de soufre (SO_2)	**En moyenne journalière :** 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an. **En moyenne horaire :** depuis le 01/01/05 : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.	**En moyenne annuelle :** 50 µg/m³.	**En moyenne horaire :** 300 µg/m³.	**En moyenne horaire** sur 3 heures consécutives : 500 µg/m³.	**Pour la protection des écosystèmes : 20 µg/m³ en moyenne annuelle et 20 µg/m³en moyenne sur la période allant du 1er octobre au 31 mars.**
Particules fines	**En moyenne annuelle :**	**En moyenne**	**En moyenne journalière :**	**En moyenne journalière :**	

(PM10)	depuis le 01/01/05 : 40 µg/m³. **En moyenne journalière :** depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	**annuelle :** 30 µg/m³.	50 µg/m³.	80 µg/m³.	
Ozone (O_3)		**Pour la protection de la santé**, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m³ pendant une année civile. **Seuil de protection de la végétation**, 6 000 µg/m³.h en AOT 40 à partir des valeurs enregistrées sur une heure de mai à juillet	**En moyenne horaire :** 180 µg/m³.	**Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population**, en moyenne horaire : 240 µg/m³. **Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence**, en moyenne horaire : 1er seuil : 240 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 2e seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 3e seuil : 360 µg/m³.	**Seuil de protection de la santé humaine :** 120 µg/m³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans. Cette valeur cible est appliquée depuis 2010. **Seuil de protection de la végétation :** 18 000 µg/m³.h en AOT 40 calculées à partir des valeurs sur une heure de mai à juillet en moyenne calculée sur 5 ans. Cette valeur cible est appliquée depuis 2010.

Qualité de l'air à Garges-Lès-Gonesse

Le climat de l'Ile-de-France est généralement propice à la dispersion des polluants. En effet, l'agglomération parisienne, située en plaine, bénéficie la majeure partie du temps d'un climat océanique venteux ou pluvieux favorable à la dispersion de la pollution par brassage et lessivage de l'atmosphère. Cependant, certaines situations météorologiques, anticyclones et absence du vent, bloquent les polluants sur place et peuvent conduire pour les mêmes émissions de l'agglomération, à des niveaux nettement supérieurs à ceux des jours les moins pollués. De plus les ilots de chaleur urbains amplifient ces phénomènes. A partir d'émissions de polluants équivalentes en lieu et en intensité, les niveaux de polluants dans l'environnement peuvent varier d'un facteur vingt suivant les conditions météorologiques.

Conformément à la loi sur l'air du 30 décembre 1996, AIRPARIF, association type loi de 1901 à but non lucratif (source : airparif.asso.fr) est l'organisme agréé par le ministère chargé de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France. Ses missions répondent à une exigence réglementaire et se déclinent en 4 fonctions :

i. Surveiller la qualité de l'air ;
ii. Prévoir les épisodes de pollution ;
iii. Évaluer l'impact des mesures de réduction des émissions ;
iv. Informer les autorités et les citoyens (au quotidien, lors d'un épisode de pollution).

Actuellement, près de 70 stations Airparif surveillent en continu la qualité de l'air respirée par 12 millions de franciliens. Ces dispositifs sont complétés par des camions laboratoires réalisant des mesures périodiques. L'ensemble des données collectées est analysé et extrapolé afin de produire des statistiques à l'échelle communale et des cartes de qualité de l'air pour l'ensemble du territoire régional.

Les stations urbaines ou périurbaines sont respectivement situées dans l'agglomération ou à sa périphérie tandis que les stations de fond ne sont pas directement influencées par une source locale identifiée, mais permettent une mesure d'ambiance générale de la pollution dite « de fond », représentative d'un large secteur géographique autour d'elles. On précise qu'il existe également les stations trafic, qui mesurent la pollution dans les lieux proches des voies de circulation (voies rapides, carrefours…). Les niveaux mesurés sur ces sites correspondent au risque d'exposition maximum pour le piéton, le cycliste ou l'automobiliste. La représentativité est locale et diffère selon la configuration topographique et la nature du trafic.

La station permanente de fond la plus proche est implantés Avenue Georges Kerdavid à Gonesse à environ 4.4 km du site de forage. La station permanente de fond de Saint-Denis, implantée Place du Caquet se situe aussi à proximité du site de forage à environ 4.9 km. Enfin une station semi-permanente de trafic le long de la D370, Avenue Robert Schuman, est située à environ 3.3 km sur la commune de Gonesse (Figure 88).

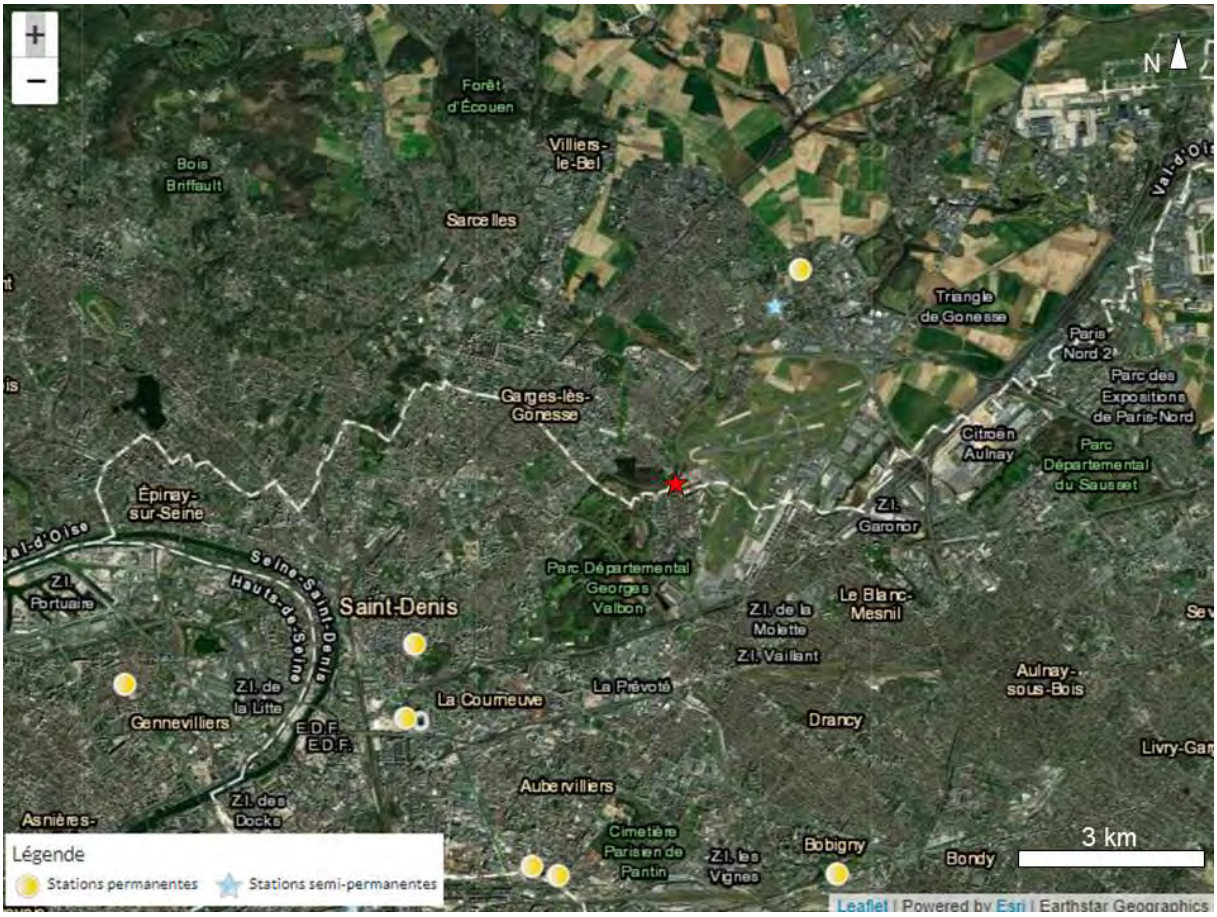


Figure 88 : Implantation des stations de mesure les plus proche du site de forage (étoile rouge). Source : AIRPARIF.

L'indice Citeair a été développé dans le cadre d'un projet européen du même nom (Common information to European air) de surveillance de la qualité de l'air. Il est utilisé par une centaine de villes européennes et est calculé toutes les heures à partir des stations de mesures. Il a été lancé en 2006 pour apporter une information au public :

- simple et prenant en compte la pollution à proximité du trafic,
- comparable à travers l'Europe,
- adaptée aux méthodes de mesure de chaque réseau de surveillance.

En région Île-de-France, cet indice est calculé pour Paris. Un indice évaluant l'air ambiant est calculé à partir des stations de fond de la ville et un autre sur la qualité de l'air près du trafic est calculé à partir des stations de trafic. Ces indices varient de 0 à 100, selon 5 qualificatifs (de très faible à très élevé). Les polluants considérés pour les indices trafic et de fonds sont les suivants :

- Polluants obligatoires : le dioxyde d'azote et les particules PM10
- Polluants complémentaires : le monoxyde de carbone et les particules PM 2.5
- Polluants obligatoires : le dioxyde d'azote, les particules PM 10 et l'ozone
- Polluants complémentaires : le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les particules PM 2.5 (à partir de 2011)

Grille de calcul de l'indice de la qualité de l'air commun

Indice	Grille	INDICE TRAFIC						INDICE DE FOND							
		Polluant obligatoire			Polluant supplémentaire			Polluant obligatoire				Polluant supplémentaire			
		NO2	PM10		PM2.5		CO	NO2	PM10		O3	PM2.5		CO	SO2
			1h	24h	1h	24h			1h	24h		1h	24h		
Très élevé	>100	>400	>180	>100	>110	>60	>20000	>400	>180	>100	>240	>110	>60	>20000	>500
Élevé	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500
	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
Moyen	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
Faible	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
Très faible	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- NO2, O3, SO2 : valeur horaire / maximum horaire en µg/m3
- PM10, PM2.5 : valeur horaire / maximum horaire ou moyenne journalière ajustée en µg/m3
- CO : moyenne glissante 8 heures / maximum de la moyenne glissante 8 heures en µg/m3

Figure 89 : Grille de calcul de l'indice de la qualité de l'air commun. Source : AIRPARIF.

L'indice Atmo, créé en 1994 à l'initiative du ministère chargé de l'environnement et d'associations agréées de surveillance de la qualité de l'air, sert d'indicateur journalier de la qualité de l'air. Il s'agit d'une représentation simplifiée de la qualité de fond, éloignée des axes de trafic routier ou autres sources spécifiques de pollution. Cet indice est calculé dans les grandes agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants à l'échelle de la commune et de l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI).

Depuis le 1er janvier 2021, un nouvel indice ATMO est entré en vigueur afin d'harmoniser l'indice ATMO français avec les seuils de l'indice de l'Agence européenne pour l'environnement, intègre un nouveau polluant les PM2.5 et qualifie l'air selon 6 classes (Figure 90).

L'évolution de l'indice, adopté par le Ministère de la Transition Écologique, repose sur plusieurs nouveautés :

- Il intègre un nouveau polluant réglementé : les particules fines PM2,5, aux effets sanitaires avérés. Ses seuils sont alignés sur ceux choisis par l'Agence européenne pour l'environnement.
- L'échelle évolue aussi : le niveau Très bon disparaît, et le niveau Extrêmement mauvais fait son apparition. Le nouvel indice qualifie donc l'état de l'air selon 6 classes : Bon / Moyen / Dégradé / Mauvais / Très mauvais / Extrêmement mauvais.
- Le code couleur s'étend désormais du bleu (bon) au magenta (extrêmement mauvais).
- Il permet de fournir une prévision calculée à l'échelle de chaque établissement public de coopération intercommunale (EPCI), sur l'ensemble du territoire national, y compris outre-

mer. Il apporte ainsi une indication plus fine sur l'exposition de la population à la pollution de l'air, avec une information à différentes échelles territoriales, de l'EPCI à la géolocalisation.

Ces nouveautés dans les modalités de calcul de l'indice ATMO le rendent plus représentatif de l'état de la qualité de l'air, mais aussi plus en phase avec les attentes des citoyens. Il est déclinable à une échelle plus fine dans l'espace.

		Bon	Moyen	Dégradé	Mauvais	Très mauvais	Extrêmement mauvais
Moyenne jounalière	PM2.5	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	> 75
Moyenne jounalière	PM10	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	> 150
Max Horaire Journalier	NO2	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	> 340
Max Horaire Journalier	O3	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	> 380
Max Horaire Journalier	SO2	0-100	100-200	200-350	350-500	500-750	> 750

Figure 90 : Grille de calcul pour l'indice ATMO. Source : AIRPARIF.

Les indices ATMO calculés sur la commune de Garges-lès-Gonesse pour l'année 2022 sont présentés sur les Figures Figure 91 et Figure 92. La qualité de l'air est globalement moyenne 69% du temps et mauvaise 11% du temps en 2022.

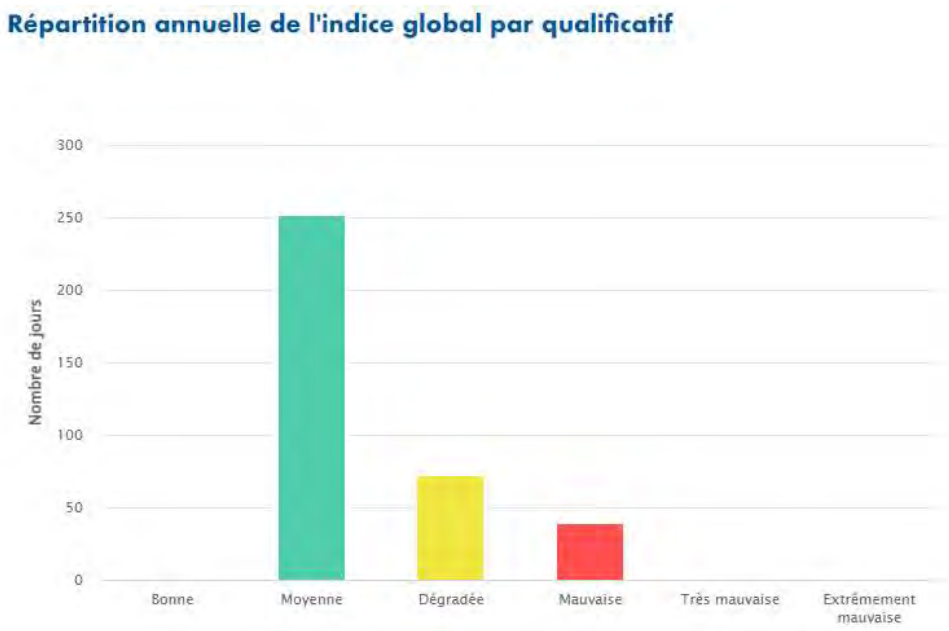


Figure 91 : Répartition annuelle, en nombre de jours, de l'indice journalier de qualité de l'air selon les différents qualificatifs à Garges-Lès-Gonesse sur l'année 2022. Source : AIRPARIF.

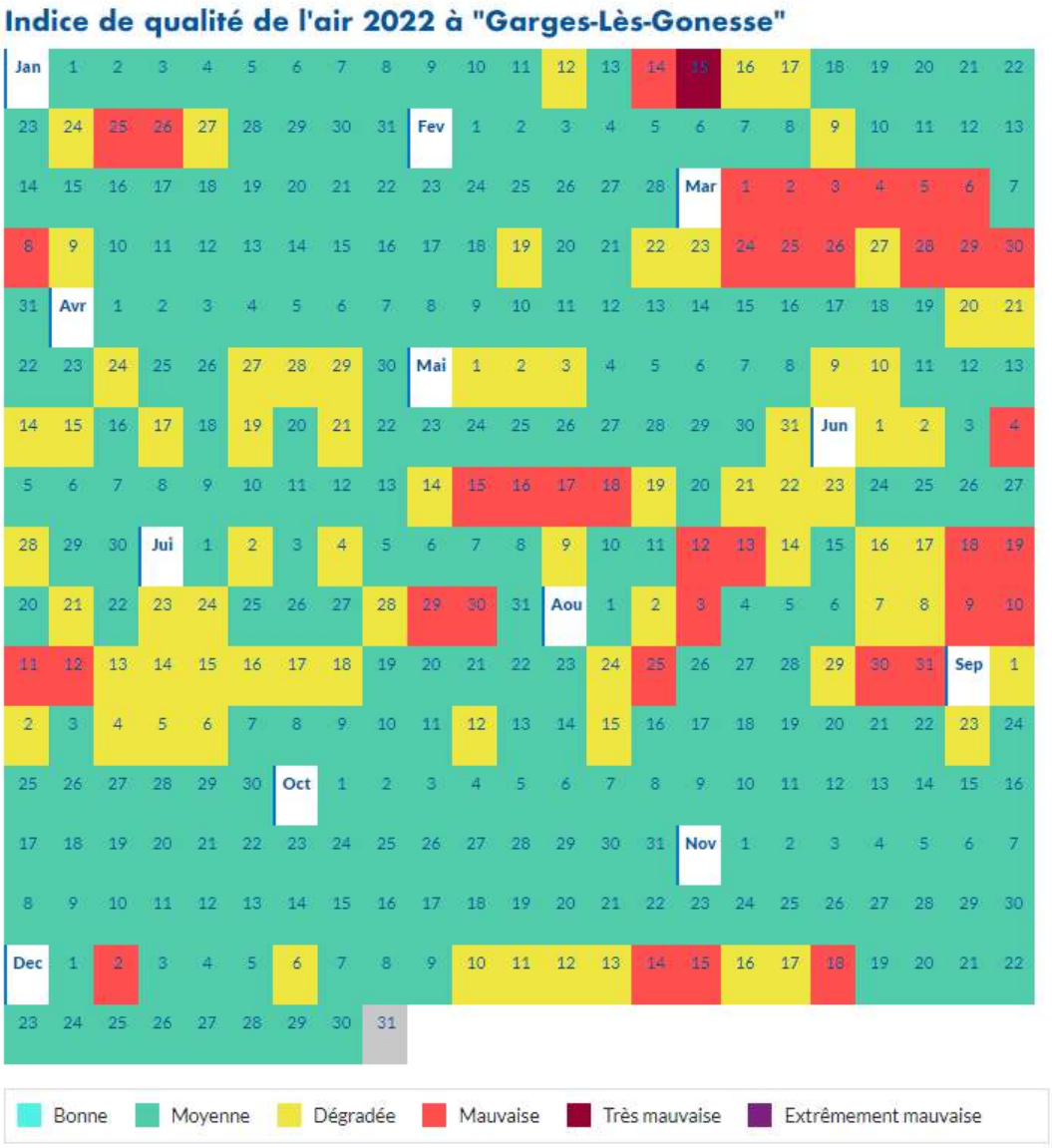


Figure 92 : Indice de qualité de l'air à Garges-Lès-Gonesse sur l'année 2022. Source : AIRPARIF.

Conformément à l'arrêté du 19 avril 2017, Airparif réalise des cartographies annuelles pour l'ozone, le dioxyde d'azote, les PM2,5 et les PM10 et estime la superficie et la population résidente concernée par un dépassement des valeurs réglementaires.

Les concentrations en dioxyde d'azote (24 µg/m3), PM2.5 (12 µg/m3) et PM10 (19 µg/m3) au niveau du site retenu restent sur l'année 2021 inférieures aux valeurs seuils réglementaires mais dépassent cependant les valeurs de recommandation de l'OMS. Par ailleurs, même si les valeurs moyennes sur l'année sont inférieures aux seuils réglementaires, on observe 8 jours de dépassement de la valeur seuil pour les concentrations en PM10 (50 µg/m3) et 4 jours de dépassement de l'objectif de qualité pour les concentrations en Ozone (120 µg/m3 pendant 8h).

Les niveaux de pollution enregistrés en 2021 ont augmenté sur l'ensemble des stations de mesure par rapport à l'année 2020, mais ils sont en baisse par rapport à l'année 2019, à l'exception de l'ozone. Ceci est dû à une reprise des activités en 2021, sans être revenues à une activité normale, à la baisse tendancielle des émissions du secteur résidentiel et du trafic routier et à des températures globalement clémentes en période hivernale, qui ont limité les émissions du chauffage résidentiel.

Environnement sonore

Cadre réglementaire des travaux

D'après la partie législative du Code de la santé publique, *Article L 1336-1* :

« Les activités impliquant la diffusion de sons à un niveau sonore élevé, dans tout lieu public ou recevant du public, clos ou ouvert, sont exercées de façon à protéger l'audition du public et la santé des riverains. Les modalités d'application du présent article sont fixées par décret en Conseil d'Etat. »

La réglementation ne prévoit pas de seuils acoustiques absolus à respecter par tous les chantiers. Les obligations du Maître d'Ouvrage sont d'être attentif à réduire la quantité de bruit généré par ses chantiers et concernent également la conformité des équipements de travaux utilisés.

En termes de gêne, on se réfère au décret nº 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le Code de la santé publique, transféré par Décret n°2017-1244 du 7 août 2017 - art. 1.

Article R 1336-5 :

« Aucun bruit particulier ne doit, par sa durée, sa répétition ou son intensité, porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme, dans un lieu public ou privé, qu'une personne en soit elle-même à l'origine ou que ce soit par l'intermédiaire d'une personne, d'une chose dont elle a la garde ou d'un animal placé sous sa responsabilité. »

La gêne n'est donc pas une affaire de niveau sonore global et la réglementation tient effectivement compte des dimensions principales des signaux sonores émis : « durée », « répétition », « intensité ».

Vis-à-vis du bruit des chantiers, le décret précise les contraintes.

Article R 1336-10 :

« Si le bruit mentionné à l'article R. 1336-5 a pour origine un chantier de travaux publics ou privés, ou des travaux intéressant les bâtiments et leurs équipements soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation, l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :
1. Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes en ce qui concerne soit la réalisation des travaux, soit l'utilisation ou l'exploitation de matériels ou d'équipements
2. L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit
3. Un comportement anormalement bruyant. »

Le décret prévoit également des sanctions en cas de non-respect de ces contraintes (consignation, paiement, amende, arrêt des activités…).

Article R 1336-11 :

« Lorsqu'elle a constaté l'inobservation des dispositions prévues aux articles R. 1336-6 à R. 1336-10, l'autorité administrative compétente peut prendre une ou plusieurs des mesures prévues à l'article L-171-8 du code de l'environnement. »

Le maître d'ouvrage se doit également de respecter les arrêtés préfectoraux et/ou municipaux en vigueur limitant les horaires pour la réalisation de travaux bruyants par exemple.

Cadre réglementaire – référentiel sonore

En zone urbaine comme dans les communes plus rurales, le bruit, en particulier celui engendré par les infrastructures de transports, est aujourd'hui l'une des premières nuisances déplorées par les populations riveraines.

La directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002 du parlement européen relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement vise à établir une approche commune destinée à éviter, prévenir ou réduire en priorité les effets nuisibles, y compris la gêne, de l'exposition au bruit dans l'environnement.

Cette directive a été transposée en droit français par ordonnance et ratifiée par la loi du 26 octobre 2005, elle figure désormais dans les articles L.572-1 et suivants du code de l'environnement.

Des cartes de bruit sont à élaborer pour les grandes infrastructures de transports et les grandes agglomérations. Ces cartes doivent être mises à disposition du public. Les cartes de bruit permettent dans un deuxième temps d'élaborer des plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE).

Les PPBE tendent à prévenir les effets du bruit, à réduire si nécessaire les niveaux de bruit et à protéger les zones calmes. Les cartes de bruit et les PPBE doivent être révisés tous les cinq ans.

La directive européenne prévoyait 3 étapes dans la cartographie du bruit des infrastructures de transports terrestres :

i. 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).
ii. 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).
iii. Une troisième échéance pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

L'Association de loi 1901 Bruitparif coordonne le projet de cartographie régionale du bruit qui vise à disposer d'un référentiel sonore réalisé de manière cohérente sur l'ensemble de l'Île-de-France et qui permette de faciliter l'application de la directive européenne 2002/49/CE sur le bruit dans l'environnement.

Cadre réglementaire – construction de la centrale géothermique

D'après l'*Article R111-23-2* du Code de la construction et de l'habitation modifié par Décret n°2016-798 du 14 juin 2016 - art. 1 applicable à la construction de nouveau bâtiment :

« Les bâtiments auxquels s'appliquent les dispositions de la présente section sont construits et aménagés de telle sorte que soient limités les bruits à l'intérieur des locaux, par une isolation acoustique vis-à-vis de l'extérieur et entre locaux, par la recherche des conditions d'absorption acoustique et par la limitation des bruits engendrés par les équipements des bâtiments.

Des arrêtés conjoints des ministres chargés de la construction, de l'environnement, de l'intérieur et, selon les cas, des autres ministères intéressés, pris après consultation du Conseil national du bruit, fixent, pour les différentes catégories de locaux et en fonction de leur utilisation, les seuils et les exigences techniques, applicables à la construction et à l'aménagement, permettant d'atteindre les objectifs définis à l'alinéa 1er du présent article. »

Effet sur la santé de la pollution sonore

Les bruits de l'environnement, générés par les trafics routiers, ferroviaires et aériens sont à l'origine de conséquences importantes sur la santé des personnes exposées (Figure 93). Cela comprend notamment :

i. La perturbation du sommeil à partir de 30 dB(A), perturbation du temps total de sommeil et modification des stades du sommeil.

ii. L'interférence avec la transmission de la parole à partir de 45 dB(A), cela s'avère très importants pour les établissements d'enseignement.

iii. Les effets psychologique et physiologiques à partir de 65-70 dB(A), où une exposition prolongée peut créer des troubles permanent telle que l'hypertension.

iv. Les effets sur la concentration, chez les enfants notamment qui vivent dans des zones bruyantes et où l'on observe une augmentation du niveau d'hormone de stress.

v. Les effets subjectifs qui dépend de nombreux facteurs individuels, contextuels et culturels.

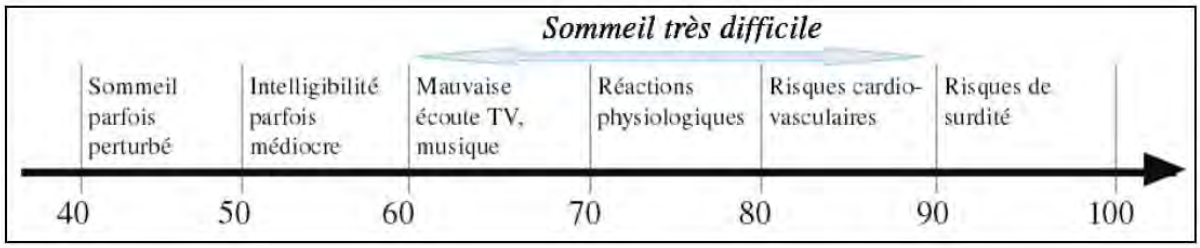


Figure 93 : Intensité sonore en Décibels

Cartes de bruit

Les cartes de bruit comportent un ensemble de représentations graphiques et de données numériques. Elles sont établies au moyen des indicateurs Lden (période jour-soir-nuit) et Ln (période nuit) évaluant les niveaux sonores.

i. La valeur de l'indice Lden (Level Day Evening Night), exprimée en décibels pondérés A (dB(A)), représente le niveau d'exposition totale au bruit. Elle résulte d'un calcul pondéré prenant en compte les niveaux sonores moyens déterminés sur une année, pour chacune des

trois périodes de la journée, c'est-à-dire le jour (entre 6h et 18h), la soirée (entre 18h et 22h) et la nuit (entre 22h et 6h). Les pondérations appliquées pour le calcul de l'indice Lden sont opérées sur les périodes de soirée et de nuit afin d'aboutir à une meilleure représentation de la gêne perçue par les riverains tout au long de la journée.

ii. La valeur de l'indice de bruit Ln, exprimée en décibels pondérés A (dB(A)), représente le niveau d'exposition au bruit en période de nuit. Elle correspond au niveau sonore moyen déterminé sur l'ensemble des périodes de nuit d'une année.

Ces indicateurs sont évalués à 4m au-dessus du sol. La méthode de calcul est conforme à la norme NF XP S -31-133 « Acoustique - Bruit des transports terrestres - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques ».

On distingue plusieurs cartes de bruits :

- Les cartes de type A qui représentent les zones exposées au bruit à l'aide de courbes isophones indiquant la localisation des émissions de bruit. Elles sont disponibles pour chaque source de bruit, selon les indices Lden et Ln.
- Les cartes de type B qui représentent les secteurs affectés par le bruit au sens du « classement sonore des infrastructures de transports terrestres » (routier et ferroviaire).
- Les cartes de type C qui représentent les zones où les valeurs limites sont dépassées.

Comme l'exigent les articles L. 572-5 et L. 572-8 du code de l'environnement, toutes les cartes et PPBE en vigueur doivent être réexaminés et, le cas échéant révisés au moins tous les cinq ans. La troisième échéance de réexamen/révision est fixée pour les cartes de bruit au 30 juin 2017 et pour les PPBE au 18 juillet 2018. Et ce, même si des retards ont été rencontrés lors de l'élaboration de ces documents lors des précédentes échéances.

À l'échelle d'une périodicité de 5 ans, l'essentiel des données d'entrée utilisées pour l'élaboration des cartes n'évolue pas de façon significative. La grande majorité des cartes en cours de validité peut donc être reconduite en l'état.

Les cartes de bruits des grandes infrastructures ferroviaires dont le trafic annuel est supérieur à 30 000 passages de trains, dans le département du Val-d'Oise, ont été approuvées par l'arrêté préfectoral n°14946 du 5 décembre 2018.

Les cartes de bruits des grandes infrastructures routières dont le trafic annuel est supérieur à 3 millions de véhicule, dans le département du Val-d'Oise, ont été approuvées par l'arrêté préfectoral n°14947 du 5 décembre 2018.

Le PPBE ne traite pas du réseau aéroportuaire ou du réseau fluvial. Ce dernier ne concerne pas le site retenu. Néanmoins, de par sa proximité avec l'aérodrome du Bourget, le site retenu est concerné par les nuisances sonores liées au trafic aérien. Le PEB de l'aérodrome de Paris-Le Bourget a été approuvé par arrêté interpréfectoral n°20170305 du 6 février 2017 par les préfectures de la Seine-Saint-Denis, du Val d'Oise, de la Seine-et-Marne et des Hauts-de-Seine. Garges-Lès-Gonesse est aussi concerné par le trafic aérien de l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle. Le PEB de l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle a été approuvé par l'arrêté interpréfectoral n°07-044 du 3 avril 2007 par les préfectures du Val-d'Oise, de Seine et Marne, de la Seine Saint Denis, des Yvelines et de l'Oise.

Référentiel sonore

Le rapport Bruitparif de février 2019, « Exposition au bruit des transports dans la zone dense de la région Île de France » présente le bilan de la cartographie du bruit de 3ème échéance (2017)

Au sein de la zone dense francilienne, la population est fortement exposée au bruit des transports sur l'ensemble de la journée puisque 90% de ses habitants, soit 9 millions de personnes, sont exposés à des niveaux supérieurs aux valeurs recommandées par l'Organisation mondiale de la santé pour éviter les conséquences sanitaires du bruit des transports.

Cette tendance se retrouve à travers le nombre de personnes qui subissent des niveaux de bruit dépassant les valeurs limites réglementaires : près de 1,5 million d'habitants, soit 14,8% de la population, seraient ainsi exposés à des niveaux supérieurs à au moins une valeur limite pour l'indicateur Lden. Le trafic routier en est le principal responsable puisque 10,8% des habitants sont exposés à des niveaux de bruit routier excessifs. L'exposition au-delà des valeurs limites est moindre pour le bruit du trafic aérien et pour le bruit ferroviaire (respectivement 3,7% et 0,5%), mais ces deux types de nuisances ont des impacts sanitaires proportionnellement plus élevés du fait de leur caractère événementiel (succession de pics de bruit).

La nuit, les niveaux sonores générés par les transports diminuent. Toutefois, près de 87% de la population vit encore dans un logement exposé à un niveau de bruit extérieur dépassant l'un des objectifs nocturnes de qualité fixés par l'OMS et 510 900 habitants (soit 5,1% de la population) sont même concernés par des niveaux nocturnes qui dépassent l'une des valeurs limites réglementaires fixées pour les bruits routier ou ferré ou la valeur de 50 dB(A)qui peut être considérée comme critique pour le bruit aérien. La communauté d'agglomération Roissy Pays de France, dont Garges-Lès-Gonesse fait partie, est fortement impactée par les nuisances aéroportuaires avec 57% de sa population en situation de dépassement du fait de la proximité géographique des aéroports du Bourget et de Charles-de-Gaulle.

Les valeurs limites, appliquées en France et les niveaux recommandés par l'OMS pour les indicateurs Lden et Ln sont présentés dans le Tableau 38:

Tableau 38 : Valeurs limites appliquées en France et recommandées par l'OMS pour les indicateurs Lden et Ln (source : rapport Bruitparif de février 2019).

Valeurs limites en France - directive européenne 2002/49/CE, en dB(A)				
Indicateur	Bruit routier	Bruit ferré		Bruit aérien
		Voies conventionnelles	Lignes à grandes vitesses	
Lden	68	73	68	55
Ln	62	65	62	Pas de limite

Niveaux recommandés par l'OMS, en dB(A)			
Indicateur	Bruit routier	Bruit ferré	Bruit aérien
Lden	53	54	45
Ln	45	44	40

Les cartes présentées ci-dessous au niveau du site retenu (Figure 94 et Figure 95) sont les cartes de type A de bruit cumulé des transports pour les périodes de jours et les périodes de nuits.

Figure 94 : Zones exposées au bruit cumulé des transports autour du site retenu (période jour). Source : BruitParif.

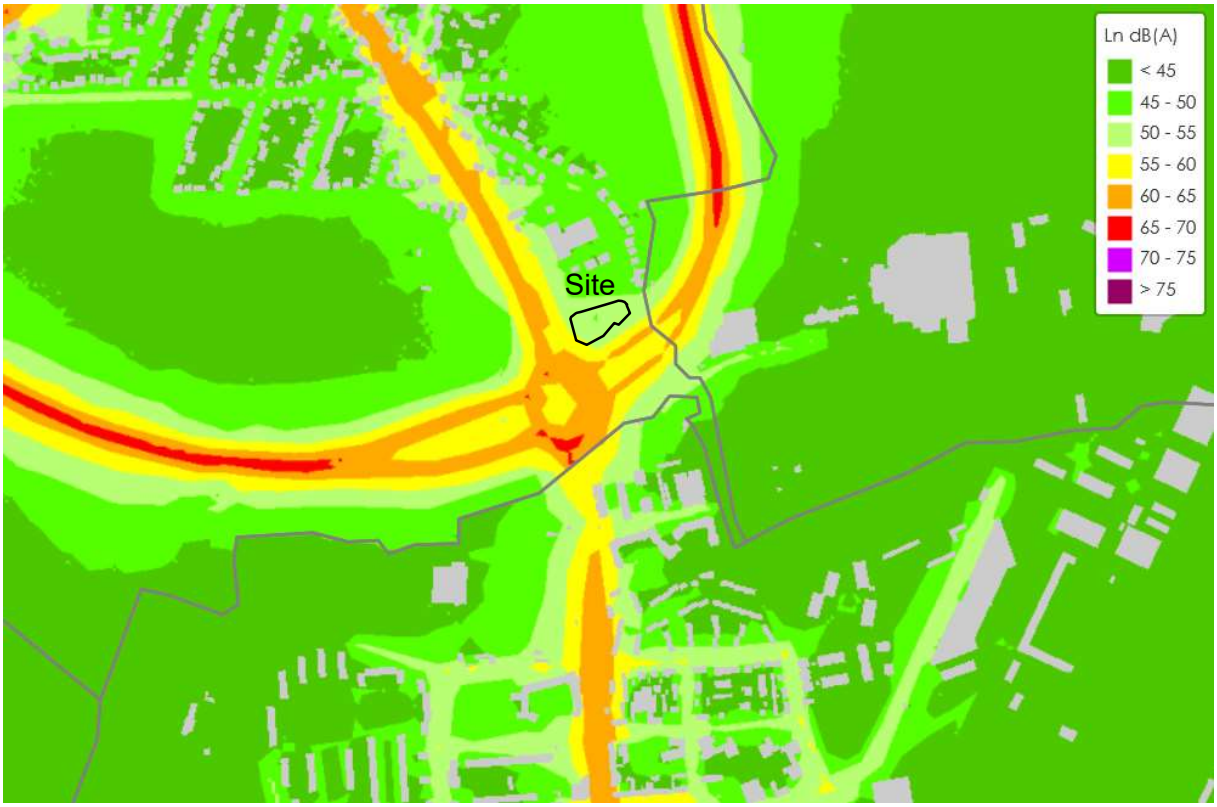


Figure 95 : Zones exposées au bruit cumulé des transports autour du site retenu (période nuit). Source : BruitParif.

Les cartes présentées ci-dessous (Figure 96 et Figure 97) sont les cartes de type C pour les périodes de jours et les périodes de nuits pour le bruit cumulé des transports. Le site se situant à proximité d'une route les valeurs seuils appliquées correspondent aux valeurs limites fixées par le ministère de l'Écologie et du développement durable pour les routes et/ou ligne à grande vitesse (voir Tableau 38).

Figure 96 : Zones de bruit cumulé des transports supérieures à 68 dB(A) – en orange - période de jour. Source : BruitParif.

Figure 97 : Zones de bruit cumulé des transports supérieures à 62 dB(A) – en rose - période de jour. Source : BruitParif.

Le site se trouve à proximité directe d'une zone dépassant le seuil règlementaire des routes et/ou ligne à grande vitesse : la D4A et l'Avenue Ambroise Croizat. La grande majorité du site, en revanche est dans une zone ou le seuil règlementaire n'est pas dépassé.

Les cartes ci-dessus tenant compte du trafic routier et ferroviaire uniquement, les Figure 98 et Figure 99 présentent, respectivement, les cartes de bruits liés au trafic aérien des aéroports de Paris-Charles-de-Gaulle et de Paris-Le-Bourget.

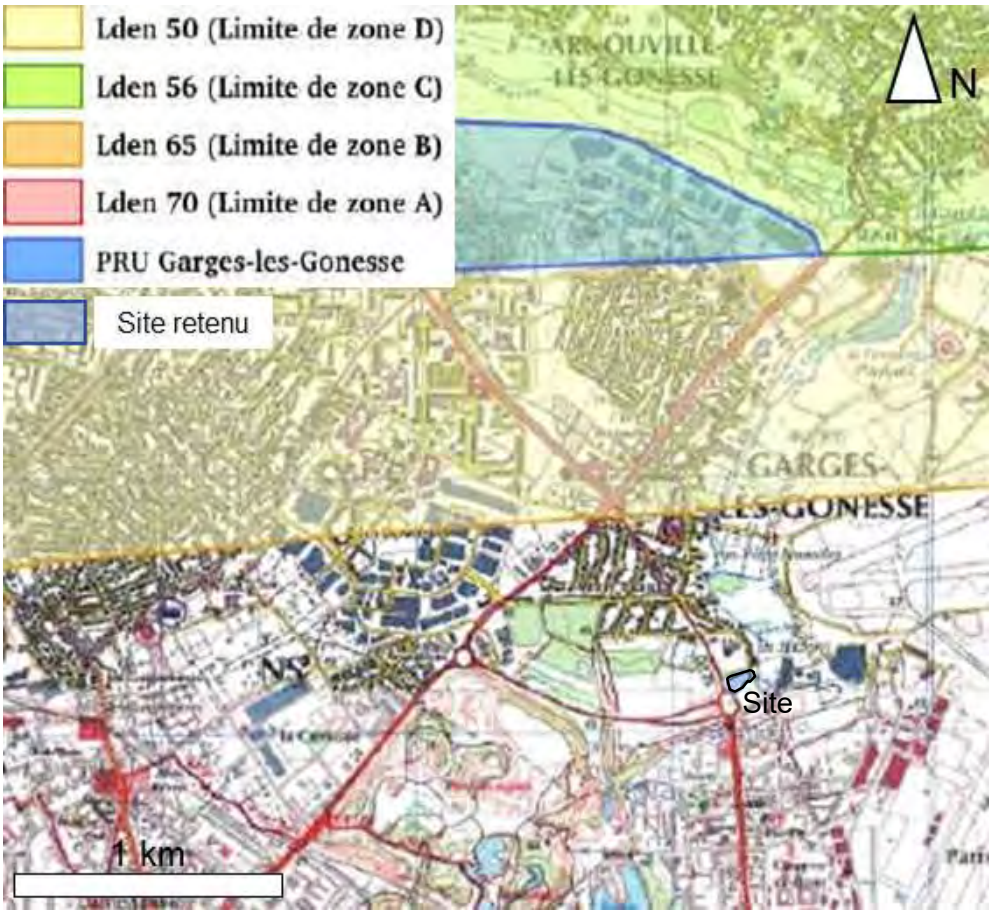


Figure 98 : Carte de bruit lié au trafic aérien de l'aéroport Charles-de-Gaulle. Source : PEB de l'aéroport Charles-de-Gaulle (avril 2007).

Le site retenu se situe en dehors de l'exposition au bruit lié au trafic aérien de l'aéroport Charles-de-Gaulle.

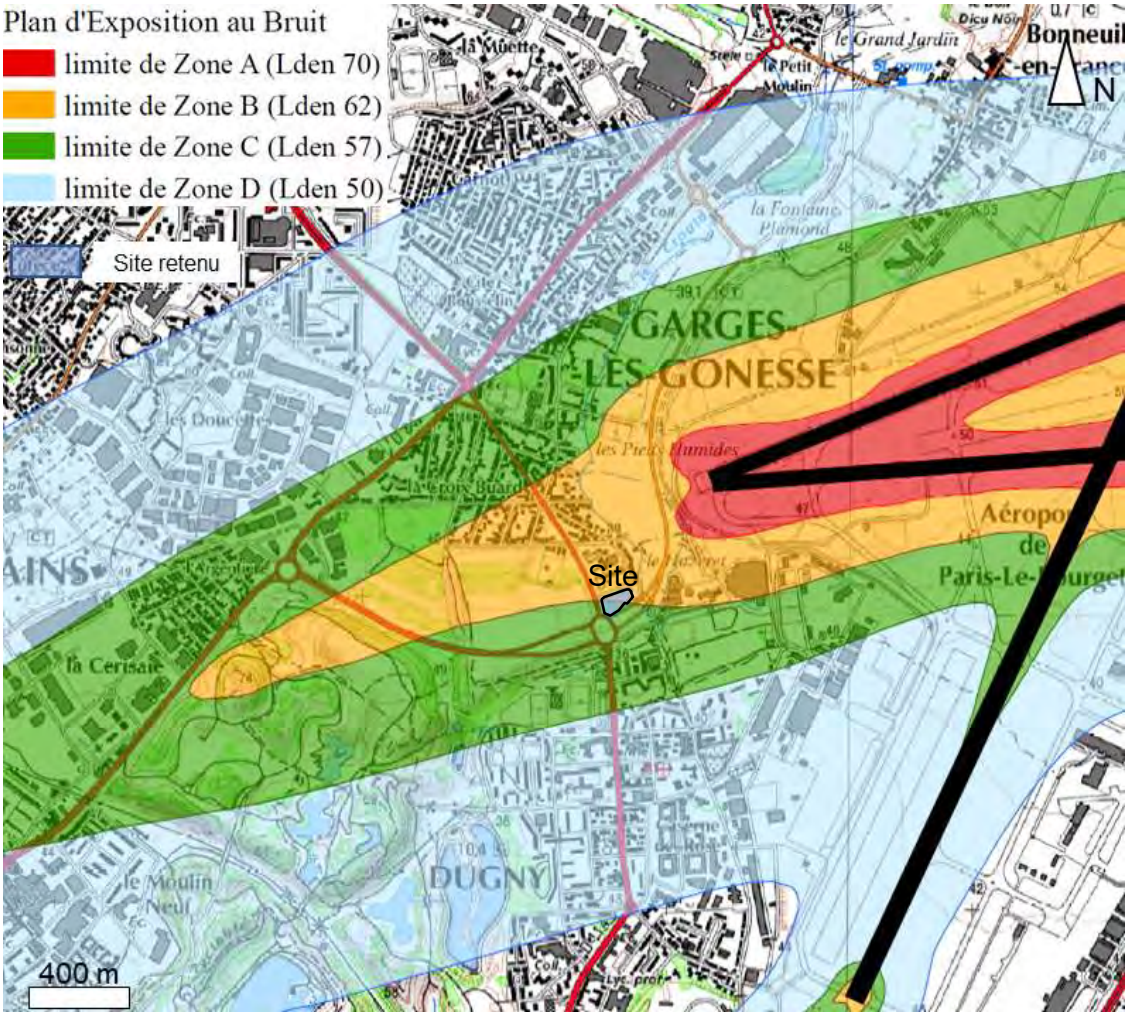


Figure 99 : Carte de bruit lié au trafic aérien de l'aéroport du Bourget. Source : PEB de l'aéroport du Bourget (Février 2017).

Le site retenu se situe dans une zone où l'exposition au bruit liée au trafic aérien est supérieure à la valeur règlementaire. Une partie du site se situe en zone B tandis que l'autre partie est en zone C. Tableau 39 présente la superficie, le nombre d'habitants et de logements impactés pour chacune des zones sur la commune de Garges-Lès-Gonesse.

Tableau 39 : Superficie, nombre d'habitants et de logements impactés par le trafic aérien de l'aéroport du Bourget sur la commune de Garges-Lès-Gonesse

Lden 50 (Zone D)		Lden 57 (Zone C)		Lden 62 (Zone B)		Lden 70 (Zone A)	
Population	Logement	Population	Logement	Population	Logement	Population	Logement
11231	3970	2627	1014	497	195	0	0
Surfaces en Ha							
266		130		47		0	

Des restrictions à l'urbanisation s'appliquent dans les zones A, B et C. Certaines dérogations sont néanmoins accordées selon les articles L. 112-7 à L.112-12 du code de l'urbanisme. Les constructions à usage d'habitation sont généralement interdites dans les zones du PEB.

A l'échelle européenne, les PPBE des agglomérations de plus de 250 000 habitants et des grandes infrastructures doivent viser également à protéger les « zones calmes » contre une augmentation du bruit. Les « zones calmes » représentent des espaces extérieurs remarquables par leur faible exposition au bruit, dans lesquels l'autorité qui établit le plan souhaite maîtriser l'évolution de cette exposition, compte tenu des activités humaines pratiquées ou prévues (article L.572-6 du code de l'environnement).

La réglementation française actuelle ne fixe pas les critères qualitatifs et quantitatifs à prendre en compte pour définir et identifier les zones calmes. Des réflexions sont en cours, au niveau métropolitain, pour déterminer des indicateurs pertinents définissant les zones calmes mais n'ont pas encore abouti.

A la demande de CORIANCE la société Kalies a réalisé une étude acoustique afin d'évaluer l'impact sur le référentiel sonore de la construction et l'exploitation de la centrale. Cette étude a consisté en la réalisation de mesures acoustiques sur site avant les travaux de construction de la centrale afin d'établir le référentiel sonore du site, puis en la modélisation du bruit généré par les travaux et l'exploitation de la centrale.

Les mesures ont été réalisées en périodes de jour et de nuit du jeudi 27/04/2023 au vendredi 28/04/2023 et conformément :

- A l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
- A la norme NF S 31-010 relative à la caractérisation et au mesurage des bruits de l'environnement, sans déroger à aucune de ces dispositions.

Les niveaux sonores enregistrés (LAeq) sont compris en semaine entre 46.7 dBA et 58.6 dBA la nuit, et entre 56.7 dBA et 62.5 dBA le jour. Ce niveau sonore est fortement influencé par la proximité d'axes de circulation routière et de l'aéroport du Bourget (Figure 100).

