Geothermaq



Stellantis Auto SAS

Dossier d'autorisation au titre du code minier : Demande d'autorisation de recherches et demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers

- Demande d'autorisation de recherches
- Demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers

Rénovation énergétique de l'usine Stellantis de Caen via géothermie

Boulevard de l'Espérance – Cormelles-le-Royal

Rapport RA3013B

N° de dossier	Date	Chargé d'affaire	Relu par	Validé par	Version
RA3013B	12/05/2026	MELEARD Yann			V4

Table des matières

I. Généralités 7
II. Résumé non technique 10
1. Description du projet 10
a. Contexte 10
b. Localisation 11
2. Description des besoins et de l'installation de géothermie 13
3. Description de l'installation de géothermie 14
4. Description des travaux de géothermie 17
5. Description de la phase d'exploitation 19
6. Synthèse de l'incidence du projet 20
a. Justification du projet retenu 21
b. Analyse des enjeux environnementaux sensibles 21
c. Analyse des impacts environnementaux 21
d. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation 25
7. Synthèse des éléments de Santé et Sécurité 27
8. Compatibilité réglementaire 28
III. Contexte et objectifs du projet de géothermie dans le cadre de la rénovation énergétique du site 29
1. Contexte réglementaire 30
a. Contexte législatif et réglementaire 30
b. Procédure pour aboutir à l'exploitation d'un gîte géothermique 33
c. Durée du titre de recherche sollicitée 34
d. Avis de l'autorité environnementale sur l'examen cas par cas 35
IV. Présentation du projet – Mémoire technique 36
1. Interlocuteurs du projet 36
a. Identification du demandeur 36
b. Capacités financières du demandeur 36
c. Capacités techniques du demandeur 36
d. Maîtrise d'œuvre du projet 36
e. Maîtrise d'œuvre sous-sol 36
f. Entreprise de forages 37
2. Description du projet 37

a. Description globale du projet 37
b. Implantation des forages projetés 38
c. Description du périmètre de recherche sollicité 40
d. Description du périmètre d'exploitation sollicité 42
V. Programme des études et travaux 43
1. Principe et fonctionnement de l'installation envisagé 43
2. Description technique des ouvrages à réaliser 44
a. Installation de géothermie 44
b. Forage de reconnaissance/GMI 44
c. Réhabilitation du forage F1 47
d. Forages de production 47
e. Forage d'injection 50
VI. Travaux à réaliser 52
1. Résumé des travaux envisagés 52
2. Documents directeurs 53
3. Description des travaux réalisés 53
a. Organisation générale du chantier 53
b. Travaux préparatoires 54
c. Déroulé des travaux 55
4. Mise en œuvre du local chaufferie 60
5. Mise en œuvre des réseaux géothermiques 60
6. Gestion des émissions sonores 61
7. Gestion des stockages 61
8. Gestion des eaux pluviales 62
9. Gestion des effluents 62
10. Gestion des eaux de nappe 62
11. Prévention des épandages accidentels 62
12. Gestion des déchets 63
13. Remise en état du site à l'issue des travaux de forages 63
14. Rebouchage des puits en cas d'abandon 63
VII. Notice d'incidence 64
1. Résumé non technique 64
2. Etat initial 65

a. Présentation du projet 65
b. Objectifs du projet 66
c. Déroulement du projet 66
d. Contexte ICPE et prescriptions associées 68
e. Impacts paysagers et urbanisme 69
f. Impacts sur la circulation 69
g. Bruits et nuisances sonores 69
h. Impacts sur l'air 70
i. Gestion des déchets en phase chantier 70
j. Besoins thermiques 71
k. Analyse physico-chimique de la qualité de l'eau 77
3. Simulation thermodynamique 79
4. Analyse des incidences du projet sur l'environnement et mesures correctives associées 82
5. Synthèse vis-à-vis de la substantialité 86
VIII. Documents de santé, de sécurité et de compatibilité pour la géothermie des risques industriels avec la sécurité publique 88
1. Documents de santé et de sécurité liés aux travaux 88
a. Analyse des risques et mesures de prévention 88
b. Moyens d'informations 93
2. Documents de santé et de sécurité en phase d'exploitation 93
a. Analyse des risques et mesures de prévention globales 93
b. Analyse des risques et mesures de prévention spécifiques 95
IX. Garanties financières 101
Annexe 1 : Examen cas par cas 107
Annexe 2 : Avis de l'autorité environnementale 108
Annexe 3 : Bilans financiers et comptes de l'entreprise 109
Annexe 4 : KBIS et capacités techniques 110
Annexe 5 : Mémoire précisant les mesures mises en œuvre et envisages concernant l'impact des travaux sur les phénomènes naturels et sismiques 111
Annexe 6 : Plan des réseaux 112
Annexe 7 : Rapport d'étude initial (GMI) 113
Annexe 8 : Rapports de mission – Réhabilitation de F1 et tests de pompages avec réinjection 114

Annexe 9 : Rapports liés au forage de F3 et à l'équipement des forages F1/F3 115
Annexe 10 : Eléments cartographiques 116
Annexe 11 : PID 117

Figure 1: Emplacement du site 7
Figure 2: Plan de situation sur fond de carte IGN au format 1 :100 000 11
Figure 3: Localisation du site sur fond de carte IGN au format 1:50000 12
Figure 4: Localisation du projet sur fond de carte géologique de Caen au format 1:50 000 (BRGM) 12
Figure 5: Implantation prévisionnelle des forages 13
Figure 6: Besoins énergétiques du projet 14
Figure 7: Schéma technique de l'installation 15
Figure 8: Plan de l'usine avec la représentation des forages, réseaux, ICPE et local chaufferie 16
Figure 9: Tête de puits capoté mise en place au niveau de F3 18
Figure 10: Tête de puits mise en place au niveau de F3 sans capot 19
Figure 11: Tableau des données thermiques du projet pour le chauffage 20
Figure 12: Tableau des données thermiques du projet pour le chauffage 20
Figure 13: Localisation du site sur fond topographique 29
Figure 14: Rubriques loi sur l'eau 33
Figure 15: Localisation du projet et des forages sur fond ortho photographique 37
Figure 16: Localisation du projet et des forages sur fond ortho photographique 38
Figure 17: Coordonnées des forages 39
Figure 18: Implantation des forages sur fond cadastral (Géorisques) 39
Figure 19: Représentation du périmètre d'exploitation et de recherche souhaité 40
Figure 20: Localisation du projet, des forages ainsi que des périmètres sollicités sur fond ortho photographique au 1/50000ème 41
Figure 21: Coordonnées des limites du périmètre de recherche 41
Figure 22: Représentation schématique de la gélule d'exploitation d'un doublet 42
Figure 23: Coupe litho stratigraphique au droit du forage 46
Figure 24: Coupe géologique et technique des forages de production 49
Figure 25: Coupe géologique et technique du forage d'injection 51
Figure 26: Tableau synthétique de l'organisation du futur chantier de géothermie 52
Figure 27: Planning prévisionnel du projet 53
Figure 28: Schéma d'implantation d'une plateforme de forage 54
Figure 29: Plateforme rotary mise en place lors de la réalisation du F3 (source : Geothermaq) 56
Figure 30: Schéma technique des têtes de puits (vue latérale) 57
Figure 31: Schéma technique d'une tête de puits (vue du haut) 58
Figure 32: Schéma hydraulique du local chaufferie 60
Figure 33: Schéma de principe des réseaux enterrés vus en coupe 61
Figure 34: Plan de l'usine et des différentes ICPE présente (source Envolis) 68
Figure 35: Profil de consommation énergétique de l'usine couverts par géothermie .71

Figure 36: Monotone de chauffage du projet 72
Figure 37: Monotone de refroidissement du projet 73
Figure 38: Tableau des paramètres chauffage 73
Figure 39: Tableau des paramètres refroidissement 74
Figure 40: Carte piézométrique de l'aquifère du bathonien au 1/50000ème (SIGES) 75
Figure 41: Etat initial de la nappe cible pour le projet 76
Figure 42: Positionnement des puits 77
Figure 43: Panache thermique généré par le projet après 20 ans de fonctionnement .....**Erreur ! Signet non défini.**
Figure 44: Analyse des incidences du projet sur l'Environnement (figure issue de l'examen cas par cas réalisé par Envolis et disponible en intégralité Annexe 1.) 82
Figure 45: Incidence du projet sur les captages AEP alentours 83
Figure 46: Tableau des mesures ERC 86
Figure 47: Tableau des risques et des mesures associées au projet 95
Figure 48: Tableau de garanties financières 105

I. Généralités

Client : Stellantis

Projet : Projet de doublets géothermiques sur nappe sur l'Usine STELLANTIS - Dossier d'autorisation au titre du code minier : Demande d'autorisation de recherches et demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers

Adresse du projet : Boulevard de l'Espérance, 14123 Cormelles-le-Royal

Le projet de rénovation énergétique est situé sur la commune de Cormelles-le-Royal au cœur de l'usine Stellantis. Dans le cadre de ce projet, la société Stellantis souhaite créer et exploiter sur 30 ans un système de géothermie sur nappe permettant la production de chaleur et de froid. La nappe exploitée sera celle des calcaires du Bathonien.



Figure 1: Emplacement du site

Le présent dossier est relatif à l'autorisation de recherches (art. L.124-3 du code minier) et de travaux miniers (art. L.162-1 du code minier), au titre de l'activité géothermique qui sera exercée par Stellantis sur le projet

Le projet a fait l'objet d'une demande d'examen au cas par cas (voir Annexe 1.) à laquelle l'autorité chargée de l'examen a rendu un avis favorable. Le projet est donc dispensé d'évaluation environnementale. Cependant, une notice d'incidence précisera la portée des impacts du projet de géothermie vis-à-vis des installations déjà existantes sur le site (art. L.122-1-1 III. du code de l'environnement)[1] (art. R.122-5 du code de l'environnement)[2]. Aucune modification n'a été apportée aux caractéristiques initiales du projet ayant motivé la décision correspondante à l'examen au cas par cas ne soumettant pas le projet à évaluation environnementale.

Stellantis a décidé d'étendre la couverture géothermique dans le cadre de la rénovation énergétique de l'usine en s'appuyant sur les résultats de l'étude réalisée par le bureau d'étude Geothermaq, ainsi que sur le retour d'expérience lié au forage d'un nouveau puits et à la réhabilitation d'un puits existant sur site dans le cadre de la GMI. Le choix de la géothermie n'est pas anodin. En effet, en plus d'être une énergie renouvelable locale, le choix de cette dernière permettra à Stellantis de produire de l'énergie de manière autonome et économique à long terme.

La société qui aura la charge de l'exploitation est la société Stellantis Auto SAS.

La solution géothermique du présent permis minier intégrera la réalisation de trois forages géothermiques et l'utilisation de deux forages déjà existants sur site (trois forages de production et deux forages d'injection) qui permettront d'exploiter la nappe du Bathonien (calcaires) située de -27 à -56 mètres de profondeur environ, à un débit de pointe de 365m³/h.

1Art. L.122-1-1 III : *« Les incidences sur l'environnement d'un projet dont la réalisation est subordonnée à la délivrance de plusieurs autorisations sont appréciées lors de la délivrance de la première autorisation. Lorsque les incidences du projet sur l'environnement n'ont pu être complètement identifiées ni appréciées avant l'octroi de cette autorisation, le maître d'ouvrage actualise l'étude d'impact en procédant à une évaluation de ces incidences, dans le périmètre de l'opération pour laquelle l'autorisation a été sollicitée et en appréciant leurs conséquences à l'échelle globale du projet. En cas de doute quant à l'appréciation du caractère notable de celles-ci et à la nécessité d'actualiser l'étude d'impact, il peut consulter pour avis l'autorité environnementale. Sans préjudice des autres procédures applicables, les autorités mentionnées au V de l'article L. 122-1 donnent un nouvel avis sur l'étude d'impact ainsi actualisée, dans le cadre de l'autorisation sollicitée. (…) »*

2Art. R.122-5 II : *« 5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres : (...) e) Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. »*

Les équipements de production sont de plusieurs types :

- La géothermie composée de trois forages producteurs, de deux forages injecteurs et de toute la panoplie associée y compris les pompes à chaleur qui alimentent l'usine en énergie renouvelable ;
- Les ballons tampons ;
- Un groupe froid en appoint/secours ;

La centrale de production du projet est considérée comme exploitant un gîte géothermique de basse température (<150°C), avec une puissance maximale envisagée pour l'installation de 4850 kW au niveau des échangeurs géothermiques (selon débit). Le projet est soumis à la réglementation relative au Code Minier et au Code de l'Environnement, ce qui nécessite d'établir un dossier d'Autorisation au titre du Code Minier pour lequel 3 dossiers sont à fournir :

- Dossier d'autorisation de recherches[3] ;
- Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux[4] ;
- Dossier de demande de permis d'exploiter[5].

Dans le cadre de la présente demande, Stellantis sollicite les autorisations de recherche de gîte géothermique, et d'ouverture des travaux miniers, afin d'entreprendre la réalisation des forages géothermiques en vue d'une exploitation géothermique sur 30 ans. Dans un second temps, la phase exploitation fera l'objet d'une demande de permis d'exploitation.

Le projet a fait l'objet d'une phase de reconnaissance dans le cadre de la GMI en 2023 suite à une première étude de faisabilité géothermique. Au vu des résultats positifs, une évolution du projet hors des critères GMI est souhaitée.

3 Art. L.112-1 du code minier et décret n°2025-852 du 27 août 2025
4 Art. L162-1 du code minier et décret n° 2006-649 du 2 juin 2006
5 Art. L.134-4 du code minier et décret n°2025-852 du 27 août 2025

II. Résumé non technique

1. Description du projet

a. Contexte

Maître d'Ouvrage : Stellantis

Projet : Rénovation énergétique de l'usine Stellantis de Caen – Dossier d'autorisation au titre du code minier : Demande d'autorisation de recherches et demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers

Adresse du chantier : Boulevard de l'Espérance – Cormelles-le-Royal (14123)

Le projet de rénovation énergétique est situé sur la commune de Cormelles-le-Royal au cœur de l'usine Stellantis. Dans le cadre de ce projet, la société Stellantis souhaite créer et exploiter sur 30 ans un système de géothermie sur nappe permettant la production de chaleur et de froid. La nappe exploitée sera celle des calcaires du Bathonien. Cette nappe sera exploitée via cinq forages (trois forages de production et deux forages d'injection) profonds de 60 mètres.

La puissance thermique maximale échangé avec le sous-sol est de 3650kW. Le volume d'eau journalier circulant dans les forages est de 6500m³. Le volume total annuel prélevé est de 1 440 800m³ ce qui représente un volume journalier moyen de 3945m³.

L'ensemble de ce volume pompé est réinjecté, préservant ainsi l'aspect quantitatif de la nappe.

b. Localisation

Le projet se situe au cœur de l'usine automobile Stellantis. Cette usine a été construite en 1963 sur le site des anciennes aciéries de Pompey désaffectées depuis plusieurs années.

L'usine se situe en partie sur Cormelles-le-Royal (14123) et Mondeville (14120) dans une zone urbanisée à tendance industrielle.

D'un point de vue topographique, le projet se situe dans la plaine de Caen.



Figure 2: Plan de situation sur fond de carte IGN au format 1 :100 000

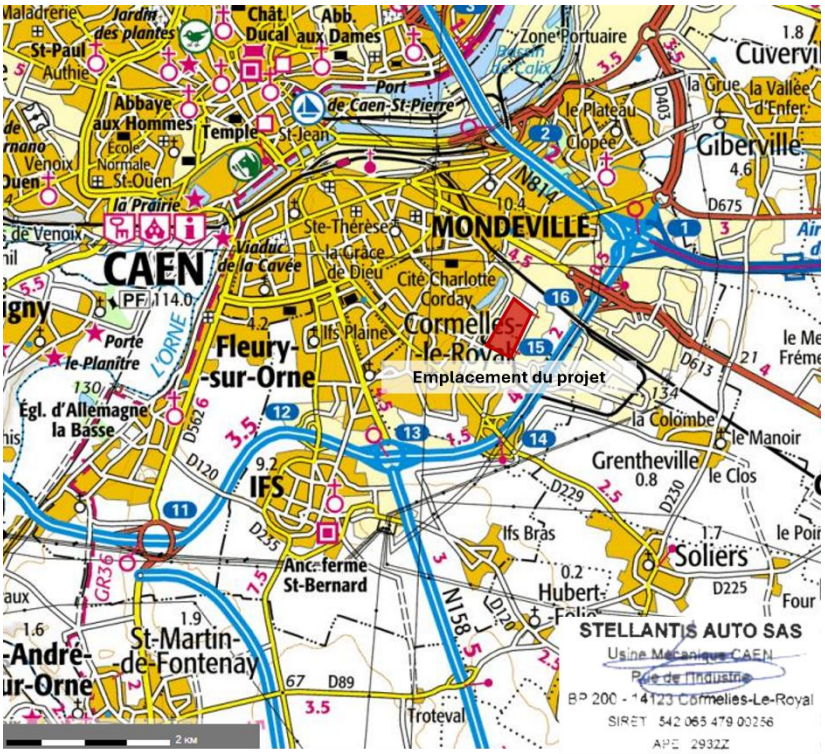


Figure 3: Localisation du site sur fond de carte IGN au format 1:50000

D'après la carte géologique du BRGM de Caen au 1/50 000e, le site repose sur les calcaires de Blainville (Bathonien moyen). Ce sont des calcaires bioclastiques, oolithiques à Polypiers et Stromatopores, avec stratification oblique ou planaire :

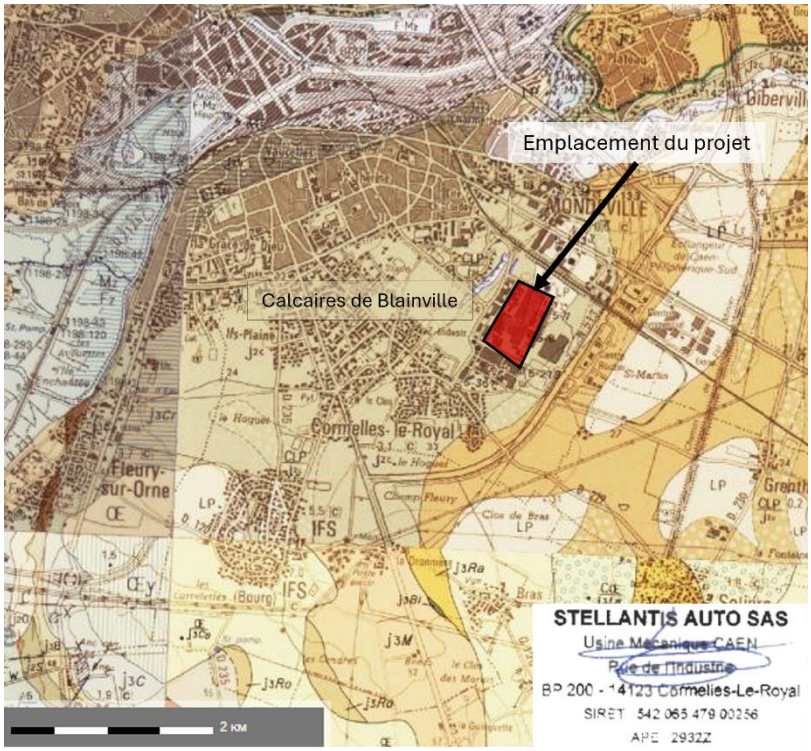


Figure 4: Localisation du projet sur fond de carte géologique de Caen au format 1:50 000 (BRGM)

2. Description des besoins et de l'installation de géothermie

Le dispositif de géothermie sera composé d'un total de 5 forages, dont trois forages producteurs et deux forages d'injection. L'ensemble de ces forages sont localisés sur le plan ci-dessous :



Figure 5: Implantation prévisionnelle des forages

Les raisons qui ont mené au choix d'une solution géothermique alimentée par des forages sur nappe et en appoint par une PAC aérothermique sont multiples :

- Remplacement de tours aéroréfrigérantes consommatrices en eau et présentant d'importants risques sanitaires ;
- Une ressource géothermale locale et localement exploitable durablement ;
- L'absence d'impact quantitatif et qualitatif sur la ressource utilisée ;
- Les puissances installées permettront de subvenir à 100% des besoins du projet grâce à la géothermie ce qui réduira très fortement le phénomène d'ilot de chaleur.

Les besoins en chauffage et en climatisation sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Figure 6: Besoins énergétiques du projet

Puits	Débit (m^3/h)	Puissance sous-sol (kW)	Puissance PAC chauffage (kW)	Puissance PAC rafraîchissement (kW)
F3	105	1050	1400	760
F4	130	1300	1725	945
F6	130	1300	1725	945
TOTAL	**365**	**3650**	**4850**	**2650**

3. Description de l'installation de géothermie

L'alimentation en calories du projet sera assurée essentiellement par la géothermie basse énergie qui permettra la production de chaleur ou de froid via les pompes à chaleurs de chaque bâtiment raccordé.

Pour ce faire la nappe des calcaires du bathonien sera sollicitée via un quintuplet de forages composés de trois producteurs et de deux injecteurs. L'eau de nappe sera acheminée jusqu'à un local qui accueillera l'échangeur géothermique faisant le lien avec les pompes à chaleur. La totalité du volume d'eau prélevé sera restitué à la même nappe.

ANNEXE 1 : SCHEMA HYDRAULIQUE

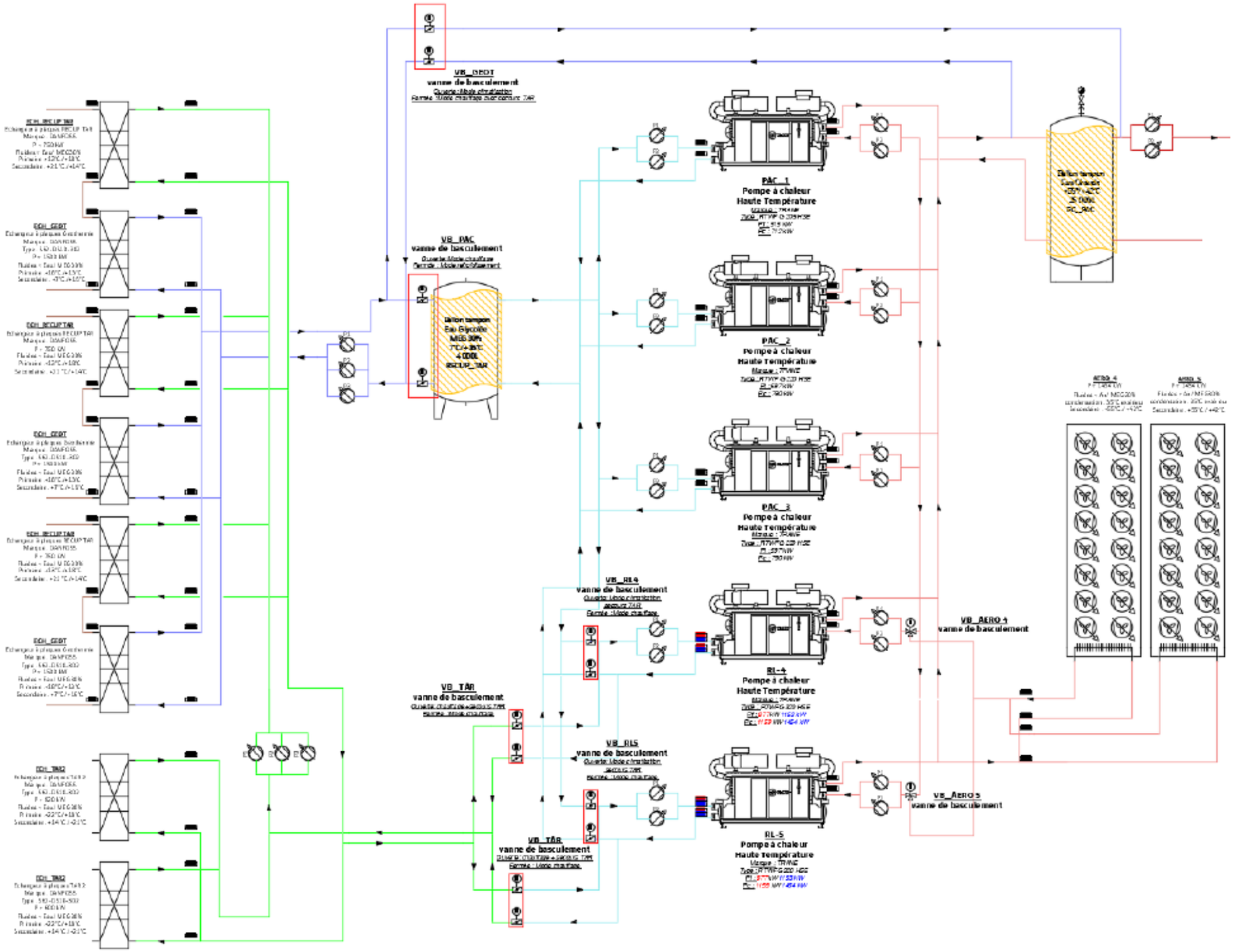


Figure 7: Schéma technique de l'installation

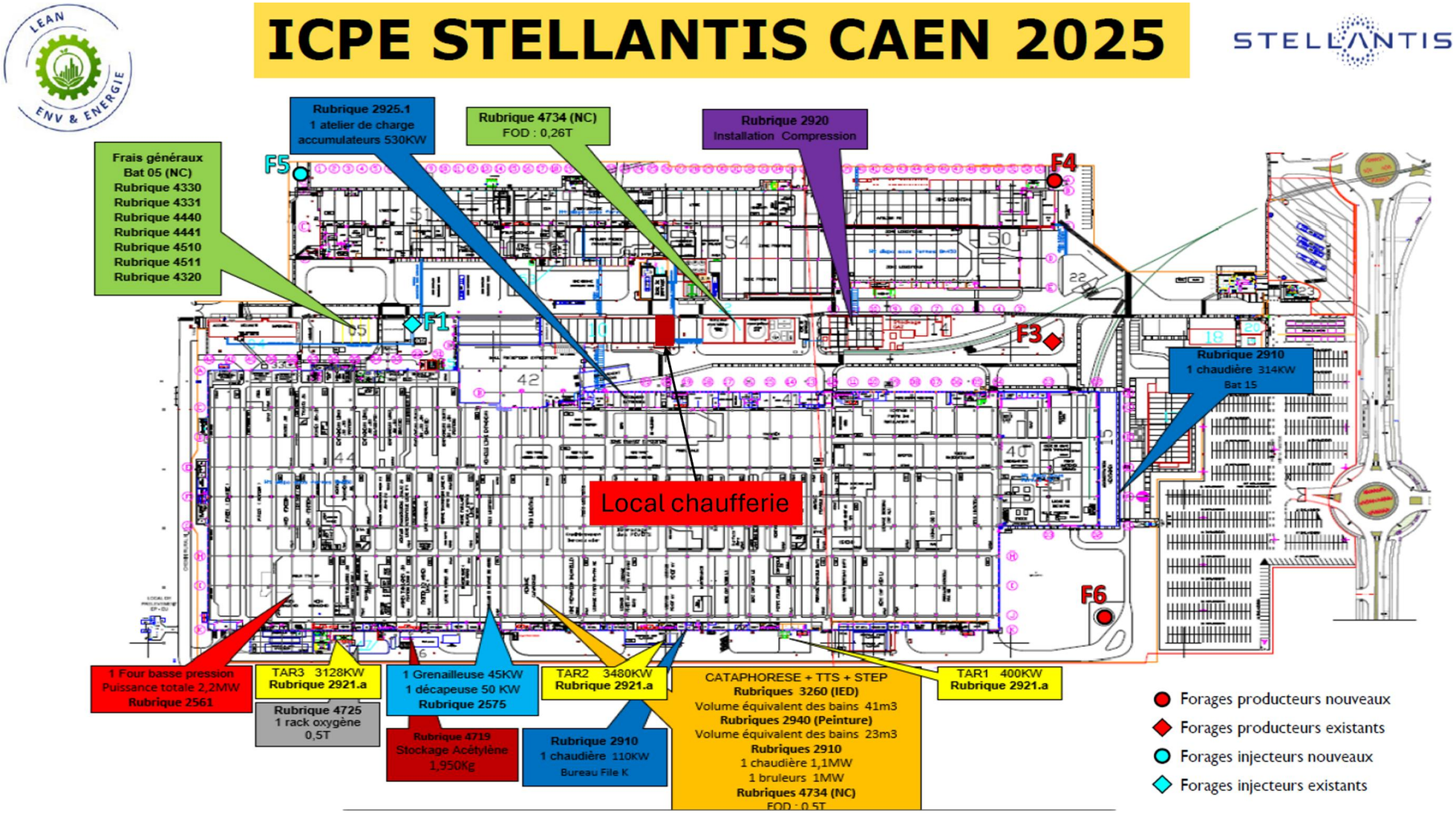


Figure 8: Plan de l'usine avec la représentation des forages, réseaux, ICPE et local chaufferie

Le local chaufferie se situe à plus de 35 mètres des installations industrielles classées sur site. L'implantation du local chaufferie n'aura donc aucun impact sur les autres installations classées.