Figure 100 : Résultats des points de mesures accoustiques

azEmissions lumineuses

Les conséquences de l'excès d'éclairage artificiel ne se limitent pas à la privation de l'observation du ciel étoilé, mais sont aussi une source de perturbation pour la biodiversité (modification du système proie-prédateur, perturbation des cycles de reproduction, des migrations, …) et représentent un gaspillage énergétique considérable.

Selon l'ADEME, le parc d'éclairage public constitué de 11 millions de points lumineux appelle une puissance d'environ 1300 MW, soit la puissance délivrée par une tranche nucléaire récente à pleine charge. Cet éclairage public représente 41 % de la consommation d'électricité des communes et émet annuellement 670 000 tonnes de CO_2. Ce parc globalement vétuste (40% des luminaires ont plus de 25 ans) présente un vaste potentiel de réduction des nuisances lumineuses et des consommations d'énergie grâce à l'utilisation :

- de lampes plus efficaces. Les lampes à vapeur de mercure (30-35% du parc) sont deux fois moins efficaces que des lampes à vapeur de sodium.
- d'une lumière mieux orientée vers les zones à éclairer. Un million de « boules lumineuses », environ, sont encore en service, présentant une mauvaise efficacité lumineuse et générant une importante pollution lumineuse en éclairant d'avantage le ciel que la chaussée.
- par la mise en place de systèmes de gradation de la lumière, qui permettent d'adapter la quantité de lumière émise aux besoins, et éventuellement d'extinction de l'éclairage en pleine nuit dans certaines zones.

La réglementation

La pollution lumineuse est définie et encadrée par la loi portant engagement national pour l'environnement (Grenelle II). L'article 41 de la loi, codifié à l'article L.583-1 du code de l'environnement précise les 3 raisons de prévenir, supprimer ou limiter les émissions de lumière artificielle lorsque des dernières :

- sont de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes
- entrainent un gaspillage énergétique
- empêchent l'observation du ciel nocturne.

L'article L.583-1, complété des articles L.583-2 et L.583-5 du code de l'environnement détaillent la manière selon laquelle ces objectifs peuvent être atteints. Des prescriptions techniques peuvent être imposées à l'exploitant ou l'utilisateur de certaines installations lumineuses.

Comme le prévoit l'article L.583-2 du code de l'environnement, l'autorité compétente pour s'assurer du respect de ces dispositions est d'une manière générale le maire, sauf en ce qui concerne l'éclairage des bâtiments communaux pour lesquels la compétence échoit au préfet.

Les articles R. 583-1 à R.583-7 définissent notamment les installations concernées par cette réglementation, le zonage permettant d'adapter les exigences aux enjeux des territoires concernés (agglomération, espaces naturels, sites astronomiques) ainsi que les principales prescriptions techniques qui peuvent être réglementées par arrêté.

L'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses reprend les obligations de l'arrêté du 25 janvier 2013 abrogé par l'arrêté du 27 décembre 2018, et les complètent en étendant son champ à toutes les installations d'éclairage défini à l'article R. 583-1 et ajoute aux prescriptions de temporalité des prescriptions techniques.

Pour **la temporalité**, l'arrêté du 27 décembre 2018 reprend les plages horaires existantes mais précise un certain nombre de cas particuliers sur la temporalité :

- Les lumières éclairant le patrimoine et les parcs et jardins accessibles au public devront être éteintes au plus tard à 1 h du matin ou 1 h après la fermeture du site ;

- les éclairages intérieurs de locaux à usage professionnel doivent être éteints une heure après la fin d'occupation desdits locaux ;

- les éclairages des vitrines de magasins de commerce ou d'exposition sont éteints au plus tard à 1 heure ou une heure après la fin d'occupation desdits locaux si celle-ci intervient plus tardivement. Elles peuvent être allumés à partir de 7 heures ou une heure avant le début de l'activité si celle-ci s'exerce plus tôt ;

- les parkings desservant un lieu ou une zone d'activité devront être éteints 2 h après la fin de l'activité, contre 1 h pour les éclairages de chantiers en extérieur ;

- les éclairages extérieurs destiné à favoriser la sécurité des déplacements, des personnes et des biens, liés à une activité économique et situés dans un espace clos non couvert ou semi-couvert, sont éteints au plus tard 1 heure après la cessation de l'activité et sont rallumés à 7 heures du matin au plus tôt ou 1 heure avant le début de l'activité si celle-ci s'exerce plus tôt.

Ces mesures (sauf les éclairages des chantiers) peuvent être adaptées si ces installations sont couplées avec des dispositifs de détection de présence ou avec un dispositif d'asservissement à l'éclairement naturel.

Le texte prévoit que les préfets peuvent prendre des dispositions plus restrictives pour tenir compte de sensibilité particulière aux effets de la lumière d'espèces faunistiques et floristiques ainsi que les continuités écologiques.

Le maire peut déroger aux dispositions pour l'éclairage de mise en valeur de patrimoine et des bâtiments non résidentiel lors des veilles des jours fériés chômés et durant les illuminations de Noël. Les préfets peuvent déroger à ces mêmes dispositions, lors d'événements exceptionnels à caractère local définis par arrêté préfectoral et dans les zones touristiques d'affluence exceptionnelle ou d'animation culturelle permanente.

Les gestionnaires d'installations d'éclairage lancent une réflexion pour éteindre leurs luminaires lorsque cela est possible.

L'arrêté fixe des **prescriptions techniques** (la répartition du flux lumineux sur une surface donnée, la température de couleur …) à respecter en agglomération et hors agglomération, ainsi que dans des espaces naturels protégés. L'objectif est de réduire l'intensité lumineuse des luminaires en alliant sécurité et visibilité des personnes et limitation des impacts sur la biodiversité. L'arrêté interdit également l'éclairage vers le ciel. Toute personne dont le logement est situé au-dessus d'un lampadaire ne devra donc plus être gênée par cette lumière intrusive.

Les luminaires installés après le 1er janvier 2020 devront être conformes à l'ensemble des dispositions. Pour les luminaires existants, l'entrée en vigueur varie selon la disposition et le type de luminaire. Les canons à lumière de plus de 100 000 lumens et les installations à faisceaux de rayonnement laser sont d'ores et déjà interdits dans les espaces protégés (parcs nationaux, réserves naturelles et périmètres de protection, parcs naturels régionaux, parcs naturels marins, sites classés, sites inscrits, sites Natura 2000). Les mesures liées à la temporalité seront, elles, effectives au 1er janvier 2021, lorsqu'elles ne requièrent pas la création d'un réseau d'alimentation séparé. Les mesures de temporalité concernant l'éclairage de bâtiments non résidentiels et l'éclairage intérieur émis vers l'extérieur sont en vigueur, puisqu'elles étaient déjà présentes dans l'arrêté du 25 janvier 2013.

Enfin, l'arrêté introduit un volet de contrôle : chaque gestionnaire d'un parc de luminaires devra avoir en sa possession un certain nombre d'éléments permettant de vérifier la conformité des installations d'éclairage (donnée sur l'intensité lumineuse, date de mise en fonction, puissance électrique du luminaire …).

L'**arrêté du 27 décembre 2018 fixant la liste et le périmètre des sites d'observation astronomique exceptionnels** en application de l'article R. 583-4 du code de l'environnement complète les textes précédents en listant onze sites d'observation astronomique devant être protégés de la lumière nocturne dans un rayon de 10 kilomètres. Une plaquette de présentation de l'arrêté a été publiée.

Les prescriptions s'appliquant aux chantiers sont les suivantes :

- Allumage : au plus tôt coucher du soleil
- Extinction : au plus tard 1 heure après cessation de l'activité

Aucune prescription technique n'est précisée pour l'éclairage de chantiers. Cependant ce dernier ne doit pas générer de lumière intrusive excessive dans les logements. Il est donc laissé à l'autorité compétente le contrôle et l'estimation des nuisances occasionnées par des lumières intrusives.

Le site de forage se trouve à l'entrée de la ville de Garges-lès-Gonesse à l'intersection de l'Avenue Ambroise Croizat, de la rue Denis Papin et de la D84A. Seule l'avenue Ambroise Croizat est éclairée par un éclairage public. **Les émissions lumineuses de la zone d'étude sont principalement constituées par l'éclairage public**. Il n'y a pas d'éclairage sur la parcelle actuellement. La commune de Garges-lès-Gonesse est fortement impactée par la pollution lumineuse. Le projet ne se situe pas sur un site d'observation astronomique exceptionnel selon l'Arrêté du 27 décembre 2018 fixant la liste et le périmètre des sites d'observation astronomique exceptionnels en application de l'article R. 583-4 du code de l'environnement.

Les vibrations mécaniques

Les vibrations mécaniques émises principalement lors des activités de construction peuvent impacter à la fois les infrastructures, les riverains et le personnel présent sur le chantier. L'arrêté du 26 novembre 2012 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n°2160 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement codifie et réglemente les impacts éventuels d'une construction sur l'environnement. Les vibrations mécaniques font l'objet de l'annexe I de l'arrêté, mentionné ci-dessus.

Cette annexe stipule que l'installation est construite, équipée et exploitée afin que son fonctionnement ne soit pas à l'origine de vibrations dans les constructions avoisinantes susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou de constituer une nuisance pour celui-ci. La vitesse particulaire des vibrations émises ne doit pas dépasser les valeurs définies ci-après.

Valeurs limites de la vitesse particulaire

Sont considérées comme sources continues ou assimilées :

- Toutes les machines émettant des vibrations de manière continue
- Les sources émettant des impulsions à intervalles assez courts sans limitation du nombre d'émissions

Les valeurs limites applicables à chacune des trois composantes du mouvement vibratoire sont les suivantes :

Fréquences	4-8 Hz	8-30 Hz	30-100 Hz
Constructions résistantes	5 mm/s	6 mm/s	8 mm/s
Constructions sensibles	3 mm/s	5 mm/s	6 mm/s
Constructions très sensibles	2 mm/s	3 mm/s	4 mm/s

Sont considérées comme sources impulsionnelles à impulsions répétées toutes les sources émettant, en nombre limité, des impulsions à intervalles assez courts mais supérieurs à 1 s et dont la durée d'émissions est inférieure à 500 ms.

Les valeurs limites applicables à chacune des trois composantes du mouvement vibratoire sont les suivantes :

Fréquences	4-8 Hz	8-30 Hz	30-100 Hz
Constructions résistantes	8 mm/s	12 mm/s	15 mm/s
Constructions sensibles	6 mm/s	9 mm/s	12 mm/s
Constructions très sensibles	4 mm/s	6 mm/s	9 mm/s

Quelle que soit la nature de la source, lorsque les fréquences correspondant aux vitesses particulaires couramment observées pendant la période de mesure s'approchent de 0,5 Hz des fréquences de 8,30 et 100 Hz, la valeur limite à retenir est celle correspondant à la bande fréquence immédiatement inférieure. Si les vibrations comportent des fréquences en dehors de l'intervalle 4-100 Hz, il convient de faire appel à un organisme qualifié agréé par le ministre chargé de l'environnement.

Classification des constructions

Pour l'application des limites de vitesses particulaires, les constructions sont classées en trois catégories suivant leur niveau de résistance :

- Constructions résistantes : les constructions des classes 1 à 4 définies par la circulaire n°23 du 23 juillet 1986 relatives aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement
- Constructions sensibles : les constructions des classes 5 à 8 définies par la circulaire n°23 du 23 juillet 1986
- Constructions très sensibles : les constructions des classes 9 à 13 définies par la circulaire n°23 du 23 juillet 1986

Les constructions suivantes sont exclues de cette classification :

- Les réacteurs nucléaires et leurs installations annexes
- Les installations liées à la sûreté générale sauf les constructions qui les contiennent les barrages, les ponts
- Les châteaux d'eau
- Les installations de transport à grande distance de gaz ou de liquides autres que l'eau ainsi que les canalisations d'eau sous pression de diamètre supérieur à un mètre
- Les réservoirs de stockage de gaz, d'hydrocarbures liquides ou de céréales
- Les tunnels ferroviaires ou routiers et autres ouvrages souterrains d'importance analogue

- Les ouvrages portuaires tels que digues, quais et les ouvrages se situant en mer, notamment les plates-formes de forage, pour lesquelles l'étude des effets des vibrations doit être confiée à un organisme qualifié. Le choix de cet organisme doit être approuvé par l'inspection des installations classées

Méthode de mesure

Le mouvement en un point donné d'une construction est enregistré dans trois directions rectangulaires dont une verticale, les deux autres directions étant définies par rapport aux axes horizontaux de l'ouvrage étudié sans tenir compte de l'azimut. Les capteurs sont placés sur l'élément principal de la construction (appui de fenêtre d'un mur porteur, point d'appui sur l'ossature métallique ou en béton dans le cas d'une construction moderne).

La chaîne de mesure à utiliser doit permettre l'enregistrement, en fonction du temps, de la vitesse particulaire dans la bande de fréquence allant de 4 à 150 Hz pour les amplitudes de cette vitesse comprises entre 0.1 mm/s et 50 mm/s. La dynamique de la chaîne doit être au moins égale à 54 dB.

Les capteurs doivent être complétement solidaires de leur support. Il faut veiller à ne pas installer les capteurs sur les revêtements (zinc, plâtre, carrelage, etc) qui peuvent agir comme filtres de vibrations ou provoquer des vibrations parasites si ces revêtements ne sont pas bien solidaires de l'élément principal de la construction. Il convient d'effectuer, si possible, une mesure des agitations existantes, en dehors du fonctionnement de la source.

- Pour les personnes, on distingue deux modes d'exposition aux vibrations mécanique : Les vibrations transmises au système main-bras par des machines portatives, rotatives ou percutantes (meuleuses, tronçonneuses, marteaux-piqueurs…), guidées à la main (plaques vibrantes…) ou par des pièces travaillées tenues à la main.
- Les vibrations transmises à l'ensemble du corps par les machines mobiles (chariots de manutention, engins de chantier, matériels agricoles …) et certaines machines industrielles fixes (tables vibrantes…).

Cette exposition peut être associée à d'autres contraintes au cours de l'activité de travail : efforts musculaires, postures contraignantes, conditions psychosociales et organisationnelles inadaptées (Cf. Fiches Gestes répétitifs, Manutention manuelle de charges, Postures). Ces expositions aux vibrations mécaniques concernent généralement les travailleurs présents sur le chantier et manipulant les outils émetteurs de vibrations. Les vibrations mécaniques émises par un chantier ont dans la grande majorité des cas aucun impact sur la santé des riverains et sont le plus souvent non ressenties.

L'article R.4441-2 du code du Travail défini les valeurs limites d'exposition journalières aux vibrations rapportée à une période de référence de huit heures. Au-delà, l'employeur doit déclencher des actions de prévention et une valeur limite à ne pas dépasser.

Vibrations	Vibrations transmises aux mains et aux bras	Vibrations transmises à l'ensemble du corps
Valeur d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention	2.5 m/s2	0.5 m/s2

Valeurs limites d'exposition (VLE)	5 m/s2	1.15 m/s2

Le site de forage ne se trouve pas à proximité d'infrastructures émettrices de vibrations.

1.31.3. Cadre physique du territoire

Climat et risque climatique

Garges-Lès-Gonesse, comme l'Ile de France, est sous influence d'un climat océanique dégradé, qui se caractérise par des températures clémentes et une pluviométrie modérée. La position géographique de la commune au sein de l'agglomération parisienne provoque une légère augmentation de la température d'un ou deux degrés par rapport aux zones rurales d'Ile de France. La station météorologique du Bourget est la plus proche de la commune et fourni les relevés des différents indicateurs de climat température, ensoleillement, vent, etc. qui sont présentés dans les paragraphes suivants.

Températures

Les données collectées à la station du Bourget, entre 1991 et 2020, montrent une température moyenne de 12.1°C. Le mois de janvier est le plus froid, avec une moyenne de 4.9°C. Le record de froid date du 17 Janvier 1985, avec une température de -18.2°C. Le mois de juillet est le plus chaud avec une température moyenne de 20.2°C, suivi du mois d'aout avec 20°C. Le record de chaleur date du 25 juillet 2019, avec une température de 42.1°C (Figure 101).

L'évolution de la fréquence des phénomènes météorologiques (valeurs extrêmes) montre la nécessité d'appréhender la question du réchauffement climatique (Figure 102). Le nombre de jours avec des températures supérieures à la moyenne pour les mois d'été est très nettement supérieur au nombre de jours avec des températures inférieures à la moyenne pour les mois d'hiver. La question de la lutte contre le changement climatique est fortement liée au traitement des questions de réduction des déplacements, de performance énergétique des bâtiments et de formes urbaines (ensoleillement, ville compacte moins consommatrice d'énergie, …).

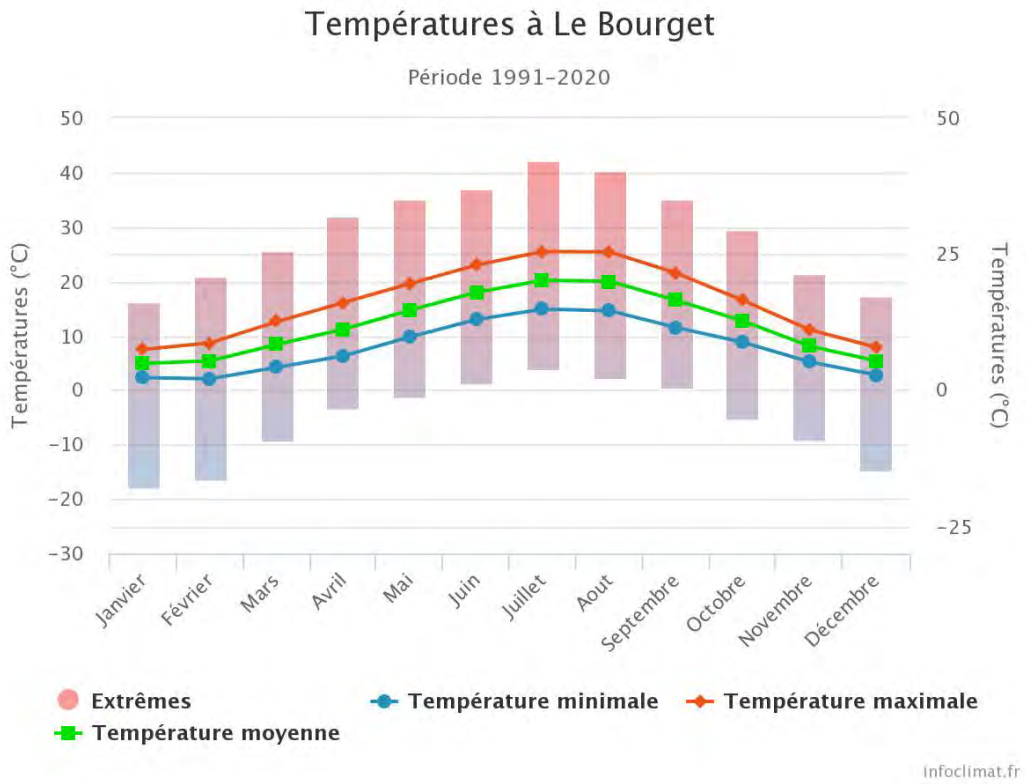


Figure 101 : Evolution des températures moyennes au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget.

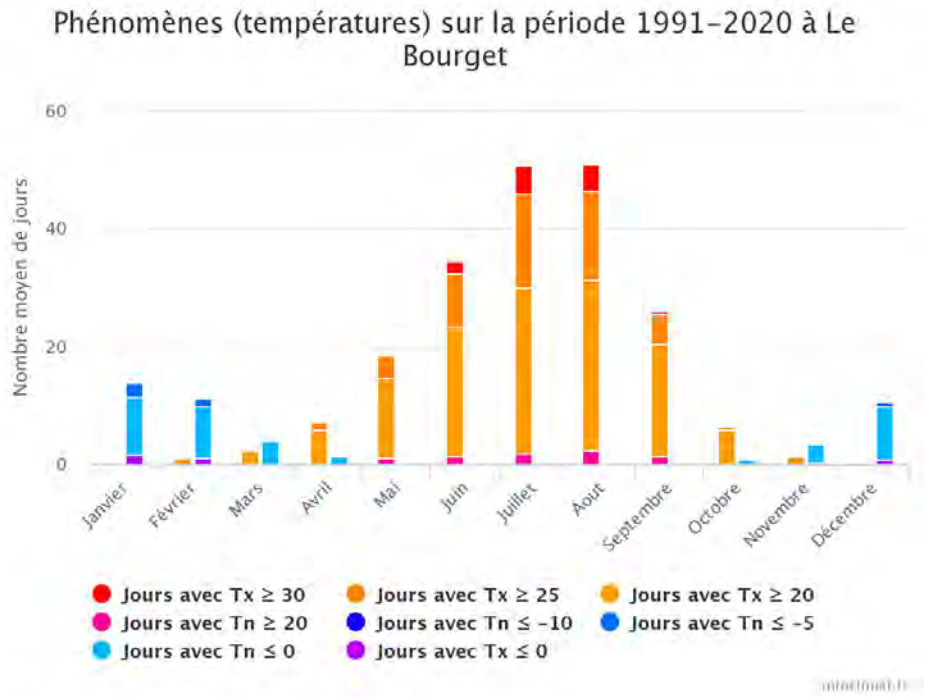


Figure 102 : Evolution des phénomènes (températures) au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget.

Ensoleillement

L'ensoleillement annuel moyen relevé à la station météorologique du Bourget est de 136h pour la période de 1991 à 2020. Le mois le moins ensoleillé est décembre avec en moyenne 54.3h et le mois le plus ensoleillé juillet avec 213.2h (Figure 103). Le DJU est le degré jour unifié qui correspond à la différence entre la température extérieure et une température de référence qui permet de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique.

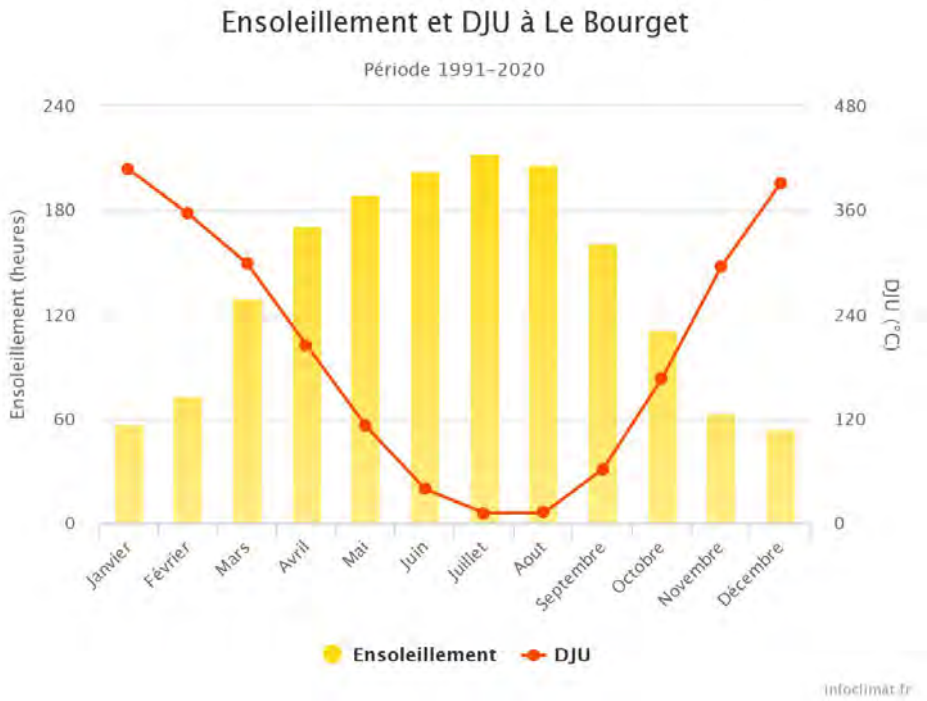


Figure 103 : Evolution de l'ensoleillement moyen au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr.

Précipitations

La pluviométrie moyenne est de 616.3 mm par an à la station météorologique du Bourget sur la période 1991-2020 (Figure 104). Février est le mois le plus sec avec en moyenne 41.1 mm de précipitation tandis que le mois de mai est le plus pluvieux avec 60.5 mm en moyenne et aussi des records sur 24h (300 mm le 27 mai 1988) et 5j (322.2 mm). Les cumuls mensuels moyens sont représentés par les barres verticales bleues. Le cumul annuel est matérialisé en noir. Les maximas sur 24h considèrent les valeurs historiques (pas uniquement la période 1991-2020) et sont représentés en rouge.

Sur la période considérée, il y a eu en moyenne 110.1 j/an de pluie avec des précipitations supérieures à 1 mm, 41.6 j/an avec des précipitations supérieures à 5 mm et enfin 15.6 j/an avec des précipitations supérieures à 10 mm (Figure 105).

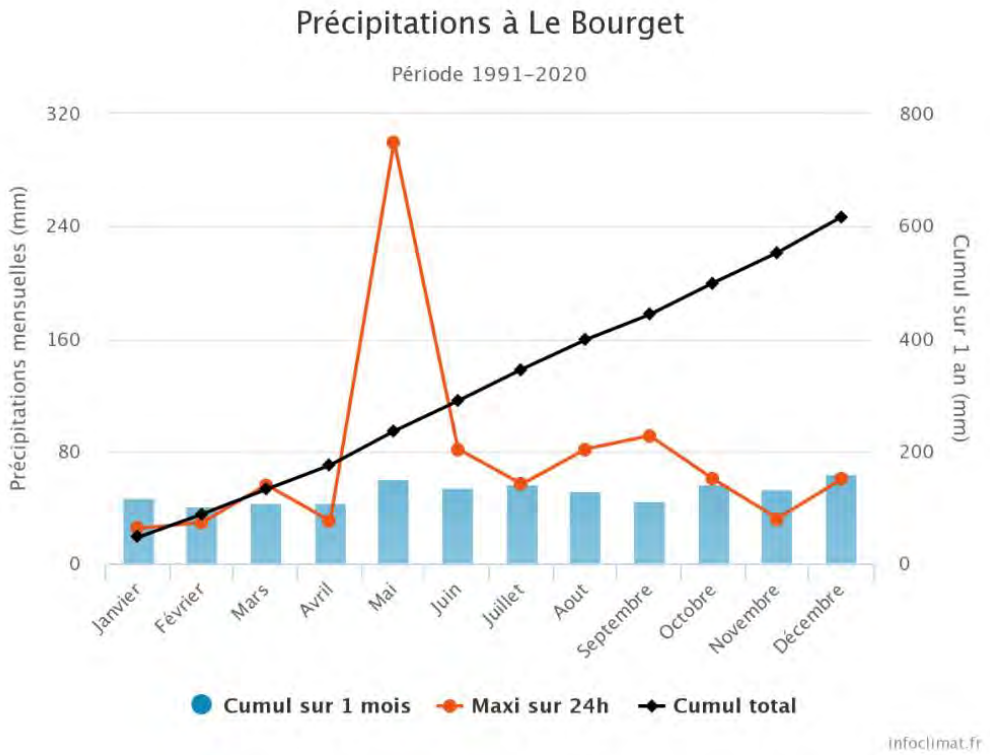


Figure 104 : Evolution des précipitations moyennes au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevées à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr.

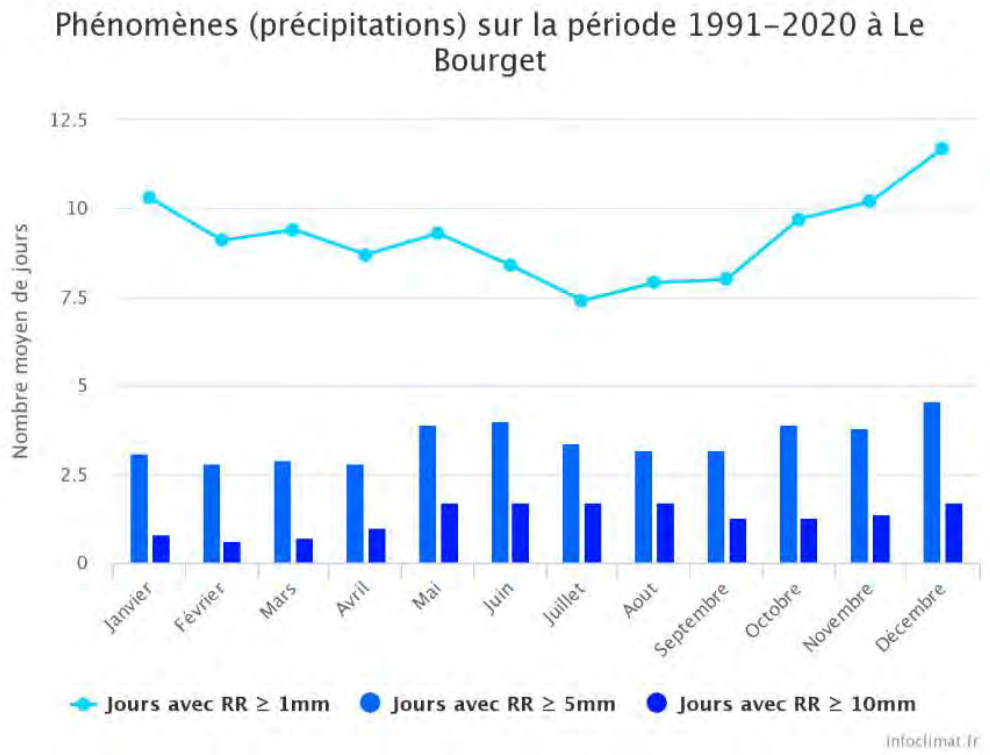


Figure 105 : Evolution des jours de pluie moyens au cours de l'année sur la période 1991-2020 relevés à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr.

Vent

La rose des vents à l'aéroport du Bourget indique une direction préférentielle du sud-ouest. Les pressions atmosphériques enregistrées varient entre 922.5 (1er février 1973) et 1088.9 (10 octobre 1987). Les rafales maximales varient entre 93.6 et 147.6 km/h avec les valeurs hautes enregistrées pendant des périodes hivernales. Le record de 147.6 km/h a été établi pendant un mois de décembre.

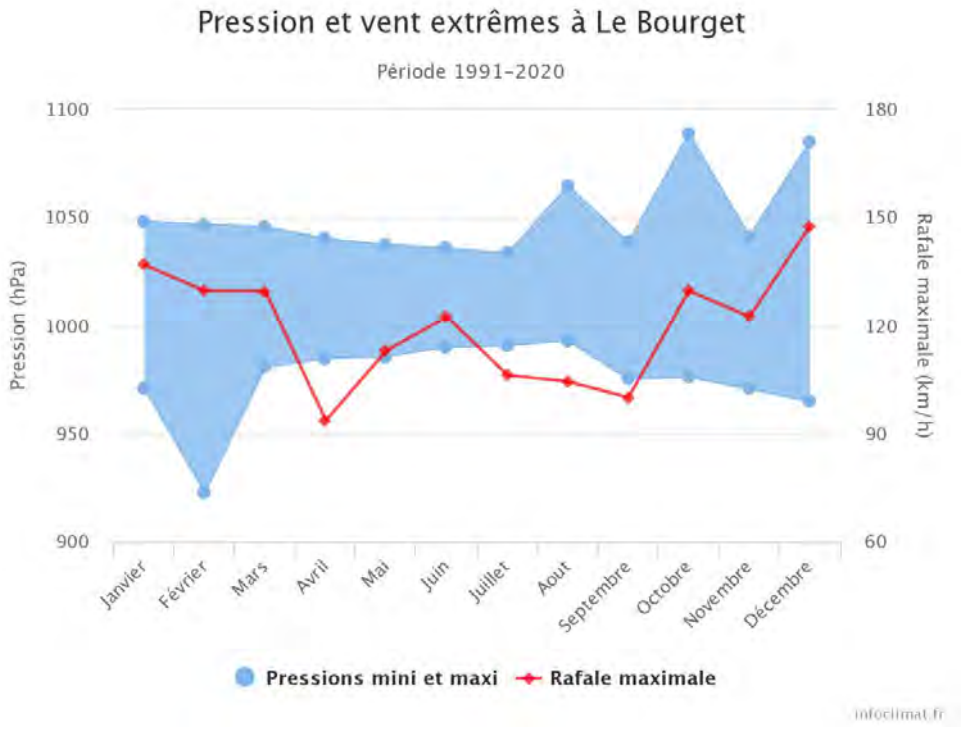


Figure 106 : Pressions minimales et maximales, et rafales maximales historiques pour chaque mois, relevées à la station météorologique du Bourget. Sources : infoclimat.fr. L'intervalle des valeurs de pressions se situe dans la zone bleue.

Risques météorologiques

Malgré un climat océanique-tempéré, des phénomènes d'une ampleur exceptionnelle ou des phénomènes inhabituels peuvent se produire. Les aléas climatiques sont des phénomènes météorologiques dont la fréquence et/ou la durée sont exceptionnelles pour une région donnée. Il s'agit le plus souvent :

- Des tempêtes
- Des orages et phénomènes associés (foudre, grêle, bourrasques, tornades, pluies intenses)
- Des chutes de neige et du verglas
- Des périodes de grand froid
- Des canicules
- Des fortes pluies susceptibles de provoquer des inondations

A l'échelle de la région Île de France, les tempêtes et les canicules sont les aléas les plus fréquent et susceptible d'avoir un fort impact sociétal et économiques.

Canicules

Au XXeme siècle, trois vagues de chaleur sont recensées entre 1976 et 2003 :

- L'été 1976. Une vingtaine de département voient leur taux de mortalité s'élever de plus de 10% au-dessus des normes saisonnières.
- Juillet 1983. Le sud-est de la France est plus particulièrement touché mais la surmortalité pour juin et juillet 1983 sur l'ensemble de la France est estimée à 4700 décès.
- L'année 1994 a connu le deuxième été le plus chaud sur les 50 ans précédant l'été 2003.

Au XIXeme siecle, la France a connu 5 années de canicules avec parfois plusieurs vagues de canicule pendant un même été (ex : été 2022) :

Canicule de 2003 : cet été est le plus chaud sur les 150 dernières années avant 2003. Des records absolus de températures maximales sont battus un peu partout en France, notamment entre le 4 et 13 août. Des températures proches de 40°C sont atteintes en Ile de France avec neuf jours de températures supérieures à 35°C à Paris. Le nombre de décès liés à la canicule atteindrait presque 20 000 sur toute la France.

Canicule de juillet 2006 : à cette époque, il s'agit du deuxième mois le plus chaud depuis 1950, juste derrière juillet 2003. 1600 à 2000 décès supplémentaires pourraient être imputable à la canicule.

Canicule de juillet 2015 : il s'agit d'une vague de chaleur précoce d'une durée de 10 j qui aurait causé 700 décès supplémentaires.

Canicule de 2020 : épisode d'intensité modéré, il fut cependant hors norme dans le nord de la France. Les départements de Haute-Normandie, des Hauts-de-France et de l'Île de France ont été placés en vigilance de niveau Rouge pendant plusieurs jours. De nombreux records de température sont aussi battus dans l'ouest de la France. Cet épisode caniculaire aurait fait 1900 morts.

Canicule de 2022 : 3 vagues de chaleur ont lieu entre juin et aout. La première débute à la mi-juin (la plus précoce depuis 1947) avec des records de températures sur le sud-ouest de la France. La deuxième vague démarre mi-juillet avec des températures dépassant les 40°C sur les côtes bretonnes, le pays de la Loire et le nord de la France. Lors de la 3eme vague, sur la 1ere moitié d'aout, les températures dépassent les 40°C dans le sud-ouest et les 30°C sur le reste de la France. En plus des records de température, la France enregistre un net déficit de précipitation qui ajoute à une année sèche rendant les cumuls inférieurs à la moyenne depuis le 1er janvier de 25% en Île-de-France et Limousin, à 55% en Corse. Cette conjoncture de sécheresse et fortes températures a favorisé le déclenchement de feux de forêt. Plusieurs milliers d'hectares ont été détruit cet été, notamment dans des régions inhabituée aux feux de forêt. Cette canicule aurait causé la mort de 11 000 personnes.

Généralement tous les étés depuis 2015 connaissent de fortes vagues de chaleur allant de quelques jours à plusieurs semaines. Ce phénomène tend à s'amplifier avec le réchauffement climatique et la présence d'Îlot de chaleur, notamment dans les grandes villes. L'effet d'ilots de Chaleur Urbain qui est un microclimat artificiel résultant de l'accumulation de chaleur diurne ou nocturne. Il se caractérise, par des élévations localisées des températures plus importantes en milieu urbain par rapport aux zones rurales ou par rapport aux températures moyennes régionales, et par

une amplitude thermique journalière plus faible en milieu urbain qu'en milieu rural. Cet effet ilots de chaleur est plus remarquable la nuit, lorsque l'énergie emmagasinée dans la journée par les bâtiments et le sol est restituée, notamment en période de canicule. Le rafraîchissement nocturne qui devrait permettre de réduire les surchauffes diurnes est alors limité, et l'effet îlots de chaleur peut être une source d'inconfort hygrothermique. Les villes franciliennes avec un foncier bâti important et l'utilisation principalement du béton, sont plus sensible à ce phénomène qui peut se traduire (d'après les scénarios d'évolution du GIEC pour la région Île-de-France) par :

- Une augmentation des températures moyennes annuelles selon les scénarii, de 1,1°C à 1,4°C en 2030, de 1,2°C à 2°C en 2050 et de 1,9°C à 3,4°C en 2080,
- Un déficit des précipitations en moyenne annuelle de 4,2% en 2030 pour un scénario et jusqu'à 14% en 2080,
- Une augmentation des épisodes caniculaires passant de moins de 5 jours/an en alerte canicule jusqu'à plus de 30 jours/an en 2080 et le doublement de jours considérés comme chauds.

Tempêtes

L'essentiel des tempêtes touchant la France métropolitaine se forme sur l'Océan Atlantique, lors des mois d'automne-hiver. Ceci est dû à la rencontre de masses d'air relativement chaudes provenant des océans avec des masses d'air froides continentales, plus polaires (notamment au nord et nord-est). Les tempêtes se caractérisent par des vents violents avec le seuil des 100 km/h dépassé. On retiendra, depuis les années 1980 pour la région Île de France :

- La tempête du 08/02/1984, d'une durée de 41h et de sévérité exceptionnelle. Elle touche 69.5% de l'Île de France avec des vents dépassants les 120 km/h sur 10% de son territoire.
- La tempête Daria du 25/01/1990, d'une durée de 17h et de sévérité forte. Elle touche 89.1% de l'Île de France avec des vents dépassants les 120 km/h sur 27.8% de son territoire, et les 140 km/h localement.
- La tempête Viviane du 27/02/1990, d'une durée de 50h et de sévérité exceptionnelle. Elle touche 99.8% de l'Île de France avec des vents dépassants les 120 km/h sur 9.4% de son territoire.
- La tempête Lothar du 26/12/1999, d'une durée de 22h et de sévérité exceptionnelle. Elle touche toute l'Île de France avec des vents dépassants les 160 km/h sur 25.9% de son territoire. Cette tempête traverse le nord de la France d'ouest en est très rapidement. Le bilan humain s'élève à 92 morts et 2000 blessés. Les infrastructures de transport et de distribution sont sérieusement endommagées. 8% du réseau de transport d'électricité de la France est hors service. 10 millions de Français sont privés temporairement d'électricité. Une grande partie du réseau routier est impraticable le lendemain, notamment l'A10 et la nationale 10. Les 2/3 des voies ferrées sont rendues inutilisables. La tempête fait aussi de nombreux dégâts sylvicoles et agricoles, notamment dans la filière bois.
- La tempête Vera du 08/12/2006, d'une durée de 12h et de sévérité forte. Elle touche 84.3% de l'Île de France avec des vents dépassants les 120 km/h sur 4% de son territoire.

- La tempête Xynthia du 28/02/2010, d'une durée de 27h et de sévérité exceptionnelle. Elle touche 88.7% de l'Île de France avec des vents dépassants les 120 km/h sur 13.6% de son territoire.

Topographie

Le territoire présente un relief de plaine, modelé par les vallées du Croult et du Petit Rosne, et marqué par la petite butte sur laquelle est installé le Fort de Stains. Garges-lès-Gonesse présente une topographie peu élevée, avec une altitude moyenne de +60 mNGF, variant de +34 et +80 m NGF. Le point culminant de Garges-lès-Gonesse se situe au niveau du fort de Stains. La commune est localisée au sud-est de la forêt domaniale de Montmorency, qui culmine à +200 mNGF (Figure 107).

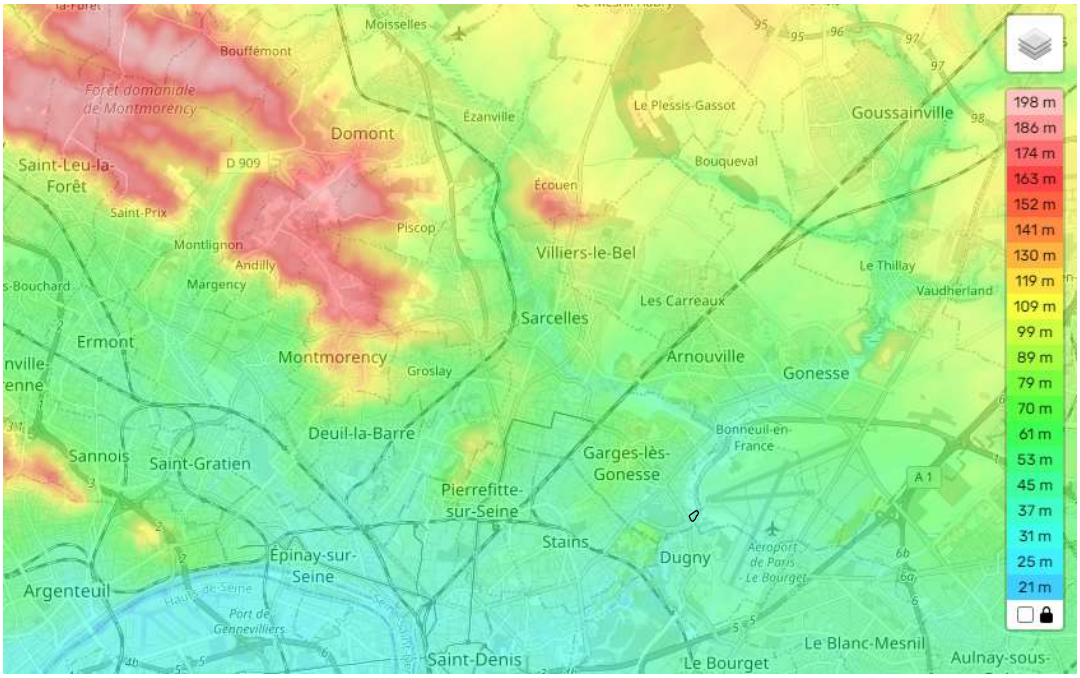


Figure 107 : Topographie sur la commune de Garges-lès-Gonesse et environs

Géologie

Les lithologies affleurantes sur la commune de Garges-lès-Gonesse présentent une diversité importante (Figure 108). On retrouve les unités géologiques suivantes :

- Fz : alluvions modernes. Les petites vallées du Crould et du Rosne présentent des alluvions épaisses, juqu'à 13.25 m à Bonneuil-en-France. Elles sont souvent marécageuses et peuvent renfermer des niveaux de tourbe de 2 m d'épaisseur.
- e7b : Dépôts du Ludien moyen. Cet ensemble est composé par les 1ere, 2eme et 3eme « Masse du Gypse », intercalé des « Marnes à lucines » et des « Marnes d'entre-deux Masses ». L'ensemble débute par la « 3eme Masse du gypse », mal visible car rarement exploité. Elle présente une épaisseur de 3 m et est formée par du gypse saccharoïde avec des intercalations de lits de gypse « pied d'alouette ». Elle est recouverte par les « Marnes à Lusine », d'une épaisseur de 3 à 4 m, de teinte gris pâle, parfois feuilletées mais le plus souvent compactes, magnésiennes, avec un aspect marbré gris clair – gris foncé. Des empreintes *de Phacoides (Lucina) inornatus* et de *Turitella incerta* sont présente au sommet des marnes. Cet ensemble est suivi de la « 2eme Masse du Gypse », d'environ 4 à 7 m et constituée de gypse saccharoïde entrecoupé par des niveaux de gypse « pied d'alouette » et

des passés marneux, puis des « Marnes d'entre-deux Masses ». Cette unité, épaisse de 3 à 5 m, comporte des marnes magnésiennes compactes à aspect marbré gris foncé à gris clair, des marnes blanches à cassure conchoïdale, tachetées de rouille, séparées par des lits d'argiles sépiolitiques feuilletées brunes ou verdâtres. Un niveau de silex est visible à la base de cette masse, alors que son sommet est caractérisé par de grands cristaux de gypse maclés en fer de lance. Enfin l'ensemble se termine par la « 1ere Masse du gypse » qui atteint jusqu'à 17 m d'épaisseur à Cormeilles-en-Parisis. Elle est formée principalement de gypse saccharoïde en bancs massifs. C'est dans ce niveau que Cuvier a recueilli à Montmartre une faune célèbre de mammifères.

- e7a : Dépôts du Ludien inférieur. Marnes à *Pholadomya ludensis.* Marnes jaunâtres, d'épaisseur variant de 1 à 3.5 m, pouvant renfermer des rognons gypseux.
- e6b : Dépôts du Marinésien. Ce niveau comporte plusieurs formations parfois difficiles à distinguer. Les « Sables d'Ezanville » succèdent aux « Sables de Beauchamp » et peuvent atteindre jusqu'à 2.7 m au niveau de Bonneuil-en-France. Il s'agit de sables plus ou moins marneux, verdâtres, renfermant une faune à tendance lagunaire. Ils sont surmontés par le « Calcaire de Durcy », un marno-calcaire blanc crème, d'environ 0.3 à 1.45m. Ces deux niveaux sont discontinus. Les « sables de Mortefontaine », fins blancs à jaunâtre et de faible épaisseur (0.2 à 0.6 m), qui leur succèdent peuvent donc reposer directement ceux de « Beauchamps ». Ils sont suivis par le « Calcaire de Saint-Ouen », une alternance de marnes et de calcaires, d'épaisseur variant de 5 à 15 m. Ce calcaire est surmonté d'un niveau de sables fin, verdâtres, plus ou moins argileux variant de 1 à 5 m, appelé « Sables de Monceau ». Enfin la foramation e6b est terminée par de petits lits calcaires, rapportés au « calcaire de Noisy-le-sec » et de gypse, qui peut se rapporter à la « 4eme Masse du gypse ».
- e6a : Dépôts de l'Auversien. Sables d'Auvers et de Beauchamps, d'épaisseur de 15 à 20 m. Les sables d'Auvers (6 à 8 m) sont caractérisés par des sables blancs, un peu jaunâtre, à stratification oblique ou entrecroisée. Les sables sont plus grossiers vers la base et renferment de nombreux galets de silex, de craie ou de calcaire lutétien. Les sables de Beauchamps (8 à15 m) sont des sables plus fins, blancs à gris, relativement bien classés avec moins de stratifications entrecroisées. La faune est moins abondante que pour les sables de l'Auversien.