4. Description des travaux de géothermie

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

Les travaux seront ainsi réalisés, après réception de l'autorisation préfectorale d'ouverture des travaux, dans un délai maximum de trois ans dans le cadre du permis de recherche.

Une première opération de réhabilitation d'un forage déjà existant a été réalisé en 2023 (forage F1). Ce forage, profond de 64.25m, captait l'aquifère du Bathonien. De plus, un forage de reconnaissance a été réalisé par la Société Foradour à 60 m de profondeur captant la nappe du Bathonien en 2024 suite à une première étude de faisabilité géothermique pour le projet. Cette phase de reconnaissance s'inscrivait dans le cadre du régime de la GMI au vu des scénarios énergétiques et productivités du sous-sol envisagés lors de la rédaction de la première étude en 2023. Les résultats de la phase de reconnaissance **ont amené à repenser et adapter le projet**, faisant émerger un scénario hors-GMI éloigné du scénario envisagé lors de la première approche ayant mené à cette phase de reconnaissance. L'objectif de ce nouveau scénario était d'augmenter la production associée à la géothermie au vu du potentiel favorable de la nappe afin de favoriser l'exploitation d'énergie renouvelable pour ce projet en offrant la meilleure performance énergétique globale de l'installation.

Ainsi, le premier forage de reconnaissance étant conservé et le forage F1 réhabilité, trois forages devront être réalisés après l'obtention de l'autorisation de recherche et d'ouverture des travaux du gîte géothermique (F4, F5 et F6).

Les forages seront réalisés suivant la méthode de foration de type rotary à la boue, permettant de forer la roche grâce au poids des tiges et au mouvement de rotation et de translation verticale. La composition de la boue de forage sera conforme à la règlementation en vigueur et ne présentera aucun risque de pollution pour l'environnement. La boue et les déblais de foration remontant au niveau du sol seront décantés et séparés dans des bacs étanches adaptés pour être par la suite acheminés vers des centres de traitement. La boue de forage pourra être renvoyée dans la tige, circulant uniquement en circuit fermé.

Les terrains supérieurs seront forés puis équipés d'un tube en acier. Du ciment sera injecté dans l'espace annulaire entre le tubage et les parois du forage, par injection sous pression par le bas avec un laitier de densité adaptée. Le laitier permettra de garantir une étanchéité totale et empêcher toute infiltration d'eau provenant de l'aquifère supérieur dans le forage.

Après foration de l'aquifère cible pour chaque forage, la colonne captante de l'ouvrage sera mise en place. Celle-ci est composée :

- D'un tube décanteur au fond de l'ouvrage (4 m) ;
- D'une colonne crépinée sur la quasi-totalité de l'aquifère cible ;
- D'un tube plein depuis le haut de la crépine jusqu'à la surface.

Un massif filtrant composé de graviers roulés siliceux sera mis en place dans l'espace annulaire, entre la colonne crépinée et les parois du forage, après avoir été lavé et désinfecté. Le massif filtrant sera introduit par gravité, de manière homogène. La profondeur du massif filtrant sera contrôlée après sa mise en œuvre et après les opérations de pompage de manière à compléter le niveau si besoin.

Après la phase d'équipement, une phase de développement des forages aura lieu afin d'augmenter les performances des ouvrages et d'évacuer les résidus de boue de forage. Pour cela, différences méthodes seront employées telles que le nettoyage à l'air lift double colonne, le nettoyage à la pompe immergée, l'injection d'acide.

Des pompages d'essai seront effectués après la réalisation des ouvrages. Ils permettront de caractériser la productivité des ouvrages. Le local technique ainsi que la mise en place des éléments de l'installation géothermique seront réalisés à la suite des pompages d'essai.

Les têtes de forages seront conçues de façon à éviter le ruissellement des eaux de surface dans les ouvrages. Elles seront localisées en surface et protégés par des capots métallique étanches de dimensions adaptées qui permettront toutes les interventions nécessaires à l'entretien des forages. Seul le personnel autorisé aura accès aux têtes de puits. Des dispositifs de sécurité seront mis en place afin d'éviter l'accès au public.



Figure 9: Tête de puits capoté mise en place au niveau de F3



Figure 10: Tête de puits mise en place au niveau de F3 sans capot

5. Description de la phase d'exploitation

Plusieurs aquifères sont présents au droit du site, et sont référencés par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE). La nappe du Bathonien moyen est l'aquifère cible pour l'installation géothermique. L'aquifère du Bathonien est un aquifère multicouches. Les niveaux calcaires (calcaire de Caen, calcaire de Creully, calcaire de Blainville, calcaire de Ranville, calcaire de Langrune, etc) sont séparés par des niveaux moins perméables et plus marneux, appelés caillasses (caillasse de Fontaine-Henry, caillasse de Blainville, caillasse de la Basse-Ecarde). D'une épaisseur variable d'environ 10 m à l'ouest, à près de 90 m au sud-est de Caen, cet aquifère est considéré comme multicouche. La nappe est de type libre.

Le projet est concerné par la masse d'eau 139AC04 « Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans l'aquifère libre du bassin versant de l'Orne en Basse-Normandie » et concerne la nappe calcaire présente de 27 à 56 m de profondeur.

Les eaux seront prélevées dans la nappe des calcaires du Bathonien à partir des forages de production, puis réinjectées dans leur totalité dans la même nappe, au niveau des forages de réinjection.

Les besoins énergétiques, les débits maximums d'exploitation et les volumes d'eau de nappe annuels prélevés pour le fonctionnement du système géothermique du site sont présentés dans ci-après.

Puissance PAC	**4850**
COP	4
Besoin total (MWh/an)	2266.4
Taux de couverture	100%
Energie produite (MWh/an)	2266.4
MWhEnR produits (/an)	1700.8
Puissance échangée avec le sous-sol	3647
Temps de fonctionnement PAC (h/an)	466

Figure 11: Tableau des données thermiques du projet pour le chauffage

Puissance PAC	**2650**
EER	20
Besoin total (MWh/an)	11796.4
Taux de couverture	100%
Energie produite (MWh/an)	11796.4
MWhEnR produits (/an)	18690.1
Puissance échangée avec le sous-sol	2788
Temps de fonctionnement PAC (h/an)	4443

Figure 12: Tableau des données thermiques du projet pour le chauffage

Les ouvrages de captage seront dimensionnés de manière à répondre aux besoins de pointe pour un débit de pointe de 105 à 130 m^3/h. Les besoins de chauffage et de climatisation couverts par géothermie représentent 100% des besoins du projet.

Par ailleurs, la durée d'exploitation sollicitée dans le cadre de l'autorisation d'exploitation est de 30 ans.

6. Synthèse de l'incidence du projet

La notice d'incidence jointe à la présente demande abordera les incidences sur l'environnement de la façon suivante :

Le projet a fait l'objet d'une demande d'examen au cas par cas (voir Annexe 1.) à laquelle l'autorité chargée de l'examen a rendu un avis favorable. Le projet est donc dispensé d'évaluation environnementale. Aucune modification n'a été apportée aux caractéristiques initiales du projet ayant motivé la décision correspondante à

l'examen au cas par cas ne soumettant pas le projet à évaluation environnementale Cependant, une notice d'incidence précisera la portée des impacts du projet de géothermie vis-à-vis des installations déjà existantes sur le site (art. L.122-1-1 III. du code de l'environnement) (art. R.122-5 du code de l'environnement).

Afin de répondre à cet objectif, elle appréhendera successivement l'impact des activités de géothermie, et leurs conséquences globales à l'échelle de l'opération.

Stellantis a décidé d'étendre la couverture géothermique dans le cadre de la rénovation énergétique de l'usine en s'appuyant sur les résultats de l'étude réalisée par le bureau d'étude Geothermaq, ainsi que sur le retour d'expérience lié au forage d'un nouveau puits et à la réhabilitation d'un puits existant sur site dans le cadre de la GMI. Le choix de la géothermie n'est pas anodin. En effet, en plus d'être une énergie renouvelable locale, le choix de cette dernière permettra à Stellantis de produire de l'énergie de manière autonome, durable et économique à long terme.

a. Justification du projet retenu

Le Groupe STELLANTIS engage ce projet dans une démarche d'optimisation énergétique et de transition environnementale.

Les objectifs principaux sont :

1. Supprimer le chauffage au gaz sur le site ;

2. Intégrer une solution de géothermie pour couvrir une partie des besoins en chaud et en froid des ateliers et des process industriels, notamment en remplacement des tours aéroréfrigérantes (TAR) ;

3. Exploiter durablement l'aquifère dans le cadre d'un permis minier, conformément aux prescriptions réglementaires applicables ;

4. Fonctionnement en mode alternatif chaud/froid avec une puissance échangée estimée à ≈ 3.65 MW avec le sous-sol.

b. Analyse des enjeux environnementaux sensibles

Le projet se situe au cœur de l'usine automobile Stellantis. Cette usine a été construite en 1963 sur le site des anciennes aciéries de Pompey désaffectées depuis plusieurs années.

L'usine se situe en partie sur Cormelles-le-Royal (14123) et Mondeville (14120) dans une zone urbanisée à tendance industrielle.

La nappe concernée par la géothermie est la nappe des calcaires du Bathonien.

La zone du projet est concernée par le SDAGE du Bassin de Seine-Normandie et le SAGE Ornes aval et Seulles.

c. Analyse des impacts environnementaux

Impacts paysagers et urbains

En phase travaux, la surface mobilisée par les travaux pour chaque forage sera une surface d'environ 300 à 500 m² clôturée, balisée et adaptée à la surface disponible.

L'impact visuel d'un chantier de forage est proche d'un impact paysager généré par un chantier habituel de travaux publics mais reste de faible durée et de faible emprise au sol. La foreuse est visible depuis l'extérieur de l'emprise, avec une hauteur du mat atteignant 10 mètres. Lors des phases de maintenance seul un trépied et les véhicules de l'équipe de de maintenance seront présents à proximité des forages.

A noter cependant, que ces interventions sont ponctuelles et de courtes durées. Par conséquent l'impact visuel peut être considéré comme négligeable.

- *En phase d'exploitation, les forages seront protégés et isolés dans des capots d'avant-puits ; Des portes et des grilles d'aération seront les seuls éléments visibles en surface.*

Aucune incompatibilité n'a été relevée.

Impacts sonores

Les chantiers de forage seront situés en plein air, à proximité de bureaux et d'ateliers :

- En phase travaux, le chantier mettra en œuvre une machine de forage ainsi que des engins de chantier motorisés. L'intensité sonore émise par ces engins ne dépassera pas les limites fixées par les arrêtés ministériels du 11 avril 1972 modifié et du 18 mars 2002. Les bruits émis lors des étapes de la foration ne dépasseront pas le seuil de 80 dB, qui correspond à un chantier habituel de travaux publics. Les phases de chantier dont le niveau sonore est important seront limitées au travail de jour ;
- En phase d'exploitation, les émissions sonores se limiteront aux installations de production d'énergie situées dans le local technique isolé. Ces bruits ne seront pas perceptibles en surface.

Impact sur l'air

En phase travaux, l'impact temporaire du chantier sur l'air se limitera aux rejets atmosphériques, liés essentiellement :

- Aux gaz d'échappement des moteurs thermiques alimentant l'atelier de forage,
- Aux véhicules d'approvisionnement de chantier ainsi qu'aux véhicules du personnel.

Tous les moteurs thermiques de l'atelier de forage ainsi que les divers véhicules respecteront la réglementation en vigueur.

Les chantiers de forage seront situés au cœur de l'usine et à proximité de bureaux. Les émissions seront cependant ponctuelles et limitées dans le temps, et auront un impact faible sur la qualité de l'air à proximité des habitations du chantier.

- *En phase d'exploitation, l'impact de l'installation sur la qualité de l'air sera nul. En effet, l'installation ne comprend aucune chaudière, il n'y aura donc aucune émission de gaz de combustion en phase exploitation sur le site.*
- *Par ailleurs, l'utilisation de la géothermie, tout comme de l'aérothermie en appoint, permettra de minimiser les émissions indirectes de CO2.*

Déchets

En phase travaux et en phase d'exploitation, l'ensemble des déchets produits par les travaux ou l'installation de géothermie seront stockés, traités, évacués et éliminés conformément à la règlementation en vigueur et n'entraineront aucun impact environnemental.

En phase d'exploitation, seules les opérations de maintenance occasionnelles seront susceptibles de produire des déchets en quantité limitée. Ceux-ci seront stockés, traités, évacués et éliminés conformément à la règlementation en vigueur et n'entraineront aucun impact environnemental.

Impact sur les eaux souterraines

A. Impact qualitatif

En phase travaux :

Vis-à-vis des eaux souterraines, les risques de contamination des nappes sont liés à une pollution accidentelle (renversement d'engin, déversement d'huile, d'hydrocarbure…). Les entreprises intervenant sur site, seront équipés de dispositifs de prévention tels que des bâches de protection et des cuves étanches. En cas de déversement accidentel, les entreprises seront également équipées d'outils et kit de dépollution.

En phase d'exploitation :

Le système géothermique sur nappe avec le prélèvement puis le rejet du même volume dans son milieu d'origine constitue un circuit fermé et isolé de la surface par les échangeurs à plaques.

B. Impact quantitatif

En phase travaux :

Suite aux travaux de forages seront effectués des pompages de développement et des pompages d'essai. A ce jour, le programme détaillé n'est pas défini. Le volume total lié à ces essais est de l'ordre d'environ 20 000m^3 à 30 000m^3 pour l'ensemble des forages.

Les eaux pompées seront rejetées après décantation au réseau d'assainissement après obtention de l'accord du concessionnaire du réseau. Une partie ou totalité des eaux pompées pourra être directement réinjectée dans les ouvrages déjà existant sur site afin de limiter au maximum l'impact quantitatif des essais de pompage.

En phase d'exploitation :

L'impact du projet sur les eaux souterraines a été quantifié à l'aide d'une modélisation numérique. Il reste limité dans l'espace, avec un impact inférieur à 3m de rabattement et d'élévation locales de la nappe calcaire par rapport à l'état initial à environ 200 m des forages.

Le volume journalier maximum d'eau qui circulera dans les forages en phase d'exploitation est 6500m^3. A noter qu'une géothermie sur nappe prélève et réinjecte un même volume d'eau dans son milieu d'origine. Le circuit est donc fermé et il ne crée donc pas de déséquilibre.

Impact sur les eaux superficielles

En phase travaux, aucun rejet ne sera réalisé dans les cours d'eau et l'ensemble des précautions seront prises pour empêcher les eaux météoriques d'entrainer d'éventuels polluants stockés en surface et dans la nappe.

En phase d'exploitation, les forages seront localisés dans des avant-puits étanches, empêchant toute infiltration d'eau et aucun rejet dans le milieu naturel ne sera réalisé.

En phase travaux et en phase d'exploitation, le projet aura un impact nul aussi bien qualitatif que quantitatif sur les eaux superficielles.

Evaluation des incidences sur les milieux naturels

L'implantation des zones Natura 2000, des ZNIEFF et du SRCE les placent hors de toute influence potentielle du projet géothermique.

Impact du fluide frigorigène

Le fluide frigorigène utilisé dans les pompes à chaleur sera de type R1234ze. A défaut, si ce fluide n'est pas disponible pour les PAC prévues pour les différentes sous-stations, le fluide sera soit du R454B ou de R410A. Des contrôles périodiques de fuite de fluide frigorigène seront réalisés dans ces locaux par une personne agréée, conformément à l'art.4 §3 de la réglementation européenne n° 517/2014. Ces contrôles d'étanchéité périodiques des équipements prévus par la réglementation européenne seront conduits avec des appareils dont la sensibilité sera inférieure à 5 g/an et permettront de lutter contre une possible pollution.

d. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Mesures d'évitement des risques de pollution de la nappe souterraine

En phase de chantier des dispositifs de protection seront mis en place, tels que la mise en place de bâches, de cuves étanches ainsi qu'un kit anti-pollution.

En phase d'exploitation et afin de rendre pérennes les ouvrages géothermiques, ces derniers seront :

- Aménagés avec des têtes de protection étanches des ouvrages ;
- Une cimentation annulaire des ouvrages entre l'équipement (tube plein) et les terrains ;
- L'entretien régulier de l'installation en phase d'exploitation et réalisation d'analyses physico-chimiques sur les échangeurs thermiques.

Mesures d'évitement des risques de pollution des eaux superficielles

Concernant le chantier global, une série de mesures permettant de prévenir les risques de pollution accidentelle pour les eaux superficielles ou souterraines seront prises, cela comprend des aménagements tels que la mise en œuvre d'une aire de lavage bétonné avec décantation et séparateur d'hydrocarbures pour le lavage des camions et toupies béton sur site, mise en place d'un dispositif de récupération des eaux souillées et traitement adéquat, stockage de produits (huiles, adjuvants, peinture, …) sur rétention étanche avec protection contre la pluie.

Concernant les travaux de géothermie, ils seront réalisés en fond de fouille évitant ainsi tout ruissellement en dehors de la zone de chantier.

Le chantier de géothermie n'aura aucun contact avec les eaux superficielles, les eaux pluviales seront gérées sur site par infiltration. Un système de décantation et une pompe pour effectuer un rejet au réseau d'assainissement sous réserve de l'accord du concessionnaire seront néanmoins prévus si d'aventure la capacité d'infiltration du sol ne permettait plus l'infiltration.

Les produits chimiques ou polluants seront stockés sur des bacs de rétention et protégés de la pluie.

En phase d'exploitation, l'ensemble des mesures nécessaires seront prises afin de prévenir toute fuite du liquide frigorigène présent dans l'installation.

Mesures de réductions liées au chantier de géothermie

L'ensemble des déblais de forage seront mis en benne étanche, acheminés et traités dans des filières adaptées.

La géothermie étant une énergie renouvelable locale et peu énergivore, l'exploitation raisonnée de la ressource permettra de limiter la production de Gaz à Effet de Serre (GES).

Le projet de valorisation de la ressource géothermale vise à substituer une partie des systèmes énergétiques existants par une production thermique renouvelable et locale. Cette solution permet notamment la suppression des tours aéroréfrigérantes actuellement utilisées pour l'évacuation de chaleur. L'abandon de ces équipements présente plusieurs bénéfices : suppression du risque de prolifération et de dispersion de bactéries du genre Legionella, réduction voire suppression de l'utilisation de produits chimiques de traitement (biocides, antitartre, anti-corrosion) et diminution significative des consommations d'eau liées aux appoints et aux purges de fonctionnement.

Par ailleurs, le recours à la géothermie permet de réduire l'utilisation de chaudières alimentées au gaz naturel pour la couverture des besoins thermiques du site. Cette substitution énergétique contribue directement à la diminution des émissions de gaz à effet de serre et s'inscrit dans les objectifs nationaux et territoriaux de décarbonation du secteur énergétique. Elle permet également de limiter les émissions atmosphériques associées à la combustion (NOx, CO_2).

En mobilisant une ressource énergétique renouvelable, disponible localement et faiblement émettrice de polluants, le projet améliore la performance environnementale globale du système énergétique du site. La géothermie présente en outre l'avantage d'une production d'énergie stable et pilotable, indépendante des conditions climatiques, contribuant ainsi à la sécurité d'approvisionnement énergétique. L'ensemble de ces éléments s'inscrit dans une démarche de transition énergétique et de réduction de l'empreinte environnementale des installations.

Mesures de compensation

Au regard des mesures de réduction et d'évitement présentées précédemment, et compte tenu du faible impact du projet sur les milieux, aucune mesure compensatoire n'est à prévoir.

Condition d'abandon des travaux d'exploitation géothermique

En cas de renoncement à l'utilisation d'un puits à l'issue des travaux, le puits est rebouché conformément à un programme technique, soumis à l'approbation préalable du préfet, respectant les normes en vigueur et conformément aux règles de l'art.

7. Synthèse des éléments de Santé et Sécurité

Des documents de santé et sécurité seront établis afin d'assurer le bon déroulement des travaux et de préserver l'intégrité des intervenants. Ces documents seront rédigés d'après une analyse des risques et des mesures de prévention à adopter. Par la suite, le personnel sera informé de l'ensemble des dispositions requises afin d'assurer la protection de chacun face aux différents risques identifiés. Pour informer le personnel, les moyens employés seront l'utilisation de registres de sécurité et la diffusion de consignes de sécurité.

La même démarche sera effectuée afin de d'assurer le bon déroulement de la phase d'exploitation.

8. Compatibilité réglementaire

L'étude de la compatibilité du projet de géothermie sur le site de l'usine Stellantis avec la réglementation en vigueur montre que :

- Le projet se trouve hors de tout périmètre de protection de captage AEP ;
- Le projet se trouve en dehors des zones Natura 2000 et des ZNIEFF, empêchant tout impact du projet de géothermie sur ces zones ;
- Le projet est compatible avec la Directive Cadre Européenne ;
- Le projet est compatible avec les D.211-10 et L211-1 du Code de l'Environnement ;
- Le projet est compatible avec le SDAGE du Bassin Seine-Normandie ;
- Le projet est compatible avec le SAGE de l'Ornes aval et Seulles ;
- Le projet est compatible avec les Zones de Répartition des Eaux ;
- Le projet est compatible avec le Plan Local d'Urbanisme (PLU) ;
- Le projet n'est pas situé en zone soumise à un risque inondation et remontée de nappe ;
- Le projet est compatible avec la sécurité publique.

III. Contexte et objectifs du projet de géothermie dans le cadre de la rénovation énergétique du site

Client : Stellantis

Projet : Projet de doublets géothermiques sur nappe sur l'Usine STELLANTIS - Dossier d'autorisation au titre du code minier : Demande d'autorisation de recherches et demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers

Adresse du projet : Boulevard de l'Espérance, 14123 Cormelles-le-Royal

Le projet de rénovation énergétique est situé sur la commune de Cormelles-le-Royal au cœur de l'usine Stellantis. Dans le cadre de ce projet, la société Stellantis va créer et exploiter sur 30 ans un système de géothermie sur nappe permettant la production de chaleur et de froid. La nappe exploitée sera celle des calcaires du Bathonien.



Figure 13: Localisation du site sur fond topographique

La volonté d'employer des Energies Renouvelables dans le cadre de ce projet a conduit Stellantis Auto SAS à retenir une solution de géothermie sur nappe. Ainsi, les bureaux d'études Naldéo et Geothermaq ont réalisé une étude de faisabilité

géothermique pour aboutir au dimensionnement d'une solution de géothermie sur nappe tel que présentée dans ce document.

Le dispositif de géothermie sera composé d'un total de cinq forages dont trois forages de production et deux forages injecteurs pour viser un débit d'exploitation entre 105 et 130 m³/h.

Ainsi l'installation de géothermie permettra d'extraire du sous-sol une énergie de 2.3 GWh/an pour la production des besoins de chauffage et 11.8 GWh/an pour le refroidissement afin de couvrir l'essentiel des besoins du projet par géothermie.

Un examen cas par cas pour le projet a déjà été réalisé et a fait l'objet d'une délibération de l'autorité environnementale, ces éléments sont présentés en annexe :

- Dossier de demande d'examen au cas par cas rédigé par Envolis en octobre 2025
- L'avis délibéré de l'autorité environnementale sur le projet de géothermie du 13 janvier 2026

1. Contexte réglementaire

a. Contexte législatif et réglementaire

Le projet d'installation géothermique est considéré comme exploitant un gîte géothermique de basse température (<150°C).

Dans ce contexte, trois dossiers seront à fournir :

- Dossier d'autorisation de recherches ;
- Dossier d'autorisation d'ouverture de travaux miniers ;
- Dossier de demande de permis d'exploitation ;

Dans le cadre de la présente demande, la société Stellantis délégataire du futur réseau énergétique du site sollicite les autorisations de recherche de gîtes géothermique (AR) et d'ouverture des travaux miniers (AOTM), afin d'entreprendre la réalisation des forages géothermiques de recherches en vue d'une exploitation géothermique sur 30 ans pour une puissance maximum extraite du sous-sol de 2788 kW à 3647 kW soit un débit de 260 à 365 m³/h selon le COP/EER définitif.

Le projet d'installation géothermique de l'usine Stellantis de Cormelles-le-Royal est considéré comme un gîte géothermique exploité par un permis d'exploitation et non par une concession car sa puissance est inférieure à 20 MW.

Les textes règlementaires de référence pour l'établissement du présent dossier de demande d'autorisation de recherches et de travaux sont les suivants :

- Décret n°2025-852 du 27 août 2025 relatif aux activités de recherche et d'exploitation de géothermie ;
- Arrêté du 27 août 2025 fixant les modalités selon lesquelles sont établies les demandes portant sur les titres de géothermie

- *Le décret n°2006-648 du 2 juin 2006 relatif aux titres miniers et aux titres de stockage souterraine ;*
- *Le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines modifié par le décret n°2016-1304 du 4 octobre 2016 ;*
- *Arrêté du 14 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières*
- *Le décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières.*

Conformément Code de l'Environnement et plus spécifiquement à l'article R122-5 modifié par le décret n°2022-1673 du 27 décembre 2022, l'étude d'impact contient les éléments suivants :

- *Un résumé non-technique des informations prévues ci-dessous. Ce résumé peut faire l'objet d'un document indépendant ;*
- *Une description du projet, y compris en particulier :*
    - *Une description de la localisation du projet ;*
    - *Une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ;*
    - *Une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ;*
    - *Une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.*
- *Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;*
- *Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ;*
- *Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :*
    - *De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ;*

- *De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ;*
- *De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ;*
- *Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ;*
- *Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées.*
- *Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ;*
- *Des technologies et des substances utilisées.*

- *Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ;*
- *Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;*
- Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :
  - *Éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;*
  - *Compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.*
- *Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;*
- *Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;*
- *Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation ;*

Enfin, d'après l'article L.162-11 du code minier, toute demande d'autorisation d'ouverture de travaux minier vaut également demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'eau (art. L.214-3 c. env.).