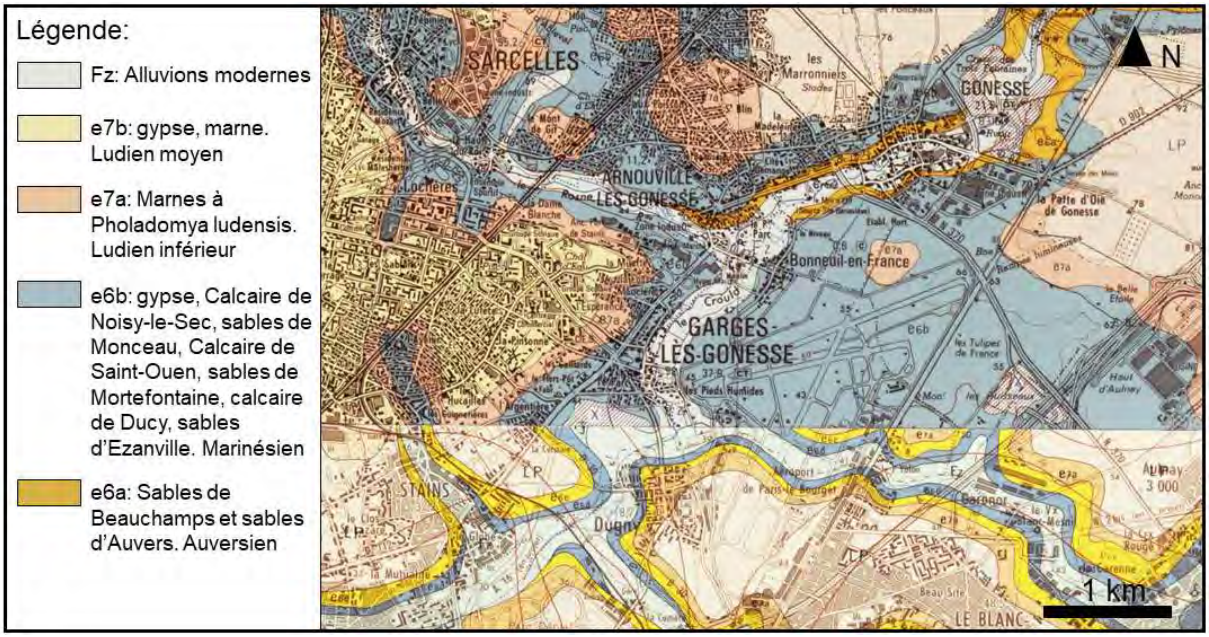


Figure 108 : carte géologique de Garges-lès-Gonesse au 1/50 000 (Source : Infoterre, BRGM).

Hydrographie

La ville de Garges-lès-Gonesse est traversée par deux cours d'eau :

- L'est de la ville est traversé par le Croult, une petite rivière de 12.3 km de long en partie couverte qui prend sa source à Goussainville. Elle est alimentée par plusieurs rus de la Plaine de France, dont le Rouillon et la Molette et traverse 9 communes. Elle se jette dans la Morée, à la limite de Garges-lès-Gonesse et de Bonneuil-en-France, au niveau de la station d'épuration Bernard Cholin. Le site retenu pour l'implantation de la centrale géothermique se situe à ce niveau (Figure 109).
- Le nord de la ville est traversé par le Petit Rosne, une rivière de 9.6 km de long. Elle prend sa source à Montsoult, au pied de la butte de la forêt de L'Isle-Adam.

Le ru de la Fontaine Plamond rejoint le Croult 50 m en amont de la confluence avec la Morée et longe les terrains de l'aéroport du Bourget en limite de Garges-lès-Gonesse.

Figure 109 : Carte du réseau hydrographique sur le territoire de Garges-lès-Gonesse. Photo : Le Croult au sud du territoire. Source : PLU de Garges-lès-Gonesse.

Le territoire de Garges-lès-Gonesse se trouvent sur trois bassins versants comme le montre la carte ci-dessous :

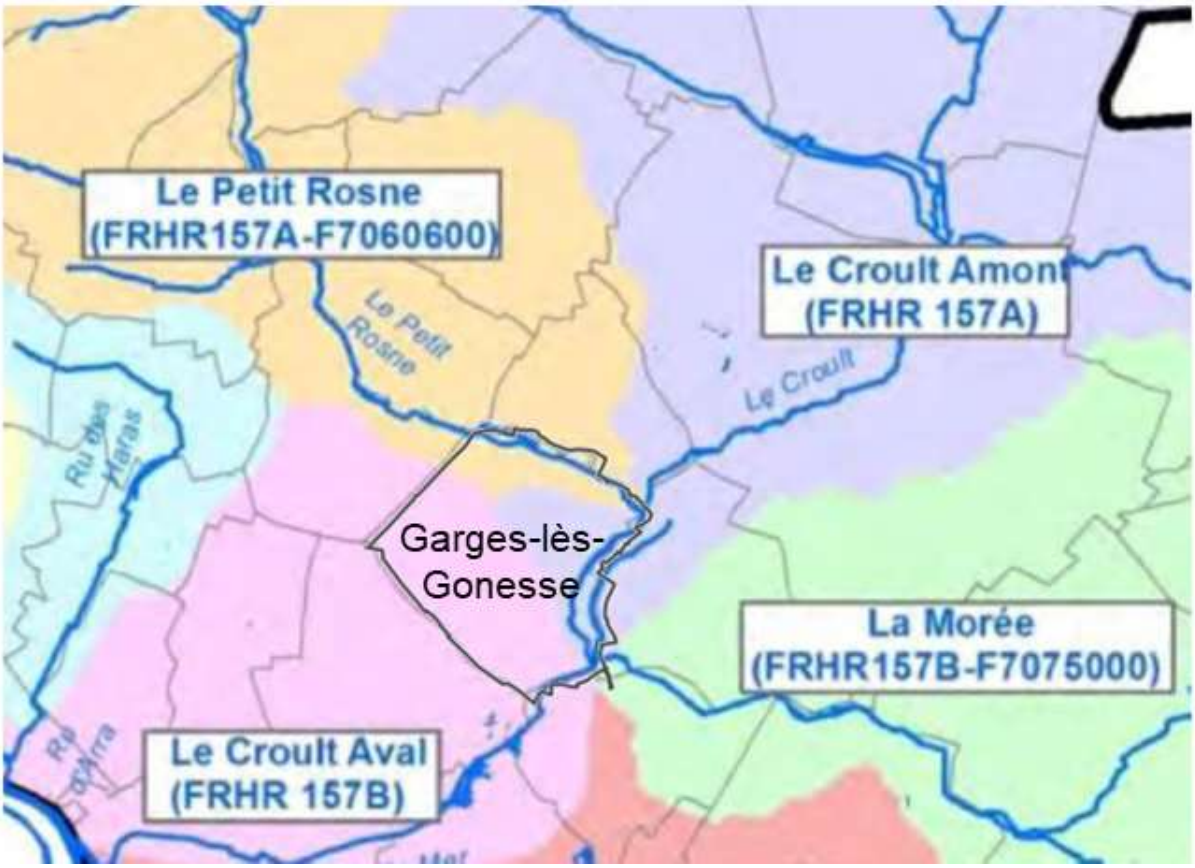


Figure 110 : Cours d'eau autour de Garges-lès-Gonesse et leur bassins versants. Source : état initial de l'environnement du SAGE.

L'état écologique de l'eau du Croult est moyen tandis que son état chimique est mauvais. L'état écologique de l'eau du Petit Rosne est médiocre tandis que son état chimique est mauvais. La qualité globale des eaux du Petit Rosne sur l'ensemble du réseau apparait « mauvaise à très mauvaise ». Cependant malgré une qualité des eaux dégradée, les potentialités d'améliorations existantes permettent d'envisager une renaturation de ce cours d'eau.

Hydrogéologie

Masses d'eau

Une masse d'eau souterraine est un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères. Les masses d'eau sont regroupées en types homogènes qui servent de base à la définition de la notion de bon état. Les masses d'eau sont délimitées sur la base de critères géologiques et hydrogéologiques ; une masse d'eau correspond en général à tout ou partie d'entités hydrogéologiques définies dans le référentiel BD RHF (entité hydrogéologique).

Les limites de masses d'eau sont stables et durables (limites géologiques étanches, crêtes piézométriques stables). La délimitation est organisée à partir d'une typologie, basée sur la nature géologique et le comportement hydrodynamique des systèmes aquifères. La base Infoterre du BRGM ne met en évidence aucune masse d'eau sur le territoire de Garges-lès-Gonesse.

Eaux souterraines

L'ensemble des horizons inférieurs présente des potentialités aquifères. Les nappes présentes sur le secteur de Garges-lès-Gonesse sont :

- Les eaux circulant dans le calcaire de Saint-Ouen : les niveaux argilo-marneux peuvent localement constituer un substratum imperméable au droit duquel circulent les eaux des « Sables de Monceau » et du « Calcaire de Saint-Ouen ».
- La nappe des alluvions du Croult qui est en continuité avec celle du calcaire de Saint-Ouen.

Zonage règlementaire

Le site retenu pour l'implantation de la centrale géothermique se situe à la limite entre les bassins versants de Vieille Mer et du Croult et dépend du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de Croult – Engien – Vieille Mer (CEVM) (Figure 111). Le SAGE CVEM représente un territoire de 446 km² et regroupe 86 communes appartenant aux départements du Val d'Oise et de la Seine Saint-Denis.

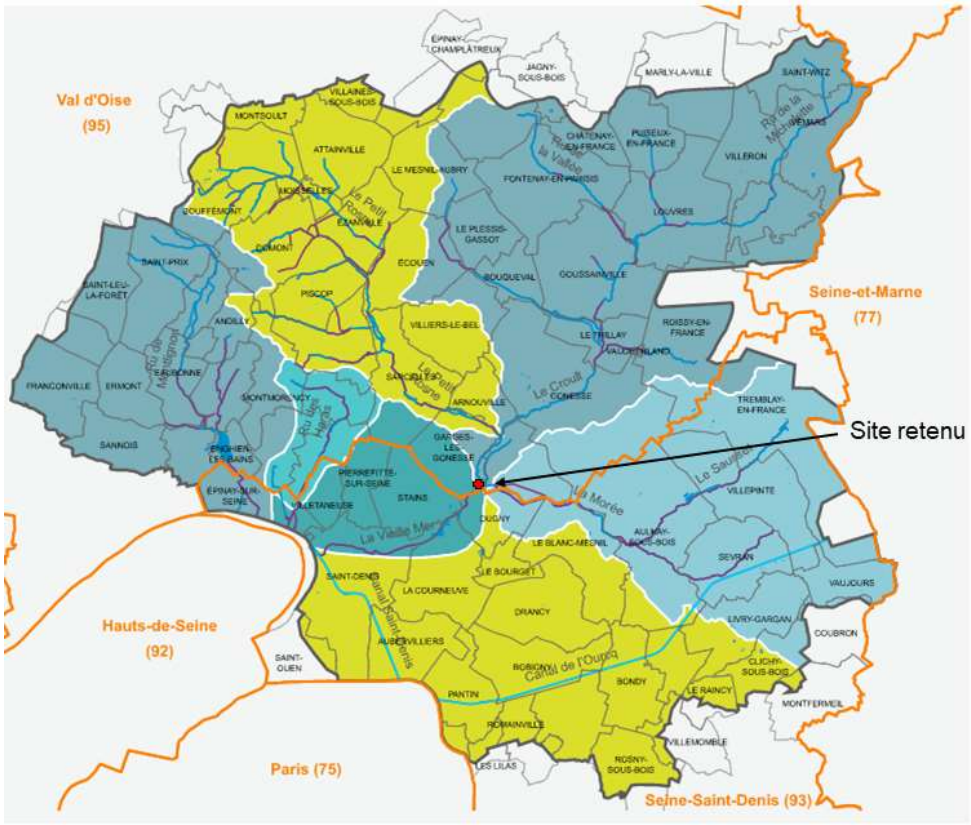


Figure 111 : Bassins versants dépendant du SAGE CEVM

1.31.4. Paysage et patrimoine

Paysage

Le site d'implantation de la future centrale géothermique se situe en zone urbaine (ou péri-urbaine) sur une parcelle naturelle (espaces en herbe ou en jachère), à proximité d'une zone d'activité (centre équestre, Figure 112). Après approbation du nouveau PLU le 26 juin 2023, la parcelle est maintenant classée Np, et peut accueillir une pompe à chaleur. Ce changement de zonage permet la réalisation du projet de géothermie.

Figure 112 : Paysages de Garges-lès-Gonesse (Source : PLU de Garges-lès-Gonesse).

Le site retenu se situe à proximité de la vallée du Croult qui traverse la ville du nord au sud et le long de laquelle le paysage est ponctuellement naturel ou agricole, mais surtout composé de zones urbaines, d'infrastructures majeures (aéroport du Bourget) et de projet d'aménagement majeurs (avenue du Parisis). Le Croult fait office de limite entre la ville et l'aéroport du Bourget. On trouve le long du Croult des traces d'un patrimoine lié à l'eau, tel que des moulins et abreuvoirs.

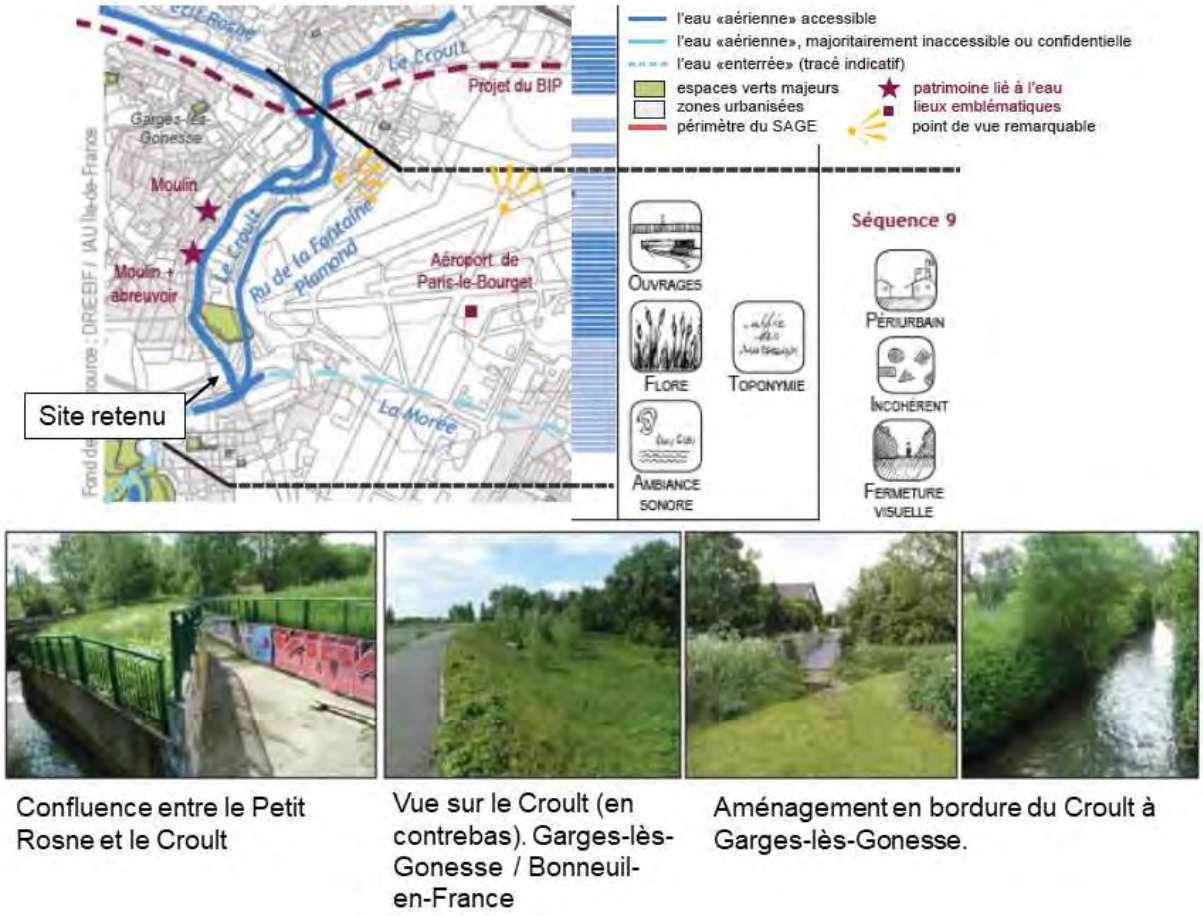


Figure 113 : Séquence paysagère du Croult. (Source : SAGE Enghien Vieille Mer)

Patrimoine culturel et archéologique

Le patrimoine architectural de Garges-lès-Gonesse Garges-lès-Gonesse ne compte qu'un seul monument historique sur son territoire qui se compose de deux éléments distincts :

- Le château de Garges ou château Blondel : Une grille du château en pierre de taille datant de 1775, seul vestige du petit château qu'Augustin Blondel de Gagny (1695-1776) avait acquis de la part de Jean-Joseph Palerne. Le petit château de Garges, dit « Château Blondel » est démoli en 1952, à la suite des endommagements causés par les bombardements alliés de 1944 sur l'aérodrome du Bourget par les alliés.
- Pavillon du XVIIIe siecle, au lycée de Garges, avenue de Stalingrad. Il s'agit d'une petite maison à un étage avec une mansarde datant de 1755, probablement l'œuvre de Pierre Contant d'Ivry, qui aurait servi de pavillon de musique.

Au-delà de ce monument historique, l'église Saint-Martin (XIII-XVIIIe siècles), le fort de Stains (1875), le monument au mort (1924) et quelques autres bâtiments du XVIII-XIXe siècles font partis du patrimoine architectural de la ville (Figure 114).

Figure 114 : Plan de la ville de Garges-lès-Gonesse avec la position des monuments classés et autre patrimoine architectural.

Monuments historiques

Les monuments historiques, inscrit ou classés à l'inventaire, sont dotés d'un périmètre de protection d'un rayon de 500 m, pouvant être modifié sur proposition de l'ABF (Architectes des Bâtiments de France), en fonction du contexte du monument.

La protection au titre des monuments historiques n'est pas un label mais une servitude d'utilité publique (AC1) fondée sur l'intérêt patrimonial d'un bien, qui s'évalue en examinant un ensemble de critères historiques, artistiques, scientifiques et techniques. Les notions de rareté, d'exemplarité, d'authenticité et d'intégrité des biens sont notamment prises en compte. Depuis la création en 1837 de la commission des monuments historiques, plus de 44 000 immeubles, près de 300 000 objets mobiliers dont 1 400 orgues, ont été protégés par classement ou inscription. Chaque année, environ 300 immeubles et 1500 objets mobiliers sont protégés au titre des monuments historiques.

La parcelle retenue pour l'implantation de la centrale géothermique ne se trouve pas à proximité d'un monument historique (Figure 115).

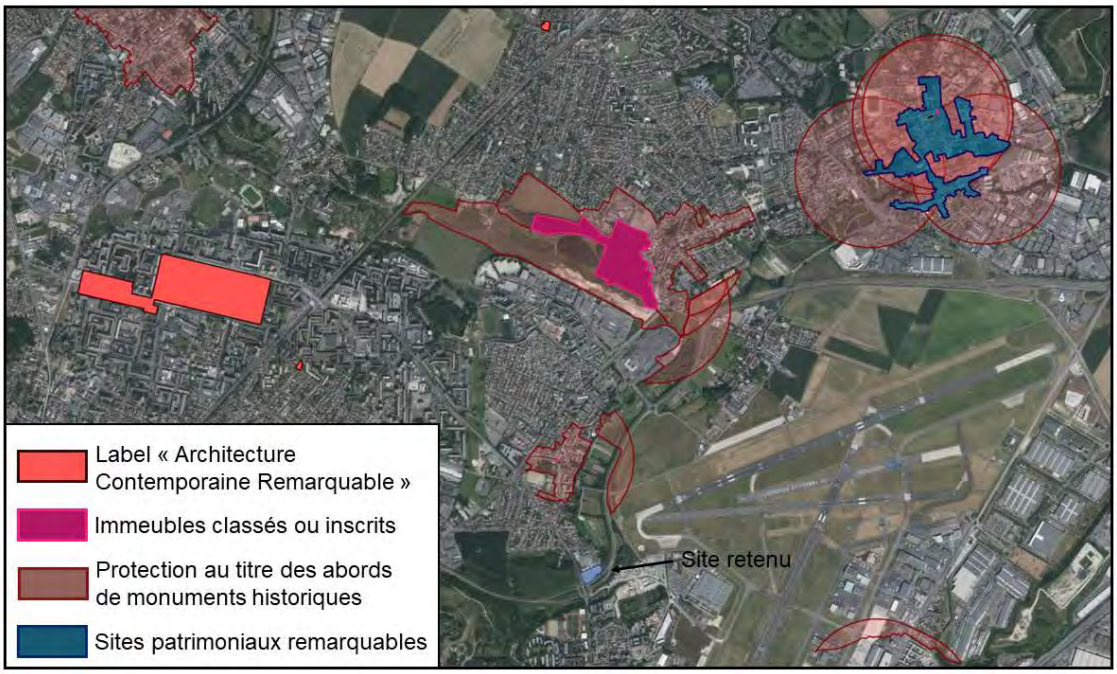


Figure 115 : Position du site retenu pour l'implantation de la centrale géothermique par rapport aux éléments du patrimoine architectural et historique (sites classés, inscrits ou remarquables).

Sites patrimoniaux remarquables

Les sites patrimoniaux remarquables (servitude d'utilité publique AC4) sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public. »

Les espaces ruraux et les paysages qui forment avec ces villes, villages ou quartiers un ensemble cohérent ou qui sont susceptibles de contribuer à leur conservation ou à leur mise en valeur peuvent être classés au même titre. On dénombre plus de 860 sites patrimoniaux remarquables qui concernent des centres urbains (Marseille, Bordeaux), des quartiers (Angoulême, Guérande) ou des villages (Saint-Benoît-du-Sault, Saint-Aignan-sur-Cher).

La parcelle retenue pour l'implantation de la centrale géothermique ne se trouve pas à proximité d'un site patrimonial remarquable (Figure 115**).**

Sites inscrits

Un site inscrit est un espace naturel ou bâti de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque qui nécessite d'être conservé.

La procédure peut être à l'initiative des services de l'État (DREAL, STAP), de collectivités, d'associations, de particuliers ... L'inscription est prononcée par arrêté du Ministre en charge des sites. En site inscrit, l'administration doit être informée au moins 4 mois à l'avance des projets de travaux. L'Architecte des Bâtiments de France émet un avis simple, sauf pour les permis de démolir qui supposent un avis conforme.

La parcelle retenue pour l'implantation de la centrale géothermique ne se trouve pas à proximité d'un site inscrit (Figure 115).

Sites classés

Un site classé est un site de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, dont la qualité appelle, au nom de l'intérêt général, la conservation en l'état et la préservation de toute atteinte grave. Le classement concerne des espaces naturels ou bâtis, quelle que soit leur étendue. Cette procédure est très utilisée dans le cadre de la protection d'un "paysage", considéré comme remarquable ou exceptionnel.

La procédure peut être à l'initiative de services de l'État, de collectivités, d'associations, de particuliers ..., Le dossier est ensuite instruit par la Direction Régionale de l'Écologie de l'Aménagement et du Logement. Le classement intervient par arrêté du Ministre en charge des sites ou par décret en Conseil d'État (selon le nombre et l'avis des propriétaires concernés).

En site classé, tous les travaux susceptibles de modifier l'état des lieux ou l'aspect des sites (par exemple, les travaux relevant du permis de construire) sont soumis à autorisation spéciale préalable du Ministère chargé des sites, après avis de la DREAL, de la DRAC (Service Territorial de l'Architecture et du Patrimoine du département concerné) et de la Commission Départementale de la Nature, des Paysages et des Sites (CDNPS). L'autorisation est déconcentrée au niveau du préfet de département pour les travaux moins importants.

La parcelle retenue pour l'implantation de la centrale géothermique ne se trouve pas à proximité d'un site classé (Figure 115).

Les espaces naturels et biodiversité

Milieux naturels fragiles ou remarquables

Les **ZNIEFF** sont des sites, de superficie généralement limitée, identifiées et délimitées parce qu'elles contiennent des espèces ou au moins un type d'habitat de grande valeur écologique, locale, régionale, nationale ou européenne. On y distingue les ZNIEFF de type I (secteurs de grand intérêt biologique ou écologique) et ceux de type II (grands ensembles naturels riches offrant des potentialités biologiques importantes).

Les sites **Natura 2000** appartiennent à un réseau européen de sites naturels ou semi-naturels ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelle qu'ils contiennent. En application du décret n°2010-365 du 9 avril 2010 relatif à l'évaluation des incidences Natura 2000, il est nécessaire de faire une évaluation des incidences du projet sur les sites Natura 2000.

Les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire » et dont « la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Enfin, **Un Espace Naturel Sensible (E.N.S.)** est une zone, soumise par une délibération du Conseil Général, à des mesures particulières de protection, dont le principe est posé par l'article L.142-1 du Code de l'Urbanisme : "Afin de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels, et des champs naturels d'expansion des crues, et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels selon les principes posés à l'article L.110, le département est compétent pour élaborer et mettre en œuvre une politique de protection, de gestion et d'ouverture au public des espaces naturels sensibles, boisés ou non". Ces mesures particulières sont, entre autres, une taxe départementale des espaces naturels sensibles et une zone de préemption.

Le site retenu pour l'implantation de la centrale ne se situe pas directement sur une ZNIEFF ou un espace naturel sensible. Il est cependant situé à proximité d'une ZNIEFF de type 2 recensée sur le territoire communal : Le parc départemental de la Courneuve (parc Georges Valbon), situé sur l'extrémité Sud-est du territoire (Figure 116) avec 20 ha sur la commune.

Figure 116 : Distribution des ZNIEFF (ici le parc de la Courneuve) sur la commune de Garges-lès-Gonesse. Source : PLU de la ville.

Ce parc, couvrant une superficie de 360 ha, est réparti sur les communes de Dugny, La Courneuve, Saint-Denis et Stains. Il est identifié comme site Natura 2000 sur le territoire, notamment pour la présence d'espèces d'oiseaux sauvages. Le parc de la Courneuve (parc Georges Valbon) présente des pôles d'intérêt majeur comme les milieux aquatiques (reproduction du Blongios nain, du Crapaud calamite, de l'Aeshne isocèle et de l'Utriculaire citrine), les secteurs enfrichés et le « Vallon écologique », favorables à plusieurs insectes vulnérables (e.g. les lépidoptères et les orthoptères).

Le parc possède un intérêt pour l'avifaune, avec la présence de plusieurs espèces nicheuses en déclin et plusieurs espèces remarquables en migration. Notamment la Bondrée apivore (migration) et du Pic noir (passage en période de reproduction), deux espèces considérées comme rares et inscrites à l'annexe I de la directive « Oiseaux ». Ces oiseaux sont déterminants pour la création de ZNIEFF si le site regroupe, respectivement un minimum de 10 couples, ce qui n'est pas le cas pour ce site. Trois autres espèces inscrites à l'annexe I de la directive « Oiseaux » ont été observées dans le « Vallon écologique » : le Blongios nain (nicheur régulier), le Butor étoilé (hivernage) et le Martin-pêcheur d'Europe (migration), qui est déterminant pour la création de ZNIEFF à partir de 5 couples. Ce qui n'est pas le cas ici. Au sein de la ZNIEFF du Parc de la Courneuve, trois espèces présentent des enjeux sur la zone de protection spéciale (ZPS) : Le Faucon crécerelle, l'Epervier d'Europe, le Hibou moyen-duc. Ces trois espèces nichent sur le site, tout comme la Bécassine des marais, ce qui est considéré comme rare.

On retrouve sur le territoire de Garges-lès-Gonesse des zones humides de classes 2, 3 et 5. Les classes 2 et 5 doivent être protégées dans le cadre du PLU et correspondent respectivement à des zones humides et des zones en eaux. La classe 3 est une zone pour laquelle les informations existantes laissent présager la présence d'une zone humide, qui reste à vérifier et dont les limites sont à préciser avant une nouvelle urbanisation. Le site retenu pour l'implantation de la nouvelle centrale géothermique se situe dans une zone de classe 3 (Figure 117).

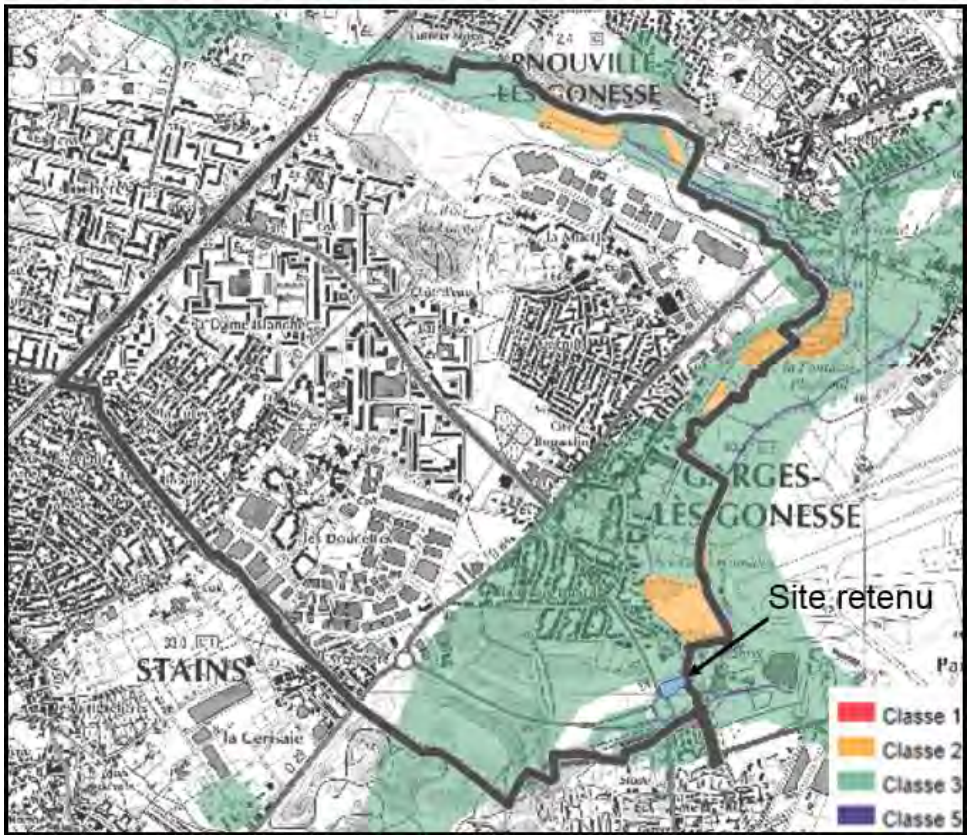


Figure 117 : Carte des zones humides, réparties selon différentes classes. Source : PLU de la ville.

D'après le PLU de Garges Lès Gonesse, le schéma régional de Cohérence Ecologique (SRCE) identifie les deux cours d'eau comme espaces à préserver et/ou restaurer. Le Fort de Stains et la Partie Ouest de la vallée du Petit Rosne sont identifiés comme corridor de la sous-trame arborée à restaurer ou à conforter. Le SRCE est le volet régional de la trame verte et bleue et a pour but la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques. Ce document, approuvé par délibération du Conseil Régional de 26 septembre 2013, identifie les composants de la trame verte et bleue (Figure 118) ainsi que les objectifs de préservation. Le site retenu se situe à proximité d'une trame bleue, en lien avec la vallée du Croult.

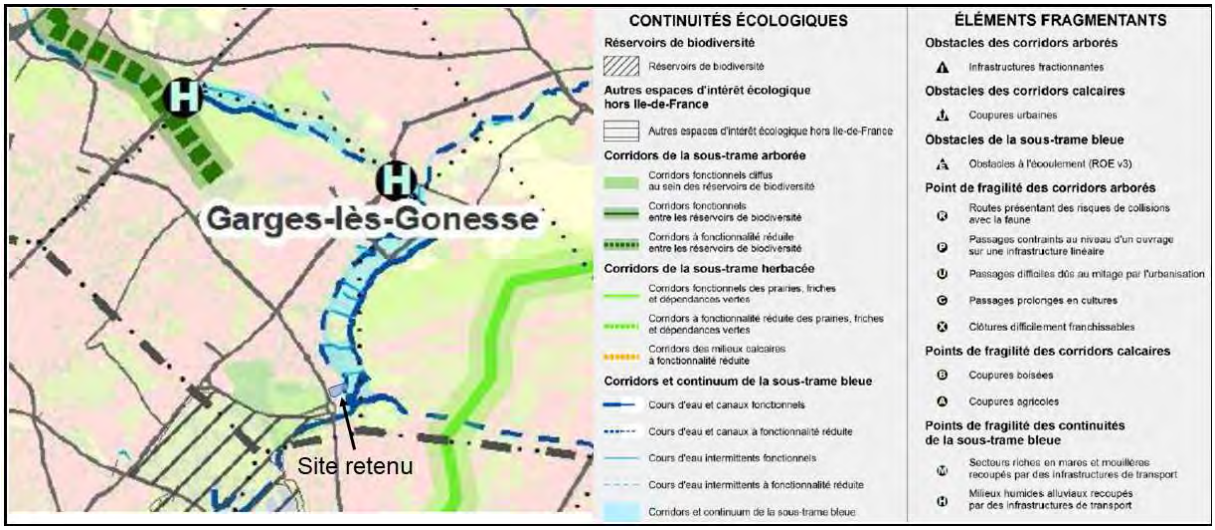


Figure 118 : Carte des composantes de la trame verte et bleue du SRCE.

La commune compte 256 espèces animales et végétales, recensées à l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN). Les données du conservatoire botanique national du Bassin parisien (CBNBP) recensent elles 272 espèces végétales, parmi lesquelles 1 espèce est protégée et 2 sont déterminantes pour les ZNIEFF. Les espèces déterminantes sont considérées comme remarquables pour la biodiversité, ou menacées et jugées importantes pour et dans l'ecosystème ou particulièrement représentative d'un habitat naturel ou de l'état de l'écosystème.

Les travaux hydrauliques menés sur le Croult et le fond de vallée ont conduit à une disparition casi complète des groupements spontanés de milieux humides, dont seules quelques petites zones subsistent avec des espèces banales (e.g. roselière à Phragmite). L'abandon des cultures à conduit à la colonisation de friches et de fourrés. Les chemins sont bordés d'arbres plantés (peupliers) ou spontanés (ormes champêtres, sureaux noirs, saule et aubépines). Les bords du Croult sont peuplés par une végétation typique des berges de cours d'eau (saules, aulnes, frênes, …). On peut noter la présence d'arbres, en particulier des saules, assez remarquables qui doivent être préservés, compte tenu du contexte urbanisé environnant. Les milieux rencontrés sont variés, offrant un potentiel pour l'accueil de l'avifaune, notamment des passereaux et rapaces. A l'exception du faucon crécelle, dont les populations sont en déclin, les autres espèces sont communes et très communes en île de France.

La parcelle retenue se situe dans un contexte périurbain, et proche du parc départemental de la Courneuve-Parc Georges Valbon (site Natura 2000 et ZNIEFF). Elle est directement concernée par une continuité en contexte urbain (la vallée du Croult) qui relie une zone humide au nord au Parc Georges Valbon au sud.

Cette continuité apparait comme fragmentée (présence d'infrastructures routières et d'aménagement connexes), rendant à priori difficiles le déplacement des espèces terrestres en l'absence d'aménagements spécifiques (passages inférieurs adaptés).

La zone concernée par le projet est constituée d'une végétation arbustive et arborée jeune. Cet espace végétalisé ne constitue pas un réservoir de biodiversité, mais plutôt un espace relais au sein de la continuité pour les espèces volantes (oiseaux et chauves-souris notamment).

La Figure 119 synthétise les éléments écologiques des trames bleue et verte.

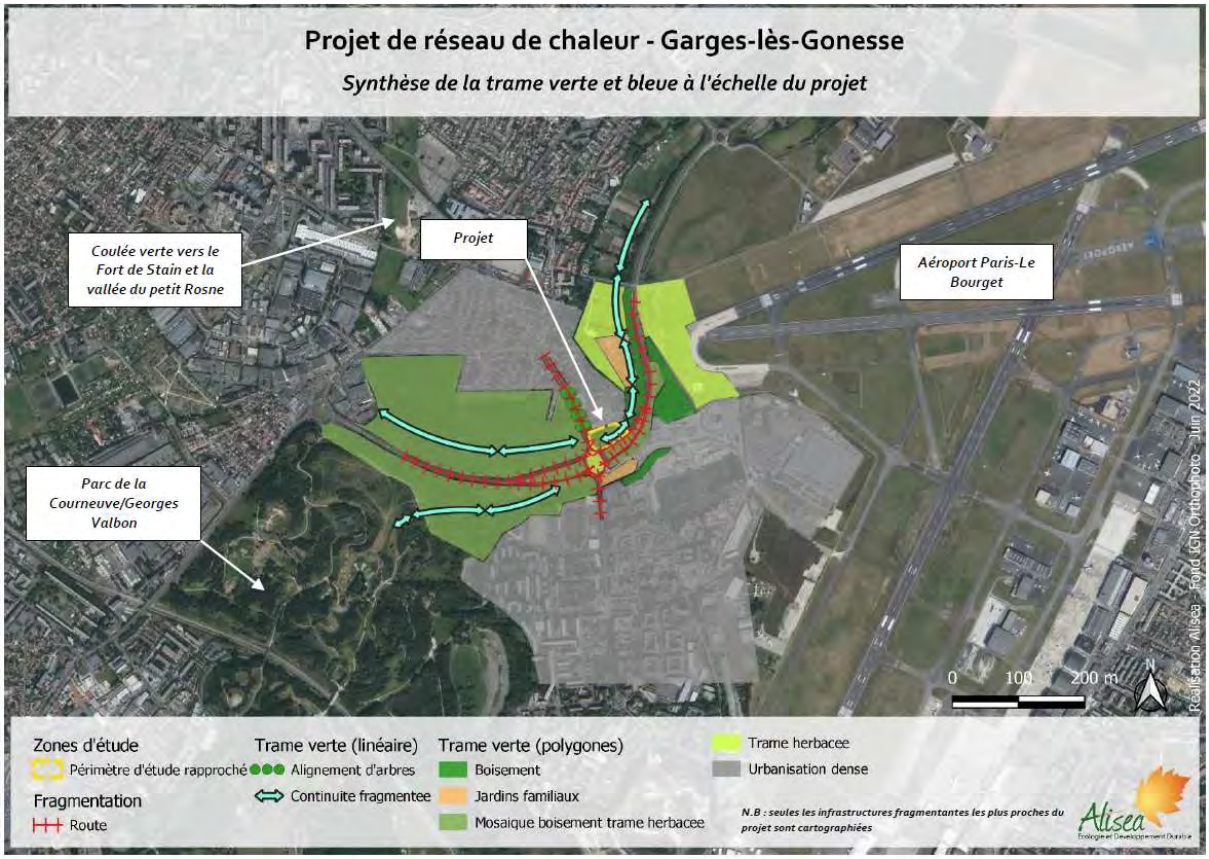


Figure 119 : Trames verte et bleue à l'échelle du projet (source : Alisea – prédiagnostic écologique)

Pré-diagnostic écologique du projet de géothermie

La ville de Garges-Lès-Gonesse a mandaté le cabinet Aliséa pour un pré-diagnostic écologique dans le secteur du projet de réseau de chaleur de la ville. Les éléments présentés ci-dessous sont issus du rapport de ce pré-diagnostic qui a consisté en :

- La délimitation des zones humides au titre de l'arrêté du 24 juin 2008 (sondages pédologiques et relevés phytosociologiques)
- La réalisation d'inventaires estivaux (juin/juillet) des habitats naturels, de la flore, de la faune (diurnes et nocturnes), dans le but d'évaluer les potentialités écologiques

Zones humides

Le projet de réseau de chaleur est localisé sur un espace fortement artificialisé. Les relevés pédologiques témoignent de l'artificialisation des sols et du caractère exogène des couches rencontrées (présence de remblais calcaire entre 25 et 30 cm qui limitent la possibilité de réaliser les

sondages en profondeur). L'analyse du sol prélevé jusqu'à 40 cm ne montre aucune trace d'hydromorphie.

Sur la base des sondages pédologiques, la parcelle n'est pas localisée en zone humide.

La végétation qui recouvre le site apparait comme relativement jeune, et s'est développée sur un espace remanié/remblayé. Elle est en grande partie composée d'espèces exotiques, et les quelques espèces caractéristiques de zones humides (parmi les moins exigeantes d'un point de vue hydrique) sont dispersées. Elles n'occupent que les strates les plus élevées sans jamais dominer le reste de la végétation.

Sur la base des relevés phytosociologiques, le périmètre d'étude rapproché n'est pas localisé en zone humide.

Les deux critères utilisés pour la délimitation des zones sont concordants : ils n'indiquent pas la présence de zones humides au sein du périmètre d'étude rapproché.

Inventaires estivaux

La flore naturelle recensée sur l'ensemble du site est assez peu diversifiée en raison de la forte anthropisation du milieu (Figure 120). Au total, 72 espèces végétales ont été notées sur le site, dont 63 sont indigènes. Parmi ces espèces et d'après le catalogue de la flore vasculaire d'Ile de France :

- Aucune espèce à enjeux n'a été inventoriée
- Cinq espèces sont considérées comme exotiques envahissantes, 2 avérées implantées et 3 potentiellement implantées. La renouée du Japon est la plus inquiétante de par son emprise. Le Cornouiller soyeux, sur liste d'alerte, occupe ne grande partie de la zone, mêlé aux espèces de l'ormaie rudérale et notamment au Cornouiller sanguin

Les enjeux habitats et flore apparaissent comme faibles.

La prise en compte des espèces exotiques envahissantes dans le cadre d'un possible aménagement est une priorité, en particulier en raison de la présence de la Renouée du Japon.

La parcelle retenue pour le projet de géothermie :

- Se trouve au sein d'une continuité urbaine fragmentée, reliant une zone humide au nord, au Parc de la Courneuve/Georges Valbon au sud
- Permet à des espèces volantes (oiseaux, chiroptères) de se déplacer au sein de cette continuité écologique. Il s'agit d'un espace relai localisé entre deux zones très urbanisées où la continuité écologique est très resserrée.
- **Présente des enjeux écologiques à priori faibles (Habitats et flore, Mammifères terrestres, Amphibien, Reptiles, Insectes) à modérés (Avifaune nicheuse, Chiroptère).**

Figure 120 : Cartographie des habitats (source : Alisea)

Parmi les espèces à enjeux modérées, on recense :

- 11 espèces Avifaune et 2 espèces Chiroptères (la pipistrelle commune et la pipistrelle de Nathusius) à enjeux réglementaires.
- 4 espèces Avifaune (la bergeonnette grise, le chardonneret élégant, la fauvette des jardins, la linotte mélodieuse) et 2 espèces Chiroptères (la pipistrelle commune et la pipistrelle de Nathusius) à enjeux de conservations.

1.31.5. Qualité du Sol

Les démarches de gestion de sites et sol pollués s'appuient sur les principes suivants : prévenir les pollutions futures, mettre en sécurité les sites nouvellement découverts, connaitre, surveiller et maitriser les impacts, traiter et réhabiliter en fonction de l'usage puis pérenniser cet usage, garder la mémoire, impliquer l'ensemble des acteurs.

La politique de gestion des sites et sols pollués (ou susceptible de l'être) se basait initialement sur un important travail de recensement. Cette politique s'est ensuite infléchie à la fin des années 1990 vers une politique de gestion des risques en fonction de l'usage. Fondée sur l'examen et la gestion du risque, plus que sur le niveau de pollution intrinsèque, cette politique nécessite de garder la mémoire des pollutions et des actions de réhabilitation mises en œuvre, mais aussi de fixer des usages des sols compatibles avec les pollutions résiduelles après traitement du site.

La carte des anciens sites industriels et activités de services (CASIAS) recense les anciennes activités susceptibles d'être à l'origine d'une pollution des sols. Ces activités peuvent être industrielles (industries lourdes, manufacturières, etc.) ou de service (blanchisseries, stations-services et garages, etc.). Conformément à l'article L.125-6 du code de l'environnement modifié par l'article 173 de la loi ALUR (loi n°2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové) et à l'article R. 125-48 introduit pour l'application du IV de l'article L.125-6, la CASIAS a pour objet de répondre à l'obligation qui est faite à l'Etat de publier.

Elle témoigne de l'histoire industrielle d'un territoire depuis la fin du 19eme siècle. La CASIAS présente l'histoire des activités industrielles ou de services mais ne préjuge pas de la pollution affective des sols des établissements recensés.

L'inventaire historique de ces sites a débuté avec la création de la base de données des anciens sites industriels et activités de services : la BASIAS. Depuis novembre 2021, la CASIAS a intégré les sites de la BASIAS et intégrera progressivement les données issues d'autres bases de données de l'Etat (Base de données nationale des Installations Classées (S3IC), Guichet unique numérique de l'environnement (GUNenv), Système national d'identification et du répertoire des entreprises et de leur établissements (Base SIRENE de l'INSEE), …). A sa constitution, fin 2021, la CASIAS contient environ 322970 anciens sites industriels et activités de service recensés sur le territoire français.

La CASIAS recense les sites pollués des anciennes bases de données BASOL (base de données des sites et sols pollués appelant une action des pouvoirs publics) et BASIAS (base de données d'anciens sites industriels et activités de service). Dans un rayon de 500 m autour du site de forage, la CASIAS recense 6 sites BASIAS mais aucun site BASOL, comme le montre la Figure 121. Les deux sites BASOL les plus proches se situe sur au nord de Bonneuil-en-France et à l'est de Dugny (en rose sur la Figure 121). Les informations relatives aux sites BASIAS sont présentées dans le Tableau 40 tandis que la Figure 122 présente une vue plus proche de ces sites.