L'activité de géothermie du projet est concernée par les déclarations et autorisations des rubriques suivantes de la nomenclature Loi sur l'eau (art. R.214-1 c. environnement.) :

Rubrique	Projet	Régime
1.1.1.0 **« sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau (D) »**	Réalisation d'un dispositif de géothermie comprenant trois forages	**Déclaration**
1.1.2.0 : **« le prélèvement permanent ou temporaire dans un système aquifère, si le volume est supérieur à 200 000 m3/an (A) ou si le volume est compris entre 10 000 m3/an et 200 000 m3/an (D) ».**	Prélèvement d'un volume de nappe d'environ 30 000 m3 à 60 000 m3 lors de la réalisation des forages	**Déclaration**
5.1.1.0 : **« Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors de travaux de génie civil, la capacité totale de réinjection étant : Supérieure ou égale à 80 m3/h (A). Supérieure à 8 m3/h, mais inférieure à 80 m3/h (D). »**	Réinfiltration, de l'ensemble du volume prélevé après le passage par l'installation géothermique	**Autorisation**
5.1.2.0 : **« Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques (A). »**	Réalisation d'une installation de géothermie sur nappe réversible	**Autorisation**

Figure 14: Rubriques loi sur l'eau

En outre, en application du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 (article 6 I. 7°), le projet doit être compatible avec le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Les forages respecteront l'ensemble des dispositions locales de protection des aquifères.

b. Procédure pour aboutir à l'exploitation d'un gîte géothermique

La procédure pour exploiter un « gîte géothermique » est la suivante :

- *Dépôt d'un dossier de **demande d'autorisation de recherche ou d'un permis exclusif de recherche**. C'est au pétitionnaire de choisir le titre minier souhaité.*

Titre miniers nécessaires pour l'EXPLORATION		
	Le pétitionnaire choisit :	
Titres miniers	**Autorisation de recherche (AR)**	Permis exclusif de recherche (PER)
Délivré par	**Préfecture**	Ministère
Concurrentiel	**Oui**	Oui
Enquête publique	**Oui**	Oui
Durée initiale	**3 ans**	3 à 5 ans

- *Dépôt d'un **dossier de demande « d'ouverture de travaux miniers »**, pour la réalisation des forages. L'autorisation est également accordée par le préfet après enquête publique et passage au CODERST. La demande d'autorisation de recherche et celle d'ouverture de travaux peuvent être déposées en même temps (dossier unique, ce qui est le cas du présent dossier) ;*

- *Demande de **permis d'exploitation ou de concession.** Le permis d'exploitation est accordé par le préfet (cette fois sans nouvelle enquête publique, à condition de le déposer pendant la validité de l'Autorisation de Recherche et de ne pas modifier significativement les emplacements des forages, le périmètre d'exploitation initialement projeté ou les débits calorifiques extraits). Seul le titulaire de l'autorisation de recherche peut obtenir le permis d'exploitation. Celui-ci se situe à l'intérieur de la zone d'autorisation de recherche. Il est accordé pour une durée maximale de trente ans mais peut être prolongé par périodes de quinze ans. Le permis exclusif d'exploitation correspond à un volume clairement déterminé (un périmètre et deux profondeurs : toit et mur du réservoir).*

Le pétitionnaire choisit de déposer une demande conjointe d'Autorisation de Recherche et d'Ouverture de Travaux miniers par ce présent dossier.

c. Durée du titre de recherche sollicitée

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

Les travaux seront ainsi réalisés, après réception de l'autorisation préfectorale d'ouverture des travaux, dans un délai maximum de 3 ans dans le cadre du permis de recherche.

Par ailleurs, la durée d'exploitation qui sera sollicitée dans le cadre de l'autorisation d'exploitation est de 30 ans.

d. Avis de l'autorité environnementale sur l'examen cas par cas

Le projet de rénovation énergétique a fait l'objet d'une demande d'examen au cas par cas en décembre 2025.

La Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Normandie s'est réunie le 6 janvier 2026 pour rendre son avis sur le projet de doublets géothermiques sur nappe par la société STELLANTIS AUTO SAS sur les communes de Mondeville et de Cormelles-le-Royal.

La liste de décision se présente sous forme d'articles :

- Le projet de modification des conditions d'exploitation de l'établissement exploité par la Société STELLANTIS AUTO SAS sur la commune de Cormelles-le-Royal **n'est pas soumis à évaluation environnementale.**
- La présente décision, délivrée en application de l'article R 122-3 du code de l'environnement, ne dispense pas des autorisations et des procédures administratives auxquelles le projet peut être soumis. Une nouvelle demande d'examen au cas par cas est exigible si les éléments de contexte ou les caractéristiques du projet présentés dans la demande examinée viennent à évoluer de manière significative.
- En fonction des informations fournies dans le dossier de demande d'examen au cas par cas, l'évaluation environnementale doit en particulier porter sur l'évaluation des impacts potentiels liés au projet de modification et à son exploitation, en particulier sur la biodiversité, le paysage, les émissions sonores et de poussières, et la définition des mesures propres à éviter, réduire, ou à défaut compenser ces impacts. Ceci est sans préjudice de l'obligation pour le maître d'ouvrage de respecter le contenu de l'évaluation environnementale, conformément aux dispositions du code de l'environnement.
- La présente décision sera publiée sur le site internet de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Normandie : http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr

L'ensemble de l'avis est présenté en annexe de ce rapport. Suite à cet avis, qui dispense le projet d'évaluation environnementale, plusieurs aspects seront tout de même étudiés sous forme de notice d'incidence du projet. Cette notice d'incidence aura pour but de démontrer que le projet de géothermie n'aura pas d'impact substantiel sur l'activité industrielle du site Stellantis.

IV. Présentation du projet – Mémoire technique

1. Interlocuteurs du projet

a. Identification du demandeur

Le demandeur est le futur utilisateur de l'installation géothermique Stellantis, et sera titulaire du contrat d'exploitation du réseau de chaleur et de froid.

Stellantis Auto SAS, détenu à 15.97% (soit 684 832 parts) par la famille Agnelli, d'origine italienne.

Adresse : Boulevard de l'Espérance, 14123 Cormelles-le-Royal

Numéro d'immatriculation : 54206547901478

Le représentant de cette structure est Stéphane Lozach, directeur de l'usine Stellantis de Caen.

Le pétitionnaire est propriétaire du terrain.

b. Capacités financières du demandeur

Les capacités financières du demandeur sont présentées en annexe de ce rapport.

c. Capacités techniques du demandeur

La société Stellantis fait appel à Geothermaq pour la réalisation des études et du dimensionnement des installations sous-sol. En effet, Geothermaq est fort de l'expérience acquise sur des opérations similaires avec succès en France témoignant de son savoir-faire.

Les capacités techniques liées à la géothermie de Geothermaq sont présentées en annexe de ce rapport.

d. Maîtrise d'œuvre du projet

La société Stellantis fera réaliser par un bureau d'étude la maîtrise d'œuvre de toutes les installations du réseau (réseaux enterrés, local géothermie, poste électrique, appoint aérothermie, etc…) comme cela avait été le cas lors de la réalisation du projet de géothermie de minime importance.

Stellantis Auto SAS assure toutefois un suivi général de l'opération en pilotant le projet conjointement aux Maîtrises d'œuvres sous-sol et surface.

e. Maîtrise d'œuvre sous-sol

En ce qui concerne le suivi et les travaux du sous-sol, Stellantis fera appel à un bureau d'études spécialisé en géothermie qualifié RGE OPQIBI 1007.

f. Entreprise de forages

L'entrepreneur signataire du marché disposera des qualifications nécessaires (notamment vis-à-vis de l'arrêté du 25 juin 2015 relatif à la qualification des entreprises de forage intervenant en matière de géothermie de minime importance). Elle devra avoir obtenu **la certification « Certiforage » donnée par l'organisation Qualit'ENR**. Elle devra disposer d'au minimum un référent technique ainsi que des moyens techniques adaptés au regard de l'ampleur des travaux envisagés et des enjeux identifiés, mentionnés aux articles L. 161-1 du code minier.

2. Description du projet

a. Description globale du projet

Stellantis envisage d'avoir recours à la géothermie pour satisfaire les besoins de chauffage et de rafraîchissement de l'usine sur son site de Cormelles-le-Royal.

Stellantis est accompagné pour toutes les études concernant la ressource géothermique par Geothermaq, bureau d'étude spécialisé dans ce domaine.

Stellantis est accompagné sur les aspects techniques de surface par le bureau d'études Naldéo.

La localisation du site d'étude est présentée ci-dessous :



Figure 15: Localisation du projet et des forages sur fond ortho photographique

La rénovation énergétique de l'usine impliquera la création de trois nouveaux forages, d'un réseau enterré connectant les puits au local technique et un local dans lequel

se trouvera l'échangeur et les différentes pompes à chaleur (géothermie et aérothermie).

Les eaux seront prélevées dans la nappe des calcaires du Bathonien à partir des forages de production, puis réinjectées dans la même nappe, au niveau des forages de réinjection en totalité après échange thermique.

Le circuit de l'eau de nappe pour l'installation du projet se composera de :

- 3 ouvrages de captage ;
- 2 ouvrages de réinjection.

Le projet de géothermie soutirera à la nappe une énergie de 2.27 GWh/an pour les besoins de chauffage et 11.8 GWh/an pour le rafraîchissement afin d'alimenter l'usine. Le débit recherché sur la nappe sera au maximum de 105 à 130 m^3/h par puits pour un débit de pointe estimé à 365m^3/h.

Les plans d'implantation des tuyauteries sont présentés en annexe de ce rapport.

b. Implantation des forages projetés

L'implantation prévisionnelle pour les forges est présentée ci-dessous :



Figure 16: Localisation du projet et des forages sur fond ortho photographique

Les coordonnées des cinq forages sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Forages	Coordonnées (Lambert 93)		
	X (m)	Y (m)	N° de parcelle
F1	458102.934	6900730.127	CD 0082
F3	457909.79	6900393.40	AK 0299

F4	458027.925	6900362.165	AK 0299
F5	458222.23	6900734.52	CD 0082
F6	457756.95	6900469.33	AK 0299

Figure 17: Coordonnées des forages

Les coordonnées des forages F4, F5 et F6 sont données à plus ou moins 10 mètres près. En effet, ces derniers pourront être amenés à être décalés en fonction des contraintes de chantiers.

Le projet est concerné par le décret n°2006-649 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains. Les justifications des points associés à cette rubrique (localisation, usage, caractéristiques, horizon géologique, puissance primaire…) sont présentées plus tard dans le rapport.

L'implantation des forages sur fond de plan cadastrale est présentée sur la figure suivante :

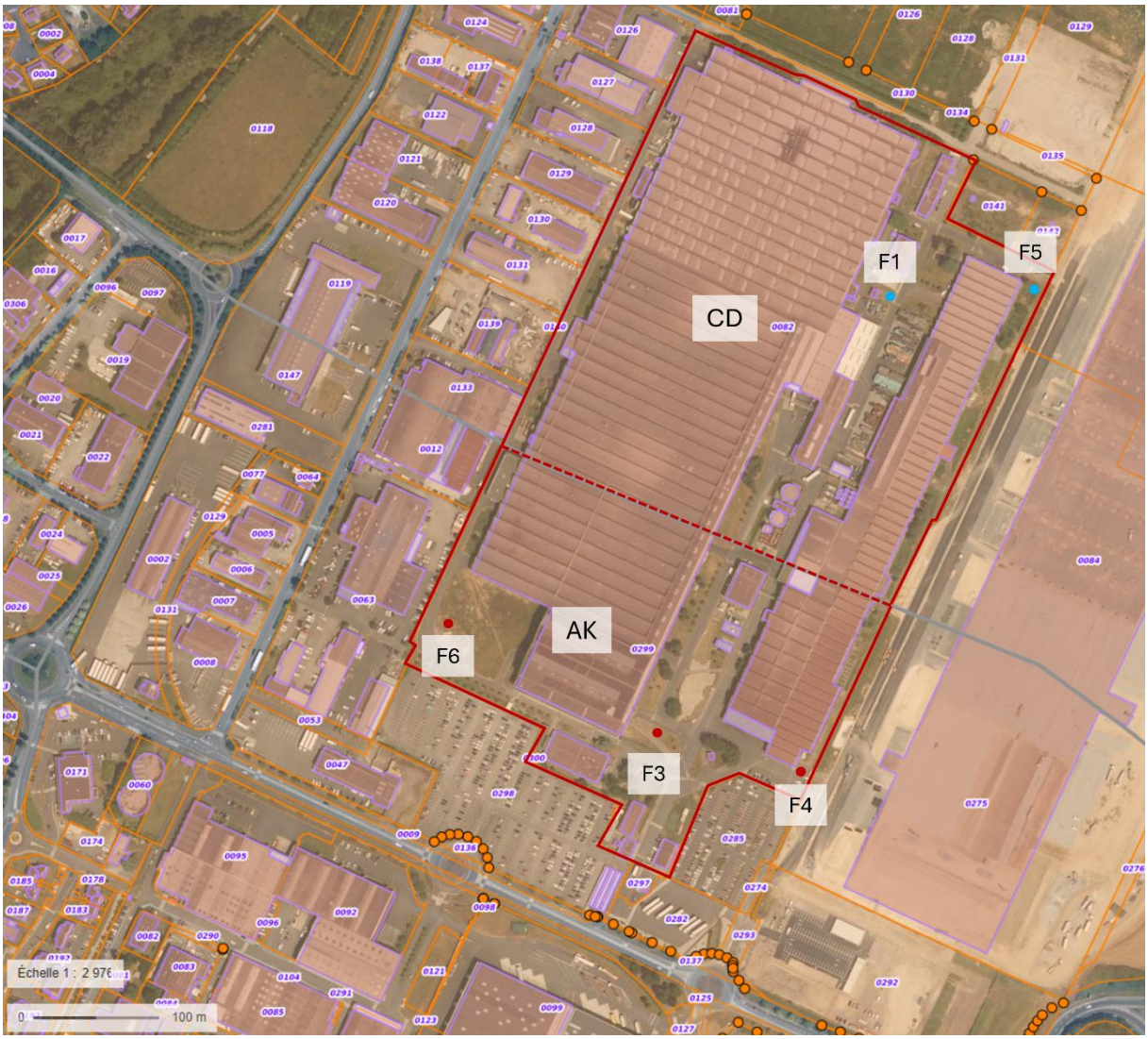


Figure 18: Implantation des forages sur fond cadastral (Géorisques)

Pour rappel, les forages F1 et F3 sont déjà existants.

c. Description du périmètre de recherche sollicité

Le périmètre de recherche sollicité est situé sur la commune de Cormelles-le-Royal et Mondeville (14). Il est représenté sous la forme d'un polygone de 3 156 m de périmètre et d'une surface de 0,725 km².