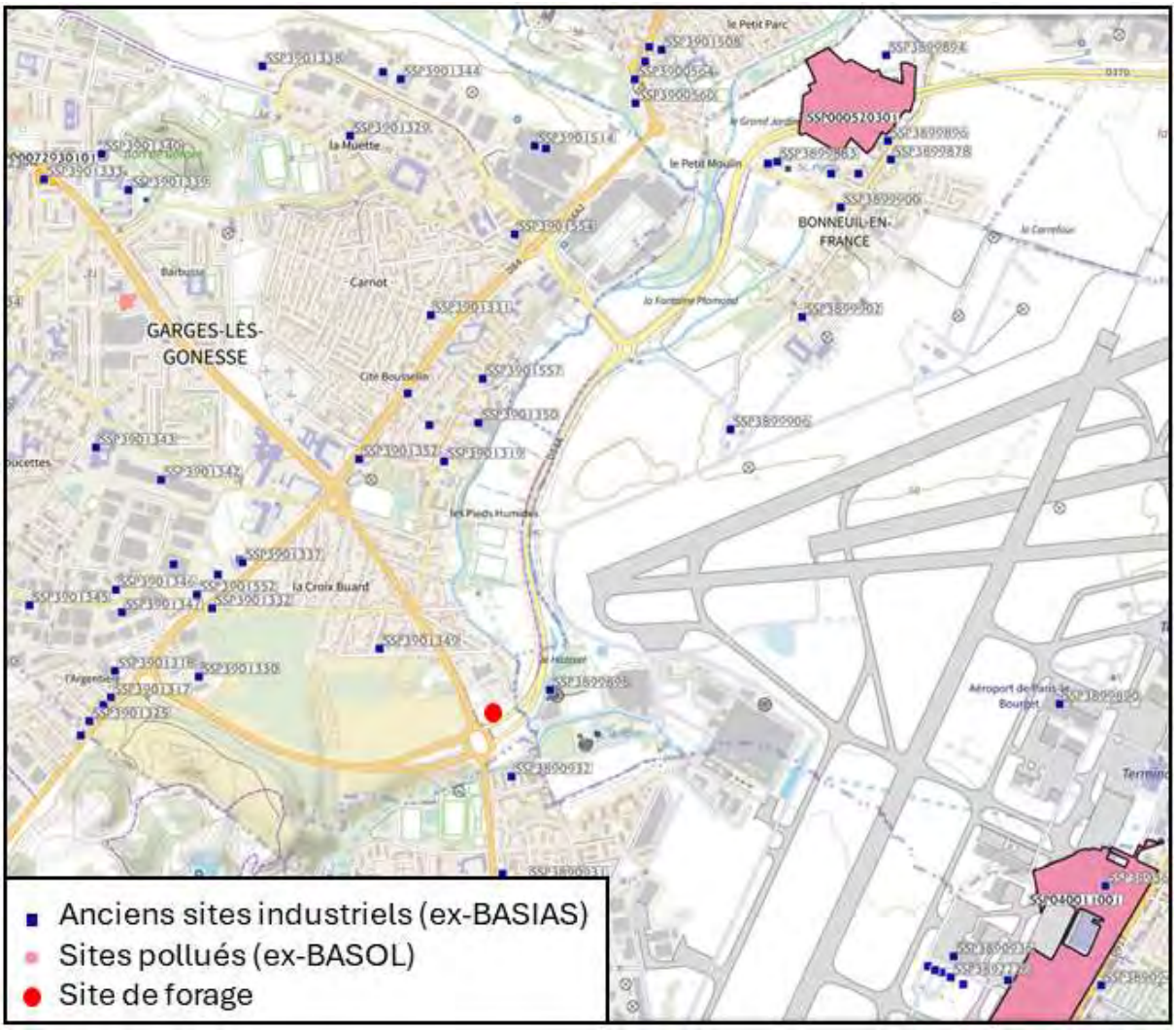


Figure 121 : Carte des anciens sites et sols pollués issus (source : CASIAS)

Tableau 40 : liste des sites pollués dans un rayon de 500 m (extrait de l'étude Kaliès)

Identifiant	Nom	Commune	Activité	Etat	Distance au site (en m)
IDF9501866	Aménagement Hydraulique des Vallées du Croult et du Petit Rosne, Syndicat Intercommunal pour l'	BONNEUIL-EN-FRANCE (95088)	Compression, réfrigération Collecte et traitement des eaux usées (station d'épuration)	Site en activité	Environ 200 m à l'Ouest du site
IDF9301875	OMNIUM (Sté)	DUGNY (93030)	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	Activité terminée	Environ 200 m au Sud du site
IDF9301873	BLANCHISSERIE de DUGNY (SA) ; LIONNET Edouard (M.)	DUGNY (93030)	Blanchisserie-teinturerie (gros, ou détail lorsque les pressings de quartier sont retenus par le Comité de pilotage de l'IHR) ; blanchissement et traitement des pailles, fibres textiles, chiffons Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	Ne sait pas	Environ 500 m au Sud du site
IDF9303425	GARAGE de l'AMITIE (SARL)	DUGNY (93030)	Entretien et réparation de véhicules automobiles (ou autres)	Ne sait pas	Environ 500 m au Sud du site
IDF9301874	MORVAN (M.)	DUGNY (93030)	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	Activité terminée	Environ 500 m au Sud du site
IDF9503422	Rénovation Automobile Mécanique (R.A.M.)	GARGES-LES-GONESSE (95268)	Garages, ateliers, mécanique et soudure Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, platiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)	Activité terminée	Environ 400 m au Nord-Ouest du site

Figure 122 carte des sites pollués à proximité du site de travaux (extrait de l'étude Kaliès)

Qualité du sol au droit du site

Le site de forage retenu se situera sur les parcelles cadastrées AW106 et AW126, d'une superficie totale de près de 6184 m². Ces parcelles sont classées Np sur le plan local d'urbanisme (PLU), approuvé en date du 26 Juin 2023. Il s'agit d'un secteur naturel destiné à accueillir une pompe à chaleur. D'après le diagnostic et état initial de l'environnement du PLU, la parcelle est un espace en herbe ou en jachère.

La Figure 123 montre l'évolution du paysage au droit du site de forage depuis 2003. Au début des années 2000, la parcelle AW106 était un champ cultivé. Au milieu des années 2000, la construction de la rocade D84A a conduit à la transformation de la parcelle AW106 en une friche, traversée dès le début des années 2010 par un sentier d'orientation est-ouest. Depuis le milieu des années 2010, la parcelle est boisée. Début 2024, la superficie totale des parcelles AW106 et AW126 a été déboisé pour construire la future centrale géothermique et pouvoir préparer la plateforme de forage. D'après l'historique de google map et les bases de données des sites pollués les parcelles AW106 etAW126 ont toujours été naturalisées et ne contiennent pas ou peu de polluants.

Figure 123 : Evolution paysagère au droit du site de forage (source : google map)

1.31.6. Risques technologiques

Sites SEVESO et ICPE

Le risque SEVESO se définit comme la potentialité de survenue d'un accident majeur se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement, malgré les mesures de prévention et de protection prises. Il peut se développer dans chaque établissement mettant en jeu des produits ou des procédés dangereux. Afin d'en limiter la survenue et les conséquences, les

établissements les plus dangereux sont soumis à une réglementation stricte et à des contrôles réguliers. Trois types d'effets sont susceptibles d'être générés par les installations industrielles :

- l'incendie par inflammation d'un produit au contact d'un autre, d'une flamme ou d'un point chaud, avec risque de brûlures et d'asphyxie,
- l'explosion par mélange entre certains produits, libération brutale de gaz avec risque de traumatismes directs ou par propagation de l'onde de choc,
- la dispersion dans l'air, l'eau ou le sol de produits dangereux avec toxicité par inhalation, ingestion ou contact.

Le site n'est pas concerné par un périmètre SEVESO.

Toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Les ICPE sont soumises à de nombreuses réglementations de prévention des risques environnementaux, notamment en termes d'autorisations. La législation des installations classées vise à réduire les dangers ou inconvénients que peuvent présenter les ICPE soit :

- Pour la commodité du voisinage
- Pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques
- Pour l'agriculture
- Pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages
- Pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique

Elle confère à l'Etat des pouvoirs :

- D'autorisation ou de refus d'autorisation de fonctionnement d'une installation
- De réglementation (ex : imposer le respect de certaines dispositions techniques)
- De contrôle
- De sanction

Son application relève de l'Inspection des installations classées, sous l'autorité des préfets. L'exploitation d'une installation, sans avoir effectué de déclaration ou d'enregistrement préalable, ou obtenu l'autorisation obligatoire, rend l'exploitant passible d'amendes administratives et/ou pénales. Les installations visées par la législation sur les ICPE sont énumérées dans une nomenclature qui les soumets à un régime de classement adapté à l'importance des risques ou des inconvénients qu'elles peuvent engendrer.

D'après la base de données Géorisques, il n'y a aucune installation ICPE sur les parcelles AW106 et AW126, retenues pour le site de forage et la construction de la centrale géothermique. Les deux sites les plus près se trouvent à environ 150 et 600 m, respectivement du site de forage. Il s'agit du syndicat intercommunal pour l'aménagement hydraulique (SIAH), implanté Rue de l'Eau et des Enfants sur la commune de Bonneuil-en-France (95500) et du SATYS implanté Rue Sébastien et Jacques Lorenzi sur la commune de Dugny (93440). Aucun de ces sites ne possède le statut Seveso.

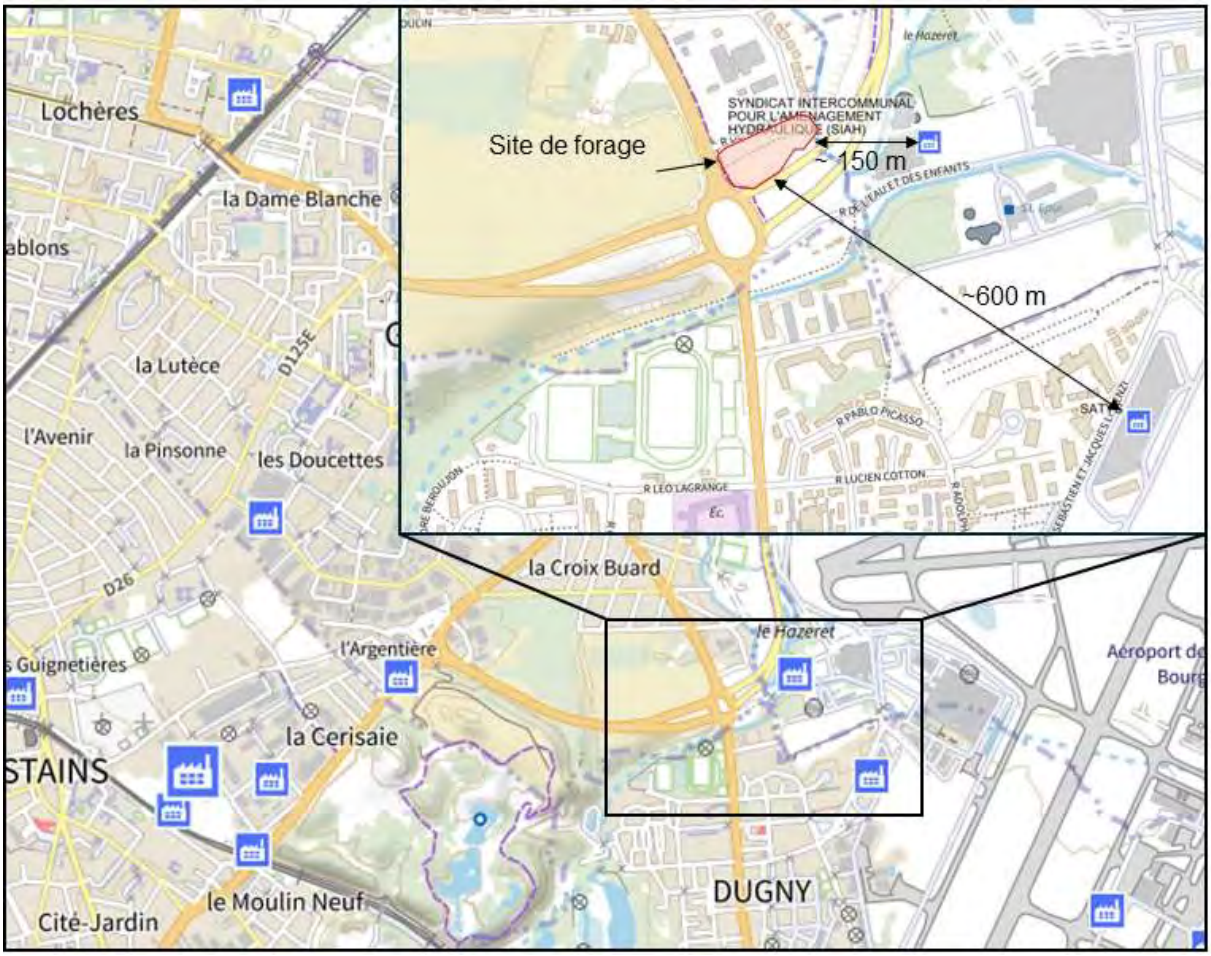


Figure 124 : Sites ICPE à proximité du site de forage (source : Géoriques).

Risque de transport de matières dangereuses

Le risque « transport de matières dangereuses » (TMD) est lié à un incident ou accident se produisant lors du transport de matières dangereuses, par voie routière, ferroviaire, aérienne, fluviale ou par canalisation. Ces marchandises dangereuses correspondent à des matières ou objets présentant des dangers d'explosion, d'incendie, de toxicité, de corrosivité, de rayonnement radioactif…

Outre les effets directs tels que cités ci-avant, le risque TMD peut conduire à des effets indirects, comme des fuites et épandages de produits toxiques, pouvant engendrer des pollutions des sols, des nappes, de l'eau, etc.

Hormis dans les cas très rares, les conséquences d'un accident impliquant des matières dangereuses sont généralement limitées dans l'espace, du fait des faibles quantités transportées :

- Les conséquences sur l'Homme : il s'agit des personnes physiques directement ou indirectement exposées aux conséquences de l'accident. Elles peuvent se trouver dans un lieu public, à leur domicile ou sur leur lieu de travail. Le risque pour ces personnes peut aller de la blessure légère au décès.

- Les conséquences économiques : les causes d'un accident de TMD peuvent mettre à mal l'outil économique d'une zone. Les entreprises voisines du lieu de l'accident, les routes, les voies de chemin de fer, etc. peuvent être détruites ou gravement endommagées, d'où des conséquences économiques désastreuses.
- Les conséquences environnementales : un accident de TMD peut provoquer une pollution importante et avoir des répercussions importantes sur les écosystèmes. On peut assister à une destruction partielle ou totale de la faune et de la flore. Les conséquences d'un accident peuvent également avoir un impact sanitaire (pollution des nappes phréatiques par exemple) et, par voie de conséquence, un effet sur l'homme.

Le transport par canalisation devrait en principe être le moyen le plus sûr, car les installations sont fixes et protégées. Il est utilisé pour les transports sur grande distance des hydrocarbures, des gaz combustibles et parfois des produits chimiques (canalisations privées). Toutefois, des défaillances se produisent parfois, rendant possibles des accidents, alors très meurtriers.

Une canalisation de transport de gaz passe à plusieurs dizaines de mètre de la parcelle.

1.31.7. Risques naturels

Les risques naturels prévisibles incluent :

- Les séismes
- Les inondations
- Les mouvements de terrain

Ces risques sont détaillés dans les sections ci-dessous.

Sismique

Située en contexte intra continental, la France métropolitaine est une région où la sismicité est faible à modérée avec environ un séisme de magnitude 6 par siècle. Les séismes français les plus destructeurs - environ 5-7 séismes documentés au cours du dernier millénaire - ne semblent pas dépasser une magnitude probable voisine de 6,5. Les failles qui sont la source de ces grands séismes historiques ne sont pas encore correctement identifiées en raison de la faiblesse de l'activité tectonique par rapport à l'érosion et à la sédimentation (source : http://www.georisques.gouv.fr).

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante (articles R.563-1 à R.563-8 du code de l'environnement, modifiés par le décret no 2010-1254 du 22 octobre 2010, et article D.563-8-1 du code de l'environnement, créé par le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010), montrées sur la Figure 125:

- Une zone de sismicité 1 (très faible) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ouvrages « à risque normal »,
- Quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux bâtiments et ponts « à risque normal ».

L'actualisation du zonage sismique réglementaire français en 2010 a été rendue nécessaire par l'évolution des connaissances scientifiques et la mise en place du code européen de construction parasismique, l'Eurocode 8 (EC8). Ce nouveau zonage sismique a été défini à la suite d'études scientifiques d'évaluation de l'aléa sismique, fondée sur une méthode probabiliste, avec une période de retour de référence de 475 ans, conformément aux normes EC8, et prenant en compte l'amélioration de la connaissance de la sismicité historique et des failles sismotectoniques actives, ainsi que de nouvelles données de sismicité instrumentale sur le territoire français (source : http://www.planseisme.fr/Zonage-sismique-de-la-France).

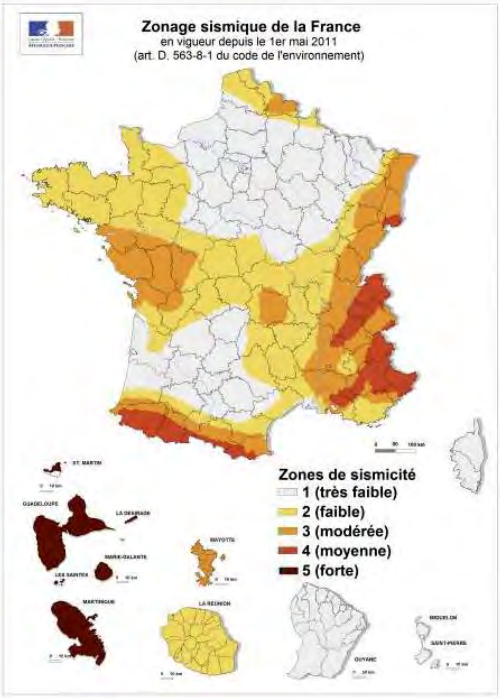


Figure 125 : Zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er mai 2011 (http://www.planseisme.fr/Zonage-sismique-de-la-France.)

La localisation du site de travaux n'impose donc pas de prescriptions particulières au regard des risques sismiques. L' Annexe 4 présente plus en détail ces éléments.

Inondations

Une inondation se traduit par une submersion plus ou moins rapide d'une zone par des hauteurs d'eau variables. Elle peut se traduire par :

- le débordement direct d'un cours d'eau,
- le débordement indirect par la remontée des eaux par la nappe phréatique, les réseaux d'assainissement,
- la stagnation des eaux pluviales lors de pluies particulièrement fortes,
- le ruissellement en secteur urbain dû à des orages intenses saturant la capacité des réseaux d'assainissement pluviaux.

L'ampleur de l'inondation est fonction :

- de l'intensité et de la durée des précipitations et de leur répartition spatiale,

- de la surface et de la pente du bassin versant,
- de la couverture végétale et de la capacité d'absorption du sol,
- de la présence d'obstacles à la circulation des eaux.

Débordement de la Seine

Garges-lès-Gonesse se situe à une distance minimale de 5 kilomètres de la Seine et n'est par conséquent pas concernée par les débordements de la Seine. Cependant la ville peut être affectée par les débordements de ces deux cours d'eaux principaux : la Croult et le Petit Rosne. Le site retenu pour l'implantation de la centrale géothermique se situe à proximité, mais pas directement sur une zone inondable du Croult (Figure 126).

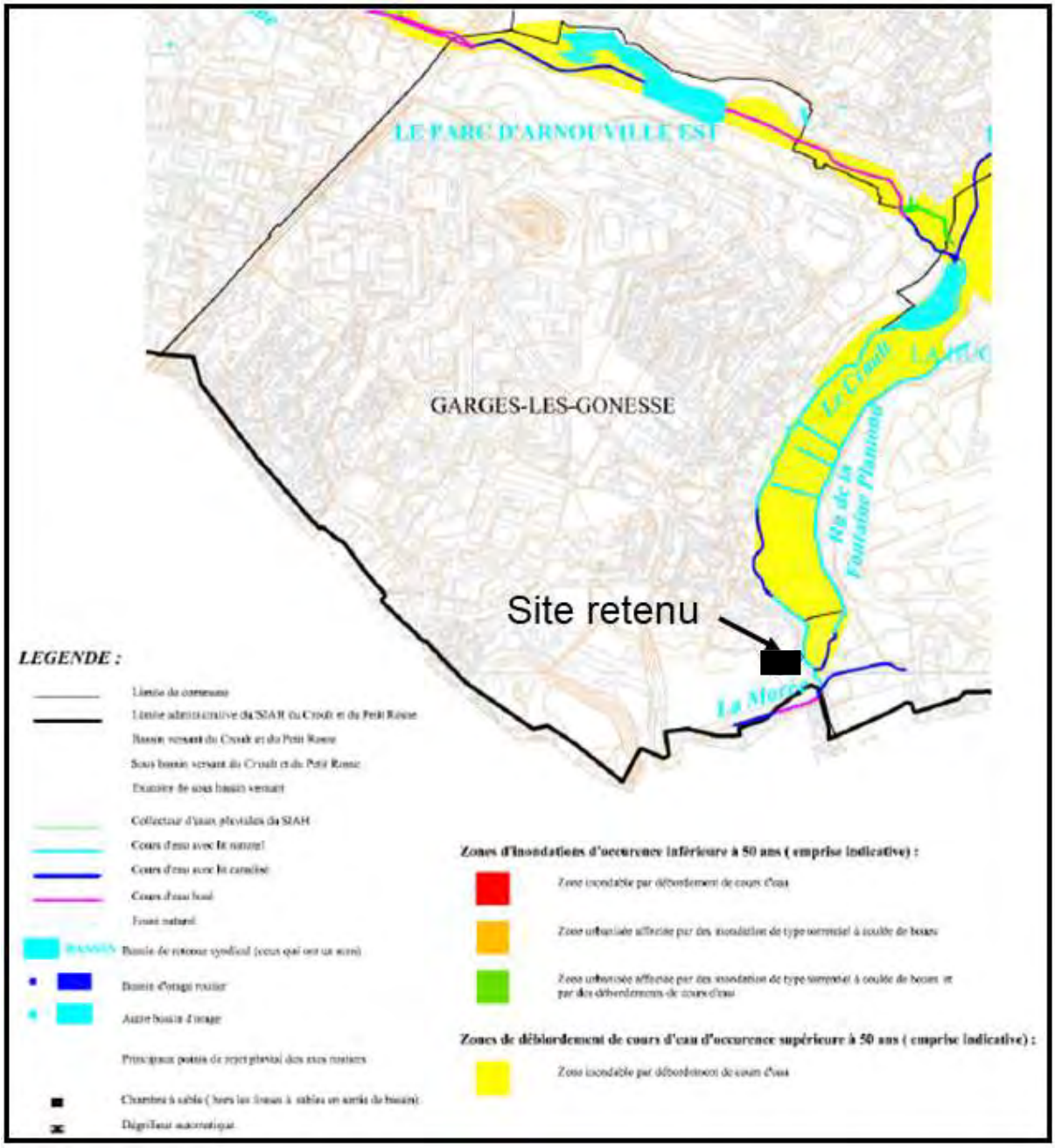


Figure 126 : Carte des zones inondables sur la commune de Garges-lès-Gonesse. Source : PLU de la ville.

Remontée de nappes phréatiques

Rappelons que les nappes phréatiques sont alimentées par la pluie, dont une partie s'infiltre dans le sol et rejoint la nappe.

Après avoir traversé les terrains contenant à la fois de l'eau et de l'air (qui constituent la zone non saturée), elle atteint la nappe où les vides de roche ne contiennent plus que de l'eau, et qui constitue la « zone saturée ». On dit que « la pluie recharge la nappe ».

C'est durant la période hivernale que la recharge survient, car les précipitations sont les plus importantes. A l'inverse, durant l'été, la recharge est plus faible ou nulle. Ainsi, on observe que le niveau des nappes s'élève rapidement en automne et en hiver, jusqu'au milieu du printemps. Il décroît ensuite en été, pour atteindre son minimum au début de l'automne.

Si, dans ce contexte, des éléments pluvieux exceptionnels surviennent, au niveau d'étiage inhabituellement élevé se superposent les conséquences d'une recharge exceptionnelle. Le niveau de la nappe peut alors atteindre la surface du sol. La zone non saturée est alors totalement envahie par l'eau, lors de la montée du niveau de la nappe, c'est : l'inondation par remontée de nappe.

Les dommages occasionnés par ce phénomène sont liés soit à l'inondation elle-même, soit à la décrue de la nappe qui la suit. Les dégâts le plus souvent causés par ces évènements sont les suivants :

- inondations de sous-sols, de garages semi-enterrés ou de caves,
- fissuration d'immeubles,
- remontées de cuves enterrées ou semi-enterrées et de piscines,
- dommages aux réseaux routiers et aux voies de chemins de fer,
- remontées de canalisations enterrées qui contiennent ordinairement une partie importante de vides : par exemple les canalisations d'égouts, d'eaux usées, de drainage,
- désordres aux ouvrages de génie civil, après l'inondation,
- pollutions.

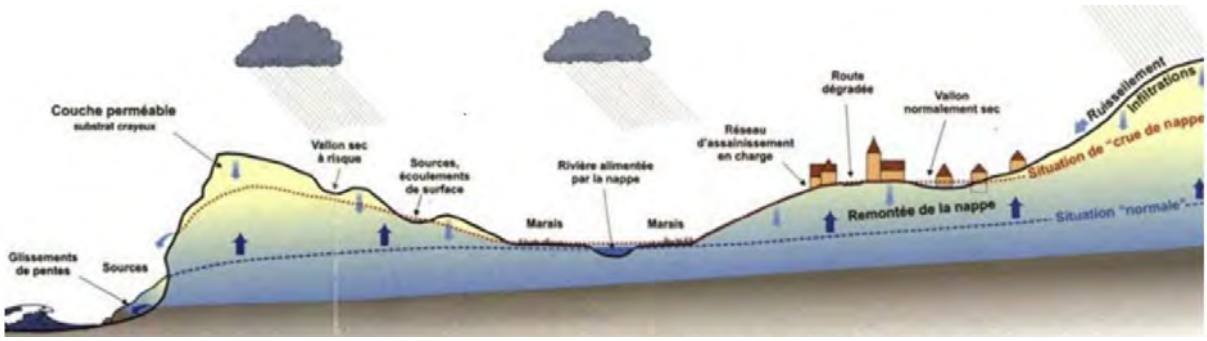


Figure 127 : Illustration du phénomène de remontée de nappe

La collectivité doit donc veiller à exposer le moins possible les constructions et les aménagements futurs à ces désordres. D'après le site d'information sur les remontées de nappes, débordements, ruissellements, inondations, crues, Garges-lès-Gonesse présente une sensibilité variable sur son territoire concernant l'aléa de remontée de nappe. Le site retenu se situe sur une parcelle ayant une sensibilité très élevée pour la remontée de la nappe, car celle-ci est affleurante.

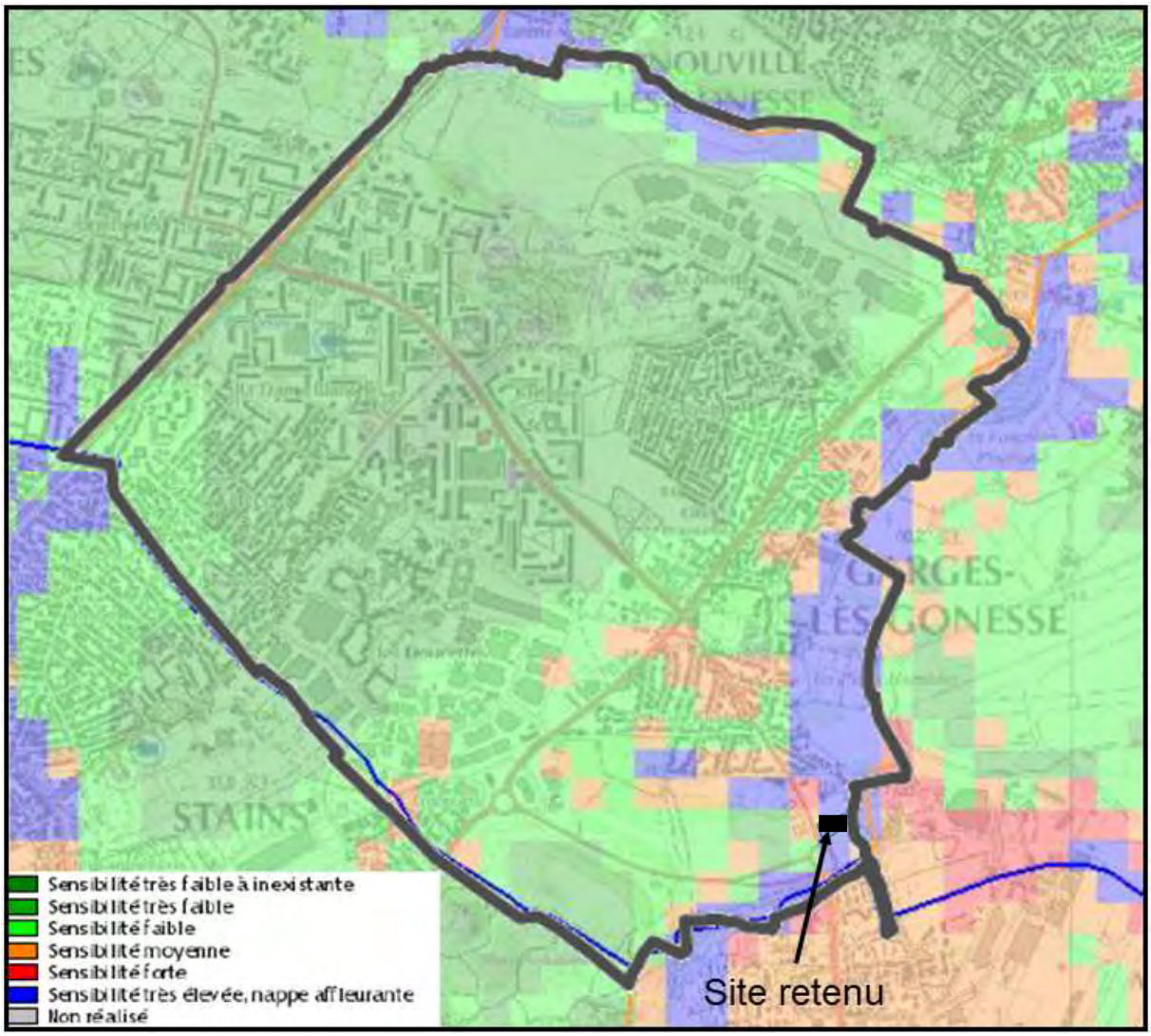


Figure 128 : Carte des risques de remontée de la nappe phréatique sur la commune de Garges-lès-Gonesse et environs.

Risque de mouvement de terrain

Carrières

L'évolution des cavités souterraines générées par l'exploitation des anciennes carrières (souterraines ou à ciel ouvert) peut entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire (Figure 129) :

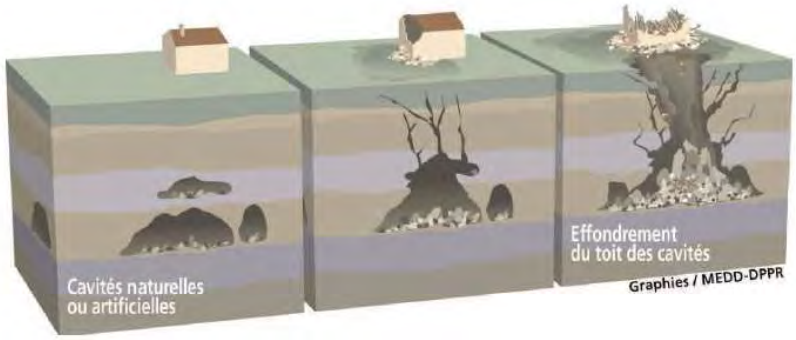


Figure 129 : Schéma d'un effondrement d'un toit de cavité souterraine. Source : BRGM.

Il n'y a pas de problème sensible de carrières en sous -sol sur la commune de Garges-lès-Gonesse.

Exposition au retrait gonflement des argiles

En application de l'article 68 de la loi ELAN du 23 novembre 2018, le décret du conseil d'Etat n°2019-495 du 22 mai 2019 a créé une section du Code de la construction et de l'habitation spécifiquement consacrée à la prévention des risques de mouvements de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols (Figure 130).

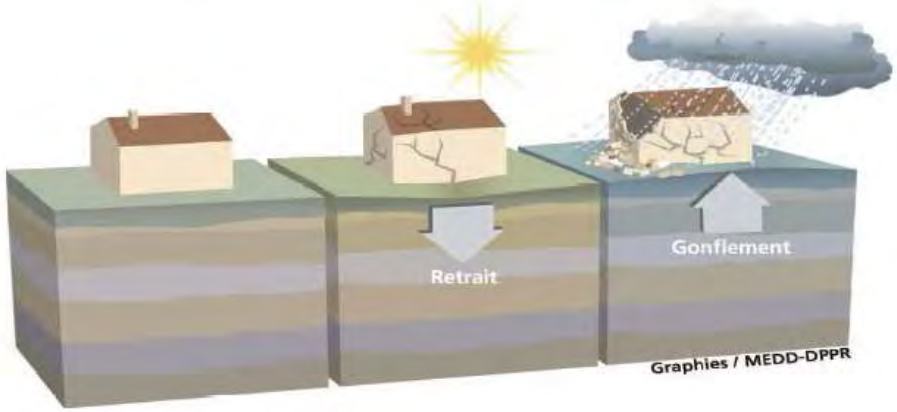


Figure 130 : Schéma du phénomène de retrait-gonflement des argiles souterraines. Source : BRGM.

L'objectif de cette mesure législative est de réduire le nombre de sinistres liés à ce phénomène en imposant la réalisation d'études de sol préalablement à la construction dans les zones exposées au retrait-gonflement d'argile.

La nouvelle carte d'exposition publiée sur Géorisques doit permettre d'identifier les zones exposées au phénomène de retrait gonflement des argiles où s'appliqueront les nouvelles dispositions réglementaires à partir du 1er janvier 2020 dans les zones d'exposition moyenne et forte. Cette carte est déjà disponible à l'adresse internet suivante :

https://www.georisques.gouv.fr/dossiers/argiles/carte#/com/92063

La nouvelle carte d'exposition requalifie l'exposition de certains territoires au phénomène de retrait gonflement argileux, elle remplace la carte de l'aléa *retrait gonflement* des sols *argileux*. Elle a été élaborée à partir :

- de la carte de susceptibilité mise au point par le BRGM à l'issue du programme de cartographie départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles conduit de 1997 à 2010 ;

et des données actualisées et homogénéisées de la sinistralité observée collectées par la Mission Risques Naturels (MRN).

Le site retenu se situe sur une zone exposée à un risque moyen (Figure 131).Une étude géotechnique préalable au travaux de construction.

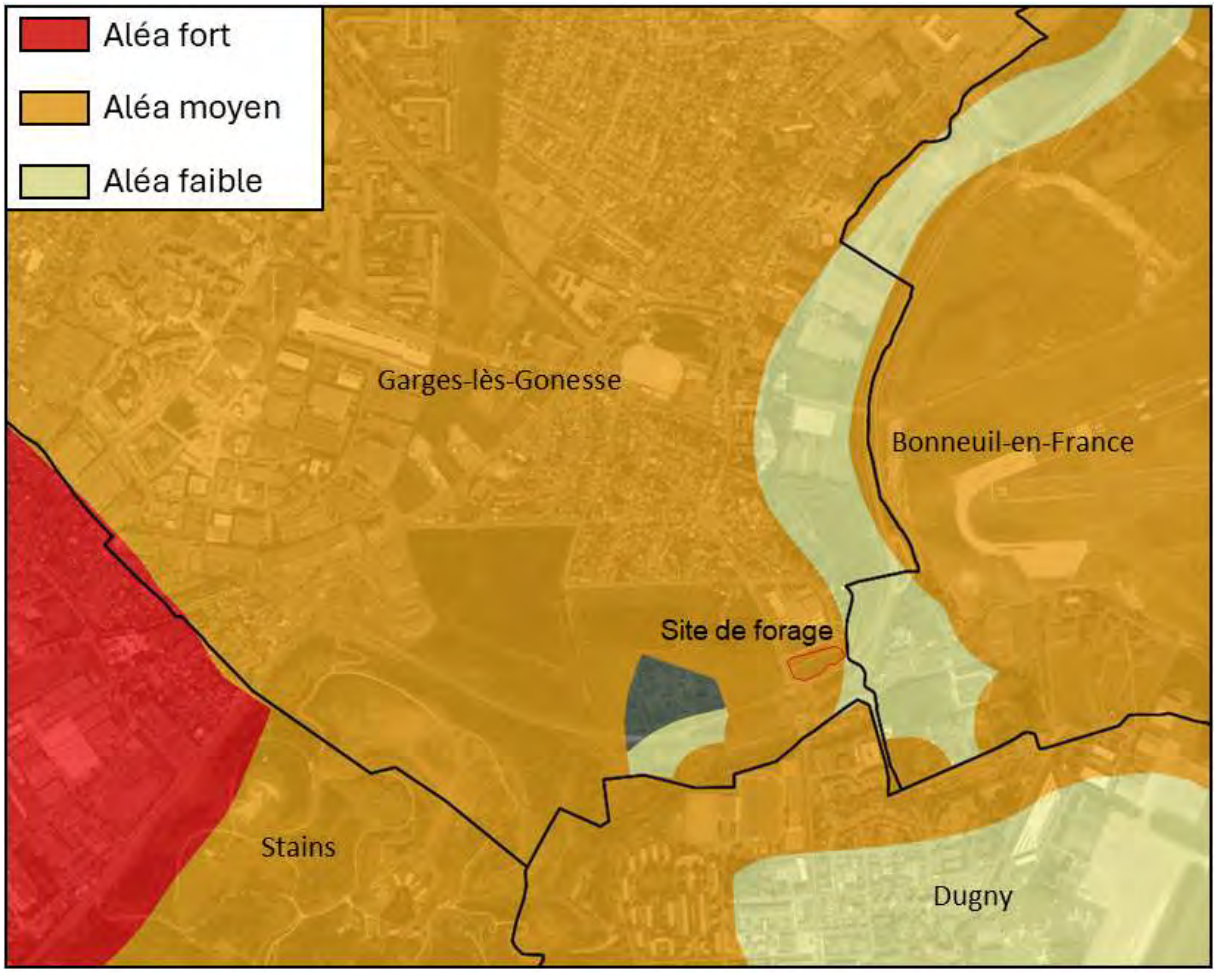


Figure 131 : Carte des aléas pour l'exposition au retrait des argiles sur la commune de Garges-lès-Gonesse

CORIANCE a mandaté l'entreprise Technosol pour une mission G2 PRO avant les travaux de construction de la centrale (Annexe 5).

1.31.8. Urbanisme et servitude

Plan local d'urbanisme

Le nouveau plan local d'urbanisme (PLU), adopté par décision du conseil municipal le 26 juin 2023 a modifié le zonage des parcelles retenues pour le site de forage. Initialement classée N, *zone*

naturelle, les parcelles sont maintenant classées Np, *secteur naturel destiné à accueillir une pompe à chaleur*. Ce zonage permet maintenant l'installation de la centrale et de la plateforme de forage sur l'entièreté de la surface des parcelles pour la réalisation du projet de géothermie qui constitue un urbanisme favorable à la santé et au bien-être de tous les Gargeois.

Servitudes

Le site des travaux est concerné par une servitude aérienne.

Cette servitude est liée à la proximité du site avec l'aéroport Paris-Le-Bourget. La notice des servitudes indique que ces servitudes aéronautiques comportent :

- L'interdiction de créer ou l'obligation de modifier, voire de supprimer des obstacles susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne ou nuisibles au fonctionnement des dispositifs de sécurité (lumineux, radioélectriques ou météorologiques) établis dans l'intérêt de la navigation aérienne.
- L'interdiction de réaliser sur les bâtiments et autres ouvrages frappés de servitudes aéronautiques des travaux de grosses réparations ou d'amélioration exemptés du permis de construire sans autorisation de l'autorité.
- Possibilité pour les agents de l'administration et pour les personnes auxquelles elle délègue des droits de pénétrer sur les propriétés privées pour y exécuter des études nécessaires à l'établissement des plans de dégagement, et ce dans les conditions prévues par l'article 1"' de la Ioi du29 décembre 1892 pour les travaux publics (art. D.242-1 du code de l'aviation civile).
- Possibilité pour l'administration d'implanter des signaux, bornes et repères nécessaires à titre provisoire ou permanent, pour la détermination des zones de servitudes (application de la Ioi du 6 juillet 1943 relative à l'exécution des travaux géodésiques et de la Ioi du 28 mars 1957 concernant la conservation des signaux, bornes et repères) (art. D. 242-1 du code de l'aviation civile.
- Obligation de modifier ou de supprimer les obstacles de nature à constituer un danger pour la circulation aérienne ou nuisibles au fonctionnement des dispositifs de la sécurité établis dans l'intérêt de la navigation aérienne ou de pourvoir à leur balisage. Ces travaux sont exécutés conformément aux termes d'une convention passée entre le propriétaire et le représentant.

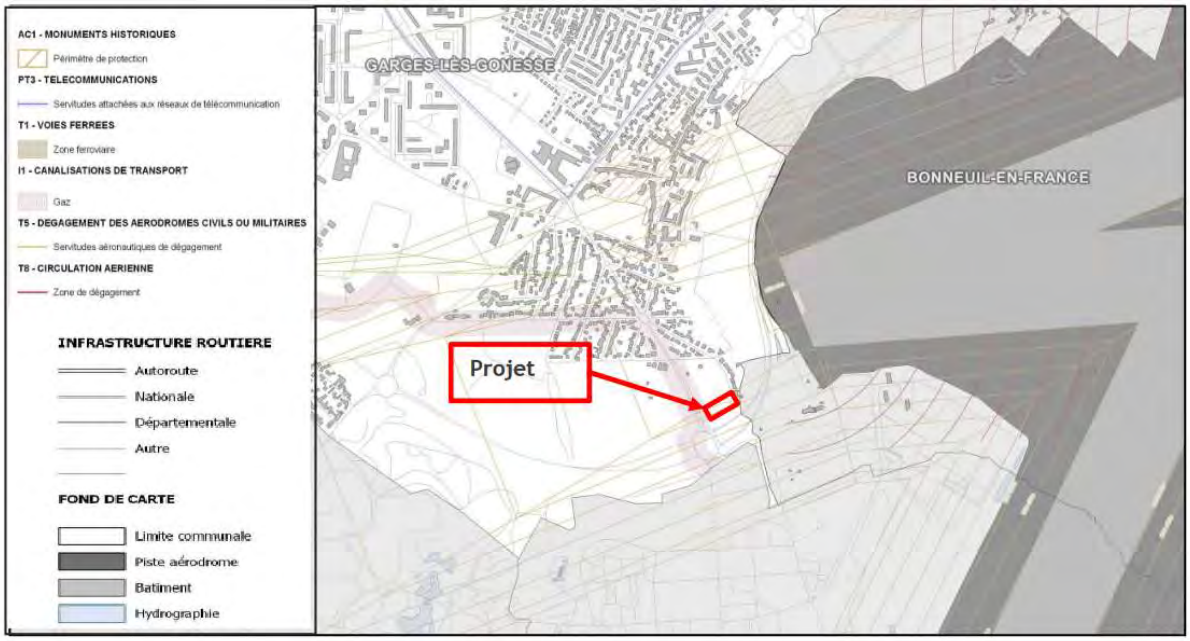


Figure 132 : servitudes d'urbanisme à proximité du site (extrait étude Kaliès)

1.32. Analyse des impacts

Il est utile de rappeler que l'étude d'impact a été conçue dès son origine, comme un outil permettant à la personne en charge d'un projet susceptible d'entraîner des conséquences sur l'environnement d'en étudier les effets possibles afin de les supprimer, les réduire ou les compenser. Néanmoins si l'article L.122-1 I du code de l'environnement dispose :

« Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine son précédés d'une étude d'impact » ;

Ni ce code ni d'autres textes législatifs ou règlementaires ne donnent de définition précise de l'étude d'impact.

Comme le précise la circulaire n°93-73 du 27 septembre 1993, l'étude d'impact a pour triple objectif d'aider le maître d'ouvrage à concevoir un meilleur projet pour l'environnement, d'éclairer le décideur sur la nature et le contenu de la décision à prendre, d'informer le public pour lui donner les moyens de jouer son rôle de citoyen averti et vigilant.

Les trois premiers paragraphes (voir sections 5.1 à 5.3) décrivaient le contexte du projet de géothermie ainsi que l'état initial du site d'implantation du projet et de son environnement. Le présent paragraphe a pour vocation de recenser les impacts des travaux projetés sur l'environnement afin d'évaluer les effets engendrés par le projet sur le milieu physique, naturel et humain, qu'ils soient positifs ou négatifs et de présenter les mesures envisagées pour éviter, supprimer ou réduire et si possible compenser les effets négatifs engendrés par le projet. Ces deux parties sont présentées ensemble afin de mieux apprécier leur causalité.

Les trois thèmes liés au projet de géothermie, à savoir la boucle géothermale, la centrale géothermique/chaufferie et le réseau de chaleur présentent chacun des spécificités qui leurs sont

propres. Ils sont régis par des codes différents et peuvent prétendre à des procédures distinctes. Les impacts liés à ces trois thèmes sont présentés séparément dans les sections 5.5, 5.6 et 5.7, respectivement.

Le recensement des impacts des travaux sur l'environnement doit permettre de définir la meilleure implantation et organisation, générant le moins d'impacts, en intégrant les observations effectuées lors de l'état initial, ainsi que les contraintes techniques, économiques et géologiques.

En application du décret du 25/02/1993 modifié relatif aux études d'impact, sont distingués ci-après :

- Les **effets directs par opposition aux effets indirects** : ces derniers s'entendent comme extérieurs au site de l'opération et dont l'importance et la nature sont moins faciles à appréhender ;

- **Les effets temporaires par opposition aux effets permanents** : ils correspondent respectivement aux impacts limités dans le temps (il s'agit notamment des impacts liés à la phase de travaux) opposés à ceux qui découleront de la réalisation du projet dans sa globalité (pendant l'exploitation).

Le Tableau 41 synthétise les enjeux environnementaux du projet de géothermie de Garges-lès-Gonesse et les moyens destinés à en limiter les effets.

Tableau 41 : Synthèse des enjeux environnementaux d'un projet de géothermie à Garges-Lès-Gonesse

ématique / description		Niveau d'enjeu	Moyens destinés à limiter les effets
Population et Santé humaine	Population : contexte très urbanisé mais travaux sur voiries publiques	Moyen	Dialogue et informations auprès de la population. Médiateur de site. Utilisation de machine électrique. Limitation des phases bruyantes la nuit. Protection/modélisation anti-bruit du chantier. Interdiction d'accès à la plateforme.
	Voisinage sensible		
	Contexte sonore (dégradé)		
	Captages d'eau potable (hors du fuseau d'étude)	Très faible	
Biodiversité	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique	Très faible	Identification des zones à enjeux éloignées du site. Limitation du nombre de rotation des véhicules. Impact sur les gaz à effet de serre très positif. Equipements enterrés et non visibles. Espace boisé et zone humide de classe 3 (PLU) affectés, projet de revégétalisassions en lien avec les services de la ville. **A noter que malgré une catégorisation en zone humide de classe 3 sur le PLU, le pré-diagnostic environnemental ne considère pas la parcelle comme une zone humide**.
	Sites Natura 2000 (proches mais en dehors du fuseau)	Faible	
	Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope	Très faible	
	Zone humide de Classe 3	Faible	
	Milieux naturels et flore Secteur boisé	Moyen	
	Avifaune Probabilité de présence d'oiseaux communs nidifiant dans les arbres. Absence de potentialités pour des espèces « à enjeux »	Faible	
	Mammifères Potentialités nulles zone urbaine	Négligeable	
	Reptiles et amphibiens Potentialités nulles zone urbaine		
	Entomofaune Potentialités nulles zone urbaine		
	Trames vertes et bleues Aucun élément des continuités écologiques régionales ou locales au droit du fuseau d'étude	Très faible	
Contexte physique	Géologie	Négligeable	

ématique / description		Niveau d'enjeu	Moyens destinés à limiter les effets
	Eaux superficielles	Négligeable	Plateforme étanche bétonnée, surfaces bâchées ou bétonnées pour le stockage de produits dangereux, bacs de décantation et de rétention ; maximisation de l'emploi de produits non polluants, système de réseaux de rejets différenciés et traitement des déchets ; sensibilisation des personnels. Maintenance régulière et contrôle périodique des ouvrages.
	Eaux souterraines Masse d'eau Albien néocomien Craie et Tertiaire du Mantois à l'Hurepoix	Faible	
Patrimoine culturel et archéologique	Monuments historiques Le projet ne se situe pas au sein d'un périmètre de protection de monument historique	Négligeable	Pas de co-visibilité avec le projet.
Patrimoine culturel et archéologique	Sites inscrits, sites classés : Sans enjeux	Négligeable	Stockage à l'intérieur de l'enceinte du site. Propreté des installations. Intégration paysagère de la centrale
	Patrimoine archéologique : Sans enjeux	Négligeable	
Paysage	Paysage	Très faible	
Biens matériels	Contexte agricole : Sans enjeux aux abords du site	Nul	-
Biens matériels	Contexte forestier : Sans enjeux aux abords immédiat du site	Très faible	Abattage d'arbre et travail de restitution engagée avec la collectivité
Biens matériels	Contexte économique Contexte bien développé dans les zones urbaines. Plusieurs secteurs d'activités artisanales, industrielles et tertiaires en périphérie du tracé.	Moyen	Impact favorable sur l'hôtellerie et la restauration du secteur. Sensibilisation au secteur d'activité de la géothermie auprès des acteurs économiques du territoire.
Biens matériels	Loisirs Pas d'infrastructures de loisirs à proximité du site d'étude	Très faible	Information à la population et médiation permanente.

Thématique / description		Niveau d'enjeu	Moyens destinés à limiter les effets
Biens matériels	Voies de communication et trafic Plusieurs axes routiers d'importance locale à régionale (A1). avec trafic important	Moyen	Signalisation et affichage conforme à la réglementation, utilisation des axes majeurs pour ne pas encombrer les petites voies de circulation. Protocole avec les services de la voirie de la ville.
Risques naturels et technologiques	Risque sismique Niveau 1/5 très faible	Très faible	Réalisation de sondages géotechniques de reconnaissance ; Construction réalisée selon les « bonnes pratiques » ; Bon dimensionnement des réseaux de la plateforme. Etude géotechnique préalable due au risque retrait-gonflement des argiles
Risques naturels et technologiques	Submersion : En dehors du zonage du PPRi de la Seine et du PPRN concernant les mouvements de terrains	Faible	
	Retrait-gonflement d'argiles Aléa moyen au Nord et Fort en partie Sud	Moyen	
Risques naturels et technologiques	Servitude aéronautique	Fort	Contact avec la DGAC et dossier dédié à l'impact temporaire des travaux sur les servitudes aériennes. Positionnement des têtes de puits là où les servitudes sont les moins contraignantes
	Proximité Usine de Traitement des eaux usées	Moyen	Intégration de la chaleur fatale de l'usine au projet
	Sites et sols pollués	Négligeable	Plateforme étanche.
	Qualité de l'air Globalement dégradée du fait du trafic routier, du chauffage et des activités industrielles. Dépassements réguliers de certains seuils.	Moyen	Utilisation d'appareil de forage électrique

1.33. Analyse des impacts liés aux travaux de forage et l'exploitation du doublet géothermique (boucle géothermale)

La boucle géothermale fait référence au doublet de géothermie (puits injecteur et producteur) et l'équipement associé (pompe d'exhaure, pompe d'injection, tube de traitement anti-corrosion, etc).

1.33.1. Impact sur le contexte socio-économique

Impact temporaire

La présence d'équipes de forage, de supervision et de travaux aura un impact positif sur le contexte économique local, en particulier pour l'hôtellerie et la restauration.

De plus la réalisation d'un forage géothermique est une occasion d'informer et de transmettre des connaissances sur les enjeux de la transition énergétique et le recours aux énergies renouvelables.

Pour favoriser la découverte des métiers liés à la géothermie et la connaissance de l'environnement du sous-sol et de ses richesses, une cabine de communication sera mise en place, avec des panneaux d'affichage, maquette et des visites seront organisées pour faire mieux connaître les enjeux du projet à la population rissoises.

Impact en cours d'exploitation

À l'heure où le besoin en chaleur représente près de la moitié de l'énergie consommée en Ile-de-France, et correspond à près d'un tiers des sources de pollutions atmosphériques, les réseaux de chaleur alimentés par de l'énergie géothermale sont un levier d'aménagement vertueux pour les territoires.

La réalisation d'un doublet géothermique aura un impact considérablement favorable pour l'environnement et permettra d'atteindre l'objectif d'ENR dans le mix énergétique.

L'exploitation de cette énergie géothermale aura un impact positif quant au prix de fourniture du MWh de chaleur et permettra ainsi de maintenir, dans le temps, une fourniture de chaleur plus compétitive.

Enfin, la valorisation du patrimoine public par la réalisation d'un ouvrage d'intérêt général sans frais pour la collectivité aura un impact positif pour les habitants.

1.33.2. Protection du patrimoine culturel, historique et archéologique

Le site de forage ne se situe pas dans un périmètre de protection au titre des abords de monuments historiques et est distant des immeubles classés ou inscrits, comme en témoigne la carte du patrimoine historique présentée en Figure 114. Il n'y a donc aucune servitude liée à la protection du patrimoine que cela soit en phase travaux ou en phase d'exploitation. Par ailleurs le site de forage est suffisamment éloigné du patrimoine historique de la ville pour avoir un impact en phase de travaux par l'émission de poussière ou d'éventuelles vibrations.

Aucune zone archéologique n'est présente dans le périmètre d'étude. Par conséquent le risque de découvrir des objets archéologiques lors du forage des puits est casi nul et aucune étude d'archéologie préventive n'a été entreprise.

1.33.3. Impact sur la circulation et les infrastructures

Pendant les travaux de forage en phase de construction et de maintenance (workover) en phase exploration, la circulation autour du site pourrait être perturbée avec les allers et venues des camions et engins de chantiers. Les chantiers étant éclairés de nuit, les émissions lumineuses pourraient modifier l'éclairage des voies publiques. Les impacts sur les infrastructures sont en général inexistants en phase exploitation et minimes à nulles en phase travaux. Les éventuels impacts sur les infrastructures concernent surtout les vibrations mécaniques.

Impact temporaire

Impact sur la circulation

Lors des travaux de forage, le chantier fera l'objet d'une signalisation et d'un affichage conformes à la réglementation et aux usages applicables en matière de circulation urbaine, d'éclairage et de balisage de chantiers de travaux publics et de forage/sondage. Une clôture provisoire sera installée en périphérie de l'emprise prévue pour la phase des travaux de forage.

Un contrôle des capacités de roulage de la voix d'accès sera effectué par l'entreprise de forage préalablement à l'amenée et au repli de l'appareil de forage. Des aménagements pourraient y être réalisés au moment des travaux de génie civil de la plate-forme.

En dehors des phases d'amenée et de repli des équipements de forage (qui s'effectueront par convoi exceptionnel), le nombre de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plate-forme de forage restera limité à l'approvisionnement de consommables (fioul, tubage, ciment…) et à l'évacuation des déchets. Ce trafic est très variable en fonction des phases et de l'avancement du chantier, on peut en moyenne compter au minimum une rotation quotidienne de deux véhicules. Un trafic de véhicules légers sera induit par les rotations de personnel de l'entreprise de forage et de supervision (une dizaine de rotations par jour).

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. Les grands axes routiers à proximité de la ville faciliteront la circulation fluide des véhicules.

De façon générale, les modalités d'accès au chantier, de circulation et de stationnement des véhicules et engins en phase d'amenée/repli de l'appareil de forage et sa dotation et durant les travaux fera l'objet d'une concertation avec les services de la voirie matérialisée par un protocole *ad hoc*. Des réunions seront organisées au fil du projet avec l'ensemble des acteurs (état, entreprises de travaux des projets situés à proximité, Ville, etc.) afin de permettre un phasage optimisé de l'ensemble des travaux.

Enfin, une information des modifications de circulation, des conditions de stationnement et de la durée du chantier devra être réalisée auprès de la population.

L'éclairage du chantier en période nocturne respectera la temporalité réglementaire décrit au paragraphe 5.3.2. L'éclairage sera allumé au plus tôt au coucher du soleil et sera éteint une heure

après la fin des activités de forage (ou au lever du soleil). Aucune prescription réglementaire concernant la couleur ou l'intensité de l'éclairage n'est définie pour les chantiers. Cependant l'éclairage sera orienté de façon optimale, afin de ne pas perturber le trafic routier sur les deux axes majeurs, jouxtant le site de forage, à savoir l'avenue Ambroise Croizat et la D84A. Le site de forage se situant à proximité de l'aéroport du Bourget, le mat de forage sera équipé d'un balisage aérien.

Impact sur les infrastructures

Les vibrations mécaniques induites par le forage sont limitées au proche puit et le plus souvent restreinte au site de forage. Elles peuvent être éventuellement ressenties en surface lors du forage des premières dizaines de mètres, mais seront de plus en plus faibles voire nulles au fur et à mesure de la progression du forage en profondeur. Les infrastructures les plus proches se situent à une cinquantaine de mètres du site de forage. A cette distance, les vitesses vibratoires se situent en dessous des seuils définis par l'Annexe I de l'arrêté du 26 novembre 2012 sur les vibrations mécaniques (voir paragraphe 5.3.2).

Le forage des puits pour ce projet ne devrait pas émettre de vibrations mécaniques. Aucune acquisition sismique de puits de type VSP avec camion vibrant n'est prévu. Les groupes électrogènes thermiques du rig de forage seront remplacés par une connexion directe au réseau électrique plus silencieux. Toutefois, il est possible de rencontrer en surface à moins de 250 mètres des couches de craie riches en silex, susceptibles d'induire des vibrations, notamment à proximité immédiate du puits, mais surtout de générer du bruit par propagation dans le mât de forage (tintement régulier des tiges et de la tête d'injection motorisée). Ces vibrations sont néfastes pour les outils et les équipements. C'est pourquoi les garnitures de forage comportent un absorbeur de chocs pour réduire ce phénomène et les paramètres de forage sont réduits en conséquence le plus possible. A noter que sur ce point l'étude, les forages voisins consultés dans la BSS (base de données du sous-sol du BRGM) ne signalent pas l'abondance particulière de silex dans les terrains forés sur les premiers 200-300 m.

Impact en cours d'exploitation

Impact sur la circulation

En cours d'exploitation les éventuels impacts sur la circulation seront liés aux phases de maintenance sur le doublet géothermique.

A l'issue des travaux de forage, la seule partie visible des installations des puits se limitera aux caillebotis sous lesquels seront enterrés les têtes de puits. Une dalle béton de 200 m² environ (10 x 20 m) recouvrira les têtes de puits et un enrobé bitumé sera réalisé autour de la dalle. L'enrobé et la dalle occuperont une superficie totale de 1000 m².

Sur la partielle initiale de 6184 m², 4000 m² sera conservée et clôturée autour des têtes de puits et de la centrale pour les opérations de maintenance des puits et la construction de la centrale géothermique. Le site sera sécurisé et interdit au public. Le reste de la superficie sera du terrain sera reboisée et paysagée.

Une dalle de béton de 200 m² facilitera les travaux courants. En cas d'installation d'un rig de réhabilitation / work over (opération ponctuelle), une surface allant jusqu'à 2500 m² pourra être utilisée.

La Figure 133 montre un plan synthétique de la future centrale, qui devrait occuper une superficie de 1000 m², et des têtes de puits avec la dalle de béton.

La circulation routière sera peu impactée durant les travaux de maintenance des puits. Les interventions lourdes de re-chemisage ou de curage sont relativement rares voire exceptionnelles (fréquence : tous les 20 ans en moyenne pour le re-chemisage, tous les 10 ou 15 ans si l'état du puits le justifie pour le curage ; durée : entre 4 et 6 semaines en moyenne) et occasionnent la circulation d'une vingtaine de poids lourds vers la parcelle. Les opérations les plus courantes nécessitent des approvisionnements de 1 ou 2 poids-lourds (inspection des tubages) voire 5 à 10 pour les interventions lourdes à caractères exceptionnelles (remontée de pompe et de tube de traitement inhibiteur) Quelques exemples d'opérations sont détaillés dans le Tableau 42.

Tableau 42 : Travaux et emprises prévisibles lors de l'exploitation du doublet géothermique.

Nature de l'opération	Durée (indicative)	Fréquence	Emprise au sol	Nombre et type de véhicules
Remontée de pompe et de TAI	15 jours	Tous les cinq ans	600 m²	Une grue 3 à 4 citernes de 20 m² 2 semi-remorques plate-forme
Curage	4 semaines	Tous les 10 à 15 ans si l'état du puits le justifie	900 m ²	Appareil de réhabilitation autoporté Rotation de poids lourds (citernes, semi-remorques, toupies…)
Inspection des tubages	Une journée type de diagraphie	Tous les 3 ans pour le puits injecteur et tous les 5 ans pour le puits producteur	300 m²	Un camion de mesure Une grue
Rechemisage et abandon	Variable	Exceptionnel	1 500 m²	Appareil de *workover* et sa dotation

Figure 133 : Emplacement schématique des têtes de puits du doublet, de la centrale et amènagement paysager de ses abords.

Impact sur les infrastructures

En phase d'exploitation, les vibrations mécaniques éventuelles pourraient être émises par les pompes de réinjection et de production. Afin de limiter voire neutraliser ces vibrations, toutes les pompes seront installées sur des massifs d'inertie. Par ailleurs, la pompe de réinjection, qui sera la plus grosse, sera équipée de manchons anti-vibratiles en amont et en aval.

Les vibrations mécaniques qui pourraient être éventuellement émises lors des travaux de maintenance ont des vitesses inférieures aux seuils des vitesses vibratoires définies par l'annexe I de l'arrêté du 26 novembre 2012.

1.33.4. Impact sur la sécurité des personnes

Impact temporaire

Le périmètre des travaux, l'accès aux piétons et aux véhicules légers seront réglementés et entièrement sécurisés. Concernant le personnel à l'œuvre sur le site, les accès et cheminements, piétonnier et automobile, seront balisés, éclairés et sécurisés. Un plan d'accès de jour et de nuit aux véhicules de sécurité (tels que pompiers, ambulances...) sera mis en place, et mis à jour régulièrement.

Le chantier sera balisé, clos (grillage ou bardage périphérique de 2 mètres de hauteur) et interdit au public par voie d'affichage (panneaux). Le concessionnaire se chargera d'informer et de faire respecter les consignes de sécurité au public, aux employés et aux entreprises extérieurs. Ces entreprises établiront un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S.) listant les dangers et les moyens de prévention Cf. Chapitre 6, relatif aux documents de sécurité et santé pour plus de détails concernant la sécurité sur le chantier.

Les vibrations mécaniques émises lors du forage sont limitées au proche puit (à proximité de l'outil de forage) et ont des vitesses inférieures aux seuils de recommandations décrites par l'article R4441-2 du code du travail. Aucune recommandation particulière n'est prescrite car l'impact des vibrations sur la santé des personnes travaillant sur le chantier est nul.

Impact en cours d'exploitation

La configuration du site interdira l'accès à la plateforme et à la centrale à toutes personnes non autorisées. Les têtes de puits seront implantées dans des caves maçonnées recouvertes par un caillebotis métallique. L'impact sur la sécurité des personnes est donc minime en phase d'exploitation.

Néanmoins, au regard des risques liés à la présence de H_2S dans les fluides géothermaux et en raison de la proximité avec la centrale, des capteurs H_2S seront positionnés dans la centrale et reliés à une alarme, du même type que les alarmes incendie.

Des dispositions ont été prises pour considérablement réduire les vibrations mécaniques qui pourraient être émises par les pompes de production et de réinjection. Ainsi les vitesses vibratoires seront très nettement inférieures aux seuils de recommandations décrites par l'article R4441-2 du code du travail et n'auront à priori aucun impact sur la santé des personnes travaillant à proximité de la boucle géothermale.

1.33.5. Impact sur le paysage, la faune et la flore

Impact temporaire

Les travaux seront effectués en zone péri-urbaine sur une parcelle n'appartenant pas à une ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) ni à une zone Natura 2000. La parcelle ne se trouve pas non plus en zone humide. Elle se trouve cependant au sein d'une continuité urbaine fragmentée, reliant une zone humide au nord au parc de la Courneuve/Georges Valbon (zone natura 2000 / ZNIEFF), permettant ainsi aux espèces volantes de se déplacer. Il s'agit d'avantage d'une zone de transit que de nidification pour ces espèces. La parcelle présente des enjeux écologiques à priori faibles (Habitats et flore, Mammifères terrestres, Amphibien, Reptiles, Insectes) à modérés (Avifaune nicheuse, chiroptères). Il n'y a donc pas de contraintes pour ce projet en termes de protection des espèces animales ;

L'une des principales contraintes du projet concerne cependant le planning des travaux. Le milieu naturel est plus sensible à certaines périodes de l'année, notamment pendant la période de reproduction (ou nidification) et de développement des espèces animales et végétales (mars à juillet). Le déroulement des travaux pendant ces phases occasionnerait des perturbations dans le cycle biologique des espèces pouvant se traduire par une diminution des effectifs des différentes populations. Ces perturbations sont surtout liées aux émissions de poussières et aux bruits générés par les travaux. Les travaux de forage auront lieu à partir de novembre 2024, hors période de reproduction et à une période ou l'activité biologique est minimale. L'impact sur les espèces animales sera donc minimisé.

L'habitat végétal et la flore seront impactés en phase travaux, car la parcelle a été déboisée pour construire la centrale et préparer la plateforme de forage. Cet impact sera compensé par le reboisement de la parcelle à l'issue des travaux de forage (Figure 133).

Impact en cours d'exploitation

Le projet s'insérant dans un contexte urbain, les impacts sur le milieu naturel sont très localisés. Etant donné l'éloignement géographique des espaces Natura2000, ZNIEFF et la présence actuelle d'infrastructures aucune mesure particulière de suppression, de réduction ou de compensation n'est à mettre en place. La plupart des impacts du projet sur le milieu naturel seront générés en phase travaux.

Le paysage ne sera pas impacté par la boucle géothermale dont les équipements seront enterrés. Les têtes de puits se situeront en sous-sol dans des caves maçonnées recouvertes par un caillebotis métallique (Figure 134). Seule la centrale a un impact visuel sur le paysage (Cf. Figure 135).

Un espace vert autour de la plateforme sera préservé et permettra aux différentes espèces de se déplacer, selon le principe de l'acupuncture urbaine. Cette espace permettra de conserver le rôle actuel de relai de la parcelle au sein de la continuité urbaine fragmentée.

La Figure 134 montre des exemples de plateformes de tête de puits pour différentes installations géothermiques en Ile-de-France et permet ainsi d'appréhender leur intégration dans le paysage.

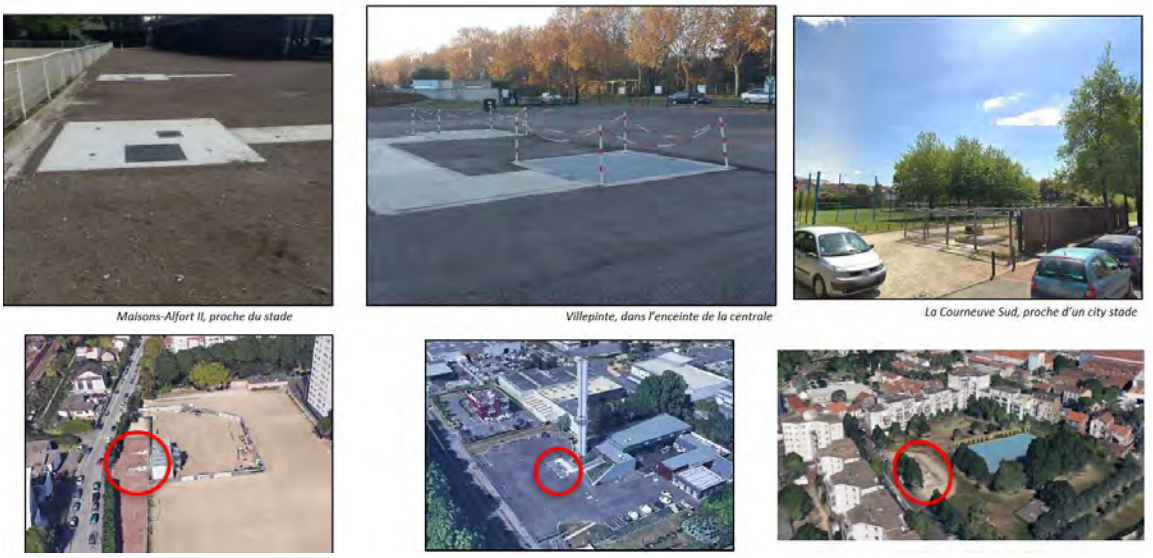


Figure 134 : Photographies de plateformes à proximité d'équipements publics

La Figure 135 est une proposition architecturale de la future centrale avec une plateforme aménagée autour des têtes de puits et un aménagement paysager autour du site permettant la nidification des espèces avifaunes.

Figure 135 : insertion paysagère du projet de géothermie à Garges

1.33.6. Impact sur le sol et les eaux de surface

Le risque d'une pollution du sol et/ou des eaux de surface pendant les travaux de forages pourrait provenir :

- D'infiltration par les eaux de ruissellement des produits utilisés sur site.
- De contamination entre les différents niveaux aquifères ou par les fluides de forage lors de la progression du forage.

Le risque en phase d'exploitation proviendrait surtout d'une contamination des aquifères superficiels d'eau potable par les fluides du Dogger due à une corrosion importante des ouvrages.

Une étude ADEME-BRGM réalisée en 1994 a permis d'évaluer la toxicité des eaux du Dogger et d'évaluer les conséquences d'une éventuelle pollution des eaux potables.

Il en ressort que lors d'une pollution d'eau potable par l'eau du Dogger, la première manifestation est gustative avec une forte augmentation de la teneur en NaCl, espèce qui n'est pas considérée comme toxique ou indésirable. Lorsque la proportion en eau géothermale augmente, la pollution provient des teneurs en sulfures et en hydrocarbures dissous puis des métaux toxiques. L'eau du Dogger est impropre à la consommation ainsi qu'au développement d'organismes aquatiques.

Les traitements anti-corrosion injectés dans les eaux du Dogger très faible quantité, ne présentent pas de danger direct pour la consommation humaine. Les fiches techniques et toxicologiques des produits utilisés indiquent un danger de pollution écologique du milieu aquatique pour de fortes concentrations. Ces produits, injectés à une concentration d'environ 2 à 5 mg/l, réagissent dans le milieu et leur action neutralise la majeure partie des effets nocifs.

Cependant, le caractère polluant des eaux géothermales du Dogger nécessite de rechercher quelles nappes et quels puits (captage d'eau potable, eaux géothermales, puits de contrôle …) seraient susceptibles d'être atteints, par une pollution causée par le percement du cuvelage (par corrosion) d'un puits géothermique. Ce point est développé dans le paragraphe 5.8 relatif à l'incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine-Normandie.

Impact temporaire

Afin de réduire au maximum les risques de pollution par infiltration des eaux de surface et/ou déversement des fluides divers utilisés lors des travaux de forage, plusieurs mesures complémentaires seront prises. Elles sont décrites ci-dessous en spécifiant la nature des déchets produits sur le chantier qui sont par nature susceptible de polluer les sols et les eaux de surface :

- **Aménagement d'une plateforme de forage**

Une dalle béton imperméable sera créée afin d'accueillir la machine de forage. L'aménagement de rigoles et canalisations au sein et à la périphérie de la plateforme éviteront tout risque de débordement de fluides sur le terrain (Figure 136). Une couche de grave ciment sera réalisée, sur certaines parties non recouvertes par la dalle béton pour pouvoir être détruite et engazonnée facilement. Le sol non protégé par ces éléments, sera recouvert par un géotextile étanche qui pourra être retiré à la fin des travaux.

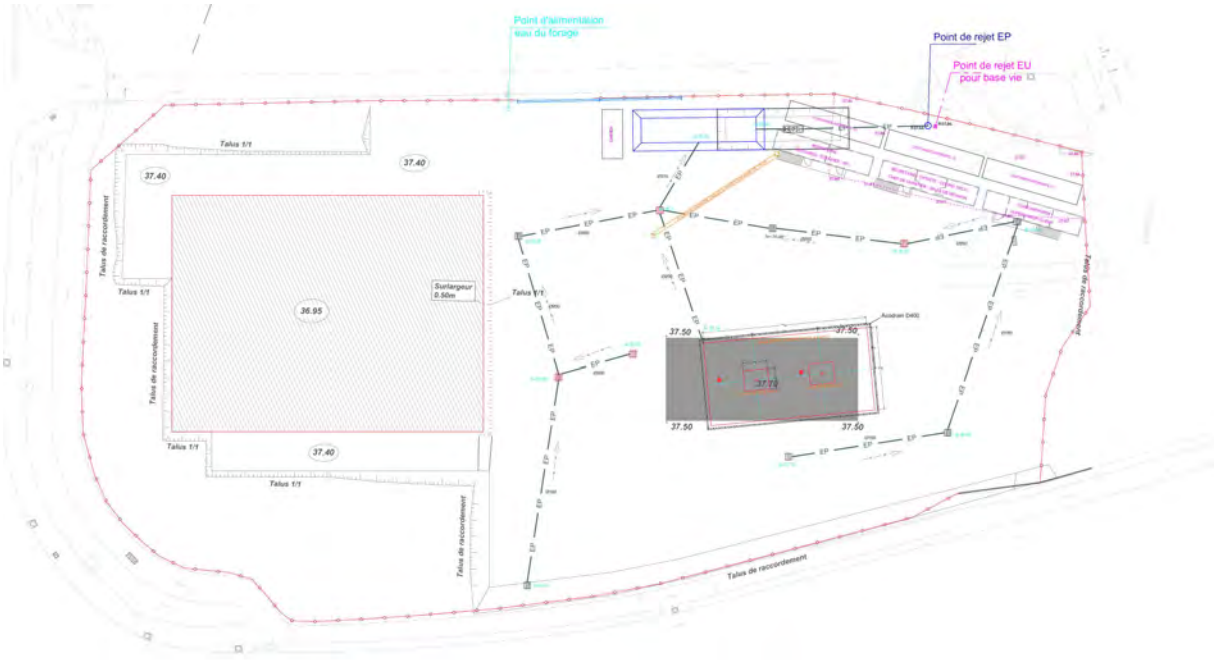


Figure 136 : plan du réseau des eaux pluviales et usées qui sera mis en place pendant les travaux de forage

- **Gestion des eaux de ruissellement**

Les produits, boues et hydrocarbures, susceptibles d'altérer la qualité des eaux superficielles, seront stockées dans des cuves, sécurisées par l'utilisation de bacs de rétention étanches correctement dimensionnées (Figure 137). Tous ces dispositifs de rétention seront vidangés régulièrement, la fréquence étant augmentée en période de fortes pluies. Cette prestation est à la charge de l'entreprise de forage.

Lors de la réalisation du forage, l'emprise du chantier sera ceinturée par un dispositif (drains, caniveaux, merlon ou fossé périphérique ceinturant la semelle en béton de la plateforme de forage) qui collectera les eaux de ruissellement. La totalité de ces eaux sera dirigée vers le bassin de décantation via un déshuileur / débourbeur qui assurera la séparation des produits solides et huileux qui auraient pu fuir des organes moteurs de l'appareil de forage. Le compartiment recueillant le surnageant huileux sera pompé à chaque fois que nécessaire et le contenu sera dirigé vers un centre de destruction.

L'eau de ruissellement séparée sera dirigée vers le réseau d'eau pluviale soit par déversement naturel (gravité) si le système de collecte des eaux de pluie le permet (voir section 5.5.11), soit par pompage à partir du déshuileur / débourbeur, sous réserve de l'accord du gestionnaire du réseau. Dans le cas contraire elle pourra être évacuée par citernage dans un site agrée.

En cas de contamination des eaux pluviales, celles-ci seront dirigées vers une ligne de traitement recueillant la phase liquide provenant de la déshydratation des boues puis évacuées en centre de retraitement spécialisé.

Cette ligne recueillant la phase liquide servira également à contenir tout déversement accidentel qui pourrait survenir hors des systèmes de rétention installés sous ou autour des produits liquides polluants.

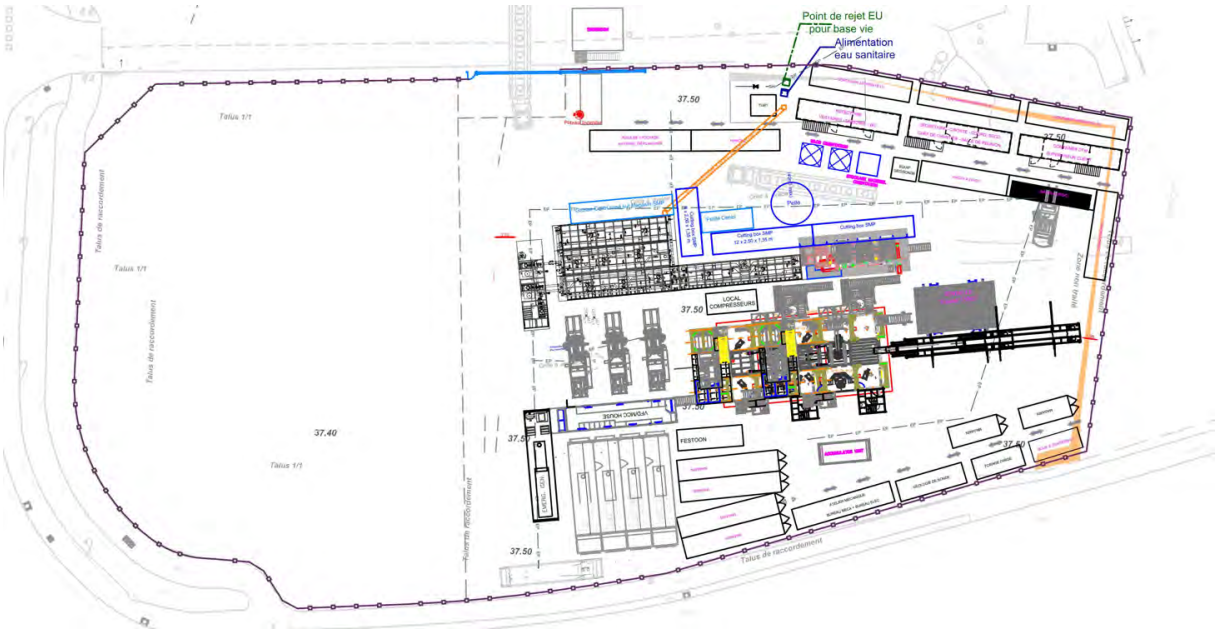


Figure 137 : Implentation du rig de forage et des différents équipements

- **Déchets ménagers**

Les abords des chantiers et les installations de chantier seront tenus parfaitement propres (absence de papiers, de détritus, de ferrailles, de bidons...). Les déchets seront collectés et transportés quotidiennement vers la déchetterie la plus proche. Cette prestation sera à la charge de l'entreprise de forage. Le volume concerné sera faible et un tri (papiers et cartons, verre et bouteilles plastiques) sera demandé à l'entreprise de forage.

Par ailleurs, aucun rejet d'eaux usées issues des sanitaires ne sera autorisé directement dans le milieu naturel. Les sanitaires seront reliés au réseau d'assainissement (voir section 5.5.11) ou à des dispositifs autonomes étanches dont la vidange sera réalisée autant que nécessaire en cours de chantier.

- **Combustibles et lubrifiants**

Les huiles, les hydrocarbures et tout autre produit toxiques seront stockés en citernes à double rétention et collectés sur aires de stockages réservées dans des cuves à double rétention puits évacues vers un centre de traitement agrée.

Des bacs de rétention (éventuellement des bacs gonflables) seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

Sur les installations de chantier, des dispositifs de protection seront mis en place pour les aires de stationnement et d'entretien des engins (bassin de vidange étanche, déshuileur, tissu absorbant les hydrocarbures...).

Pour tous les déchets toxiques ou dangereux, des certificats de destruction seront demandés aux prestataires en charge de leur élimination.

- **Boue de forage et déblais**

Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boue) qui serviront à la remontée des déblais solides, au refroidissement et à la lubrification des équipements en rotation, ainsi qu'à contrôler les éruptions du puits feront l'objet de mesures de précautions particulières afin d'éviter toute contamination avec le sol ou les eaux de surface.

La boue de forage sera composée d'eau du réseau d'eau de ville, d'argile naturelle inerte (bentonite) et d'additifs complémentaires (viscosifiants, bactéricides…). En phase de forage, les boues circuleront dans un circuit à fond étanche avec le sol, partiellement à l'air libre au niveau des vibrateurs et des bacs à boue.

Lorsqu'elles ne seront plus utilisées, les boues subiront sur site un traitement physico-chimique par centrifugation et coagulation. Les phases liquide et solide seront séparées :

- La phase solide (déblais) sera évacuée par camions et traitée dans un centre de traitement agréé ;
- La phase liquide sera progressivement évacuée après traitement dans le réseau d'assainissement (conformément aux termes de la convention de rejet) avec un suivi régulier des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Les boues, fabriquées essentiellement à partir d'argile naturelle et de bio polymères et utilisées pour le forage ne présentent pas de danger pour la santé humaine, dans le cas d'une éventuelle pollution.

- **Déblais et autres Déchets Industriels Banals (DIB)**

Les DIB, désignent l'ensemble des déchets non inertes et non dangereux générés par les entreprises, industriels, commerçants, artisans et prestataires de services ; ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre, textiles, bois, plastiques, etc.

Le chantier produira peu de déchets métalliques et de ferrailles. Ceux-ci seront constitués pour l'essentiel des tricônes usés, des élingues et câbles métalliques réformés, des protecteurs métalliques de tubage et des chutes (découpes) de tubage. Ces déchets seront transférés vers une entreprise récupérant les métaux.

Les déblais qui auront été contaminés accidentellement par des hydrocarbures seront évacués vers des décharges qui acceptent ce type de déchet.

- **Gestion des eaux géothermales**

Les essais par dégorgement artésien pré et post acidification mobiliseront une ligne de traitement assurant les fonctions de dégazage, filtration (# 50 µm) et refroidissement (# 30°C),

susceptible d'accommoder un débit minimum de 150 m^3/h, selon un mode opératoire largement éprouvé en *workover* géothermiques.

Les eaux ainsi traitées–dégazées, filtrées et refroidies seront soit :

- Préférentiellement rejetées au réseau d'assainissement, sous réserve d'accords avec le SIAH ;
- citernées et évacuées conformément aux dispositions du titre IV, livre V du Code de l'Environnement relatif à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, et des textes pris pour son application après dilution à l'eau claire dans le but de diminuer leur salinité,
- réinjectée dans le premier puits foré (uniquement lors des essais sur le deuxième puits foré).

Les prescriptions sont généralement les suivantes :

- être neutralisées à un pH compris entre 5,5 et 8,5 ; à titre exceptionnel, en cas de neutralisation alcaline, le pH pourra être compris entre 5,5 et 9,5 ;
- Être ramenées à une température inférieure ou au plus égale à 30° C ;
- Ne pas contenir de matières ou de substances susceptibles de :
  - porter atteinte à la santé du personnel qui travaille dans le système de collecte ou à la station d'épuration ;
  - endommager le réseau public d'assainissement, les équipements connexes et la station d'épuration ;
  - entraver le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées et le traitement des boues ;
  - être à l'origine de dommages sur la flore et/ou la faune aquatiques, d'effets nuisibles sur la santé ou d'une remise en cause d'usages existants (prélèvements pour l'adduction en eau potable,) à l'aval des points de déversement des collecteurs publics ; Empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité d'une manière acceptable pour l'environnement.
  - empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité d'une manière acceptable pour l'environnement.

La température et la teneur en sulfure d'hydrogène feront l'objet d'une attention particulière. Dans le cas où les services chargés de la police des eaux imposeraient des normes plus strictes que ce dernier, l'entrepreneur sera contraint de s'y soumettre.

- **Autres précautions pendant le forage**

Lors du forage des puits, la pression artésienne rencontrée dans le réservoir est constamment maitrisée par la densité de la boue et par le BOP (bloc obturateur de puits), équipement installé en tête de puits qui permet la fermeture hydraulique du puits en urgence et de maîtriser l'éruption naturelle du fluide. Les fluides sont ensuite dirigés vers des bacs de traitement (Figure 137).

La conception des puits géothermiques empêche le contact entre le fluide géothermal du Dogger et les couches géologiques traversées, jusqu'à la surface. Lors de la conception de l'ouvrage, les travaux s'effectuent par phases successives de forage, puis de pose de tubages cimentés par phases avec un double tubage au droit des aquifères d'eau potable, notamment ceux de l'Albien et du Néocomien.

Impact en cours d'exploitation

En phase d'exploitation, la circulation du fluide géothermal dans la boucle – puits de production – canalisations de surface – puits d'injection - n'a aucun impact sur les eaux de surfaces ou souterraines. La plateforme en surface autour de la centrale disposera d'un réseau de récupération des eaux pluviales, et l'eau de ruissellement sera dirigée vers le réseau d'eau pluviale.

Le risque principal pour les eaux de surface vient d'une possible fuite des eaux chaudes et sulfurées géothermales, dont les caractéristiques principales seraient proches du profil hydro chimique suivant (puits de Villiers-le-Bel) :

- Température : 67 °C dans le cas le plus favorable.
- pH : 6,4 à 6,5 ;
- Salinité totale : 30 g/l ;
- Ions principaux : Chlorures : 17 g/l, Sodium : 3 g/l ;
- Sulfures et Mercaptans : 1,5 à 4 mg/l,
- Fer total : 0.4 mg/l.

Lors de d'opérations d'entretien ou de maintenance d'un puits géothermique, l'eau géothermale produite par le puits est évacuée après refroidissement en dessous de 30°C et dilution vers le réseau d'assainissement (réseau EU) local. Avant démarrage des travaux une autorisation de rejet est demandée au gestionnaire du réseau. Cette demande précise le débit de rejet, sa température et la composition chimique de l'eau géothermale. Des discussions sont en cours avec le SIAH afin de permettre ce rejet.

Concernant la survenue d'une fuite du réseau géothermale, la mise en place de mesures préventives telles que le suivi règlementaire rigoureux de l'exploitation, la conception des ouvrages ou la mise en place de contrat anti-éruption, permettent de s'en prémunir.

Mis à part les caves étanches de 3 mètres de côtés environ pour les deux puits, le sol ne subit pas d'impact permanent.

En ce qui concerne les mesures de prévention applicables dans le cadre de l'exploitation, celles-ci sont détaillées par le délégataire du réseau en phase de travaux et d'exploitation dans un document unique nommé Plan de Prévention et de Secours (PPS). Ce PPS est constitué des Plans Particuliers de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) de chacune des entreprises intervenant sur le site et définissent notamment l'organisation des travaux, les règles de sécurité ou encore l'analyse et la prévention des risques. S'agissant du projet de géothermie le PPS est détaillé dans ce dossier au chapitre 6.

Les impacts sur la géologie et les aquifères profonds sont traités en détail dans le Chapitre 5.8 qui prend en compte la compatibilité avec les SDAGE du Bassin Seine-Normandie. La synthèse du respect de ces dispositions du Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Seine Normandie (SDAGE) est la suivante :

- Étude hydrogéologique préalable à la réalisation des travaux.
- Recensement des ouvrages de captage d'eau existants aux abords du site.
- Adaptation du programme de boue relatif à la phase de forage (la densité de la boue est contrôlée en permanence en cours de forage) pour éviter tout risque de pertes du fluide de forage au cours de la traversée de l'aquifère.
- Principe du fonctionnement en production et injection (doublet), les eaux étant restituées à leur réservoir d'origine.

- Conception des puits, avec double voire triple tubage cimentés au droit des aquifères sensibles.

1.33.7. Impacts visuels

Impact temporaire

Les impacts visuels lies à la réalisation des travaux de forage sont :

- La partie supérieure du mat de forage d'une hauteur de 30 à 50 m environ, selon l'appareil retenu (déploiement plus important lors de la mise en place).
- L'éclairage de nuit des installations et en particulier de la tête du mat.
- La formation de vapeur d'eau dégagée par l'eau géothermale, lors de certaines conditions météorologiques (température et taux d'humidité de l'air ambiant).

Impact en cours d'exploitation

Durant la phase d'activité des doublets, les impacts visuels seront limites à ceux associes au bâtiment de la centrale géothermique (en lien avec la chaufferie existante). Les têtes de puits émergeant dans des caves enterrées n'auront quasiment pas d'impact visuel.

1.33.8. Impacts sur les servitudes d'utilité publique

Impact temporaire

Les servitudes aériennes sont particulièrement contraignantes sur le site retenu (Figure 138). Il se situe à proximité de l'axe d'une des pistes d'atterrissage (trouée) de l'aéroport de Paris-Le Bourget.

Figure 138 : localisation de Garges par rapport aux pistes de l'aéroport du Bourget

Les servitudes aériennes varient entre 57 et 67 m NGF sur la parcelle retenue (Figure 139)

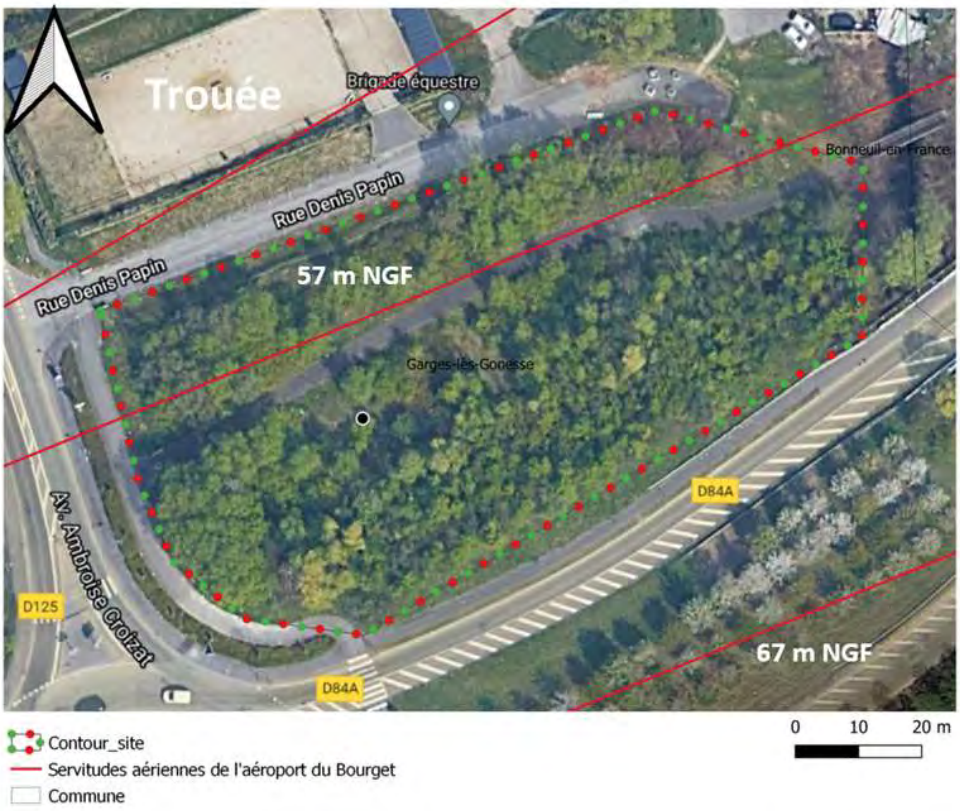


Figure 139 : localisation de la servitude aérienne sur la parcelle retenue

Les têtes de puits se situent à une altitude de 37.70 m NGF pour une servitude aérienne de 59.75 m juste à l'aplomb des têtes de puits, soit une hauteur disponible de 22.05 m (Figure 140).

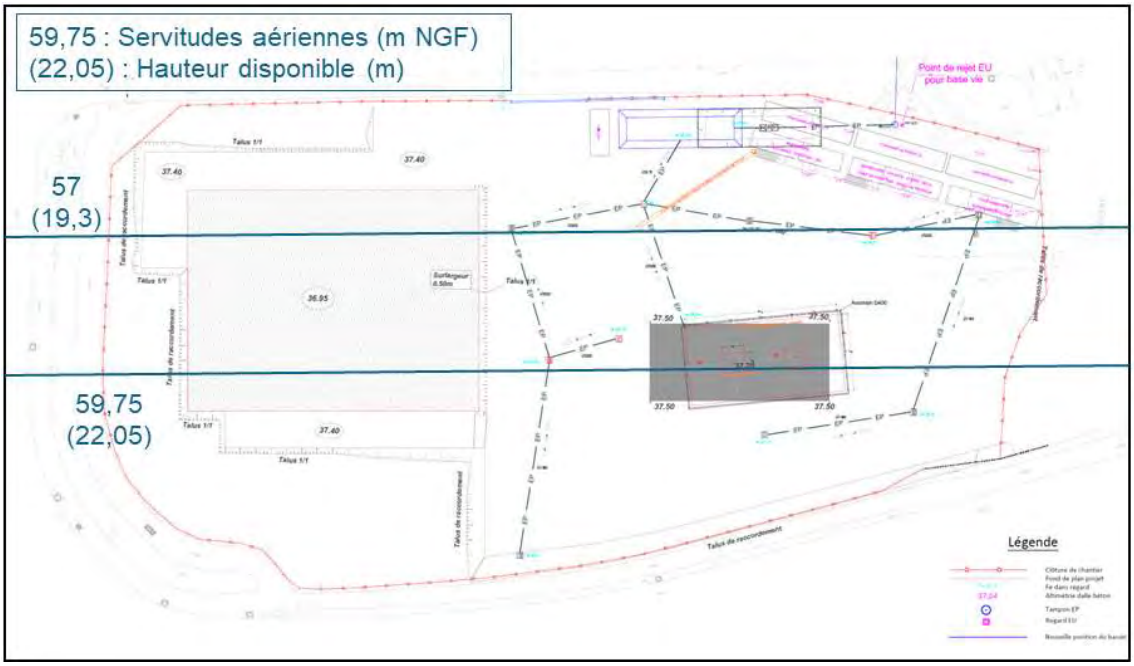


Figure 140 : servitude aériennes au droit des têtes de puits (droite) et de la centrale (gauche).

La plupart des appareils de forage (Tableau 43) ont des hauteurs supérieures à 30 mètres, impliquant que les servitudes aériennes seront percées d'au moins une dizaine de mètres en phase travaux. L'appareil de forage retenu pour les travaux est le SMP 106, avec une hauteur de mat de forage minimale de 42.2 m et maximale de 44.56 m.

Tableau 43 : tableau comparatif d'appareils de forage (rig) courants en adéquation avec le projet.

Nom du RIG	Hauteur maximale	Hauteur si diminution possible	Capacités statique	Contraintes	Adéquation avec le projet ?
Rig pour travaux de forage (marché français)					
SMP101	38,86 m	38,86 m	200 T	Faible capacité de levage (mais à réévaluer au regard de la déviation et des diamètres forages)	?
SMP104	44,2 m	**41,3 m**	250 T		X
SMP106	44,56 m	**42,2m**	350 T		X
Rig pour travaux de forage (en cours d'acquisition sur le marché français)					
HH220	29,9 m	29,9 m	200 T	Faible capacité de levage.	?

VDD370	31 m	**31 m**	370 T		X

Ainsi, avec une hauteur disponible de 22.05, on obtiendra des hauteurs de percement entre 20.15 et 22.51 m comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Emplacement des têtes de puits (et par extension du mât de forage)	Coordonnées X en Lambert 93 (+/-20m)	Coordonnées Y en Lambert 93 (+/-20m)	Côte du sol (en m NGF)	Côte de la servitude (en m NGF)	Hauteur disponible (m)	Hauteur de percement[mini(m) ; maxi (m)]
GGAR3	657225.5	6873520.5	37.7	59.75	22.05	[20.15-22.51]
GGAR4	657235.5	6873520.5	37.7	59.75	22.05	[20.15-22.51]

La réalisation des travaux de forage sera conditionnée par l'autorisation de la direction générale de l'aviation civile (DGAC). Un arrêté préfectoral est nécessaire pour les opérations de forages des pieux, des avants trous et le forage proprement dit.

Une étude d'impact préliminaire des travaux de construction et de forage au regard des servitudes aériennes a été transmise à la DGP (Annexe 6). Un accord de principe a été donné par la DGAC pour l'installation de deux grues mobiles et une machine de forage qui permettront de réaliser les travaux de forage. Les grues doivent cependant être équipées d'un balisage diurne et nocturne. Suite à la demande d'ADP, les opérations de forage auront lieux après la période des Jeux Olympiques. La DGAC a pris connaissance des nouvelles dates de forage et sera prévenue un mois avant le début des travaux, selon sa demande, pour s'organiser avec les différents interlocuteurs concernés.

L'appareil de forage peut constituer un obstacle aérien. Il est peint et balisé (éclairage de nuit) conformément aux prescriptions de l'aviation civile (Cf. Figure 141 : exemple du site de l'aéroport Paris Orly, foré en 2010).

En outre, les opérateurs du projet auront l'obligation de se conformer aux dispositions qui leur seront imposées par l'Administration civile aérienne après consultation de ce document.

Figure 141 : emplacement des forages au Dogger sur le site de l'aéroport d'Orly. Configuration similaire à celle du projet de Garges. Z (mNGF) du sol = 84 m, servitude aérienne à 129 mNGF, soit une disponibilité de 45m.

Impact en cours d'exploitation

La plupart des opérations de maintenance et d'entretien des puits et de la centrale nécessitent seulement la venue de véhicule légers n'impactant absolument pas l'environnement du site, *a fortiori* les servitudes aéronautiques.