Le périmètre d'exploitation et de recherche sollicité est représenté sur la figure suivante :

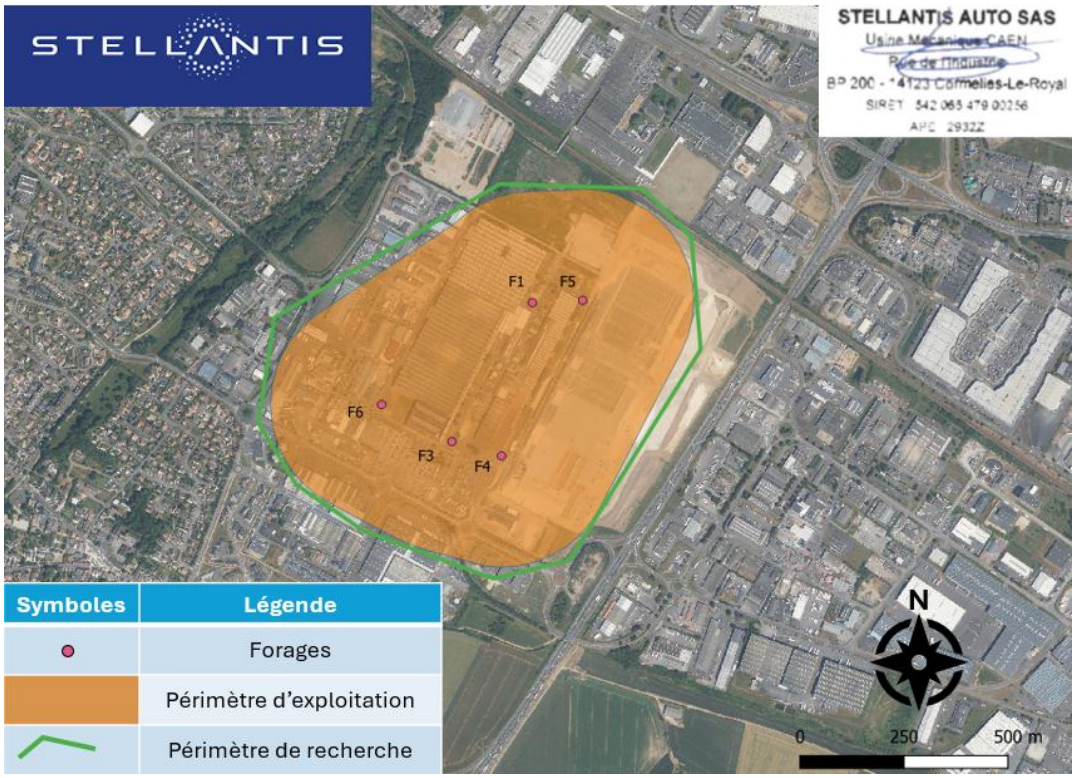


Figure 19: Représentation du périmètre d'exploitation et de recherche souhaité

Les communes de Cormelles-le-Royal ainsi que celle de Mondeville seront concernées par l'enquête publique. La figure ci-dessous présente l'extrait carte officielle échelle 1/50000 comportant l'emplacement des ouvrages et éventuels périmètres sollicités :

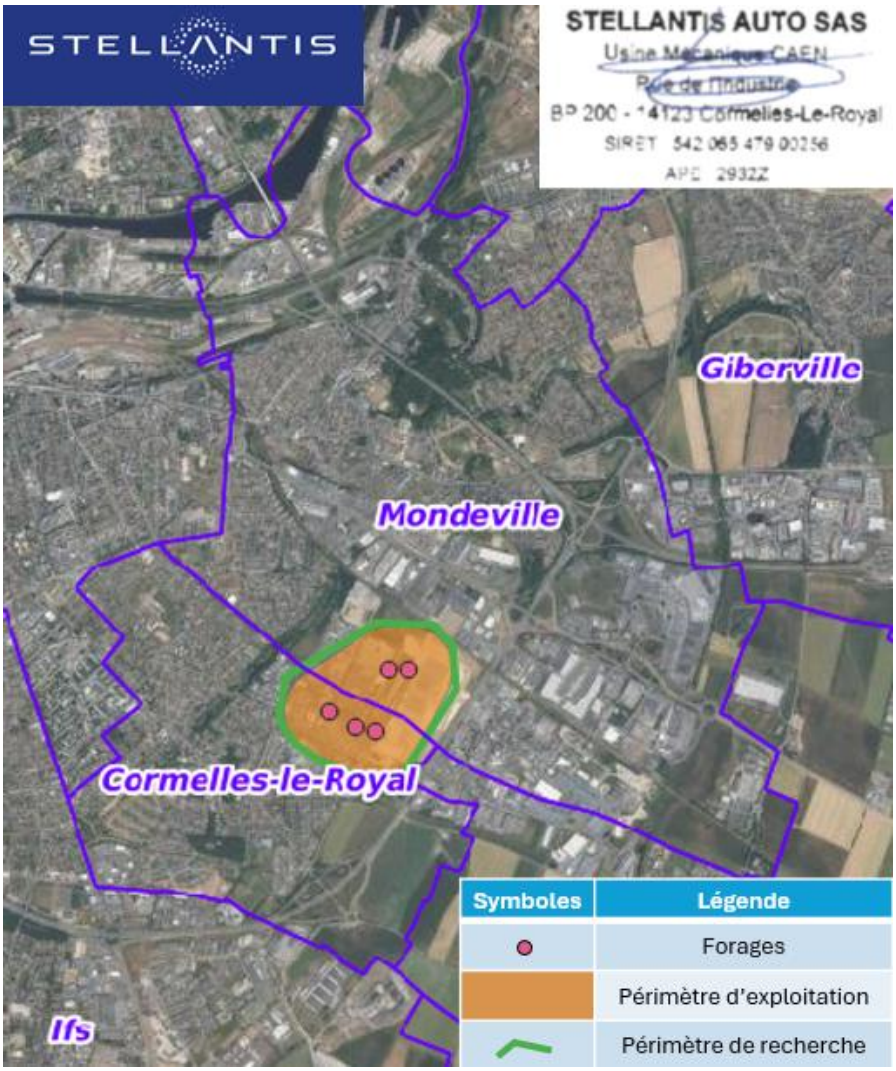


Figure 20: Localisation du projet, des forages ainsi que des périmètres sollicités sur fond ortho photographique au 1/50000ème

Les coordonnées des limites du périmètre d'exploitation sont comprises dans le périmètre de recherche dont les coordonnées des sommets du polygone sont présentées ci-dessous :

Coordonnées en Lambert 93	
458361.5	6901015.4
458490.49	6900890.71
458517.51	6900626.75
458187.94	6900108.02
458006.02	6900064.59
457684.64	6900177.02
457523.47	6900296.69
457445.3	6900433.25
457481	6900696.24
458029.66	6901014.72

Figure 21: Coordonnées des limites du périmètre de recherche

d. Description du périmètre d'exploitation sollicité

Le volume d'exploitation est la partie de l'aquifère du Bathonien dont sera extrait la chaleur géothermale sur la période requise pour la production de chaleur ou de rafraîchissement.

Le périmètre d'exploitation du doublet doit prendre la forme d'une gélule dont la représentation schématique est la suivante : il s'agit de l'enveloppe convexe autour des deux cercles centrés sur chaque impact des puits au toit du réservoir, de rayon d/2, d étant la distance entre les verticales passant par ces impacts. Les points P et I sont la représentation des impacts (ou barycentre) des forages de pompage et d'injection au toit du réservoir du Bathonien.

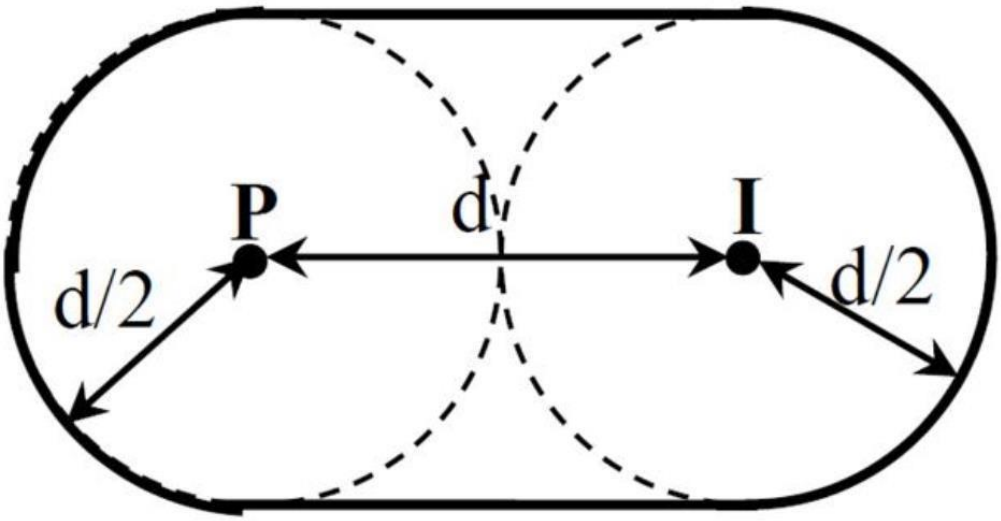


Figure 22: Représentation schématique de la gélule d'exploitation d'un doublet

Le périmètre définissant le volume d'exploitation est représenté par 3 gélules assemblées en une figure géométrique présentée précédemment.

Le périmètre d'exploitation est compris dans le périmètre de recherche dont les coordonnées des sommets ont été présentés dans le tableau précédemment. Le périmètre d'exploitation sera réévalué une fois les travaux achevés et fera l'objet d'une demande de permis d'exploitation.

La partie de l'aquifère du Bathonien sollicité se trouve entre -2 et -31 m NGF soit une épaisseur de l'ordre de 29 m.

Le volume d'exploitation correspond donc au volume obtenu à partir de la surface comprise dans la figure géométrique formée par les gélules et par l'épaisseur de nappe sollicitée soit :

642 000 m^2 x 29 m = 18618 000 m^3

V. Programme des études et travaux

1. Principe et fonctionnement de l'installation envisagé

Le projet repose sur l'exploitation thermique d'un aquifère dans le cadre d'une installation de **géothermie sur nappe en boucle ouverte**. Le système comprend un ensemble de trois forages de production permettant le prélèvement de l'eau souterraine et de deux forages d'injection, permettant sa restitution à l'aquifère après échange thermique.

L'eau de la nappe est utilisée comme source froide afin d'assurer prioritairement le refroidissement du procédé industriel par **geocooling**. Dans ce mode de fonctionnement, l'eau souterraine est pompée depuis le forage de production puis dirigée vers un échangeur thermique où elle absorbe les calories issues du circuit de refroidissement du procédé industriel. Ce dispositif permet d'exploiter la température naturellement modérée de l'aquifère pour dissiper les charges thermiques du process industriel, avec une consommation énergétique limitée aux auxiliaires hydrauliques. Après échange thermique, l'eau est restituée à la nappe par le forage de réinjection, assurant ainsi la préservation de l'équilibre hydraulique de l'aquifère.

Les calories extraites du procédé industriel entraînent une élévation de la température du circuit secondaire. Cette énergie thermique est valorisée pour les besoins de chauffage des ateliers, permettant une récupération de chaleur et contribuant à l'optimisation du bilan énergétique global de l'installation.

Afin de garantir la continuité de service et de couvrir les périodes de forte sollicitation thermique ou frigorifique, l'installation est complétée par des pompes à chaleur de type **thermofrigopompes**. Ces machines thermodynamiques fonctionnent en appoint ou en secours lorsque les capacités de refroidissement direct par géocooling ou la récupération thermique ne permettent pas de satisfaire l'ensemble des besoins du site. Elles permettent également d'adapter les niveaux de température aux différents usages énergétiques.

Lors des périodes de maintenance ou d'arrêt des équipements industriels habituellement refroidis, les apports thermiques issus du procédé ne sont plus disponibles pour alimenter la récupération de chaleur. Dans ces conditions, les besoins de chauffage des bâtiments sont assurés directement par les pompes à chaleur, qui valorisent les calories présentes dans l'eau de nappe afin de maintenir la production thermique du site.

Le fonctionnement de l'installation est ainsi conçu de manière à privilégier l'utilisation directe de la ressource géothermale et la valorisation de chaleur fatale, tout en limitant les perturbations thermiques de l'aquifère et en assurant une gestion équilibrée des prélèvements et réinjections.

Ce projet permet de combiner la production de chaud et de froid alimenté principalement par géothermie et du stockage d'énergie via un ballon de grande capacité permettant de maximiser le recours à la géothermie et la récupération de

chaleur fatale en permettant un décalage entre production/récupération d'énergie et son utilisation. L'eau pompée via les forages producteur sera acheminée vers le local géothermie où sera situé l'échangeur faisant le lien entre les forages et les installations de surface puis sera acheminée vers les forages injecteurs pour être restituée à la nappe.