Certaines opérations en revanche, prévisibles dans le cas de maintenance, ou accidentelle en cas de fuite, pourraient conduire à l'installation de machine de certaines hauteur (15 à 33,5 mètres), entraînant alors une communication auprès d'ADP et le cas échéant, des demandes d'autorisation de percement ponctuel. La réalisation des travaux de maintenance sera conditionnée par l'autorisation de la direction générale de l'aviation civile.

On considère que tous les 10 à 15 ans, les ouvrages géothermiques peuvent faire l'objet d'opération de nettoyage afin d'évacuer les dépôts de sulfure le long des tubages et maintenir la capacité de production des puits.

En outre, en cas de dégradation trop importante d'un puits (percement multiple du tubage par exemple) il arrive après 20 à 30 ans que des opérations de maintenance lourdes telles que le rechemisage des puits soient programmées.

Ces deux types d'opérations, même si elles ne sont pas systématiques ont de forte chance d'arriver au regard du retour d'expérience des quelques 50 ans d'exploitation des ouvrages géothermiques d'Île-de-France.

Dans ces deux cas, ainsi qu'au moment de l'abandon définitif des ouvrages, il convient de refaire venir un appareil assimilé à un rig de forage, appelé appareil de *workover*. En fonction de l'opération projetée (nettoyage, rechemisage, abandon) différentes machines de différentes hauteurs peuvent être retenues. Actuellement la machine courante la moins haute disponible s'élève à 18,3 m, la plus haute (et donc la plus sécurisante pour mener à bien l'ensemble des opérations et des aléas qui pourraient se présenter) émerge à 33,5 m (Cf. Tableau 24).

La durée de ces opérations est généralement de quelques semaines (entre 4 et 8). Elles sont programmées dans le temps et peuvent faire l'objet d'une demande d'autorisation ponctuelle préalable.

Tableau 44 : tableau comparatif d'appareils de *workover* courants en adéquation avec le projet.

Nom du RIG	Hauteur maximale	Hauteur si diminution possible	Capacités statique	Contraintes	Adéquation avec le projet ?
Rig pour travaux de réhabilitation/maintenance (tous les 10 à 15 ans)					
SMP2	18,3 m	18,3 m	80 T	Faible capacité. Dépend des opérations à effectuer. En cas d'échec, risque de devoir faire venir un second appareil de plus grande capacité.	?
SMP5	33,5 m	**33,5 m**	110 T	Rig de forage peu utilisé	X
SMP12	22,55 m	**21,3 m**	90 T	Capacité moyenne.	X

Figure 142 : appareil de workover en milieu urbain (Dammary-Les-Lys)

1.33.9. Impacts sur la qualité de l'air

Impact temporaire

En phase travaux la réalisation des forages pourraient potentiellement avoir un impact sur la qualité de l'air, en raison des émissions de poussières ou de la circulation des engins de chantier. En cas de temps très sec le chantier sera arrosé de façon à éviter que les poussières ne soient transportées. Pour la circulation des engins, les entreprises respecteront les préconisations notamment si des pics de pollution étaient observés durant la période de travaux.

Les travaux de forage peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air par le rejet des gaz d'échappement des moteurs thermiques. Le génie civil lié à la plateforme de forage, la préparation et montage du rig de forage, et sa désinstallation nécessitent un transport de matériel et de personne. S'ajoutent à cela, les rotations de personnel pendant les phases de forage proprement dites. **Au total une consommation de 40 000 L de diesel est estimée pour les travaux de forage, correspondant à un rejet d'environ 110 tonnes de CO_2.**

Cette estimation ne tient pas compte de l'utilisation de groupe électrogènes diesel pour le raccordement électrique de l'appareil de forage. En effet, un raccordement au réseau électrique est

prévu, limitant ainsi considérablement la consommation en diesel et donc les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Par ailleurs émissions liées au trafic sont susceptibles de contenir du dioxyde de carbone (CO2), des oxydes d'azote (NOx), du monoxyde de carbone (CO), des hydrocarbures imbrûlés (HC, NOX, HAP) et des poussières. La dispersion et la transformation de ces polluants dépendent de nombreux paramètres, météorologiques et chimiques. Ces émissions sont variables et deux paramètres sont essentiels : la performance des véhicules et la pratique des conducteurs.

A noter que les émissions liées au trafic générées en dehors du site dépendent du nombre de kilomètres parcouru par les camions et de la consommation de carburant associée. Ceux-ci respecteront les normes européennes qui fixes les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules routiers.

Les émissions liées au trafic routier seront difficilement quantifiables avec précision et ne respecteront aucune valeur limite d'émission (hors normes applicables aux constructeurs de véhicules, de façon indépendante de l'exploitant).

Néanmoins, il faut noter que toutes ces émissions peuvent être considérées négligeables au regard de l'économie réalisée par l'exploitation des puits de géothermie qui permettront de considérablement réduire les émissions de CO_2 par rapport à une solution de chauffage au gaz.

Impact en cours d'exploitation

Les impacts sur la qualité de l'air en cours d'exploitation sont limités, hors travaux de maintenance, à la consommation électrique de la centrale. Une consommation électrique de 3000 MWh est attendue sur l'année pour les vingt premières années d'exploitation pour la partie géothermie. Ceci correspond à l'émission de 300 tonnes de CO_2 par an. Il faut cependant relativiser ce chiffre puisque 1 KWh d'électricité permet de produire 20 kWh de chaleur.

Ces émissions sont cependant largement composées car les puits de géothermie permettent d'éviter la production de plusieurs milliers de tonnes de CO_2 chaque année. En effet, les réseaux de chaleur alimentés par la géothermie en Ile-de-France permettent de réduire les émissions d'environ 10 000 teq CO_2/an. La boucle géothermale a donc un impact très positif sur la qualité de l'air en comparaison d'une chaudière au gaz.

Les travaux de workover peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air lié au rejet de gaz à effet de serre des moteurs thermiques. Comme pour la phase de travaux, cela implique le déplacement de personnel et d'équipement, la mise en place d'une machine de forage et sa désinstallation. Par ailleurs si le rig de forage ne peut être branché au réseau électrique, il faudra prévoir l'utilisation de groupe électrogène diesel. En fonction des machines et des travaux réalisés, la consommation brute de diesel peut être extrêmement variable. Il est donc difficile de l'estimer avec précision.

L'estimation suivante permet d'appréhender l'impact des travaux de workover en termes d'émissions de CO_2 pendant une durée d'exploitation de 30 ans. On peut considérer que 4 workovers d'une période de 30 jours chacun seront réalisés. La consommation de diesel sur un chantier de workover pour le fonctionnement du rig, du manitou, des pompes, etc est estimé à 100 L par jour. On estime en parallèle à 12 m^3 par workover la consommation liée au transport de personnel et de matériel. Au total cela équivaut à 60 m^3 de diesel, équivalent à une émission de 160 tonnes eqCO_2/an.

Il faut toutefois noter que ces émissions sont mineures par rapport à la consommation d'une chaudière gaz qui sera nécessaire pour faire l'appoint de la géothermie pendant les travaux de workover. Les émissions d'un réseau de chaleur sont en moyenne de 160 gCO2/kWh contre 227 gCO2/kWh pour une chaudière gaz. Ainsi une émission supplémentaire de 67 gCO2/kWh au niveau de la centrale est attendue lors des travaux de maintenance.

Lorsque ceux-ci peuvent être programmés, notamment lors des changements de pompes, ils ont lieu en été. Dans ce cas le recours à une chaudière gaz pour l'appoint n'est pas nécessaire car les besoins de chaleur sont quasi nuls.

1.33.10. Nuisances sonores

Réglementation relative au bruit

La réglementation applicable aux travaux de forage s'appuie sur le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires).

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

L'indicateur de niveau de bruit retenu est le Laeq évalué sur une durée d'au moins trente minutes. Les mesures doivent se conformer à la norme NFS31-010 remise à jour en décembre 1996.

L'émergence est déterminée dans les zones à émergence réglementée, c'est-à-dire au niveau des zones constructibles définies par le PLU ou encore au niveau des habitations existantes (à l'intérieur des locaux).

Ce décret donne des valeurs maximales admises pour l'émergence (bruit de voisinage) dès que le niveau de bruit ambiant est supérieur à 30 dB(A) (Tableau 45). Pour les valeurs inférieures à 30 dB(A), l'émergence sonore ne sera pas recherchée.

Tableau 45 : Valeurs d'émergences maximales admissibles

Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible de 7h à 22h	Emergence admissible de 22h à 7h
Supérieur ou égale à 30 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)
Entre 35 et 45 dB	6 dB	4 dB

L'article R. 1334-33 précise que l'émergence sonore pourra être majorée selon la durée d'apparition du bruit de chantier. La majoration ne pourra cependant excéder 6 dB(A).

L'article R.1334-36 et l'article 2 du paragraphe 3 précise que si le bruit (…) a pour origine un chantier de travaux public ou privé (…) l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes (…) ;
- L'insuffisance des précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- Un comportement anormalement bruyant.

Est puni de la peine d'amende prévue pour les contraventions de 5ième classe : (…)

- Le fait (…) de ne pas respecter les conditions de leur réalisation (…) fixées par les autorités compétentes, de ne pas prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit (…).

Le matériel mis en œuvre pour le forage devra être conforme aux normes et en particulier :

- À la réglementation du bruit de matériels et engins de chantier (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie – Service de l'Environnement Industriel- février 1980) ;
- Aux consignes de sécurité d'un forage de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production en Pétrole et Gaz Naturel.

- **Population concernée**

La population concernée comprend :

- le personnel travaillant sur le chantier de forage, exposé en permanence au bruit disposera de moyens de protections spécifiques : casques antibruit, bouchons d'oreilles notamment.
- les visiteurs occasionnels ainsi que les piétons.
- les personnes travaillant à proximité.
- les riverains situés aux abords du chantier.
- les joueurs fréquentant les stades de football au sud du site ainsi que les spectateurs présents en tribune.

- **Réglementation relative au personnel**

L'article 3 du Titre : bruit BR-1-R du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) indique que l'exposition au bruit doit demeurer à un niveau compatible avec la santé des personnes, notamment avec la protection de l'ouïe.

Les niveaux sonores à partir desquels des dispositions particulières doivent être prises sont respectivement de :

- 85 dB(A) pour le niveau d'exposition sonore quotidienne ;
- 135 dB(A) pour le niveau de pression acoustique de crête.

L'article 8 de ce même titre indique que lorsque l'exposition sonore quotidienne dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB(A), le personnel doit être informé, avec le concours du médecin du travail. Cette information est donnée soit au moyen d'une notice distribuée périodiquement, soit à l'occasion de séances d'information organisées à cette fin, portant sur :

- Les risques résultants, pour l'ouïe, de l'exposition au bruit ;
- Les moyens pouvant être mis en œuvre pour lutter contre le bruit et contre ses effets ;
- Le rôle de la surveillance médicale de la fonction auditive.

L'article 12 indique que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par une personne dépasse le niveau de 85 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau de 135 dB(A), des protecteurs individuels doivent être mis à sa disposition.

Cet article précise également que lorsque l'exposition sonore quotidienne subie par la personne dépasse le niveau de 90 dB(A) ou lorsque la pression acoustique de crête dépasse le niveau

de 140 dB(A), l'exploitant prend toutes les dispositions pour que les protecteurs individuels soient utilisés.

Impact temporaire

Les travaux de forage seront également réalisés 7j/7 et 24h/24. En phase travaux, la source majorante de bruit sera l'opération de forage. Au moment de l'étude acoustique réalisée par Kalies, les données relatives aux forages n'avaient pas été transmises car le contracteur de forage n'avait pas encore été choisi. La modélisation a donc été réalisée sur la base d'un retour d'experience de Kalies en prenant la configuration la plus pénalisante. Ainsi les deux forages en phase travaux ont été modalisés par deux sources ponctuelles au niveau du sol, soit 0 m de profondeur, avec un niveau de puissance égal à Lw = 79 dB(A).

La modélisation acoustique montre que, sous réserve du respect des hypothèses présentées ci-dessus , en période de jour et en période de nuit, **les niveaux sonores en limite de propriété resteront inférieurs aux niveaux limites** de l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997 dans la **situation majorante** qui consiste à considérer de manière simultanée la chaufferie en exploitation, un véhicule sur chacune des deux voies de circulation et les travaux de forage en cours (niveau sonore au niveau du sol, émission maximale).

Etant donnée, les hypothèses pénalisantes prises pour la modélisation, on peut s'attendre à ce qu'il n'y ait pas de dépassement des limites. Cependant, dans cette éventualité, plusieurs mesures peuvent être envisagées pour atténuer le bruit :

- L'installation de silencieux sur les entrées d'air du bâtiment ;
- La mise en place d'un bardage spécial (côté voile intérieur du bâtiment) au niveau des
  locaux les plus bruyants.
- L'utilisation de certains véhicules électriques pour circuler sur le site.

Impact en cours d'exploitation

Au cours de l'exploitation, au droit des puits, les bruits seront issus de la circulation des fluides dans les canalisations. Au droit du puits de production, s'ajoutera le bruit provenant de la rotation du groupe de pompage immergé. La position en sous-sol et la fermeture des caves par une dalle conduira à une atténuation de l'émergence de ces bruits.

Dans le cas d'interventions lourdes de réhabilitation des ouvrages en zone urbaine, les opérations ont lieu de 6 h à 22 h (2 postes de 8 h) et sont, dans la mesure du possible, programmées en périodes de congés estivales.

Les bruits générés par les travaux de maintenance sur les puits seront ceux des compresseurs, des moteurs thermiques, des camions et les bruits de chocs entre les outils métalliques utilisés par les intervenants. L'ensemble de ces engins sera conforme à la réglementation en vigueur sur les émissions sonores.

1.33.11. Impact sur les réseaux existants

Impact temporaire

La sollicitation des réseaux d'alimentation en eau potable sera sujette à autorisation du concessionnaire. Les besoins en eau pour le forage sont très variables, mais on peut considérer une estimation grossière de 5 000 m^3 (fabrication de boue, cimentation et essais). Le raccordement électrique de l'appareil de forage à un poste HT pourrait être mise en œuvre, si cela ne s'avère pas possible, des groupes électrogènes diesel seront utilisés. Les autres réseaux ne seront pas impactés par les travaux de forage.

Impact en cours d'exploitation

Les opérations étant circonscrites à l'intérieur du périmètre de la future centrale géothermique et des têtes de puits, grâce à l'installation de conduites d'eau géothermale reliant les têtes de puits à la centrale géothermique, elles n'impactent pas les réseaux existants.

Très ponctuellement lors des opérations lourdes de maintenance, il peut être réalisé une demande de rejet aux égouts le temps des essais. Ces demandes provisoires sont réalisées au cas par cas et ne sont pas systématiques, il convient néanmoins de les mentionner.

1.33.12. Déchet et propreté du site

Les déchets ou effluents produits par les chantiers de forage sont les suivants :

- Résidus de boue de forage ;
- Déchets Industriels Banals (D.I.B.) notamment les déblais de forage (*cuttings*) et déchets métalliques ;
- Eaux géothermales et eaux de ruissellement ;
- Les déchets ménagers et assimilés ;
- Les déchets spéciaux (hydrocarbures…).

Les zones de stockage des matériaux, placées à l'intérieur de l'enceinte du site, seront propres et nettoyées de tout emballage.

Les déchets générés seront occasionnels et dans des quantités très faibles.

Ils seront triés puis stockés dans des conditions permettant de prévenir tout risque de pollution dans l'attente de leur enlèvement par un (des) prestataire(s) extérieur(s) agréé(s) pour la collecte et l'élimination.

Les déchets représentant un risque de pollution des sols et des eaux de surfaces, les impacts et précautions décrites ci-dessous sont les même que ceux décrits dans la section 5.5.6.

Impact temporaire

- **Risques**

Le risque d'atteinte à la santé des travailleurs provient de l'ingestion, du contact ou de l'inhalation de produits pétroliers (carburants et lubrifiants) ou chimiques susceptibles d'être présents dans les boues ou les déblais.

Dans le contexte décrit, le risque d'atteinte à la santé des travailleurs par les déchets des chantiers apparaît très peu probable. Il s'agit néanmoins de préserver la salubrité du site durant la période des travaux.

Il est à noter que les boues, fabriquées essentiellement à partir d'argile naturelle et de bio polymères ne présentent pas de danger pour la santé humaine.

- **Boue de forage et déblais**

Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boue) qui serviront à la remontée des déblais solides, au refroidissement et à la lubrification des équipements en rotation, ainsi qu'à contrôler les éruptions du puits feront l'objet de mesures de précautions particulières.

La boue de forage sera composée d'eau du réseau d'eau de ville, d'argile naturelle inerte (bentonite) et d'additifs complémentaires (viscosifiants, bactéricides…). En phase de forage, les boues circuleront dans un circuit à fond étanche avec le sol, partiellement à l'air libre au niveau des vibrateurs et des bacs à boue.

Lorsqu'elles ne seront plus utilisées, les boues subiront sur site un traitement physico-chimique par centrifugation et coagulation. Les phases liquide et solide seront séparées :

- La phase solide (déblais) sera évacuée par camions et traitée dans un centre de traitement agréé ;
- La phase liquide sera progressivement évacuée après traitement dans le réseau d'assainissement (conformément aux termes de la convention de rejet) avec un suivi régulier des paramètres physico-chimiques de l'eau.

- **Déblais et autres Déchets Industriels Banals (DIB)**

Les DIB, désignent l'ensemble des déchets non inertes et non dangereux générés par les entreprises, industriels, commerçants, artisans et prestataires de services ; ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre, textiles, bois, plastiques, etc.

Le chantier produira peu de déchets métalliques et de ferrailles. Ceux-ci seront constitués pour l'essentiel des tricônes usés, des élingues et câbles métalliques réformés, des protecteurs métalliques de tubage et des chutes (découpes) de tubage. Ces déchets seront transférés vers une entreprise récupérant les métaux.

Les déblais qui auront été contaminés accidentellement par des hydrocarbures seront évacués vers des décharges qui acceptent ce type de déchet.

- **Gestion des eaux géothermales**

Les essais par dégorgement artésien pré et post acidification mobiliseront une ligne de traitement assurant les fonctions de dégazage, filtration (# 50 µm) et refroidissement (# 30°C), susceptible d'accommoder un débit minimum de 150 m^3/h, selon un mode opératoire largement éprouvé en *workover* géothermiques.

Les eaux ainsi traitées–dégazées, filtrées et refroidies seront soit :

- Préférentiellement rejetées au réseau d'assainissement, sous réserve d'accords avec le SIAH ;
- citernées et évacuées conformément aux dispositions du titre IV, livre V du Code de l'Environnement relatif à l'élimination des déchets et à la récupération des

matériaux, et des textes pris pour son application après dilution à l'eau claire dans le but de diminuer leur salinité,

- réinjectée dans le premier puits foré (uniquement lors des essais sur le deuxième puits foré).

Les prescriptions sont généralement les suivantes :

- être neutralisées à un pH compris entre 5,5 et 8,5 ; à titre exceptionnel, en cas de neutralisation alcaline, le pH pourra être compris entre 5,5 et 9,5 ;
- Être ramenées à une température inférieure ou au plus égale à 30° C ;
- Ne pas contenir de matières ou de substances susceptibles de :
  - porter atteinte à la santé du personnel qui travaille dans le système de collecte ou à la station d'épuration ;
  - endommager le réseau public d'assainissement, les équipements connexes et la station d'épuration ;
  - entraver le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées et le traitement des boues ;
  - être à l'origine de dommages sur la flore et/ou la faune aquatiques, d'effets nuisibles sur la santé ou d'une remise en cause d'usages existants (prélèvements pour l'adduction en eau potable,) à l'aval des points de déversement des collecteurs publics ; Empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité d'une manière acceptable pour l'environnement.
  - empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité d'une manière acceptable pour l'environnement.

La température et la teneur en sulfure d'hydrogène feront l'objet d'une attention particulière. Dans le cas où les services chargés de la police des eaux imposeraient des normes plus strictes que ce dernier, l'entrepreneur sera contraint de s'y soumettre.

- **Gestion des eaux de ruissellement**

Afin de limiter le risque de pollution par ruissellement ou par érosion, les stockages de produits, boue et hydrocarbures, susceptibles d'altérer la qualité des eaux superficielles, seront sécurisés par l'utilisation de bacs de rétention étanches correctement dimensionnées. Tous ces dispositifs de rétention seront vidangés régulièrement, la fréquence étant augmentée en période de fortes pluies. Cette prestation est à la charge de l'Entreprise de forage.

Lors de la réalisation du forage, l'emprise du chantier sera ceinturée par un dispositif (drains, caniveaux, merlon ou fossé périphérique ceinturant la semelle en béton de la plateforme de forage) qui collectera les eaux de ruissellement. La totalité de ces eaux sera dirigée vers le bassin de décantation via un déshuileur / débourbeur qui assurera la séparation des produits solides et huileux qui auraient pu fuir des organes moteurs de l'appareil de forage. Le compartiment recueillant le surnageant huileux sera pompé à chaque fois que nécessaire et le contenu sera dirigé vers un centre de destruction.

L'eau de ruissellement séparée sera dirigée vers le réseau d'eau pluviale soit par déversement naturel (gravité) si le système de collecte des eaux de pluie le permet, soit par pompage à partir du déshuileur / débourbeur, sous réserve de l'accord du gestionnaire du réseau. Dans le cas contraire elle pourra être évacuée par citernage dans un site agrée.

En cas de contamination des eaux pluviales, celles-ci seront dirigées vers une ligne de traitement recueillant la phase liquide provenant de la déshydratation des boues puis évacuées en centre de retraitement spécialisé.

Cette ligne recueillant la phase liquide servira également à contenir tout déversement accidentel qui pourrait survenir hors des systèmes de rétention installés sous ou autour des produits liquides polluants.

Pendant l'exploitation du doublet, l'eau de ruissellement sera dirigée vers le réseau d'eau pluviale.

- **Déchets ménagers**

Les abords des chantiers et les installations de chantier seront tenus parfaitement propres (absence de papiers, de détritus, de ferrailles, de bidons...). Les déchets seront collectés et transportés quotidiennement vers la déchetterie la plus proche. Cette prestation sera à la charge de l'entreprise de forage. Le volume concerné sera faible et un tri (papiers et cartons, verre et bouteilles plastiques) sera demandé à l'entreprise de forage.

Par ailleurs, aucun rejet d'eaux usées issues des sanitaires ne sera autorisé directement dans le milieu naturel. Les sanitaires seront reliés au réseau d'assainissement ou à des dispositifs autonomes étanches dont la vidange sera réalisée autant que nécessaire en cours de chantier.

- **Combustibles et lubrifiants**

Les huiles, les hydrocarbures et tout autre produit toxiques seront stockés en citernes à double rétention et collectés sur aires de stockages réservées dans des cuves à double rétention puits évacues vers un centre de traitement agrée.

Des bacs de rétention (éventuellement des bacs gonflables) seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

Sur les installations de chantier, des dispositifs de protection seront mis en place pour les aires de stationnement et d'entretien des engins (bassin de vidange étanche, déshuileur, tissu absorbant les hydrocarbures...).

Pour tous les déchets toxiques ou dangereux, des certificats de destruction seront demandés aux prestataires en charge de leur élimination.

Impact en cours d'exploitation

En phase d'exploitation aucun déchet n'est produit par les puits.

S'agissant de l'eau géothermale, le rejet dans le réseau d'assainissement sera exceptionnel et limité aux opérations de maintenance nécessitant ponctuellement le rejet de faibles volumes d'eau salée (recherche de fuite à l'eau douce, curage hydromécanique…) sous réserve de l'accord du gestionnaire du réseau et des valeurs limites fixées, à défaut l'eau géothermale sera stockée puis éliminée comme déchet. En cas de refus par le gestionnaire, les eaux devront être citernées et évacuées vers un centre de traitement agrée.

La température et la teneur en sulfure d'hydrogène feront l'objet d'une attention particulière. Dans le cas où les services chargés de la police des eaux imposeraient des normes plus strictes que ce dernier, l'entrepreneur sera contraint de s'y soumettre.

1.34. Analyse des impacts liés à la construction et l'exploitation de la centrale géothermique de Garges-Lès-Gonesse

1.34.1. Description sommaire des installations projetées

Centrale

La centrale fait l'objet d'un dépôt de permis de construire spécifique soumis à une évaluation environnementale. Seuls les grands principes du projet sont décrits ici.

Le projet prévoit la construction d'une future centrale de production de chaleur sur une emprise foncière de 6184 m². La future centrale sera composée de deux puits géothermiques (voir la section 5.5 pour les impacts de la boucle géothermale), de parkings, d'espaces verts et des installations suivantes :

Un local chaufferie composée de deux chaudières gaz de 9 MW chacune. Ces chaudières permettront de réchauffer la température de l'eau du réseau à la température demandée et permettront le secours des PAC. Sur le côté de ce local se trouvera une cheminée qui culmine à une hauteur d'environ 12 m.

Un local pompe à chaleur (PAC) contenant huit PAC de 1.9 MWc chacune pour un total de 15.6 MWc. Elles permettront de remonter à partir de l'eau géothermale la température de l'eau du réseau à 85°C.

Un local géothermique comprenant deux échangeurs géothermiques de 6.5 MW chacun. L'eau géothermique sera puisée et sera est ensuite amenée au **local géothermie.** Dans ce local, d'environ **150m²**, se trouveront les échangeurs géothermaux ainsi que le matériel nécessaire au rétrolavage et au bon fonctionnement des installations. L'eau géothermale sera ensuite réinjectée en moyenne à 40°C dans le puits de rejet.

Un local électrique, divisé en 2 locaux, le local TGBT comprenant toutes les armoires électriques force et régulation, les départs électriques ainsi que les sécurités. Le local HT, quant à lui, regroupera les transformateurs et les cellules HT.

Un local RCU (Réseau de Chaleur Urbain) / STEP. Il s'agit d'un **local hydraulique** qui permettra l'installation des pompes des départs réseaux, ainsi que leur régulation. Il sera situé à proximité des réseaux enterrés existants qui seront conservés. Ce local permettra également l'installation de tous les équipements nécessaires au bon fonctionnement du réseau : groupe maintien de pression et bâche, traitement d'eau et remplissage.

Un **local atelier** permettra aux équipes de stocker les outils, matériels et pièces détachées permettant d'intervenir au plus vite en cas de pannes sur un équipement.

Des locaux sociaux au premier étage qui permettront l'installation du local de supervision, de bureaux pour les équipes, d'une salle de réunion, de vestiaires et de sanitaires.

Le bâtiment de la centrale abritant les installations aura une superficie totale d'environ **1000 m²**. Il restera sur le site une large bande extérieure qui pourra être aménagée et plantée de façon à réduire les nuisances et l'impact visuel de la centrale auprès des riverains. Le plan de masse comportant l'implantation des installations et l'aménagement extérieur de la centrale est montré en Figure 143.

Figure 143 : plan de masse de la centrale (extrait du PC)

1.34.2. Impacts sur les sols et sous-sols

Impacts liés à la phase de travaux et mesures compensatoires

Lors de la phase travaux, la qualité des sols peut être impactée de différentes manières :

- gestion de la terre excavée et importation des terres supplémentaires sur le site.
- pollution accidentelle (défaillance matérielle ou humaine).

L'incidence des travaux de la centrale géothermique sur les sols sera limitée à l'emprise du périmètre d'intervention et se traduira par l'excavation localisée et partielle des strates géologiques pour la réalisation des fondations au droit du bâtiment construit. Les déblais et remblais liés aux excavations et terrassement nécessaires aux travaux de construction des bâtiments seront gérés par CORIANCE de sorte à n'entrainer aucune incidence négative sur les sols.

Les travaux impliquent la réalisation de mouvements de terre : création des fondations des bâtiments, aménagements paysagers, etc. La valorisation des terres excavées non polluées par réemploi sur le site du projet (pour les aménagements paysagers par exemple) sera privilégiée. Pour les remblais d'apport, il n'est prévu l'utilisation que de remblais de types classiques.

Des pollutions accidentelles peu étendues sont susceptibles de survenir en cas d'anomalie sur des véhicules ou matériels (fuites d'hydrocarbures, d'huiles, de circuits hydrauliques…), d'une mauvaise manœuvre (renversement d'un engin) ou encore d'une mauvaise gestion des déchets générés par le chantier (eaux usées, laitance de béton, …). Du fait de la présence de niveaux perméables (remblais) une infiltration dans les sols vers les eaux souterraines est envisageable.

Ces engins constituent des « équipements de travail » et doivent être conformes aux exigences essentielles de sécurité. Néanmoins, on portera une attention particulière aux risques suivants, lors du choix de ces machines et de leur utilisation (Stabilité et résistance du sol : risque de renversement de l'engin).

La présence d'une personne exerçant une surveillance visuelle (suiveur) est obligatoire si le conducteur de l'engin n'a pas, depuis son poste de conduite, une visibilité correcte de l'outil et de sa trajectoire dans la zone d'intervention.

Des dispositions seront prises ou imposées aux entreprises de travaux afin d'éviter toute pollution. Elles comprendront à minima les préconisations suivantes :

- mise en place de moyens visant à limiter les pollutions des sols (surfaces bâchées ou bétonnées pour le stockage de produits dangereux, bacs de décantation, etc.).
- l'ensemble des produits polluants utilisés pendant les travaux seront disposés dans des cuves de rétention d'un volume égal au volume stocké (ex : les cuves de fuel alimentant les moteurs des machines).
- des bâches étanches seront systématiquement disposées sous les moteurs et les réservoirs des différents appareils utilisés sur le chantier (groupes électrogènes, compresseurs, etc.).
- le remplissage des réservoirs de carburant et d'huile sera réalisé sur des bacs de rétention.
- emploi d'huiles végétales et non polluantes pour le décoffrage du béton.
- minimisation des quantités de déchets, tri sélectif, choix de matériaux préfabriqués.
- sensibilisation du personnel à la préservation de l'environnement.
- mise en place d'une procédure d'urgence « pollution » afin de mettre en œuvre au plus vite les mesures préventives et curatives nécessaires.

- aucune vidange ou maintenance des véhicules ne sera autorisée dans l'enceinte du chantier.

Le béton utilisé pour la construction du bâtiment sera autant que possible préfabriqué, de manière à limiter la fréquence de lavage des camions-toupie.

La gestion des déchets de chantier sera effectuée en référence à la circulaire du 15 février 2000 relative à la planification de la gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics et au Plan d'élimination des déchets du BTP de Paris et sa Petite Couronne.

Les déchets produits en phase chantier sont susceptibles d'entrainer une pollution des sols. Les principaux types de déchets produits par la phase chantier seront les suivants :

- Déchets inertes
- Déchets non dangereux
- Déchets dangereux

Les déchets seront confiés à des collecteurs agréés puis à des sociétés extérieures autorisées pour la valorisation ou l'élimination, ce qui minimise l'impact sur l'environnement.

Au regard de ces éléments, l'impact des travaux sur la qualité des sols est jugé faible. Rappelons par ailleurs que cet impact sera limité à la durée des travaux.

Impacts liés à la phase d'exploitation et mesures compensatoires

La centrale géothermique sera un bâtiment placé sur une dalle béton étanche. Aucun rejet liquide ou solide en fonctionnement normal n'est à prévoir, ni infiltration dans les sols et les eaux souterraines. Cette dalle de 1000 m² conduira à imperméabiliser une grande partie de la parcelle, mais cet aménagement est nécessaire afin de prévenir tout risque de pollution.

Le site stockera quelques produits dangereux :

- AQUAPROX BC 1031 : sel adoucisseur destiné au traitement des eaux
- GP 300 d'AQUAPROX : traitement anti-corrosion destiné à la protection des installations de géothermie.

Au vu des activités d'entretien et de maintenance, seul un écoulement de produits dangereux (produits de traitement de l'eau, huile, etc.) sur le sol, à la suite d'une erreur humaine (mauvais entreposage, mauvaise manipulation, ou déversement lors d'une livraison) peut être envisagé.

Toutefois il convient de noter que :

- toute manipulation de produits dangereux sera effectuée sur des surfaces imperméabilisées (dalles étanches des locaux),
- tous les produits neufs ou en cours d'utilisation seront stockés dans des contenants adaptés sur rétentions.

Si pour une raison quelconque un percement de canalisation enterrée survenait la chute de pression mesurée en continu alerterait immédiatement l'exploitant qui procéderait à l'arrêt des pompes et à l'isolement de la zone défectueuse pour réparation.

1.34.3. Impacts sur les eaux souterraines et superficielles

L'impact sur les eaux superficielles concerne principalement la consommation en eau de la centrale et son utilisation. Le traitement des eaux usées est discuté dans cette partie tandis que le traitement des eaux de pluie est présenté dans la section suivante « impact sur les eaux de surface ». La centrale n'aura aucun impact sur les nappes d'eau souterraines plus profondes, que cela soit en phase chantier ou en phase exploitation. Les seuls impacts possibles sur ces eaux souterraines seront induits par la boucle géothermale le cas échéant.

Impacts liés à la phase de travaux

Pendant la phase chantier, l'alimentation en eau du site sera assurée à partir du réseau d'eau potable local. Les besoins en eau seront utilisés pour les sanitaires et les travaux. Les eaux usées des sanitaires et des travaux seront collectées par des installations de traitement mobiles (WC chimiques, fosse septique, bâche imperméable…) et mises en place pour le chantier. Elles seront évacuées vers le réseau eaux usées.

Des mesures spécifiques seront prises pour éviter que les véhicules et engins quittant le chantier ne salissent les voiries environnantes (par exemple : lavages de roues, nettoyage des toupies à béton avant départ du site).

Impacts liés à la phase d'exploitation

Le site sera alimenté en eau potable par le réseau de distribution public. Les utilisations de l'eau sur le site, en conditions normales, seront les suivantes :

- Alimentation en Eau Potable et usages sanitaires ;
- Nettoyage des sols et appoint du réseau.

Les consommations en eau sont estimées à 500 m3 en 2023 et 1000 m3 à compter de 2025.

Le réseau d'alimentation en eau sera protégé par un système de disconnexion permettant d'éviter tout retour de produit non compatible dans le réseau. Les consommations d'eau seront suivies par un relevé régulier du dispositif totalisateur

Les réseaux de collecte des eaux seront conçus de manière à être étanches et à résister dans le temps, aux actions physiques et chimiques des effluents ou produits susceptibles d'y transiter. CORIANCE s'assurera régulièrement par des contrôles appropriés et préventifs de leur bon état et de leur étanchéité. Le site disposera d'un réseau de collecte et d'assainissement de type séparatif (eaux usées/eaux pluviales).

Les eaux usées seront issues principalement des installations sanitaires du site et du nettoyage des sols. Les eaux usées sanitaires assimilables à des eaux domestiques, chargées en matières organiques fécales et pouvant contenir des détergents de même nature que ceux utilisés dans une habitation, qui ne présentent pas de caractère toxique significatif pour le milieu aquatique. Ces eaux seront rejetées dans le réseau public et traité ultérieurement (réseau public).

Le site n'utilisera que très peu d'eaux industrielles pour son fonctionnement. Elles seront ensuite envoyées dans le réseau des eaux usées.

L'évaluation des besoins en eau d'extinction incendie sera effectuée selon le document technique D9 « Guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau » élaboré par l'INESC, la FFSA et le CNPP. Les besoins en eaux d'extinction incendie seront assurés au moyen de poteaux incendies avoisinants et d'extincteurs mobiles.

Le calcul du volume d'eau d'extinction à confiner sur le site sera réalisé selon le document technique D9A « Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction » élaboré par l'INESC, la FFSA et le CNPP et les ouvrages seront dimensionnés en fonction des résultats du calcul.

1.34.4. Impacts sur les eaux de surface

Il s'agit ici des eaux de ruissellement – notamment les eaux pluviales.

Impacts liés à la phase de travaux

Les mesures mises en place pour supprimer tout risque de contamination des sols et sous-sols, décrites dans la section 5.6.2 permettront également de prévenir un risque de pollution des eaux superficielles pouvant se produire.

Impacts liés à la phase d'exploitation

Les eaux pluviales de voiries seront infiltrées dans la noue du site. Cette noue aura une surface de 204 m^2 et une capacité de 102 m^3. Les eaux pluviales de toiture seront infiltrées directement dans cette noue.

1.34.5. Analyse des effets sur le milieu naturel

Le site est actuellement composé d'une parcelle boisée et présente des enjeux écologiques, car il fait office de relai au sein d'une continuité urbaine fragmentée entre une zone humide au nord et le Parc de la Courneuve / Georges Valbon au sud pour des espèces volantes. Le projet sera réalisé de sorte à préserver cette continuité. Même si la présence d'une zone humide n'est pas avérée, le projet de CORIANCE peut s'inscrire dans un objectif de renaturation de la Morée à long terme, à travers un programme de plantations adaptées et de gestion d'eaux pluviales à la parcelle. Par conséquent la parcelle sera partiellement reboisée afin de permettre aux espèces animales de s'y développer.

Le projet ne se situe pas en zone NATURA 2000 ou ZNIEFF, mais la proximité du Parc de la Courneuve (site NATURA 2000) a été considérée. Le projet de CORIANCE ne sera pas à l'origine de rejets dans le milieu aquatique. Pour mémoire, les eaux pluviales iront vers la noue ou seront infiltrées sur site. En effet, des pavés Evergreen sont prévus sur la zone parking pour infiltrer les eaux pluviales. Les eaux usées sanitaires seront traitées par un système d'assainissement public. Par

conséquent, les rejets aqueux ne rejoindront pas les zones NATURA 2000 présentes au sud-ouest du site. L'impact des rejets aqueux du site est donc négligeable.

Le projet ne générera pas non plus de rejets atmosphériques importants.

Les émissions sonores seront légèrement plus importantes durant la phase travaux, mais n'auront pas d'incidences sur la zone Natura 2000.

Impacts liés à la phase de travaux et mesures compensatoires

Les effets du projet sur l'environnement seront les suivants :

- Les zones de dépôts temporaires et pistes de chantier
- La modification des composantes environnantes (bruits lumières etc.)
- Les pollutions accidentelles liées aux travaux

Un effet indirect sera l'augmentation du trafic sur les axes routiers menant au site.

Compte tenu de la nature du projet et des emprises disponibles sur le site, les mesures d'évitement ne peuvent pas être mises en œuvre sur la zone du projet. Des mesures de réduction seront cependant mises en place en phase chantier.

- Délimitation des emprises du chantier : l'ensemble des interventions sera délimité par des emprises bien définies
- Limitation du développement des espèces exotiques envahissantes
- Adaptation de l'éclairage autant que possible.
- Modalités de circulation du site autant que possible

Un suivi de chantier sera réalisé pour s'assurer de la bonne mise en œuvre des mesures d'évitements et de réduction au sein de la zone du projet.

Impacts en cours d'exploitation et mesures compensatoires

Les effets du projet sur l'environnement seront les suivants :

- Les dégagements d'emprises au niveau des installations de l'usine et le terrassement : ceci peut induire la destruction des habitats et destruction d'individus
- La circulation des véhicules et camions
- La modification des composantes environnantes (bruit, lumière etc.) : elles peuvent induire une perturbation des espèces
- Les pollutions accidentelles liées à un incendie
- Les apports de terre et remaniement des sols
- L'introduction d'espèces non locales et/ou patrimoniales.

Des mesures de réduction seront employées pour adapter l'éclairage aux abords de la centrale (voir section 5.6.9) et pour les modalités de circulation du site.

Les mesures compensatoires ont pour but de réduire les impacts résiduels qui n'ont pu être évité lors du chantier. Dans le cadre du projet de CORIANCE, les mesures compensatoires sont les suivantes :

- Réalisation d'une plantation participative sur 1 parcelle du choix de la Ville tous les 5 ans pendant la durée du contrat.
- Mise en place d'un réseau de câbles tendus sur les façades afin de servir de support à diverses essences de plantes grimpantes. Le bâtiment sera ainsi habillé de plantes grimpantes afin de mieux le fondre dans le visuel végétal que le site s'efforce de maintenir.
- Traitement en « Evergreen » des sols des parkings pour permettre le stationnement sur un espace vert toute l'année sans le dégrader.
- Végétalisation partielle de la toiture.
- Mise en place d'une trentaine « d'arbres en pots » de 1 m^3 chacun sur la zone dédiée aux opérations de maintenance de la géothermie à l'arrière du bâtiment. Ces arbres seront placés sur un système de palettes EPAL, de manière à pouvoir facilement être déplacés lors des opérations de maintenance annuelles ou bisannuelles.

1.34.6. Impacts sur le paysage

Impacts liés à la phase de travaux

Les opérations liées à la phase de travaux correspondront à des travaux de surface : aménagement du site, construction de la centrale géothermique, liaison au réseau de chaleur. L'intégralité des 6184 m^2 de surface de la parcelle ont été déboisé et

Concernant l'aménagement du site et les travaux de construction de la centrale, l'utilisation d'engins de chantier tels que des pelles mécaniques, chargeurs sur roues, tracteurs, camions-bennes, etc. de faible hauteur sera nécessaire. Ces engins seront peu perceptibles.

Des mesures seront mises en place pour limiter au maximum la gêne visuelle :

- les zones de stockage des matériaux, placées à l'intérieur de l'enceinte du site, seront propres et nettoyées de tout emballage. Le stockage des matériaux se fera de façon structurée,
- les matériaux et équipements seront stockés correctement,
- l'état de propreté des installations fera l'objet de contrôles réguliers.

Impacts liés à la phase d'exploitation

Le site existant porte un potentiel végétal fort, ainsi qu'un environnement aquatique lié à sa proximité avec le Croult.

Même si la construction de ce type d'équipement suppose un chantier important, l'objectif de CORIANCE demeure la préservation des espaces libres, plantés ou enherbés, autant que possible.

Le bâtiment dédié à ce projet, relativement bas par rapport au visuel de la parcelle, sera habillé de plantes grimpantes sur ses deux angles principaux, afin de mieux le fondre dans le visuel végétal dont le maintien est l'un des principales préoccupations de la société (Figure 144). Ce

traitement végétal efficace se retrouve d'ailleurs sur les grands pans de façade des bâtiments composant la station d'épuration des eaux usées voisine.

Les arbres composant les rideaux périphériques seront choisis parmi un mélange de plusieurs essences indigènes, mellifères, mais ne produisant pas de fruits susceptibles d'attirer des oiseaux (demandes de la DGAC). L'ensemble des arbres sera choisi parmi les essences consommant peu d'eau.

Les arbres seront choisis également pour leur présence hivernale. En effet, si une majorité est à feuilles caduques, d'autres seront persistants, et d'autres enfin marcescents.

Figure 144 : visuel de la face nord de la centrale géothermique

1.34.7. Impacts liés au bruit et aux vibrations

Dans le cadre de la campagne acoustique réalisée en avril 2023 autour du site du projet de centrale de production de chaleur que CORIANCE porte sur la commune de Garges-lès-Gonesse afin de caractériser l'état initial et modéliser les bruits associés à l'exploitation de la centrale et des travaux. Les modélisations ont été réalisées avec des hypothèses majorantes, à savoir l'exposition au bruit simultanée des travaux de forages et de fonctionnement maximal de la centrale. Les niveaux sonores ont été mesurés par trois récepteurs, positionnés en bordure de la parcelle (Figure 145).

Les principales sources sonores qui ont le plus d'incidence sur les récepteurs sont :

- Les forages en phase travaux

- Les circulations de véhicules légers en phase exploitation
- Le local PAC en phase exploitation

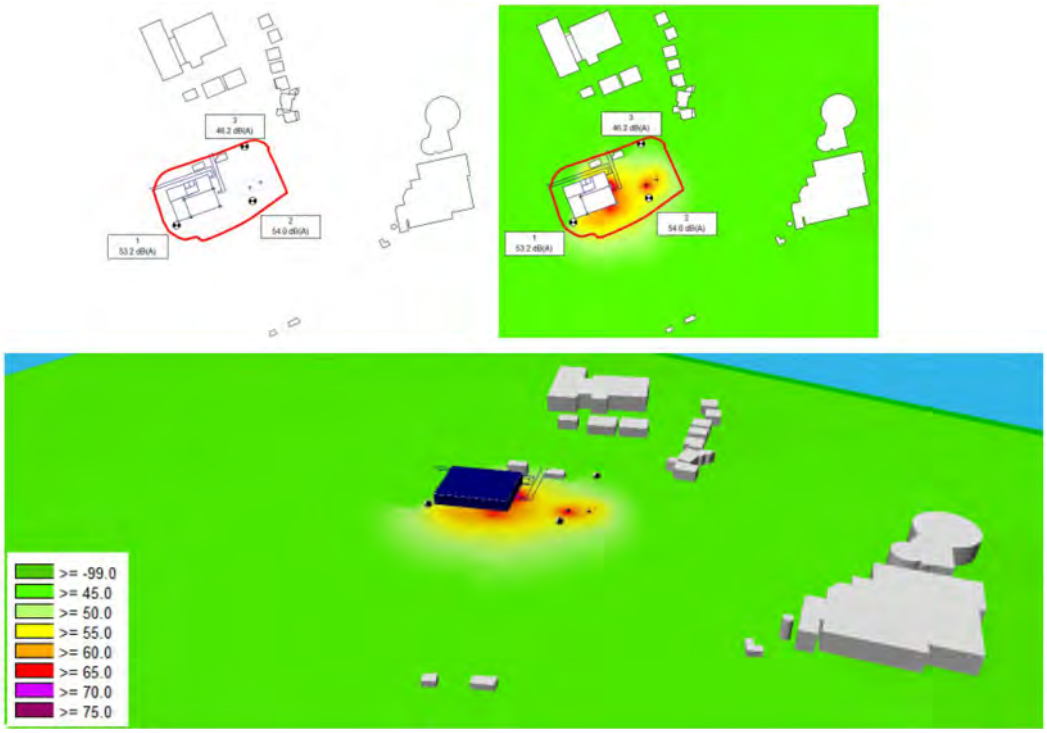


Figure 145 : Cartographie du bruit – périodes jour et nuit et position des récepteurs

Impacts liés à la phase de travaux

Les principales sources de bruit durant la phase chantier seront dues aux terrassements et aux travaux d'aménagement. La propagation du bruit se fait essentiellement par voies aériennes et son intensité décroît graduellement en fonction de la distance entre le point d'émission et le point de réception. Les premières habitations, situées à environ 30 m de la future limite d'exploitation du site, seront ainsi faiblement impactées.

Les impacts sonores des chantiers seront limités autant que possible par la mise en œuvre de plans de circulation, le respect d'horaires en accord avec les rythmes de vie des riverains et l'utilisation de matériel conforme aux normes. Dans ces conditions, ces impacts seront acceptables pour le voisinage.

Les entreprises auront l'obligation de respecter la réglementation en vigueur, relative à la prévention et à la limitation des nuisances sonores engendrées par les engins de chantier (articles L. 572-2 et suivants du code de l'Environnement, décret n° 95-79 du 23 janvier 1995 et arrêté interministériel du 22 mai 2006).

La Figure 146 montre un exemple d'optimisation des niveaux de bruits pour un forage en milieu urbain.

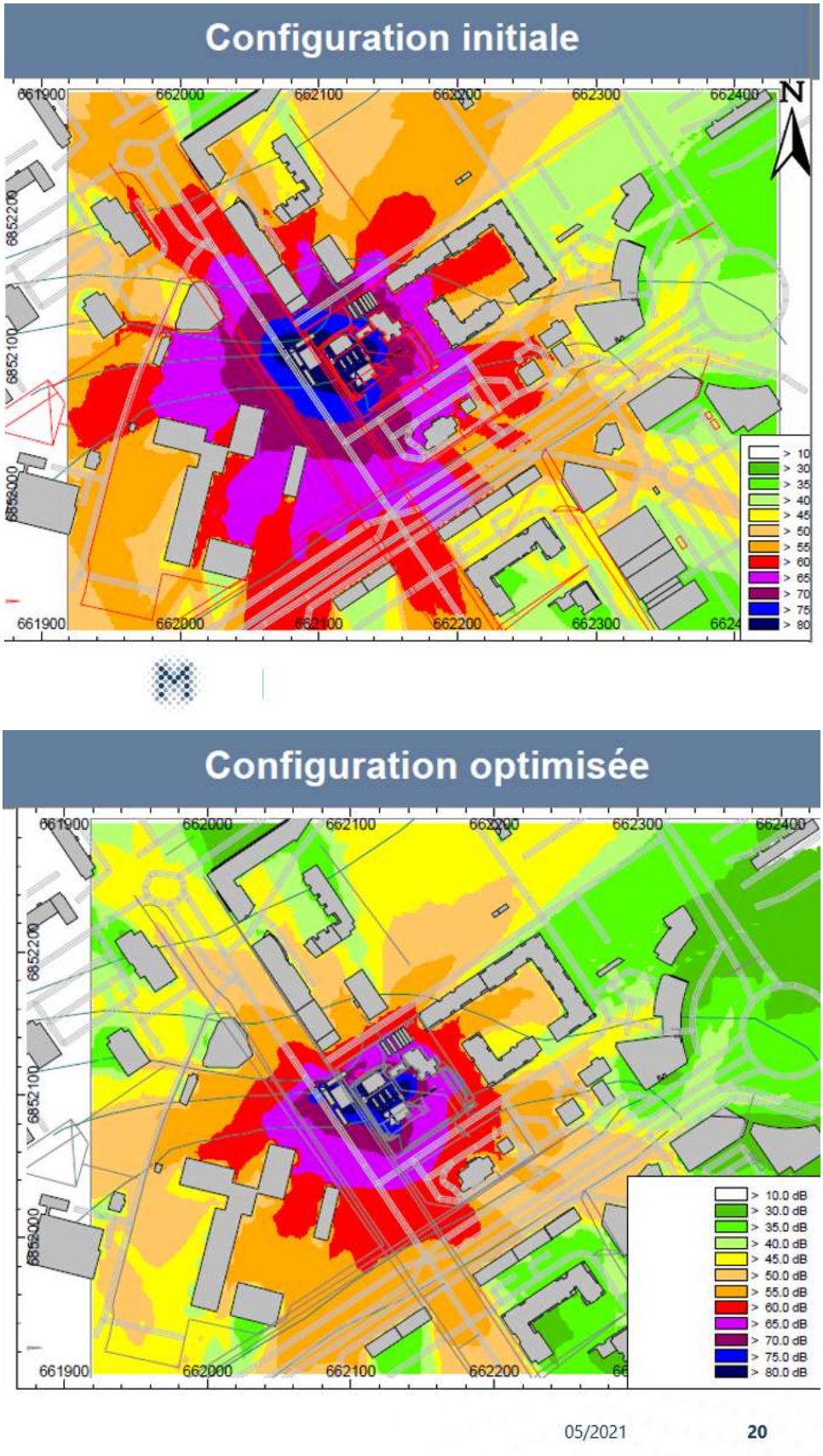


Figure 146 : exemple de forage en milieu urbain et optimisation des niveaux de bruits grâce à une disposition optimisée et la mise en place d'éléments de capitonage simple

D'après la modélisation de Kaliès, le site respectera la réglementation, à savoir un bruit ambiant maximal de 70 dBA en journée et 60 dBA en période de nuit en limite de propriété. **Par conséquent, le projet n'est pas susceptible d'avoir un impact sanitaire dans le domaine du bruit.**

En phase chantier, les vibrations mécaniques pourraient être émises par les engins de terrassement et pourraient avoir un impact sur la santé des personnes les utilisant. Les entreprises auront l'obligation de respecter les valeurs seuils de vitesses vibratoires selon l'article R.4441-2 du code du Travail.

Impacts liés à la phase d'exploitation

L'activité d'entreposage du site ne sera pas à l'origine de sources sonores intenses, les sources de bruits seront les suivantes :

- La circulation des véhicules (poids lourds, véhicules personnels) ;
- Fonctionnement des équipements : pompes à chaleur et pompes comme bruleurs mais dans une moindre mesure.

La modélisation acoustique réalisée par Kaliès (Annexe 7) montre que les niveaux sonores en limite de propriété resteront inférieurs aux niveaux limites de l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997 dans la situation majorante qui consiste à considérer de manière simultanée la chaufferie en exploitation, un véhicule sur chacune des deux voies de circulation et les travaux de forage en cours (niveau sonore au niveau du sol, émission maximale). **Par conséquent, le projet n'est pas susceptible d'avoir un impact sanitaire dans le domaine du bruit.**

Figure 147 : zone susceptible de produire du bruit

L'exploitation de la centrale de production de chaleur sera susceptible de générer des vibrations. Le site fonctionnera 24h/24.

Les mesures suivantes seront mises en place pour limiter les vibrations générées par l'exploitation de la centrale de production de chaleur :

- Découplage des machines tournantes via des compensateurs ou des supports spéciaux
- Pose des machines sur un tapis en caoutchouc
- Capotage des éléments les plus bruyants
- Toutes les pompes à chaleur seront installées sur des massifs d'inertie
- Les pompes à chaleur seront installées sur plots antivibratiles

Ce type de mesure peut se révéler très efficace sur les nuisances générées.

1.34.8. Impact sur la qualité de l'air

Impacts liés à la phase de travaux et mesures compensatoires

Le chantier ne générera pas de fumées de nature à générer des pollutions. Tout brûlage sur le chantier sera interdit. Les activités du chantier engendreront des envols de poussières. Les sources de poussières concerneront essentiellement :

- les mouvements des engins mobiles d'extraction,
- la circulation des engins de chantiers (pour le chargement et le transport),
- les travaux d'aménagement et de construction.

Afin de réduire l'impact environnemental des émissions atmosphériques liées aux travaux, les engins seront équipés de pot d'échappement catalytique ou de filtre à suite afin de limiter des rejets atmosphériques. Par ailleurs, la consultation pour la réalisation des travaux se fera au maximum auprès d'entreprise locales et respectueuses de l'environnement (certification ISO 14001). La circulation des engins de chantier et des véhicules de transport en particulier constituera une source de formation de poussières pendant la phase travaux, par l'érosion des pistes de circulation, par la remise en suspension dans l'air de poussières retombées au sol, et par leur vitesse de projection dans l'atmosphère. De même, lors de forts vents, les poussières au sol pourront être soulevées par les turbulences et remises en suspension dans l'air.

Cependant, les dimensions des poussières produites seront telles que la plus grande partie retombera au sol à une distance relativement faible du point d'émission par des conditions de vents normales. L'impact sera donc relativement limité compte-tenu de l'éloignement du site des premières habitations.

Néanmoins, au cas où des nuisances seraient constatées, des phases d'arrosage de chantier seraient réalisées afin de limiter l'envol des poussières, notamment si les travaux sont réalisés en période estivale.

Les émissions liées au trafic routier lors du chantier seront difficilement quantifiables et ne respecteront aucune valeur limite d'émission (hors normes applicables aux constructeurs de véhicules, de façon indépendante de l'exploitant). Les émissions liées au trafic générées en dehors du site dépendent du nombre de kilomètres parcouru par les camions et de la consommation de carburant associée. Ceux-ci respecteront les normes européennes qui fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules routiers. Un calcul de base de 2.67 kg CO_2/L de diesel peut être considéré pour le calcul des émissions liés au transport de personnel et équipement.

Impacts liés à la phase d'exploitation

Concernant les rejets issus de des chaudières fonctionnant au biogaz, ces dernières seront susceptibles d'émettre du CO2, des NOx, du CO ou des poussières. Ces émissions seront rejetées par des cheminées d'une hauteur de 12m intégrées au bâtiment abritant les chaudières. La localisation des points de rejet est indiquée sur le plan ci-après :

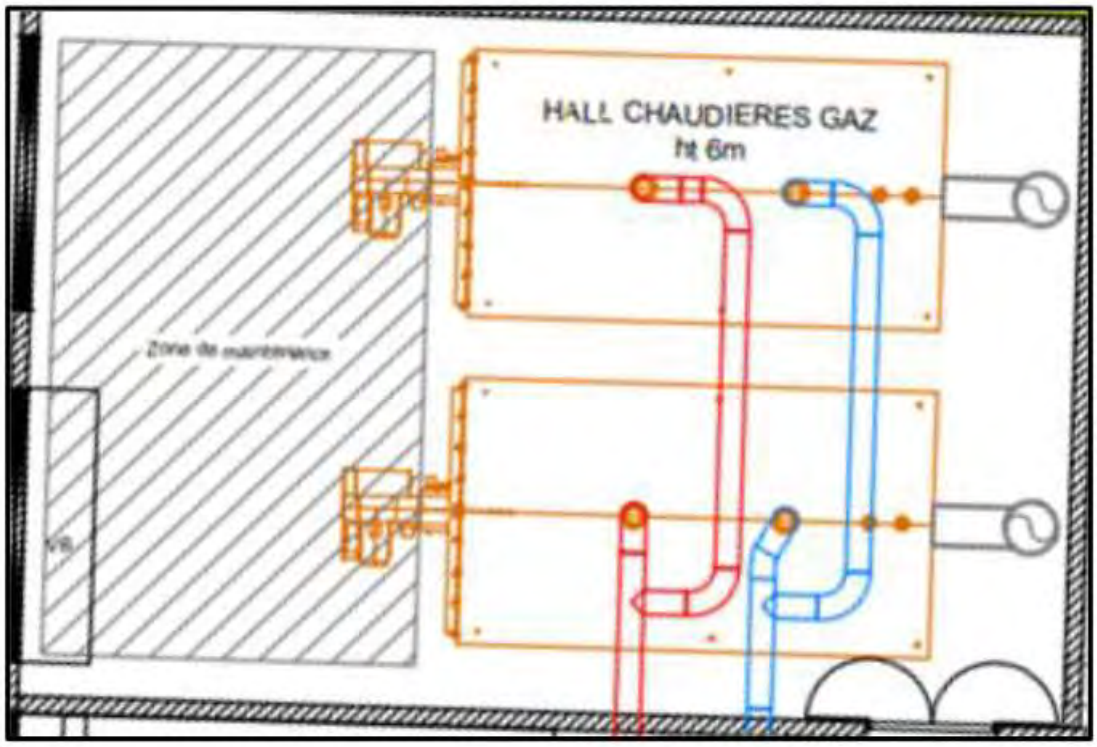


Figure 148 : plan du bâtiment abritant les chaudières (étude Kaliès)

Les chaudières seront quant à elles visées par l'arrêté du 3 Août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910. Les valeurs limites d'émission sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Polluant	VLE
NOx	100 mg/Nm^3
CO	100 mg/Nm^3

Figure 149 : seuil de polluant applicable aux chaudières

Le groupe CORIANCE dispose d'ores et déjà d'installations similaires à celles du projet, les valeurs d'émissions sont les suivantes :

Polluant	Concentration
NOx	<50 mg/Nm^3
CO	<80 mg/Nm^3

Figure 150 : valeurs d'émissions observées sur des installations similaires

Ces valeurs respectent les valeurs seuil de l'arrêté du 3 aout 2018. Le site surveillera ses émissions liées au fonctionnement de la chaudière, conformément à la réglementation applicable.

L'entretien régulier des chaudières permettra de limiter les émissions de polluants. En outre, les chaudières seront contrôlées conformément à la réglementation en vigueur et notamment à l'arrêté du 3 Août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910. De plus, l'utilisation de biogaz comme combustible limitera les émissions de polluants par rapport à un combustible liquide.

Le projet de CORIANCE est compatible avec le Plan de Protection de l'Atmosphère d'Ile-de-France.

Les émissions liées au trafic en phase d'exploitation sont négligeables :

- par le caractère marginal du trafic poids lourd et véhicules légers généré par le site par rapport à celui drainé par les axes de communication proche.
- par l'obligation des véhicules en cours de chargement/déchargement d'avoir le moteur à l'arrêt

1.34.9. Autres impacts sur le milieu humain et naturel

Impact sur la consommation d'énergie

La principale énergie nécessaire à l'exploitation de la centrale de production de chaleur sera l'électricité et le gaz.

Les consommations prévisionnelles annuelles en électricité des principaux équipements de la centrale (pompes à chaleur et géothermie) de 2024 (années de mise en service des PAC) à 2047 sont estimées dans le tableau ci-dessous :

Année	Consommation électrique moyenne annuelle (MWh)			Précisions
	Pompes à chaleur (PAC)	Electricité géothermie	Total	
2024	5083	0	5083	Mise en service PAC
2025	9893	2038	11931	Mise en service géothermie
2026-2047	9848	3024	12872	Moyenne des moyennes annuelles

Figure 151 : évolution des consommations d'énergie de la centrale

Le projet prévoit l'optimisation du coefficient de performance (rapport entre la quantité d'énergie produite et la quantité d'énergie utilisée), autrement dit du rendement, des pompes à chaleur afin de limiter leur consommation énergétique.

En effet, les pompes à chaleur constituent un des équipements les plus énergivores de la centrale. Afin d'optimiser encore la consommation d'énergie sur le site, les dispositions suivantes seront mises en œuvre :

- la sensibilisation du personnel à l'économie d'énergie ;
- le suivi régulier des consommations afin de détecter toute surconsommation ou anomalie ;
- la mise en place d'équipements électriques compatibles avec le CEE (Certificat d'Economie d'Energie).

Emissions lumineuses

Le site de la société CORIANCE disposera d'éclairage extérieur dont la diffusion est dirigée vers le sol. Les éléments techniques de cet éclairage seront en adéquation avec les caractéristiques (proportion de l'éclairage, horaires de fonctionnement, …) de l'Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.

Pour mémoire, le site ne se situe pas dans :

- Un espace classé par les décrets de création des parcs nationaux mentionnés aux articles L. 331-2 et R. 331-46
- Une réserve naturelle ou un périmètre de protection mentionnés aux articles L. 332-2 et L. 331-16
- Un parc naturel régional mentionné à l'article L. 333-1
- Un parc naturel marin mentionné à l'article L. 334-3
- Un site classé ou inscrit mentionné aux articles L. 341-1 et L. 341-2
- Un site Natura 2000 mentionné à l'article L. 414-1.

La société CORIANCE sera à l'origine d'émissions lumineuses relativement limitées. D'autre part, l'éclairage des lampadaires est dirigé vers le sol. Au vu de ces éléments et de l'état initial de la zone d'étude, et compte tenu de la distance séparant le site des premières habitations, l'impact lumineux des installations sur le voisinage reste limité.

1.35. Analyse des impacts liés à la construction et l'exploitation du réseau de chaleur

1.35.1. Description sommaire des infrastructures

Le *réseau de chauffage urbain*, consiste en un système de distribution de chaleur qui permet un acheminement vers plusieurs usagers via un ensemble de canalisation à partir d'une production centralisée. Le réseau de chaleur de Garges sera composé de canalisation transportant l'énergie via un fluide caloporteur (eau chaude à 85°C).

L'extension du réseau se fera entre 2023 et 2028 pour aboutir à la couverture d'une grande partie de la collectivité et desservir plus de 9 300 équivalents logements (Figure 152).

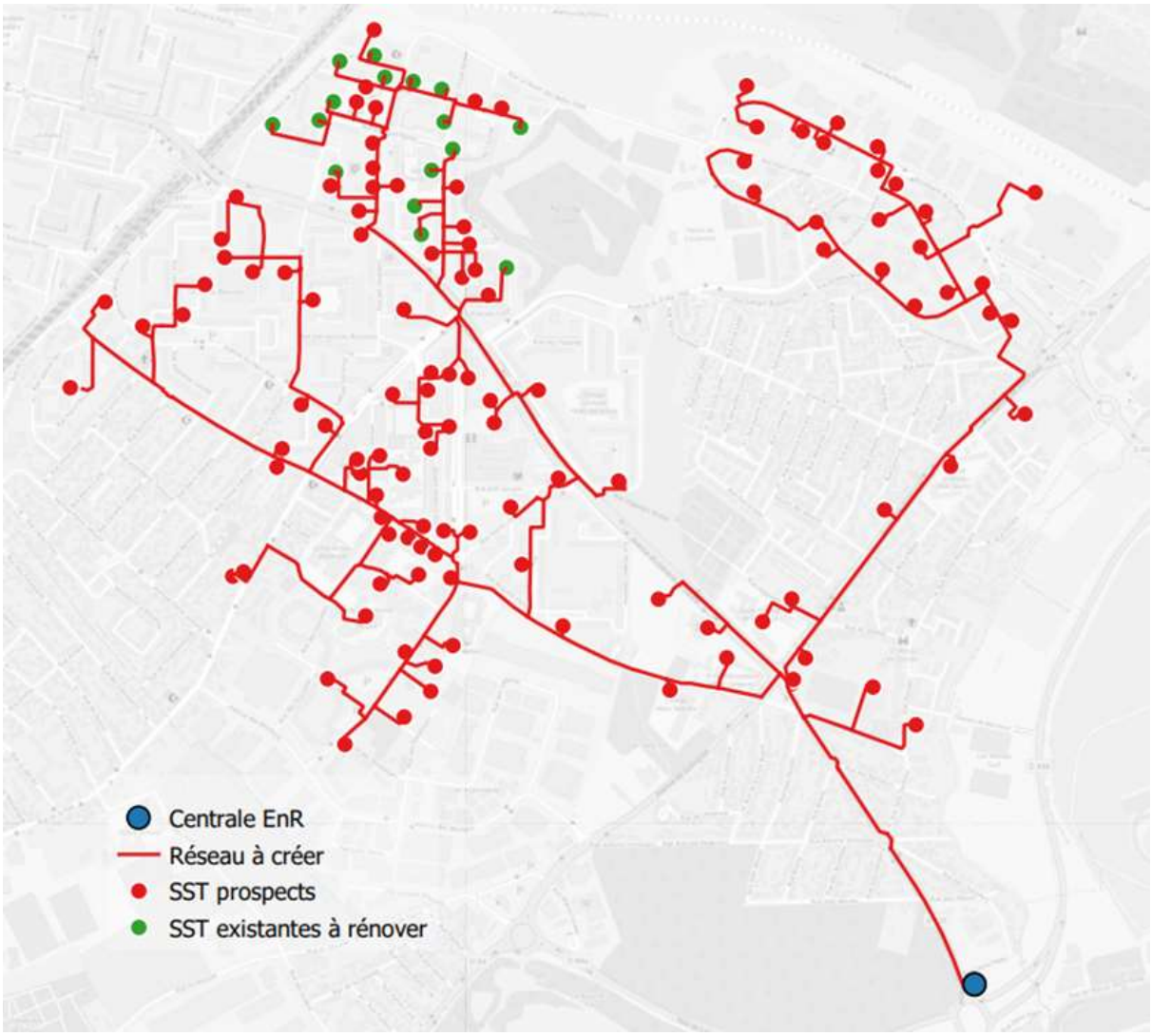


Figure 152 : Plan du réseau de Garges à l'horizon 2028

Les canalisations comprennent généralement un système double enveloppe :

- gaine extérieure en acier (jusqu'à 800 mm de diamètre)
- gaine intérieur en acier pour le transport du fluide caloporteur

L'épaisseur intermédiaire entre ces deux gaines est faite d'une couche d'isolant : mousse de polyuréthane, laine de roche, etc. Elles se posent soit :

- en caniveau enterré offrant une protection mécanique et minimisant les effets en lien avec l'humidité créée par la ventilation
- en tranchée (moins onéreux), les gaines sont protégées de l'humidité par un film gaines placées à une profondeur suffisante de manière à absorber les efforts de la surface

Les différents tronçons prévus pour le réseau de Garges sont décrits à la Erreur : source de la référence non trouvée.

DN TOTAL	Longueur de tranchée (ml)	Total métrés par tranche
DN650		2 810
DN600		
DN550		
DN500		
DN450		
DN400		
DN350	2 582	
DN300	228	
DN250	998	4 431
DN200	1 913	
DN150	1 520	
DN125	1 277	5 921
DN100	3 685	
DN80	959	
DN65	2 759	6 479
DN50	3 720	
DN40		
DN32		
DN25		
DN20		
DN15		
	Total	19 641

DN Extension	Longueur de tranchée (ml)	Total métrés par tranche
DN650		2 810
DN600		
DN550		
DN500		
DN450		
DN400		
DN350	2 582	
DN300	228	
DN250	998	4 340
DN200	1 913	
DN150	1 429	
DN125	1 082	5 647
DN100	3 663	
DN80	902	
DN65	2 457	5 221
DN50	2 764	
DN40		
DN32		
DN25		
DN20		
DN15		
	Total	18 018

DN Renové	Longueur de tranchée (ml)	Total métrés par tranche
DN650		0
DN600		
DN550		
DN500		
DN450		
DN400		
DN350	0	
DN300	0	
DN250	0	91
DN200	0	
DN150	91	
DN125	195	274
DN100	22	
DN80	57	
DN65	302	1 258
DN50	956	
DN40		
DN32		
DN25		
DN20		
DN15		
	Total	1 623

Figure 153 : longueur totale du réseau et diamètre des tronçons installés

1.35.2. Impacts sur les sols et sous-sols

Impacts liés à la phase de travaux et mesures compensatoires

Lors de la phase travaux, la qualité des sols peut être impactée de différentes manières :

- gestion de la terre excavée et importation des terres supplémentaires sur le(s) site(s).
- pollution accidentelle (défaillance matérielle ou humaine).

L'incidence des travaux du réseau sur les sols sera limitée à l'emprise du périmètre d'intervention et se traduira par l'excavation localisée et partielle des strates géologiques premiers mètres du sous-sol pour enterrer les conduites qui serviront à transporter les eaux chaudes et refroidies dans le réseau de chaleur. Les déblais et remblais liés aux excavations et terrassement nécessaires aux travaux de construction des bâtiments seront gérés par CORIANCE de sorte à n'entrainer aucune incidence négative sur les sols.

Les mesures permettant de limiter les risques d'endommagement par des engins de terrassement seront mises en œuvre. Il s'agit :

- de l'implantation des conduites au fond d'une tranchée avec pose d'un grillage avertisseur violet au-dessus de la tuyauterie signalant sa présence en cas de fouilles ou travaux postérieurs. Le sommet des conduites se situera à - 80 cm de la surface du sol au minimum,

- d'une information précise qui sera diffusée aux propriétaires des terrains traversés (communes notamment) afin qu'ils soient avertis en amont, des précautions d'usage à adopter aux abords de l'ouvrage pour garantir leur sécurité et l'intégrité des conduites,

- tout travaux à proximité des conduites devra faire l'objet d'une déclaration préalable auprès du gestionnaire de l'ouvrage, afin d'examiner leur compatibilité avec les règles de sécurité localisation.

Pour garantir l'étanchéité, les mesures suivantes seront mises en œuvre :

- afin de limiter les risques de corrosion extérieure et intérieure : choix de tubes ayant une protection extérieure hydrofuge (polyéthylène),

- afin de maîtriser les dilatations thermiques et les surpressions, sources potentielles d'avarie sur les conduites, des équipements spécifiques seront mis en place pour contrôler la pression dans les conduites :

- installation de soupapes de sécurité au niveau des pompes, organes générant de la pression,

- mise en place d'équipements spécifiques permettant de maîtriser les dilatations thermiques (compensateurs, lyres de dilatation...),

- installation de capteurs pour enregistrer les différents paramètres clés du fonctionnement du réseau (pression, température, débit…).

Les caractéristiques techniques précises de ces équipements seront déterminées par les notes de calculs de stress et des points d'ancrage.

La réalisation des fonds de fouille sera réalisée avec des matériaux inertes ou dont la composition chimique n'est pas de nature à polluer les sols. La bonne provenance des matériaux sera vérifiée et matériaux mis en œuvre seront adaptés à la nature des sols. Une partie des terres excavées lors de la réalisation des tranchées sera réutilisée.

Des kits de dépollution dans les véhicules de chantier seront mis en place et l'extraction des matériaux souillés sera réalisée par une entreprise agréée qui les enverra dans les centres de

traitement ou de stockage appropriés. Enfin les engins et matériels de chantier seront entretenus et suivis régulièrement.

En cas de pollution accidentelle ; les règles du plan d'alerte et d'intervention seront appliquées.

À la fin des travaux et avant la mise en service des deux conduites, un essai de pression sera réalisé afin de s'assurer qu'elles sont étanches.

Impacts liés à la phase d'exploitation et mesures compensatoires

En phase d'exploitation, les potentiels impacts pour les sols et les sous-sols seront réduits. En effet, même en cas de fuite, le fluide caloporteur étant de l'eau, aucun impact n'est à prévoir.

Le présent projet n'engendrera pas de rejet d'eau chaude dans des milieux aquatiques ni dans le sous-sol. Seule la diffusion de calories par conduction thermique des conduites vers le sol et le sous-sol et les effets qui pourraient en découler sont ici à prendre en compte. On entend par « pollution thermique » une modification significative de la température du milieu. Dans ce cas la modification est supposée à la hausse.

Les conduites transporteront de l'eau adoucie d'une température maximale de 85 °C pour les conduites. Le haut des conduites se localisera à environ 0,8 m de profondeur (moyenne).

La structure des ouvrages et le mode de pose ont été déterminés afin de limiter au mieux les pertes (isolation des canalisations) et la diffusion de chaleur dans le sol.

À l'extérieur de l'ouvrage, l'augmentation de la température du sous-sol sera également non significative (quelques degrés sur quelques dizaines de centimètres). Le projet n'engendrera donc pas de risque préjudiciable de pollution thermique du sol ni des eaux souterraines ou superficielles : les valeurs de chaleur émise sont trop basses pour être susceptibles d'engendrer des phénomènes d'augmentation de la sécheresse, de dégel des sols ou encore une modification notable des écosystèmes terrestres ou souterrains.

Le risque est lié à des fuites potentielles d'eau à haute température (85 °C) au niveau du tube caloporteur. Selon leur importance, ces fuites peuvent prendre la forme de jet d'eau (réseau sous basse pression). Deux causes possibles peuvent engendrer ce phénomène, à savoir :

- une avarie de l'ouvrage lui-même (pression externe et interne au niveau des tubes, dilatation, endommagement par la corrosion...),
- un endommagement de l'ouvrage lors de travaux ultérieurs de creusement du sol (travaux publics).

L'eau dont la température peut être atteindre 85°C et la pression atteindre 16 bars, peut causer des brûlures graves.

Les dispositions présentées ci-dessous permettront de maîtriser tous les risques dès la conception de l'ouvrage par les mesures de prévention du risque et de gestion de l'incident.

Afin de circonscrire le tronçon concerné par la fuite, les chambres de sectionnement qui seront installées joueront un rôle sécuritaire en permettant d'isoler certaines parties du réseau de chaleur en cas de fuite ou de problèmes de maintenance.

Un système de détection par conduction électrique pourra être installé dans le réseau pour détecter toute fuite.

Le projet n'engendrera pas de dépossession du sol, mais l'établissement d'une servitude. En effet, l'accès aux conduites reste indispensable pour satisfaire aux impératifs de maintenance ou des interventions ponctuelles en cas d'avarie. Il est donc nécessaire de réserver une emprise au sol libre, vierge de tout bâti et végétation autre que superficielle.

Pour ce faire, en propriété privée, une servitude sera instaurée à l'aplomb des conduites et sur toute la longueur de leur tracé, interdisant les occupations du sol non compatible avec la présence de l'ouvrage, sur une bande d'une largeur de 5 m par rapport à l'axe central de l'ouvrage (2,5 m de part et d'autre du centre de la canalisation).

Une servitude d'utilité publique sera instaurée et reportée sur les documents d'urbanisme, actant des dispositions techniques et urbanistiques relatives à l'ouvrage.

1.35.3. Impacts sur les eaux souterraines et superficielles

En phase d'exploitation, les potentiels impacts pour les eaux superficielles sont nuls puisqu'il n'y aura pas de rejet d'eau dans le sol/nappes. En cas de fuite, une pollution « thermiques » des eaux superficielles pourrait être possible car le fluide caloriporteur est une eau à 85°C.

Cependant, les mesures mises en place pour supprimer tout risque de contamination des sols et sous-sols, décrites dans la section 5.6.2 permettront également de prévenir un risque de pollution des eaux superficielles pouvant se produire.

IL n'y aucune incidence sur les eaux souterraines plus profonde car le réseau de chaleur est enterré à moins d'un mètre de profondeur.

1.35.4. Analyse des effets sur le milieu naturel

Impacts liés à la phase de travaux

Lors de la phase travaux, la qualité des sols peut être impactée de différentes manières :

- gestion de la terre excavée et importation des terres supplémentaires sur le(s) site(s).
- pollution accidentelle (défaillance matérielle ou humaine).

L'incidence des travaux du réseau sur les sols sera limitée à l'emprise du périmètre d'intervention et se traduira par l'excavation localisée et partielle des strates géologiques premiers mètres du sous-sol pour enterrer les conduites qui serviront à transporter les eaux chaudes et refroidies dans le réseau de chaleur. Les déblais et remblais liés aux excavations et terrassement nécessaires aux travaux de construction des bâtiments seront gérés par CORIANCE de sorte à n'entrainer aucune incidence négative sur les sols. Etant donné que les canalisations seront enterrées dans un milieu urbain dense, la faune et la flore sont très limitées, voire absentes. Les travaux n'auront pas d'incidence majeure sur le milieu naturel.

Impacts en exploitation

La circulation d'eau chaude dans les canalisations est susceptible d'augmenter très localement la température du sol par des phénomènes de conduction thermique. Les conduites étant enterrées dans un milieu urbains dense avec un environnement sonore bruyant, le bruit de l'écoulement du fluide caloriporteur en surface ne sera pas perceptible. Il ne devrait pas y avoir d'influence sur le milieu naturel.

1.35.5. Impacts sur le paysage

Le stockage des différents matériels nécessaires au chantier (canalisation, lit permettant la création des fonds de tranchées) ainsi que des engins et appareils de montage/levage sera susceptible de générer un impact visuel aux abords immédiats de la zone en travaux. La majorité du réseau étant construit sous voirie, les enrobés et les matériaux extraits lors de la réalisation des tranchés seront évacués et considérés comme des déchets.

Les déblais terreux sont directement entreposés dans les camions bennes qui suivront le chantier. L'évacuation sera immédiate dès lors que les bennes seront pleines.

Une attention particulière sera portée sur la disposition de ces différents éléments, afin de limiter l'impact paysager. De plus, les portions en travaux seront limitées à des sections d'au maximum 200 mètres. Ce phasage des travaux permettra de limiter au maximum les secteurs et les zones impactées simultanément.

De manière générale, le chantier sera conduit de manière à limiter l'impact visuel en stockant les déchets générés en bennes et en procédant à des nettoyages fréquents. Les terrains seront restitués dans un état similaire à l'état initial. Cela implique pour les chaussées la remise en place de l'enrobé de surface ou pour les terrains en herbes à la remise en place de la terre et du couvert végétal.

Ainsi, l'impact visuel de la construction du réseau de chaleur peut être qualifié de temporaire et de négligeable.

Dans le cas présent, au vu des impacts évalués précédemment, les mesures de réduction mises en œuvre sont les suivantes :

- Délimitation des emprises du chantier : l'ensemble des interventions sera délimité par des emprises bien définies lors de la préparation des travaux ;
- Limitation du développement des espèces exotiques envahissantes en phase chantier
- Adaptation de l'éclairage
- Modalités de circulation du site

1.35.6. Impacts liés au bruit aux vibrations

Impacts liés à la phase de travaux

Afin de limiter au maximum les nuisances sonores des chantiers lors des phases d'extension et de raccordement du réseau de chaleur, les mesures suivantes seront prises :

- planification des tâches « bruyantes » pour les effectuer durant les périodes de la journée les moins impactantes pour les riverains (uniquement en période diurne et de préférence pas avant 9 h),
- information auprès des riverains dans le cas d'une opération extrêmement bruyante, avec une indication de l'heure de début du travail et une durée estimée de la nuisance sonore,
- limitation des horaires d'ouverture et de fermeture de chantier (en général de 7 h à 18 h),
- Planification des livraisons de gros matériel intégrant les contraintes de trafic routier (éviter les heures de pointe).

Les impacts sonores des chantiers seront limités autant que possible par la mise en œuvre de plans de circulation, le respect d'horaires en accord avec les rythmes de vie des riverains et l'utilisation de matériel conforme aux normes. Dans ces conditions, ces impacts seront acceptables pour le voisinage.

Les entreprises auront l'obligation de respecter la réglementation en vigueur, relative à la prévention et à la limitation des nuisances sonores engendrées par les engins de chantier (articles L. 572-2 et suivants du code de l'Environnement, décret n° 95-79 du 23 janvier 1995 et arrêté interministériel du 22 mai 2006).

En phase chantier, les vibrations mécaniques pourraient être émises par les engins de terrassement et pourraient avoir un impact sur la santé des personnes les utilisant. Les entreprises auront l'obligation de respecter les valeurs seuils de vitesses vibratoires selon l'article R.4441-2 du code du Travail.

Impacts liés à l'exploitation du réseau de chaleur

Il n'y a aucun impact en terme vibratoire sur l'exploitation du réseau. L'ensemble des moyens de production seront équipés de dispositifs antivibratoires tel que des massifs d'inertie, des plots et des manchons anti- vibratiles.

1.35.7. Impact sur la qualité de l'air

Les rejets du réseau de chaleur sont quasi nuls. Les éventuels rejets sont liés aux phases de chantier. Les émissions seront principalement les poussières et les gaz à effet de serre des moteurs thermiques des véhicules et engins de construction. Des mesures de réduction similaires à celles prévues pour la construction de la centrale (section 5.6.8) seront prises.

Comme pour les phases de travaux de construction des puits géothermiques et de la centrale, le bilan des émissions de CO_2 lié aux moteurs thermiques est difficile à prévoir et à chiffrer. Les émissions en cours d'exploitation sont négligeables sur la durée de l'exploitation (véhicules légers pour intervention en sous-station). Les impacts principaux ont été estimés dans le bilan carbone évoqué dans le paragraphe 2.1.3.

En phase exploitation, les facteurs d'émissions suivants ont été considérés pour le bilan carbone :

- Facteur d'émission électricité : 0,030 t CO2/MWh

- Facteur d'émission gaz naturel : 0,242 t CO2/MWh

Les consommations ont été estimées sur la période de 2024 à 2047 permettant de définir les émissions suivantes :

- 6 218,43 t CO2 pour les PAC,
- 2 056,89 t CO2 pour la géothermie,
- 267,24 t CO2 pour les autres utilités,
- 3 322,66 t CO2 pour la production initial au gaz naturel.

Ceci correspond à un total de 11 865,22 t CO2.Les émissions liées à la production au biogaz ont été considérées nulles. Le scénario tout gaz correspond à une émission de 689099.84 tCO2 (Figure 154).

	Scénario tout gaz	Scénario avec nouvelle centrale géothermie & récupération sur STEP
Travaux	0 tCO2e	21799,21 tCO2e
Exploitation	689099,84 tCO2e	11865,22 tCO2e
Total	**689099,84 tCO2e**	**33664,43 tCO2e**

Figure 154 : Bilan carbone du projet de Garges

La différence des émissions sur une durée d'exploitation de 23 ans est de 655 435,41t CO2, soit 28 497t CO2 par an.

Le retour sur investissement CO2 du projet se fait donc sur moins d'un an.

1.35.8. Impact sur la circulation

Les travaux d'extension et de raccordement du réseau de chaleur vont engendrer des perturbations de la circulations routières. Le chantier fera l'objet d'une signalisation et d'un affichage conformes à la réglementation et aux usages applicables en matière de circulation urbaine, d'éclairage et de balisage de chantiers de travaux publics. Des mesures de déviations ou de circulation alternées seront mises en place pour minimiser au maximum l'impact sur la circulation.

1.36. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et compatibilité avec le SDAGE Seine-Normandie 2022-2027.

1.36.1. Le SDAGE Seine Normandie 2022-2027 remplace le SDAGE 2010-2015

Le SDAGE 2010-2015 comptait 44 orientations et 191 dispositions qui sont organisées autour de grands défis et leviers d'actions à savoir « les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux » (article L.212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de la Seine et des cours d'eaux côtiers normands. « Cette gestion prend en compte les adaptations aux changements climatiques » (article L.211-1 du code de l'environnement) et « la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole » (article L.430-1 du code de l'environnement).

Ces orientations fondamentales du SDAGE 2010-2015 étaient organisées en 8 défis et 2 leviers (eux-mêmes divisés en orientations et dispositions) :

- Défi 1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques
- Défi 2 : Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques
- Défi 3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses
- Défi 4 : Réduire les pollutions microbiologiques des milieux
- Défi 5 : Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future
- Défi 6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides
- Défi 7 : Gestion de la rareté de la ressource en eau
- Défi 8 : Limiter et prévenir le risque d'inondation
- 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 nouvelles orientations portent les mêmes fondamentaux, elles sont au nombre de cinq :

- La protection des milieux aquatiques et humides : orientation fondamentale 1.
- Les pollutions diffuses : orientation fondamentale 2
- Les pressions ponctuelles : orientation fondamentale 3
- La gestion de la ressource en eau : orientation fondamentale 4
    - Dont la disposition 4.6.3 : modalité de gestion de l'Albien-Néocomien captif
    - Dont l'orientation 4.7.1 : assurer la protection des napes stratégiques
- La mer et le littoral : orientation fondamentale 5

La disposition n° 4.6.3 définit les modalités de gestion de la masse d'eau souterraine FRHG218 (ou Entité hydrogéologique nationale n°127 ou n°127AA et 127AG) Albien Néocomien captif. La nappe de l'Albien et la nappe sous-jacente du Néocomien doivent être exploitées de manière à assurer impérativement leur fonction de secours en AEP (alimentation en eau potable). Un certain nombre de prescriptions applicables aux prélèvements dans cette nappe sont définies, qui ne concernent pas le projet géothermique de Garges-lès-Gonesse puisque ce n'est pas la ressource de l'Albien-Néocomien qui est visée.

En revanche la disposition 4.7.1 indique qu'il faut justifier dans les dossiers des moyens de prévention, d'alerte et de réduction d'impact permettant de réduire le risque de pollution à un niveau acceptable. Ainsi, les travaux de forage traverseront ces aquifères induisant de ce fait un

risque d'atteinte à sa qualité. Le programme de forage, et plus particulièrement le programme de boue sera adapté (la densité de la boue est contrôlée en permanence en cours de forage) pour éviter tout risque de perte du fluide de forage au cours de la traversée de l'aquifère de l'Albien et du Néocomien. Cette remarque vaut également pour la traversée des autres aquifères rencontrés au cours du forage.

D'autre part, en cours d'exploitation, les dispositions techniques de conception et le suivi des puits permettent de supprimer le risque de pollution de l'aquifère : mise en place d'un double cuvelage cimenté, au droit de l'aquifère de l'Albien et Néocomien, et diagraphies réglementaires de contrôle de l'état des tubages nominalement tous les 3 à 5 ans pour les deux puits.

1.36.2. Le SAGE concerné

Le site retenu pour l'implantation de la centrale géothermique se situe à la limite entre les bassins versants de Vieille Mer et du Croult et dépend du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de Croult – Engien – Vieille Mer (CEVM) (Figure 155).

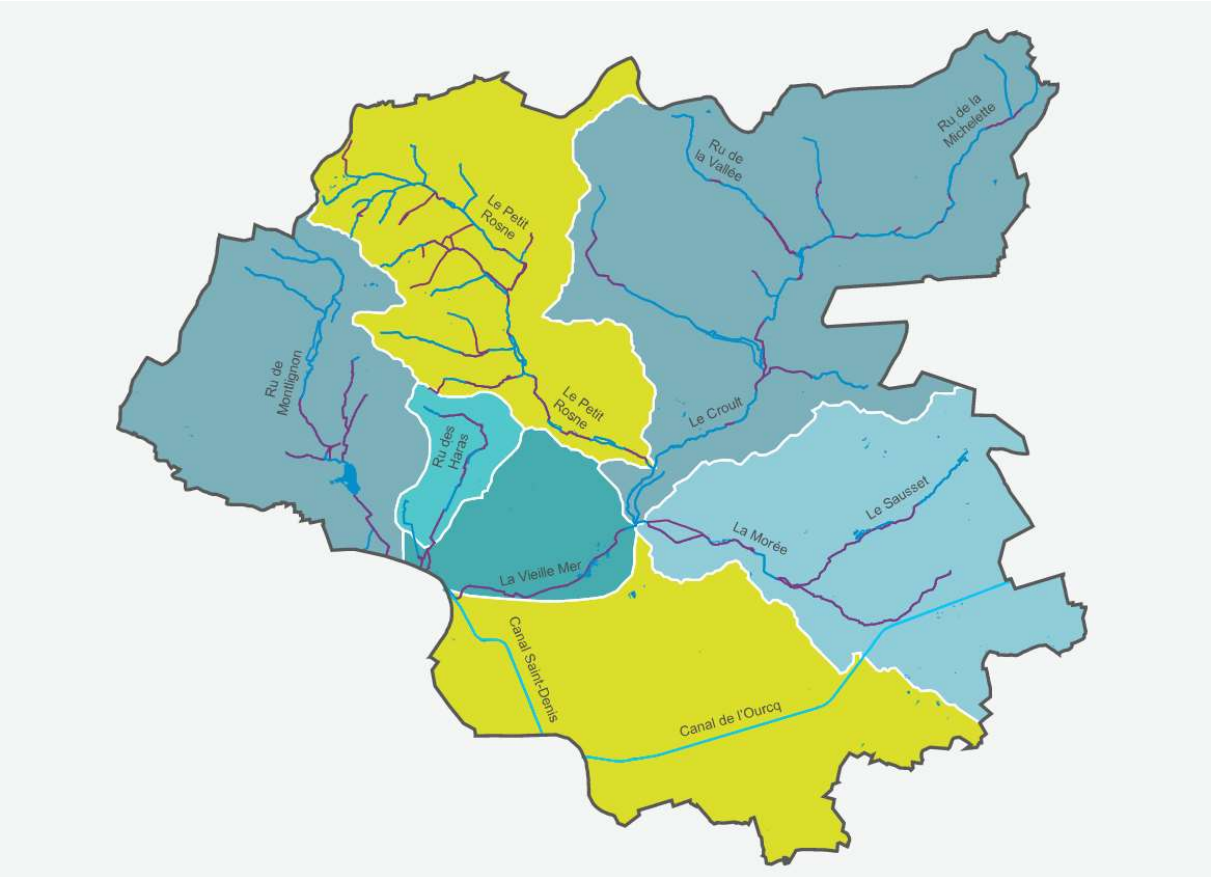


Figure 155 : carte des courants du SAGE Croult Enghien Vieille Mer

1.36.3. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eaux souterraines et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact

En résumé, les principales mesures, décrites dans les paragraphes ci-après, sont les suivantes :

- en cours de forage, la formulation et la rhéologie des boues (mixte bentonitique et polymères cellulosiques à densité faible) ne présentent aucun danger pour les formations aquifères. En phase d'exploitation, l'intégrité de ces aquifères est garantie par la double protection tube et complétion,
- le suivi règlementaire de la boucle géothermale et des tubages, effectué pour la DRIEAT, (diagraphies différées d'inspection, traçage à l'eau douce) permet de déceler les indicateurs précurseurs de fuites/venues d'eaux,
- enfin, la pratique, au départ de l'exploitation, de l'inhibition chimique du puits producteur jusqu'au puits d'injection permet de se prémunir contre les dommages causés par la thermochimie corrosive et incrustante hostile du fluide géothermal, comprenant une phase gazeuse dissoute enrichie en CO_2 et H_2S.

1.36.4. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les eaux souterraines et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact

Les opérations de forage nécessitent la mise en contact des terrains avec la boue de forage destinée à remonter les déblais du forage, maintenir les parois du trou et refroidir les différents éléments de garniture de forage (outil, masses tiges et tiges).

Les besoins normaux (en l'absence de pertes) en eau, nécessaires à la fabrication de la boue et la compensation des pertes en eau dans le forage sont évalués suivant les terrains traversés. Cette boue est composée d'eau et d'argile naturelle inerte (bentonite). Sa rhéologie est adaptée à la lithologie des terrains traversés dans le but de limiter au maximum les infiltrations de boue dans les terrains traversés.

Les boues sont soit constituées d'eau et de bentonite (argile naturelle), soit de polymères biodégradables. Elles ne constituent donc pas un risque de pollution pour les aquifères traversés.

Le déroulement des travaux de forage par phases successives de forage, puis de pose de tubages cimentés à l'avancement, limite les possibilités de mise en communication entre aquifères.

Durant la réalisation du forage

Les opérations de forage nécessitent la mise en contact des terrains avec la boue de forage destinée à remonter les déblais du forage, maintenir les parois du trou et refroidir les différents éléments de garniture de forage (outil, masses tiges et tiges).

Les besoins normaux (en l'absence de pertes) en eau, nécessaires à la fabrication de la boue et la compensation des pertes en eau dans le forage sont évalués suivant les terrains traversés. Cette boue est composée d'eau et d'argile naturelle inerte (bentonite). Sa rhéologie est adaptée à la lithologie des terrains traversés dans le but de limiter au maximum les infiltrations de boue dans les terrains traversés.

Les boues sont soit constituées d'eau et de bentonite (argile naturelle), soit de polymères biodégradables. Elles ne constituent donc pas un risque de pollution pour les aquifères traversés.

Le déroulement des travaux de forage par phases successives de forage, puis de pose de tubages cimentés à l'avancement, limite les possibilités de mise en communication entre aquifères.

Mesures préventives pour limiter les risques de fuite durant l'exploitation

- **Conception des puits**

Les processus de corrosion constituent un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages et donc de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, en particulier celui de l'Albien. Au droit de cet aquifère, un double tubage est mis en place et l'espace annulaire est cimenté afin de constituer une barrière étanche et minimiser ainsi le risque de perforation des cuvelages.

- **Suivi réglementaire de l'exploitation des eaux du Dogger**

Le suivi technique de l'exploitation a pour but de prévenir et réduire les possibilités de contamination des eaux superficielles et souterraines.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques du fluide géothermal, ainsi que le suivi du traitement inhibiteur de corrosion permettent de prévenir toute variation du comportement thermochimique du fluide de nature à amplifier les phénomènes de corrosion.

Les mesures directes de corrosion sur coupons témoins immergés dans l'eau géothermale, réalisées à périodicité trimestrielle, permettent de suivre l'évolution des phénomènes.

Le suivi des caractéristiques des ouvrages producteur et injecteur (productivité/injectivité) permet de déceler l'apparition d'une fuite en dessous du niveau du sol.

- **Suivi**

Le suivi et l'enregistrement journalier par l'exploitant des paramètres de la production et de l'injection permettent d'identifier les premiers indices d'apparition d'une fuite, notamment :

- la variation de débit de production,
- la variation de température de production,
- la variation de pression d'injection,
- la variation de fréquence de fonctionnement des pompes.

Ces indices peuvent également être validés pas la mise en place d'une télémétrie optique incorporée à la ligne d'inhibiteur chimique de fond de puits (TAI) (Figure 156).