La totalité du volume d'eau prélevé sera ainsi restituée dans le même aquifère.

Afin de limiter l'interférence des champs d'action thermiques des forages de pompage et de réinjection, et donc de conserver la productivité à long terme de l'exploitation géothermique, l'implantation des forages respecte les contraintes suivantes :

- Les forages de pompage sont situés en amont hydraulique des ouvrages de réinjection ;
- L'écartement entre les forages de pompage et de rejet (distance minimale de 390m) permet d'éviter le recyclage thermique.

2. Description technique des ouvrages à réaliser

a. Installation de géothermie

Le système de géothermie sera amené à produire de l'énergie par l'intermédiaire de Pompes à Chaleurs.

Les forages seront donc reliés par le biais d'un réseau étanche au local géothermie dans lequel sera situé l'échangeur géothermie faisant le lien avec la PAC géothermique. Une fois passée au travers de l'échangeur à plaque, les eaux pompées seront acheminées aux forages d'injections par l'intermédiaire de canalisations de rejet étanches.

Le fluide frigorigène qui sera privilégié dans les pompes à chaleurs (PAC) sera de type R1234ze. A défaut, si ce fluide n'est pas disponible pour les PAC prévues pour les différentes sous-stations, le fluide sera soit du R454B ou de R410A.

Par ailleurs, les liaisons hydrauliques entre les différents organes reliant les forages aux locaux techniques seront assurées par des canalisations en PEHD.

Enfin, les liaisons électriques seront situées dans des fourreaux électriques. Les câbles de basses intensités seront séparés des câbles de haute intensité de manière à éviter toutes interférences entre eux.

Il est possible que des fines soient présentes dans les fissures des calcaires du bathonien. Les opérations de développement des forages permettront dans un premier temps d'en éliminer un maximum. Il reste néanmoins possible que durant la phase d'exploitation, des fines soient libérées dans la nappe (phénomène de débourrage) provenant des fissures éloignées dans l'aquifère. Ainsi, diverses filtrations seront effectuées en amont des échangeurs. Ces filtrations seront réalisées à l'aide d'un filtre dédié auto-nettoyant en inox 304L Ø250.

b. Forage de reconnaissance/GMI

Un forage de reconnaissance a été réalisé par la société FORADOUR à 65 m de profondeur captant la nappe du bathonien en 2023 suite à une première étude de faisabilité géothermique. Cette phase de reconnaissance s'inscrivait dans le cadre de la GMI au vu des scénarios énergétiques et productivités du sous-sol envisagés lors de la rédaction de la première étude en 2022. Les résultats de la phase de reconnaissance ont amené à repenser et adapter le projet, faisant émerger un scénario hors-GMI éloigné du scénario envisagé lors de la première approche ayant mené à cette phase de reconnaissance. L'objectif de ce nouveau scénario est de favoriser l'usage la ressource géothermique présente sous le projet pour alimenter le plus de besoins énergétiques possibles pour assurer la meilleure performance énergétique globale de l'installation. Cela permet également de supprimer les tours aéroréfrigérantes prévues pour refroidir le process industriel ainsi que le gaz utilisé pour chauffer et les ateliers jusqu'à présent.

La coupe litho stratigraphique réalisée par Geothermaq à partir des données de forage de Foradour (cuttings et vitesses d'avancement) est la suivante :

Profondeur (m)	Lithologie	Epaisseur (m)	Formation
0-1	Terre végétale	1	
1-4	Calcaires marneux	3	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans l'aquifère libre du bassin versant de l'Orne en Basse-Normandie
4-10	Calcaires récifaux	6	
10-20	Calcaire spathique	10	
20-27	Marnes tendres à débris fossiles	7	
27-38	Calcaires gris graveleux à oolithes	11	
38-44	Calcaires à silex	6	
44-46	Marnes grises	2	
46-56	Calcaire marneux	10	
56-65	Marnes grises	9	Marnes et calcaires marneux du Bathonien en Basse-Normandie de l'Orne en Basse-Normandie

Figure 23: Coupe litho stratigraphique au droit du forage

Les formations présentes de 0 à 24 m sont masquées par un tube acier cimenté de diamètre Ø 508 mm extérieur. Le tube acier a été cimenté sous pression par injection de 2072 litres d'un coulis de ciment de densité 1,8, et donc équivalent au volume théorique de cimentation.

L'ouvrage a ensuite été équipé :

- D'un tube plein en INOX Ø 273 mm de 20 à 32 m/sol ;
- D'une colonne captante en INOX fil enroulé (slot 3 mm) Ø 273 mm de 32 à 44 m/sol ;
- D'un tube plein INOX Ø273mm de 44 à 49 m/sol ;
- D'une colonne captante en INOX fil enroulé (slot 3 mm) Ø 273 mm de 49 à 56 m/sol ;
- D'un tube décanteur en INOX Ø 273 mm de 56 à 60 m/sol.

Un massif filtrant graviers (granulométrie : 4/8 mm) a été posé gravitairement entre 20 et 60 m/sol.

Suite à la réalisation de ce forage de reconnaissance, les essais suivants ont été réalisés :

- Pompage par paliers (4 paliers d'une heure) ;
- Pompage longue durée (24 heures) ;

Ces essais ont permis de confirmer les hypothèses des études de faisabilité précédents ce forage. Ainsi, la productivité du forage a pu être fixée à au moins 105 m3/h à partir des tests réalisés sur le forage. Le débit critique de la nappe n'a toutefois pas été atteint et il est possible que la capacité de pompage soit supérieure. La capacité d'injection de la nappe n'a pas pu être quantifiée par le forage de reconnaissance à ce stade.

Ces essais ont également permis d'élargir les perspectives liées à la géothermie sur site, en effet, si initialement une installation rentrant dans la catégorie Géothermie de Minime Importance (GMI) était prévue pour satisfaire une plus petite partie des besoins du projet, les résultats du forage de reconnaissances ont permis d'envisager une installation plus conséquente soumise au code minier à titre d'autorisation permettant de satisfaire une vaste majorité des besoins pour obtenir un excellent taux d'énergies renouvelables (ENR).

Le rapport de chantier réalisé par Foradour ainsi que celui réalisé par Geothermaq se trouvent en annexe de ce rapport.

c. Réhabilitation du forage F1

Une réhabilitation du forage F1, puits déjà existant sur le site de l'usine, a été réalisé par la société hydro assistance en 2023 sous la supervision de Geothermaq.

L'usine de STELLANTIS de Caen possède deux puits (F1 et F2) qui étaient utilisés pour remplir des cuves afin d'alimenter en eau le processus de refroidissement des chaines de fabrication. Les opérations réalisées dans le puits F1 ont permis de le rendre apte à une utilisation géothermique en le transformant en puits d'injection (couple F1-F3 qui forme un doublet). Les missions réalisées par hydro assistance sur F1 sont les suivantes :

- Relevé de la pompe d'exhaure (F1)
- Diagraphies sur F1 (conductivité et T°)
- Contrôle de l'état du puits (F1)
- Tests de pompage par paliers (F1/F2)
- Test de pompage longue durée (F2) et réinjection (F1) au débit de 40m^3/h

Le rapport de mission détaillé réalisé par hydro assistance ainsi que celui réalisé par Geothermaq se trouvent en annexe de ce rapport.

d. Forages de production

Les futurs forages de production auront les caractéristiques suivantes :

- Forage au rotary Ø610mm de 0 à 24m ;
- Pose et cimentation d'un tube acier Ø508mm jusqu'à 24m de profondeur ;

- Forage au rotary Ø432mm de 24 à 60m
- Pose d'un tube acier Ø273mm de 20 à 32m ;
- Pose d'un tube INOX crépiné Ø273mm slot 3mm de 32 à 44m ;
- Pose d'un tube acier Ø273mm de 44 à 49m (**chambre de pompage**) ;
- Pose d'un tube INOX crépiné Ø273mm slot 3mm de 49 à 56m ;
- Pose de 4m de tube plein en fond de forage qui servira de tube décanteur ;
- Massif filtrant de 20 à 60m, constitué de graviers de granulométrie adapté au slot des crépines (4/8mm).

Les forages de production seront ensuite adaptés comme suit :

- Mise en place d'une pompe de production immergée à 48m de profondeur par rapport au niveau du sol (pompe capable de puiser 130m^3/h) ;
- Colonne de relevage INOX 304 reliant la pompe immergée à la tête de puits.

Afin d'optimiser le fonctionnement et la pérennité de la pompe immergée de production, des équipements annexes devront mis en œuvre conformément à la norme en vigueur (norme NFX10-999) :

- Une tête de forage INOX 316 étanche composée d'une bride PN 16 percée et boulonnée sur la bride précédente
- Pose sur les piquages verticaux Ø 1/4" de la tuyauterie de la tête de forage des capteurs suivants :
  1. Un capteur de pression 0-16 bars 4-20mA, sortie 2 fils.
  2. 1 manomètre 0-16bars sur la production
- Débitmètre bidirectionnel électromagnétique assurant les fonctions débitmètre et totalisateur volume ;
- Sonde de température 2 fils à insertion avec raccord gaz ½"
- Presse étoupes passages câbles + sondes + évent ;
- Variateur de vitesse pour pose en armoire, compris carte MODBUS TCP.

La coupe technique des forages de production est présentée ci-dessous :

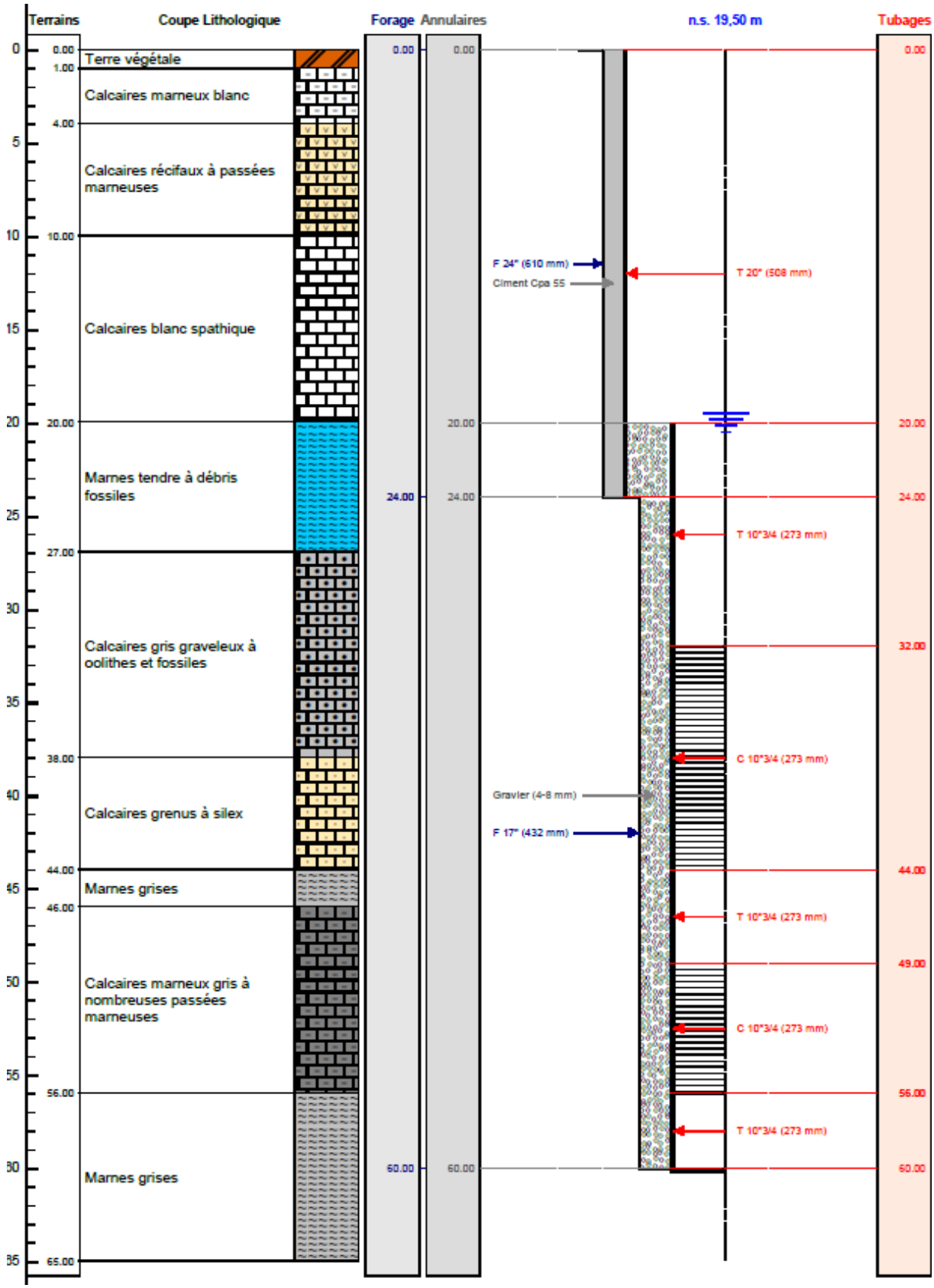


Figure 24: Coupe géologique et technique des forages de production

e. Forage d'injection

Le second forage d'injection aura les caractéristiques suivantes :

- Forage au rotary Ø610mm de 0 à 24m ;
- Pose et cimentation d'un tube acier Ø508mm jusqu'à 24m de profondeur ;
- Forage au rotary Ø432mm de 24 à 27m
- Pose d'un tube acier Ø273mm de 20 à 32m ;
- Pose d'un tube INOX crépiné Ø273mm slot 3mm de 27 à 56m ;
- Pose de 4m de tube plein en fond de forage qui servira de tube décanteur ;
- Massif filtrant de 20 à 60m, constitué de graviers de granulométrie adapté au slot des crépines (4/8mm).