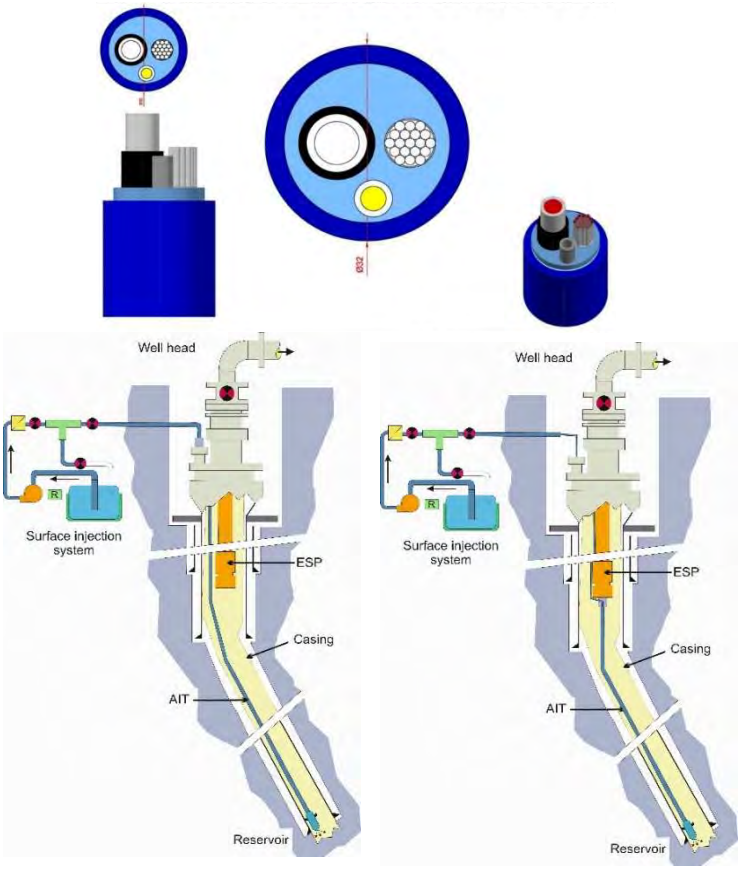


Figure 156 : Principe et illustration du TAI : tube de traitement inhibiteur en fond de puits.

- **Traitement anticorrosion**

La mise en place d'un traitement inhibiteur en fond de puits producteur (Cf. Figure 156) permettra de protéger et sécuriser l'ensemble de la boucle géothermale (puits producteur + boucle de surface + puits injecteur) contre les phénomènes de corrosion inhérents à l'exploitation de l'aquifère du Dogger. Les vitesses de corrosion enregistrées à présent sont nettement inférieures aux cinétiques corrosives mesurées avant traitement.

- **Contrôle de l'état interne des tubages**

Un contrôle direct des tubages est effectué règlementairement tous les 5 ans sur les puits producteurs et 3 ans sur les puits injecteur, par diagraphies différées, aux fins de contrôle de l'état de surface ainsi que de l'épaisseur des tubages. Ces mesures permettent de calculer la vitesse de dégradation des tubages et d'anticiper les opérations de rechemisage éventuelles (installation d'un tubage de plus petit diamètre dans un tubage existant endommagé).

- **Travaux d'entretien des puits**

Les travaux de nettoyage des puits réalisés tous les 10 à 15 ans en moyenne permettent d'éliminer les dépôts qui se sont formés sur les tubages et qui peuvent « cacher » des endommagements. Lors de ces travaux des tests complémentaires aux diagraphies décrites ci-dessus peuvent être réalisés :

- test sous pression,

- débitmétrie.

Une aire de maintenance de 2500 m^2 sera maintenue autour des têtes de puits afin de faciliter les interventions lourdes (workover) sur les ouvrages.

Procédures mises en place en cas de fuite

Le risque maximal consiste en une perforation du tubage au niveau d'un aquifère capable d'absorber le débit artésien du puits.

En cas de fuite entraînant une sortie d'eau géothermale du puits producteur, la procédure suivie consiste, dès constatation de la fuite, à augmenter au maximum le débit d'exploitation de façon à abaisser la pression à l'intérieur du tubage en dessous de la pression statique de l'aquifère au niveau de la fuite. Cela provoque une entrée d'eau de l'aquifère dans le puits et évite la sortie d'eau géothermale du puits. Ainsi on limite la pollution de l'aquifère rencontrée dans l'attente de la réalisation des travaux de réparation.

En cas de fuite sur le puits injecteur, l'exploitation du doublet est arrêtée et un bouchon de type *bridge plug* (BP) est mis en place sous la fuite dans un délai de 72 heures. La fuite se trouve donc isolée pendant la préparation des travaux de réparation.

Les cotes et débits de fuite seront établis soit par traçage chimique, soit par mesure directe (thermométrie/débitmétrie), soit par tests de pressurisation sous *packer.*

La réparation peut alors être effectuée de plusieurs manières :

- *Casing patch* si la configuration de l'ouvrage le permet,
- Re-chemisage de la partie endommagée.

Si malgré, l'ensemble des mesures prises pour la prévention et la suppression des fuites, un volume d'eau (conséquent) du Dogger avait quand même pu se déverser dans un aquifère d'eau potable (avant la réparation de la fuite) il faut rappeler que l'étude ADEME-BRGM réalisée en 1994 a permis d'évaluer la toxicité des eaux du Dogger et d'évaluer les conséquences d'une éventuelle pollution des eaux potables.

Il en ressort que lors d'une pollution d'eau potable par l'eau du Dogger, la première manifestation est gustative avec une forte augmentation de la teneur en NaCl, espèce qui n'est pas considérée comme toxique ou indésirable. Lorsque la proportion en eau géothermale augmente, la pollution provient des teneurs en sulfures et en hydrocarbures dissous puis des métaux toxiques. L'eau du Dogger est impropre à la consommation ainsi qu'au développement d'organismes aquatiques. Les additifs de traitement de cette eau injectés en très faible quantité, ne présentent pas de danger direct pour la consommation humaine. Les fiches techniques et toxicologiques des produits utilisés indiquent un danger de pollution écologique du milieu aquatique pour de fortes concentrations. Ces produits, injectés à une concentration d'environ 2 à 5 mg/l, réagissent dans le milieu et leur action neutralise la majeure partie des effets nocifs.

Afin de mettre en sécurité une poche contaminée par une nappe profonde il faudrait alors :

- Extraire la poche de contamination par un puits débouchant sur la nappe (après définition du panache de pollution, qui se déplace à la vitesse naturelle de la nappe polluée

Ou

- Déplacer la poche de contamination par le déploiement d'un réseau de puits judicieusement choisis afin de l'éloigner d'un captage d'eau potable.

Le cheminement de la poche serait alors enregistré par des variations de pression et de composition de la nappe. L'administration DRIEAT devra alors être informée au fur et à mesure des opérations.

1.36.5. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les eaux de surface et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact

Rappel : les objectifs fixés dans le SDAGE pour ce type de projet sont :

- La réduction des rejets au réseau d'assainissement ;
- Éviter la pollution par ruissellement ou érosion incontrôlée (notamment en période de précipitation) ;
- La réduction de l'impact des rejets et des nuisances (polluants, pesticides, odeur, turbidité…)

On rappellera également que plusieurs secteurs du périmètre du SAGE sont vulnérables au risque d'inondation. Diminuer la vulnérabilité au risque et gérer les ruissellements seront donc des mesures importantes à poursuivre afin de limiter le risque d'inondation.

Le cadre général est fourni par le double concept de la mise en œuvre des meilleures technologies disponibles à un coût économique acceptable et la prise en compte du milieu récepteur. Il faut développer des mesures préventives visant à réduire des pollutions potentielles et à prévenir des pollutions accidentelles.

Une politique transparente d'élimination des déchets en centres spécialisés doit être mise en place en portant une attention particulière à l'élimination des boues de curages et des déchets potentiellement dangereux à l'environnement. Une prise en compte globale de réduction des déchets à la source et des problèmes connexes de l'épuration doit être menée (bruit, abord, odeurs).

L'article L1331-10 du Code de la Santé Publique impose d'avoir une autorisation pour déverser des effluents autres que domestiques dans les réseaux communaux.

Le respect de la composition chimique et les teneurs maximales en composés de tout fluide rejeté au réseau conformément aux prescriptions du SDAGE est l'une des conditions à l'obtention d'une convention de déversement dans le réseau d'assainissement communal.

Impact des travaux sur les eaux de surface

Une nouvelle dalle en béton imperméable sera créée afin d'accueillir la machine de forage. L'aménagement de rigoles et canalisations au sein et à la périphérie de la plateforme éviteront tout risque de débordement de fluides sur le terrain. Enfin un géotextile de protection sera installé dans le sol, sur les parties non recouvertes par la dalle béton.

Les produits chimiques et la cuve de fioul seront stockés sur des bacs de rétention. Lors du forage des puits, la pression artésienne du puits est constamment maitrisée par la densité de la boue et par le BOP (Bloc Obturateur de Puits), équipement installé en tête de puits qui permet la fermeture du puits en urgence et de maîtriser l'éruption naturelle du fluide. Les fluides sont ensuite dirigés vers des bacs de traitement.

Mesures préventives pour limiter les risques de fuites durant l'exploitation

- **Impact des opérations sur puits**

Lors d'opération de maintenance sur les puits, les puits sont mis en sécurité. Le bloc obturateur de puits est fermé, la vanne maîtresse est fermée (*kelly valve*) ainsi que l'ensemble des vannes du manifold. Dans les autres cas de figure, les mesures et dispositions de contrôles d'éruption s'appliquent (voir paragraphe ci-dessous **Scenarii d'apparition des fuites**).

- **Contrôle de l'exploitant**

Un contrôle visuel de la corrosion externe est réalisé quotidiennement par l'exploitant de surface et à l'occasion du suivi trimestriel par le maître d'œuvre sous-sol.

- **Suivi réglementaire de l'exploitation des eaux du Dogger Coupons pour tubes et/ou pour canalisations de surface**

Le suivi technique de l'exploitation a pour but de prévenir et réduire les possibilités de contamination des eaux superficielles et souterraines.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques du fluide géothermal, ainsi que le suivi du traitement inhibiteur de corrosion permettent de prévenir toute variation du comportement thermochimique du fluide de nature à amplifier les phénomènes de corrosion.

Les mesures directes de corrosion sur coupons témoins immergés dans l'eau géothermale, réalisées à périodicité trimestrielle, permettent de suivre l'évolution des phénomènes.

Le suivi des caractéristiques des ouvrages producteur et injecteur (productivité/injectivité) permet de déceler l'apparition d'une fuite en dessous du niveau du sol.

- **Traitement anti-corrosion**

La mise en place d'un traitement inhibiteur en fond de puits producteur (Cf. Figure 156) permettra de protéger et sécuriser l'ensemble de la boucle géothermale (puits producteur + boucle de surface + puits injecteur) contre les phénomènes de corrosion inhérents à l'exploitation de l'aquifère du Dogger. Les vitesses de corrosion enregistrées à présent sont nettement inférieures aux cinétiques corrosives mesurées avant traitement.

Les produits inhibiteurs de corrosion classiquement utilisés sont de type Amine filmante et Ammonium quaternaire. Ils doivent être manipulés avec les précautions d'usage (gants, lunettes) ; une douche et un rince-œil sont présents à proximité de la cuve de stockage. Une armoire à pharmacie contenant les produits de première urgence (notamment une lotion lacrymale) est située à côté de la cuve de produit. La fiche de sécurité, connue du personnel, précise les dispositions à prendre en cas de contact avec le produit ainsi que les numéros d'urgence à appeler si nécessaire. Enfin, cette cuve est elle-même contenue dans un bac de rétention de capacité identique pour éviter que le produit soit répandu sur le sol en cas de fuite de la première enceinte.

Les produits anticorrosion sont injectés à faible concentration (3 à 5 ppm) et asservi au débit géothermal afin de maîtriser le volume injecté. A ces concentrations, il ne présente pas de risque majeur pour l'environnement, d'autant plus que leur principe actif est en partie neutralisé dans l'eau géothermale.

L'eau géothermale étant polluante, l'utilisation de produit inhibiteur de corrosion présente un réel intérêt vis-à-vis de la protection de l'environnement en réduisant la fréquence des fuites.

- **Conception des puits**

Le risque de fuite à faible profondeur et de remontée d'eau géothermale vers la surface est extrêmement faible. En effet, sur les cinquante premiers mètres sous le sol, les puits sont équipés de quatre tubages pour le puits producteur (30'', 20'', 16'' et 10''3/4) et de quatre tubages pour le puits injecteur (30'', 20'', 16'' et 10''3/4). De plus les espaces entre la formation et le tubage et entre les tubages sont cimentés. Le risque de percement et de remontée d'eau vers la surface est donc quasiment inexistant.

Procédures mises en place en cas de fuite

- **Scenarii d'apparition des fuites**

Les fuites peuvent survenir sur :

- Les canalisations de la boucle géothermale (souterraine ou aérienne) ;
- Les têtes de puits ;
- Les tubages souterrains et remonter par canalisation (channeling) dans les caves de têtes de puits.

Les canalisations de la boucle géothermale étant en acier, le risque de rupture est faible. Il s'agit en général de percements sur des bras morts (portions de conduites où il n'y a pas de circulation en continue d'eau géothermale). Lorsqu'une fuite se produit, la centrale géothermique est arrêtée, l'exploitant intervient et avertit le maître d'œuvre sous-sol si besoin. L'arrêt automatique de la centrale géothermale en cas de fuite sur la boucle de surface et le service d'astreinte de l'exploitant permettent de réduire au minimum les volumes d'eau géothermale répandue en surface.

Les têtes de puits, installées dans des caves souterraines maçonnées, seront équipées d'un double système de fermeture, une vanne maîtresse manuelle qui pourra être manœuvrée en surface via une rallonge et une vanne papillon motorisée qui pourra être commandée à distance. La fermeture de ces deux vannes supprimera la fuite et sécurisera l'ensemble de l'installation. La présence de deux vannes permet d'assurer la fermeture en cas de dysfonctionnement de l'une d'entre elles. Les têtes de puits seront aussi équipées d'au moins deux piquages permettant

d'injecter de la saumure pour neutraliser l'artésianisme du puits. Au moins un piquage sera situé sous la vanne maîtresse.

Lorsque le percement survient sur une tête de puits, on distingue les cas d'une fuite au-dessus de la vanne maîtresse et en-dessous. Dans le cas d'une fuite au-dessus de la vanne maîtresse, on retrouve la situation d'une fuite sur une canalisation de surface, la fermeture des vannes permet de supprimer la fuite.

Dans le cas d'une fuite sous la vanne maîtresse, la fuite est qualifiée d'éruption et une procédure particulière, développée au paragraphe suivant « Intervention anti-éruption », doit être mise en œuvre. Enfin, les tubages souterrains peuvent aussi subir une corrosion (interne ou externe), à faible profondeur provoquant une fuite qui remonte vers la surface via l'espace entre les tubages ou entre la formation et le tubage. Ce type de fuite est aussi qualifié d'éruption car on subit une venue d'eau incontrôlable en surface.

Avant la maîtrise de la fuite, l'eau s'écoulera vers le réseau d'assainissement et éventuellement sur le terrain entourant les têtes de puits, où elle sera absorbée. En cas de forte fuite d'eau, l'eau non absorbée se dirigerait vers le terrain vague en contrebas où elle serait absorbée. Les dégagements de gaz, initialement dissous dans le fluide géothermal, seront rapidement dilués dans l'atmosphère et la présence d'H_2S (gaz toxique) à une concentration supérieure à 20 ppm pourra être détectée grâce à des capteurs placés autour de la zone de fuite.

- **Risque maximal de fuite**

Le risque maximal consiste en un arrachement complet de la tête de puits producteur ou injecteur et une fuite au débit artésien du puits (estimé à 95 m^3/h dans le cadre du projet). Ce débit pourra être pompé par les pompes vide cave dans l'attente de moyen d'intervention afin de ne pas inonder la cave.

- **Intervention anti-éruption**

En cas d'éruption sur les têtes de puits (Figure 157) le délai d'intervention de l'entreprise titulaire des contrats anti-éruption, est généralement de 4 heures pour le déplacement du personnel d'astreinte sur le site et établissement du diagnostic puis de 8 heures pour l'amenée des équipements nécessaires au contrôle de l'éruption (groupe de pompage, flexible d'évacuation, dispositifs de serrage/étanchéité/coiffage) conformément aux scénarii de fuite et protocoles d'astreinte/intervention.

L'eau géothermale remplit d'abord la cave puis est évacuée par une pompe de relevage via le raccordement existant entre les installations géothermiques et le réseau d'assainissement.

Une fois le diagnostic établi, le puits est neutralisé par injection de saumure et la fuite est contrôlée par injection de colmatant.

Figure 157 : Image d'une éruption en tête de puits et du dispositif mis en place pour la répare

6. DOCUMENT DE SANTÉ ET DE SÉCURITE

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

La société Coriance réalisera un Plan de Prévention et de Secours (PPS) pour la période des travaux, puis un PPS spécifique à la phase d'exploitation (voir un exemple de PPS de Coriance en Annexe 8). 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 concessionnaire prendra ses dispositions pour organiser la mission de coordination de la sécurité santé sur le site.

Les PPS seront constitués des Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) de chacune des entreprises intervenant sur le site en phase de travaux ou en phase d'exploitation.

Les PPSPS définiront :

- Les intervenants ;
- L'organisation des travaux ;
- L'impact sur l'environnement ;
- Les règles de sécurité ;
- L'analyse et la prévention des risques.

Coriance vérifiera l'existence de ces documents et leur application. Un exemplaire du Plan de Prévention sera communiqué avant le début des travaux aux administrations concernées.

1.37. Document de sécurité et de santé durant les travaux

Les travaux de forage sont soumis au Règlement Général des Industries extractives (décret n°80-331 du 7 mai 1980) et au Règlement de sécurité des travaux de recherche et d'exploitation par sondages des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux (décret n°62-725 du 27 juin 1962).

En outre, l'entité exploitante[1] 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 qui stipule :

« 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. ».

1.38. Sécurité du public

Le terrain concerné par les travaux sera clos et interdit d'accès au public. Préalablement aux travaux, la ville de Garges-Lès-Gonesse en lien avec Coriance pourra mettre en place des actions

[1]Est réputé exploitant au sens de l'article 26 du chapitre II du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains, le titulaire ou l'un des cotitulaires, nommément désigné, d'un titre minier ou d'un titre de stockage souterrain ou, en l'absence d'un tel titre, la personne qui entreprend les travaux ou utilise les installations mentionnées à l'article 25 de ce décret.

d'informations destinées au public et aux riverains. Par exemple une réunion publique d'information sur le projet pourra être organisée afin de présenter le projet ainsi que les impacts de ce dernier sur la vie des habitants (plan de circulation, bruits, impacts paysagés…).

Lors du déroulement des travaux, le public pourra être exposé à des risques liés principalement :

- À une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier ;
- À une augmentation du niveau sonore 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 ;
- Au mât de l'appareil de forage ;

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

- Concernant les réseaux présents au droit du site, la ville devra lancer une Demande de Renseignement (DR) auprès de tous les concessionnaires concernés, afin d'identifier au droit des futurs sites d'implantation des chantiers de forage, les plans de tous les réseaux enterrés (conduites de gaz, téléphone, réseaux d'assainissement, réseau d'eau potable...).
- Avant le début de chacun des chantiers, les entreprises chargées du terrassement et de la réalisation des forages procéderont à une demande de renseignements et à une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) afin de localiser d'éventuels réseaux présents sur le site et ainsi éviter tout endommagement.

1.38.1. Circulation des véhicules

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 contrôlé 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 plate-forme.

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.

Importance du trafic en relation avec les travaux

L'amené et le repli de l'appareil de forage s'effectuera par convoi exceptionnel.

En dehors des phases d'amené et de repli des équipements de forage, le nombre de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plate-forme 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, 1 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 supervision (10 à 15 rotations par jour).

Circulation des véhicules sur la plate-forme

L'accès du public au chantier sera réglementé et soumis à l'accord préalable du concessionnaire et du Maître d'Œuvre (sauf autorités administratives compétentes forces de police et sapeurs-pompiers).

Des véhicules légers dûment habilités seront amenés à accéder à la plate-forme. 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.

1.38.2. Bruits de chantier

Le bruit occasionné par le matériel de forage est soumis aux réglementations suivantes :

- La réglementation du bruit des matériels et engins de chantier (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie – Service de l'environnement industriel – Février 1980) ;
- Les consignes de sécurité forage (Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production en Pétrole et Gaz Naturel).

L'ensemble du personnel appelé à travailler sur le site sera donc amené à respecter les dispositifs de prévention et de protection individuels prévus dans ces textes.

Lors des opérations de forage, l'augmentation du niveau sonore sera due principalement :

- Aux moteurs diesel du groupe électrogène si la connexion /transformation (module SCR) au réseau MT n'est pas possible.
- Aux chocs entre les pièces métalliques lors des manipulations et manutentions des tiges de forage au niveau du plancher de travail ou du parc de stockage des tubulaires.

Les équipements utilisés seront insonorisés par capotage.

Concernant les bruits de manutention, des recommandations spécifiques seront données au personnel, afin d'éviter au maximum le choc entre des pièces métalliques.

1.38.3. Production d'eau ou de gaz géothermaux

Pour éviter toute production accidentelle d'eau chaude et/ou de gaz, la tête de puits sera équipée en permanence, pendant les phases de forage de niveaux potentiellement éruptifs, d'obturateurs de sécurité (Bloc d'Obturation de Puits - BOP), permettant une fermeture d'urgence en toutes circonstances.

Dans le cas d'une production de fluide après fermeture de l'obturateur annulaire, un piquage latéral placé sur la tête de puits permettra d'injecter sous pression de la boue ou de la saumure de densité appropriée afin de contrôler l'artésianisme du puits.

Par ailleurs, les volumes des bacs à boue seront contrôlés en permanence et des détecteurs de gaz seront installés par la société de forage ou de mud-logging sur le circuit de boue à la sortie du puits (conformément à la législation en vigueur) pour identifier immédiatement toute émanation de gaz.

1.38.4. Stockage de produits divers

Aucun produit toxique ne devra être utilisé sur le chantier. Les fluides de forage (« boues ») seront élaborés à partir d'eau douce additionnée de bentonite (argile naturelle) et de polymères biodégradables.

Sur le chantier, les carburants et les huiles seront stockés conformément à la législation en vigueur. Les huiles de vidange des moteurs seront récupérées et évacuées pour être traitées par des organismes spécialisés.

Le fuel sera stocké dans un réservoir aérien, soit équipé d'une double paroi, soit doté d'un bac de rétention de capacité au moins équivalente. 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…).

1.38.5. Accès au site

Accès des personnes non autorisées

Le chantier sera balisé, clos (grillage ou bardage périphérique de 2 mètres de hauteur) et interdit au public par voie d'affichage (panneaux). 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.

Compte tenu du fonctionnement continu du chantier et de la présence permanente de personnel et de superviseurs, le risque d'intrusion sera minime.

Sécurité des visiteurs autorisés

Un parking visiteur sera installé à l'extérieur de la plate-forme de travail. Les visiteurs autorisés (nombre limité) seront obligatoirement accompagnés par un responsable du chantier (maître

d'ouvrage, entreprise ou maître d'œuvre) et informés des consignes de sécurité. Ils ne pourront se déplacer que dans les secteurs autorisés après avoir pris connaissance des instructions.

1.38.6. Infrastructures de chantier

L'appareil de forage constitue un obstacle aérien. Il sera peint et balisé (éclairage de nuit) conformément aux prescriptions de l'aviation civile, après leur accord concernant les travaux.

En ce qui concerne la prise au vent du mât de forage, il est à noter selon le site meteo-paris.com que l'Ile-de-France n'est pas réputée pour être une région très venteuse. Les vents dominants soufflent du sud-ouest, surtout en hiver et en automne. Les vents du nord-est (bise) sont également assez fréquents, notamment en hiver et en été. En revanche, les vents ne viennent que très rarement du sud-est. Il ne s'agit bien souvent que de phases très temporaires (avant une perturbation).

Le Tableau 46 présente les vitesses de vent mesurées (en km/h) à la station du Bourget de 1990 à 1999 (données extraites du site de Météo France), et les vitesses de vent en Ile-de-France pour les périodes de retour moyennes de 5, 10, 25 et 50 ans.

Tableau 46 : Vitesse de vent et période moyenne de retour en Ile-de-France (Source : site internet meteo-paris.com).

Le Bourget	137	130	115	94	112	122	101	104	90	108	122	148	148
	1990	**1990**	**1986**	**2000**	**1999**	**1991**	**1984**	**2001**	**2002**	**2000**	**1984**	**1999**	**1999**
Ile de France (période moyenne de retour)	119	126	140	151	km/h								
	5 ans	**10 ans**	**25 ans**	**50 ans**									

Ces données seront utilisées lors de l'étude d'avant-projet pour calculer la résistance au vent de la tour de forage (mât et sous-structure).

1.38.7. Protection de la santé du personnel sur le chantier

Le présent chapitre concerne les dispositions en matière de sécurité et de protection de la santé prises en application de l'article 28 du décret 2006-649 qui stipule :

« 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. ».

1.38.8. Mesures et éléments de prévention

Registre de sécurité

Pendant la totalité des travaux de forage, un registre de sécurité sera tenu à jour et à la disposition de l'Administration.

Les administrations et services suivants seront prévenus de l'existence du chantier et du démarrage des travaux, au moins une semaine avant la date de leur démarrage :

- DRIEAT Ile-de-France ;
- Mairie de Garges-Lès-Gonesse ;
- Préfecture et sous-préfecture du Val d'Oise ;
- 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.

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. Cette formation sera notamment obligatoire pour le personnel suivant :

- Les salariés venant d'être embauchés ;
- Les salariés changeant de poste ;
- Les salariés changeant de technique ;
- Les travailleurs temporaires auxquels l'entreprise aura éventuellement fait appel ;
- Les salariés prenant leurs activités après un arrêt de plus de 21 jours.

Ces informations porteront entre autres sur les consignes de sécurité ci-après :

- Les consignes en cas d'incendie ;
- Les consignes en cas de venue ou de perte du fluide de forage ;
- Les consignes en cas d'accident grave ;
- Les consignes en cas de présence de sulfure d'hydrogène ;
- Les 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 plate-forme 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…).

L'affichage des consignes de sécurité s'adressera en priorité au personnel présent sur le site.

Les documents suivants seront affichés dans le bureau du Chef de chantier :

- Un plan de masse de l'appareil de forage ;
- Le plan des têtes de puits ;
- La pression maximale admissible dans l'espace annulaire ;

- La pression maximale de refoulement des pompes de forage selon les diamètres des chemises ;
- Un plan des moyens de lutte contre l'incendie ;

La liste des noms des personnes et des services à contacter en cas d'accident :

- Les pompiers ;
- Les services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
- Le Préfet ;
- La DRIEAT ;
- Les services du concessionnaire ;
- Les services de l'Entrepreneur.
- Contact ayant un plan des issues de sécurité en cas de venue de sulfure d'hydrogène.

Un affichage spécifique sera mis en place pour interdire l'accès du site aux personnes non autorisées ainsi que pour informer la population sur la durée et l'objet des travaux.

Conformément à l'article 33 du titre « Forage » du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE), au moins un titulaire d'un brevet de secourisme sera présent sur le chantier de forage pendant toutes les périodes d'activité.

1.38.9. 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.

Une aire de stockage, avec des bacs de rétention pour les produits inflammables sera délimitée en un lieu sûr, avec une signalisation appropriée et en particulier l'interdiction de fumer à proximité.

Les Pompiers de Paris interviendront selon leurs procédures.

1.38.10. Protection contre le sulfure d'hydrogène

Risque – H_2S

Le sulfure d'hydrogène (H2S) présente deux risques pour l'homme (Fiche sécurité en Annexe 9) :

- L'incendie : gaz extrêmement inflammable ; les limites d'explosivité en % de volume dans l'air sont de 4 pour la limite inférieure, de 6 pour la limite supérieure ; si nécessaire, les Pompiers de Paris interviendront selon leurs procédures ;
- En termes de pathologie : les effets observés sont principalement liés aux propriétés irritantes et anoxiantes de ce gaz.

Ce gaz étant soluble dans l'eau, le fait de travailler à la boue limite les émanations lorsque le gaz est en faible concentration, ce qui est le cas dans l'eau du Dogger. D'autre part, le sulfure d'hydrogène en milieu basique (pH>8) reste dissous dans la boue et, sauf venue d'eau géothermale importante, le pH de la boue sera toujours supérieur à 8 pendant les phases de forage.

Mesures de prévention

Un appareil de détection en continu du sulfure d'hydrogène comprenant au moins 3 capteurs fixes reliés à des alarmes sonores et visuelles sera installé en tenant compte de la configuration des lieux et de la zone spécifique de danger définie par les articles RG29 et RG30 du règlement général des industries extractives. Le seuil d'alarme sera réglé sur 10 ppm. Deux appareils portatifs seront également disponibles sur le chantier.

Un minimum de 12 masques à gaz individuels munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène seront disponibles en permanence.

Deux appareils respiratoires autonomes avec bouteille d'oxygène de rechange seront à la disposition du personnel.

Une manche à air sera mise en place en un lieu visible de tous les points du chantier.

Au cas où un bouchon gazeux se manifesterait, le puits serait immédiatement fermé (obturateur) et la société de forage procéderait à une évacuation contrôlée du bouchon à très faible débit.

Au cours de la période des travaux de forage, des émanations d'hydrogène sulfuré (H2S) pourront se produire au cours des tests de production réalisés à la fin de chaque puits. Lors de ces tests le fluide géothermal est en effet produit en surface sur une durée comprise entre 24 et 48 heures. Afin de réduire les nuisances olfactives de l'H2S (odeur « d'œufs pourris » à faible concentration dès 1 ppm) et de supprimer les risques liés à la toxicité du gaz à partir de concentrations plus élevées (100 ppm) lors des opérations de stimulation du réservoir par injection d'acide, une chaîne de neutralisation de l'H2S, exigée dans le cadre de l'arrêté préfectoral relatif à l'autorisation d'ouverture des travaux, sera mise en place (neutralisation de l'H2S par injection d'un oxydant puissant, type Eau de Javel ou équivalent). Elle comportera la mise en place de ventilateurs aux endroits où le fluide géothermal arrivera en surface (plancher et bacs de l'appareil de forage). Cette aération constante du site pendant cette phase permettra d'orienter les gaz à l'opposé des habitations les plus proches et empêchera toute concentration du gaz.

Le personnel et les riverains seront informés au début des travaux des risques afférents au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas d'éruption de vapeur d'eau ou de sulfure d'hydrogène.

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.

Une trousse de secours sera présente à l'intérieur du chantier.

1.39. Document de sécurité et de santé durant l'exploitation d'un gîte géothermal

Il est rappelé que dans le cadre de son contrat l'exploitant est tenu de respecter ou de faire respecter l'ensemble des consignes d'exploitation, ainsi que l'entretien et la maintenance des matériels qui lui sont confiés.

L'exploitant veillera plus particulièrement au bon fonctionnement des organes d'isolement et de sécurité du site.

1.39.1. Étude du scénario de fuite par percement d'un cuvelage en exploitation

Analyse des risques de fuite

Les risques de fuite d'eau géothermale dans les nappes d'eau rencontrées sur les 500 mètres supérieurs (nappes du Rupélien, du Lutécien, de l'Yprésien et de la Craie) sont très faibles, en effet :

- Le puits producteur fera l'objet d'un double tubage 20'' x 13''3/8 puis 13''3/8 x 9 ⅝'' à annulaires et entrefers cimentés.
- Le puits injecteur sera complété par un triple tubage 20'' x 13''3/8 x 9 ⅝'' puis par un double tubage 13''3/8 x 9 ⅝'', à annulaires et entrefers cimentés.
- Les puits feront l'objet d'un traitement inhibiteur anticorrosion.
- Il n'existe pas de risque de remontée du réservoir du Dogger vers la surface en raison des nombreuses couches géologiques (plus de 1000 m verticaux) imperméables qui les séparent. De plus, les tubages sont isolés des couches géologiques par une cimentation de l'annulaire tubages/formation contrôlée par diagraphies CBL-VDL et URS-USI, prévenant toute remontée du Dogger par canalisation channeling (remontées d'eau du Dogger dans l'annulaire tubages/roche en cas de cimentation défectueuse).

En ce qui concerne les risques de communication avec l'Albien/Néocomien, on peut estimer que :

- Les puits producteur et injecteur seront complétés en double tubage 13''3/8 x 9 ⅝'' jusque plus de 100 mètres sous l'horizon le plus profond du Néocomien.
- La surveillance de la corrosion interne des tubages assortie d'un traitement inhibiteur réduisent très fortement le risque de percement du tubage.
- L'épaisseur des couches imperméables (800 m verticaux) entre le Dogger et l'Albien, ainsi qu'une cimentation des tubages en fin de complétion des ouvrages, prévient tout risque de contamination de l'Albien/Néocomien par le fluide géothermal.

Mesures préventives pour limiter les risques de fuite

Suivi hydrodynamique des puits

Le suivi et l'enregistrement journalier par l'exploitant des paramètres de la production et de l'injection permettent d'identifier les premiers indices d'apparition d'une fuite, notamment :

- Les pressions, débits et températures,

- Les caractéristiques des puits, Pression = f(Débit),
- Les caractéristiques des pompes, HMT = f(Débit),
- Les paramètres électriques (V, I, f, cosφ …),
- Les puissances absorbées et les rendements des pompes.

Ces résultats sont inclus dans les rapports de suivi trimestriels transmis à la DRIEAT.

Contrôle quotidien de la pression de l'espace annulaire

Une sonde de pression placée dans l'annulaire, permet d'effectuer l'enregistrement des valeurs 24h/24h. Ces enregistrements sont consignés sur un ordinateur dédié au contrôle des pressions, débit et températures des puits.

Chaque jour, matin et soir, un technicien relève la valeur de la pression pour la détection d'une éventuelle anomalie.

Une fois par semaine, les valeurs enregistrées sur l'ordinateur sont imprimées sous forme de graphique et sont soumises à de nouveaux contrôles.

En cas de détection d'une anomalie lors de ces mesures, un contrôle de l'espace annulaire par traçage sera réalisé.

Ces contrôles sont poursuivis, à la même fréquence, en cas d'arrêt du doublet.

Risque maximal de fuite

Le risque maximal consiste en une perforation du tubage au niveau d'un aquifère capable d'absorber, pour le puits producteur, le débit artésien et, pour les puits injecteurs, le débit maximum d'exploitation.

Procédure mise en place en cas de fuite

En cas de fuite entraînant une sortie d'eau géothermale d'un des puits producteurs, la procédure suivie consiste, dès constatation de la fuite, à augmenter au maximum le débit d'exploitation de façon à abaisser la pression à l'intérieur des tubages en dessous de la pression statique de l'aquifère au niveau de la fuite. Cela provoque une entrée d'eau de l'aquifère dans les puits et évite la sortie d'eau géothermale du puits fuyard. Ainsi on limite la pollution de l'aquifère rencontrée dans l'attente de la réalisation des travaux de réparation.

En cas de fuite sur le puits injecteur, l'exploitation du doublet est arrêtée et un bouchon de type bridge plug (BP) est mis en place sous la fuite dans un délai de 72 heures. La fuite se trouve donc isolée pendant la préparation des travaux de réparation.

1.39.2. Suivi réglementaire du sous-sol

Le suivi sous-sol réalisé contractuellement par une entreprise qualifiée a pour but de prévenir et réduire les possibilités de contamination des eaux superficielles et souterraines.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques du fluide géothermal permettent de prévenir toute variation du comportement thermochimique du fluide de nature à amplifier les phénomènes de corrosion.

Les mesures directes de corrosion sur coupons témoins immergés dans l'eau géothermale, réalisées à périodicité trimestrielle, permettent de suivre l'évolution des phénomènes.

Le suivi des caractéristiques des ouvrages producteur et injecteur (productivité/injectivité) permet de déceler l'apparition d'une fuite en dessous du niveau du sol.

Un contrôle direct de l'état interne des tubages est effectué règlementairement tous les 3 ans sur les puits injecteur et tous les 5 ans sur les puits producteur, par diagraphies différées aux fins de contrôle de l'état de surface ainsi que de l'épaisseur des tubages. Ces mesures permettent de calculer la vitesse de dégradation des tubages et d'anticiper les opérations de rechemisage éventuelles (installation d'un tubage de plus petit diamètre dans un tubage existant endommagé).

1.39.3. Traitement anti-corrosion

La mise en place d'un traitement inhibiteur en fond des puits producteurs permettra de protéger et sécuriser l'ensemble de la boucle géothermale (puits producteurs + boucle de surface + puits injecteur) contre les phénomènes de corrosion inhérents à l'exploitation de l'aquifère du Dogger. Les vitesses de corrosion enregistrées à présent sont nettement inférieures aux cinétiques corrosives mesurées avant traitement.

1.39.4. Travaux d'entretien des puits

Les travaux de nettoyage des puits réalisés tous les 10 ans en moyenne permettent d'éliminer les dépôts qui se sont formés sur les tubages et qui peuvent « cacher » des endommagements. Lors de ces travaux des tests complémentaires aux diagraphies décrites ci-dessus peuvent être réalisés. Il s'agit de :

- Tests sous pression,
- Débitmétrie.

Une surface d'environ 2500 m^2 sera maintenue autour des têtes de puits permettant les interventions lourdes sur les ouvrages.

Mesures correctives en cas de fuite

La cote et le débit de fuite seront établis soit par traçage chimique, soit par mesure directe (thermométrie/débitmétrie), soit par test sous pression (tests packer).

La réparation peut alors être effectuée de plusieurs manières :

- Casing patch si la configuration de l'ouvrage le permet (profondeur, diamètre, état des tubages),
- Re-chemisage de la partie endommagée (chambre de pompage, tubage producteur sous-jacent, tubage injecteur en totalité ou partiellement).

Mesures de sécurité en cas de fuite

Elles sont gérées par le contrat anti-éruption souscrit par le demandeur.

Pour rappel :

En cas d'éruption sur les têtes de puits le délai d'intervention de l'entreprise titulaire des contrats anti-éruption, est de 4 heures pour le déplacement du personnel d'astreinte sur le site et établissement du diagnostic puis de 8 heures pour l'amenée des équipements nécessaires au contrôle de l'éruption (groupe de pompage, flexible d'évacuation, dispositifs de serrage/étanchéité/coiffage) conformément aux scénarii de fuite et protocoles d'astreinte/intervention.

L'eau géothermale remplit d'abord la cave puis est évacuée par une pompe de relevage via le raccordement existant entre les installations géothermiques et le réseau d'assainissement si une autorisation le permet.

Une fois le diagnostic établi, les puits sont neutralisés par injection de saumure et la fuite est contrôlée par injection de colmatant.

1.39.5. Mesures prises pour protéger la population riveraine des odeurs liées aux émanations d'H_2S

Les émanations de H_2S concernent le personnel de chantier directement exposé, mais également, à des concentrations très faibles de l'ordre du ppm, les riverains.

Vis-à-vis du risque H_2S, les dispositions et consignes de chantier sont précises et rigoureuses (i) installation de capteurs aux emplacements stratégiques -planchers, pompes, bacs, *flowline* - reliés à une centrale, (ii) réglage des alarmes visuelles (gyrophare) et sonore (klaxon) aux seuils de 5 et 10 ppm, (iii) port de masques et de bouteilles d'oxygène (assistance respiratoire) en tant que de besoin, (iv) port de capteurs en sautoir par le personnel d'encadrement (chef de chantier, chef de poste, intendant).

Les émanations les plus importantes sont liées aux phases de dégorgement artésien et/ou air lift lors des essais, en particulier au terme des phases de stimulation acide du réservoir en fin de forage/complétion. Elles seront effectuées suivant des horaires appropriés, de préférence la nuit, et seront précédées obligatoirement d'un *briefing* du personnel.

D'autre part, en vue d'atténuer sinon d'éradiquer les odeurs, il sera procédé à l'injection d'hypochlorite de soude.

Ces dispositions, au demeurant, procèdent d'une pratique courante par la profession, tout particulièrement lors des opérations de *workover*. En outre, l'opération de Garges fera appel à un personnel expérimenté en la matière, dont l'essentiel de ses activités concerne le forage pétrolier, singulièrement plus dangereux s'agissant d'émanations toxiques et inflammables.

Au cours de l'exploitation du doublet, la boucle géothermale constitue un circuit fermé sans échange avec l'atmosphère. Le fluide géothermal extrait, au niveau du réservoir, circule dans le puits producteur, puis dans les canalisations de surface et les échangeurs, avant d'être réintroduit dans le réservoir par le puits injecteur. L'étanchéité de ce système est contrôlée en permanence, ce qui permet d'éviter toute émanation de gaz en surface donc toute nuisance olfactive pour la population riveraine. Ponctuellement, le circuit pourra être ouvert sur des périodes très courtes, en cas de purge des échangeurs par exemple. Dans ce cas, les nuisances olfactives seront extrêmement réduites.

1.39.6. Documents à présenter dans le cadre de travaux de maintenance

Sont concernées ici, les interventions que l'exploitant ou le concessionnaire est susceptible de faire réaliser sur les puits sous la supervision d'un maître d'œuvre, à savoir :

- Les manœuvres de remplacement du groupe de pompage immergé ;
- Les manœuvres de remplacement du système de traitement de fond de puits ;
- Les enregistrements des diagraphies ;
- Les travaux de maintenance ou de réparation du puits (*workover*).

A cette occasion, pour compléter le Plan de Prévention, 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).

7. CONDITIONS D'ARRÊT D'EXPLOITATION DU GÎTE GÉOTHERMIQUE

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

1.40. Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique (pour chacun des puits)

1.40.1. Textes réglementaires

Le programme de fermeture des puits et la déclaration d'arrêt de travaux miniers sont régis par :

- **le décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières** et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives. Le titre VI (articles 41 et 42) traite des dispositions spécifiques aux travaux de fermeture ;

- **l'arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières** dont le titre V (articles 68 à 70) traite des dispositions spécifiques aux travaux de fermeture;

- **les articles L 163-1 à L 163-5 du Code minie**r relatifs à la déclaration d'arrêt de travaux miniers,

- l**es articles L163-6 à L163-9 du Code minier** qui donnent le cadre de la procédure s'enclenchant suite à la déclaration d'arrêt des travaux miniers,

- **le Décret n°2006-649 du 2 juin 2006** qui précise le contenu de la déclaration d'arrêt de travaux miniers.

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 de l'industrie, de la recherche et de l'environnement le programme définitif de fermeture avec l'ensemble des éléments lui permettant de juger de l'efficacité des dispositions prévues ;

- 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 géothermale 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 géothermale dans le respect des normes environnementales requises, sans qu'une solution technique et économique soit envisageable.

1.40.2. Protocoles d'abandon des puits

Procédure administrative

D'après **l'article 69 de l'arrêté du 14 Octobre 2016** : « Lorsque l'exploitant souhaite fermer définitivement un sondage ou un puits, il fait parvenir, deux mois avant la date du début de réalisation des travaux, au préfet son programme de fermeture définitive avec l'ensemble des éléments lui permettant de juger de l'efficacité des dispositions prévues. Cependant les travaux de fermeture ne peuvent débuter qu'après l'accord du préfet. Avant toute opération de fermeture définitive, un contrôle de l'état des cimentations et des cuvelages ainsi qu'une mesure de la pression dans les annulaires sont réalisés. »

L'article L163-2 du code minier précise que cette déclaration d'arrêt des travaux doit être faite au plus au terme de la validité du titre minier.

L'article 42 du décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 précise que « L 'exploitant transmet au préfet, au plus tard six mois après les travaux, le rapport de fermeture définitive du puits, en au moins deux exemplaires. Ce rapport décrit de façon précise l'état du puits lors de sa fermeture ainsi que les mesures prévues pour préserver les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 du code minier, conformément aux dispositions des articles L. 163-3 et suivants de ce code. »

Cette déclaration sera accompagnée des éléments suivants :

- un résumé des conditions conduisant à la décision de fermeture du ou des puits,
- un plan de position des ouvrages concernés et leur coupe technique avant rebouchage,
- la procédure d'abandon de puits appliquée (coupe après rebouchage) et les produits destinés à réaliser l'isolation,
- les mesures de prévention des risques identifiées, notamment celles concernant la protection des aquifères superficiels.

Une fois le puits abandonné, l'exploitant transmet alors au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement le rapport de fermeture provisoire ou définitif du puits, en au moins deux exemplaires, décrivant de façon complète et précise l'état du puits lors de sa fermeture.

Protection des aquifères

La fermeture des puits sera réalisée conformément aux prescriptions de **l'article 69 de l'arrêté du 15 octobre 2014.** La décision d'abandon d'un ou de plusieurs puits prend en compte des mesures de préventions des risques pour les aquifères superficiels, qui impliquent des protocoles de cimentation *ad hoc*.

Avant de réaliser la cimentation des tubages au droit des zones à risque, en vue de l'abandon du puits, il est indispensable d'effectuer le curage des puits afin de déterminer l'état complet de l'acier des cuvelages (sous dépôts) et de placer judicieusement les bouchons de ciment.

Le cas échéant et en fonction de la qualité de la cimentation des cuvelages au droit de l'aquifère sensible de l'Albien / Néocomien, des bouchons supplémentaires pourraient être mis en place.

L'abandon sera réalisé dans le respect des règles de l'art en matière d'abandon de puits profonds et dans les conditions optimales de sécurité par rapport à la protection des aquifères sensibles, en évitant par conséquent toutes connexions hydrauliques entre aquifères.

Exemple de programme d'abandon type dans le cas d'un puits dont l'intégrité du tubage est assurée :

- neutralisation de l'artésianisme du puits,
- installation de l'appareil de workover et de sa dotation,
- nettoyage hydro-mécanique de la phase tubée,

- diagraphies CIC et CBL-VDL du tubage,
- mise en place d'un gel visqueux colmatant dans le découvert ou mise en place d'un Bridge Plug au sabot du tubage en fond de puits,
- mise en place de bouchons de ciment vis-à-vis des aquifères producteurs ou cimentation totale du puits avec un *coiled tubing*,
- découpe de la *casing head* et soudure d'une plaque de fermeture.

Remise en état du site

Conformément à **l'article 70 de l'arrêté du 14 Octobre 2016**, il sera procédé à l'arasage des têtes de puits de production et d'injection à hauteur des *casing heads*, à la pose d'une bride pleine et à l'enlèvement des pompes vide caves et échelles d'accès.

Les caves proprement dites seront 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.

Concernant la conduite géothermale enterrée et les équipements en caniveau, il sera procédé à leur enlèvement. En cas de présence d'un caniveau, il sera procédé à son comblement par du gravier et, le cas échéant par une grave béton.

Concernant la centrale géothermale proprement dite, il sera procédé au démantèlement des unités et équipements spécifiques à la géothermie, à leur réutilisation/revente éventuelle, sinon à leur destruction assortie d'un recyclage pour les matériaux/métaux récupérables sur un site conforme à la réglementation industrielle et environnementale en vigueur et agrée par l'administration de tutelle compétente. Tout cela est réalisé afin de restituer le site dans son état initial.

1.40.3. Coûts

Les enveloppes budgétaires sont données à titre indicatifs dans les conditions économiques estimées de 2023. Les travaux de curage représentent à eux seul la majeure partie du coût global d'abandon.

1.40.4. Titre minier

D'après l'article L174-2 du (nouveau) Code Minier, la fin de la validité du titre minier emporte transfert à l'Etat de la surveillance et de la prévention des risques mentionnés à l'article L. 174-1, sous réserve que les déclarations prévues aux articles L. 163-1 à L. 163-3 aient été faites et qu'il ait été donné acte des mesures réalisées.

Ce transfert n'intervient toutefois qu'après que l'explorateur ou l'exploitant a transmis à l'Etat les équipements, les études et toutes les données nécessaires à l'accomplissement des missions de surveillance et de prévention et qu'après le versement par l'exploitant d'une somme correspondant au coût estimé des dix premières années de la surveillance et de la prévention des risques et du fonctionnement des équipements.

8. ANNEXES

DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE

GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS

Annexe 1 : Courrier accompagnant le projet de Monsieur le Maire de Garges-Lès-Gonesse

Annexe 2 : Kbis de la société dédiée au projet Energie Verte de Garges

Annexe 3 : Brochure de l'entreprise GPC-IP

Annexe 4 : Note évaluant les risques sismiques

Annexe 5 : Etude géotechnique G2 PRO

Annexe 6 : Dossier de demande d'autorisation présenté à la DGAC

Annexe 7 : Résultat de l'étude accoustique menée par le bureau d'étude Kaliès

Annexe 8 : exemple de PPSP dans le cadre d'une opération de réhabilitation de puits à Meaux

Annexe 9 : Fiche Ineris des risques liés au H2S