Le forage d'injection sera ensuite adapté comme suit :

- Une tête de forage INOX 304 étanche composée d'une bride PN 16 percée et boulonnée sur la bride précédente
- Pose d'une colonne d'injection INOX 304 de 0 à 22m raccordée à la tête de puits ;
- Une vanne hydraulique de stabilisation ;
- Une sonde de pression 4-20 mA, tension minimum 6V avec un câble blindé, raccordement dans le boitier de dérivation étanche mis en place dans la chambre du forage et renvoi de lecture vers l'automate général.

La coupe technique du forage d'injection est présentée ci-dessous :

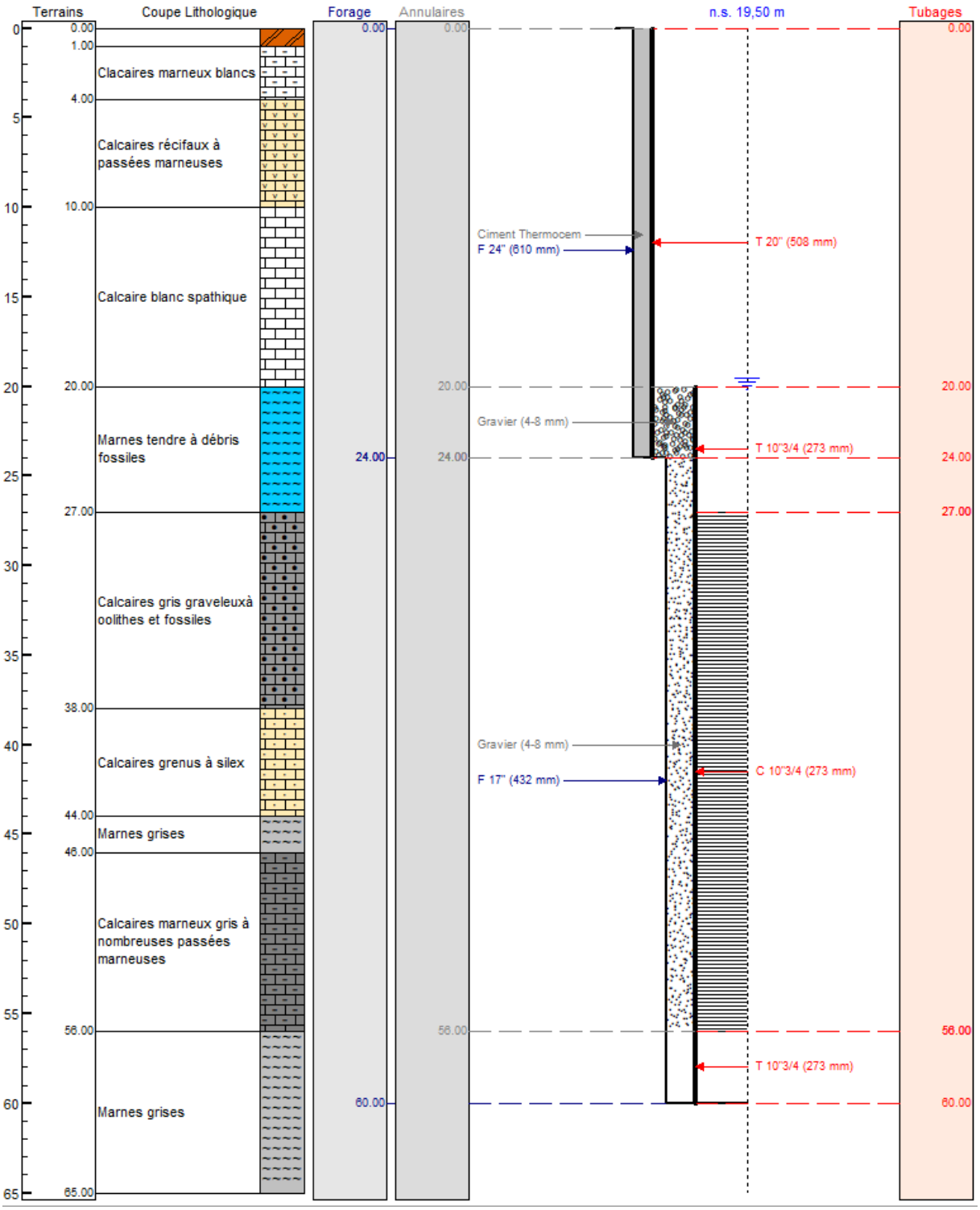


Figure 25: Coupe géologique et technique du forage d'injection

VI. Travaux à réaliser

1. Résumé des travaux envisagés

Département	**Calvados (14)**
Localisation du site d'implantation	Usine Stellantis de Cormelles le Royal
Commune	Cormelles le Royal
Adresse	Boulevard de l'Espérance, 14123 Cormelles-le-Royal
Objectif	Exploitation géothermique de l'aquifère du Bathonien pour alimenter les ateliers de l'usine pour produire du chauffage, de la climatisation, et du refroidissement de process
Porteur du permis	Stellantis Auto SAS
Aquifère cible	Nappe du Bathonien
Type d'ouvrages	5 forages verticaux dont 2 déjà réalisés
Date prévisionnelle de début de chantier	Février 2027
Date prévisionnelle de fin de chantier	Décembre 2027

Figure 26: Tableau synthétique de l'organisation du futur chantier de géothermie

Les travaux de forage seront réalisés sur une durée de 13 semaines en considérant un atelier de forage. En moyenne, il est prévu 7 semaines de forage et 1 semaine de pompage par ouvrage. Un rétroplanning prévisionnel est présenté ci-dessous :

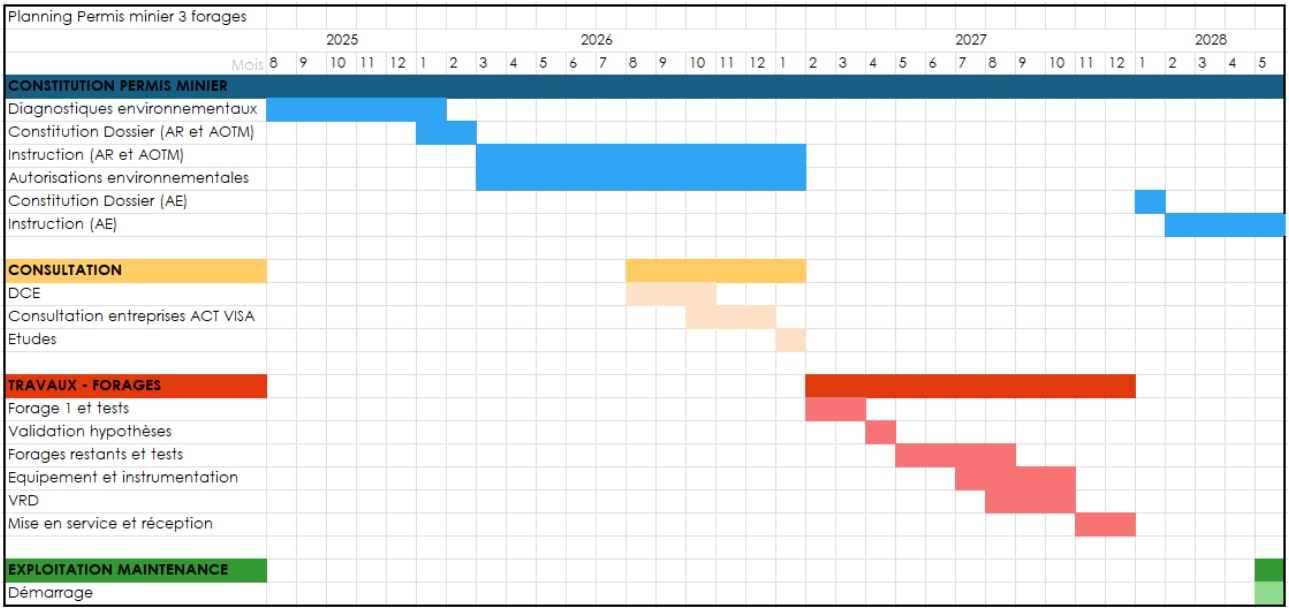


Figure 27: Planning prévisionnel du projet

2. Documents directeurs

Les travaux de forage respecteront :

- La Charte de Qualité des Forages d'Eau ;
- La norme AFNOR NFX 10-999 relative à la réalisation, au suivi et à l'abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages
- Le Code minier (L. 124-4 – décret n°78-498 ; L. 162-1 – décret n°2006-649, L.134-4 – décret n°2015-15) ;
- Le Code du travail ;

3. Description des travaux réalisés

a. Organisation générale du chantier

L'ensemble des opérations de forage sera suivi et encadré par un hydrogéologue et seront exécutées conformément aux règles de l'art et à la règlementation en vigueur.

L'ensemble des dispositions nécessaires afin d'éviter la mise en communication d'aquifères naturellement non-communicants ainsi que la pollution des eaux de nappes seront prises.

Afin d'éviter la mise en communication des nappes non-naturellement connectées, les puits seront isolés du terrain par un tube plein en acier cimenté jusqu'à la formation captée dans le cadre du projet. La qualité de la cimentation sera par ailleurs vérifiée.

Pour éviter les risques de pollutions, le fluide de forage sera une boue benthonique à base d'argile et d'eau ou une boue aux polymères biodégradables. Aucune boue à base d'huile ne sera utilisée.

Préalablement au démarrage des travaux, le planning des travaux mis à jour sera transmis au préfet ainsi qu'à la DREAL (conformément à l'arrêté du 14/10/2016).

Enfin, des rapports d'avancements journaliers seront transmis à la DREAL durant toute la durée des opérations. Dans le cas de figure ou un incident se produirait, celui-ci serait immédiatement signalé. Par ailleurs, toute modification substantielle du programme prévu initialement sera immédiatement soumise à validation auprès du préfet afin d'obtenir son accord.

b. Travaux préparatoires

L'ensemble des autorisations nécessaires aux travaux seront obtenues avant le démarrage de celui-ci, cela comprend :

- *Autorisation de démarrage des travaux miniers pour l'ensemble des forages ;*
- *Convention de rejet d'eau d'exhaure. Si l'autorisation de rejet venait à être refusée pour la réalisation des forages définitifs, l'eau serait stockée dans des containers puis évacuée ;*
- *Réalisation des DT-DICT.*

Les exploitants des bâtiments localisés à proximité des chantiers de forage seront mis en courant de la nature des travaux.

Concernant l'installation du chantier, une plateforme d'environ 300 m² par forages sera nécessaire au bon déroulement des opérations :

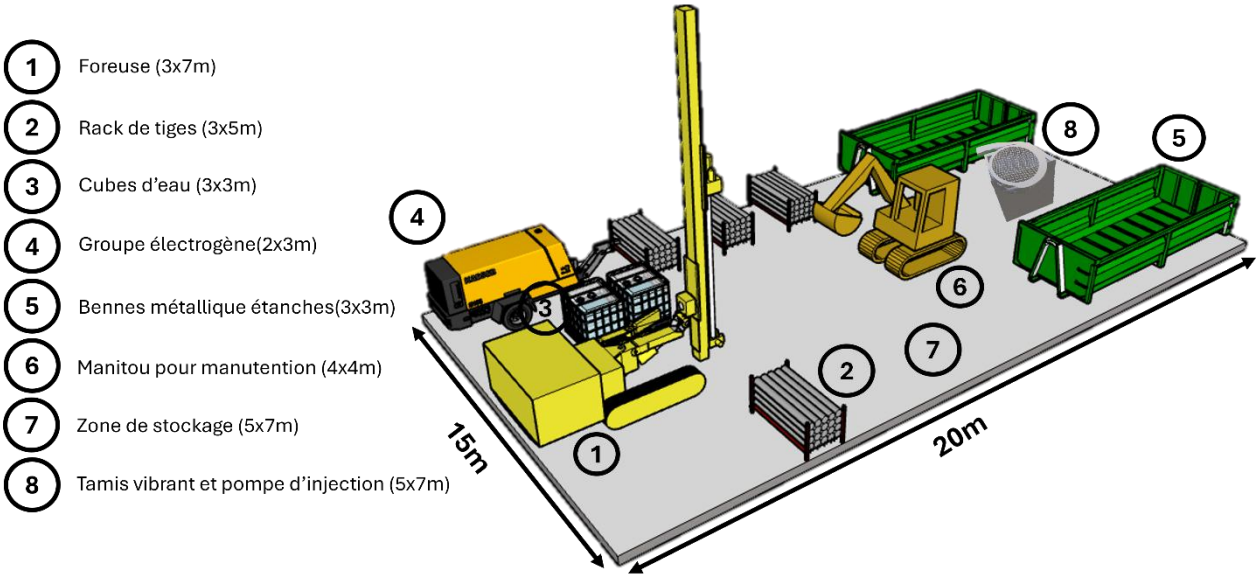


Figure 28: Schéma d'implantation d'une plateforme de forage

L'ensemble de la signalisation et des aménagements nécessaires seront mis en place afin d'assurer la sécurisation de l'accès au chantier. Par ailleurs, l'emprise du chantier global de réaménagement du site sera délimitée et clôturée afin qu'aucune personne non-autorisée ne puisse avoir accès à une zone dangereuse.

Les liquides susceptibles de créer une pollution des eaux seront stockés en hauteur sur un bac de rétention possédant un volume au moins égal soit à la capacité du plus grand réservoir, soit à la moitié des réservoirs associés.

Les effluents du chantier seront recueillis dans des bacs étanches (bourbiers) afin d'empêcher la contamination du sol par infiltration. Les effluents seront alors après décantation, soit mis dans une citerne puis évacués conformément à la règlementation et aux normes en vigueur, soit rejetés au réseau d'assainissement sous réserve de l'obtention d'un accord de rejet temporaire du concessionnaire du réseau et du respect des valeurs limites de rejet.

Enfin, les déchets seront éliminés conformément à la règlementation en vigueur relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Le tri sera appliqué et respecté.

c. Déroulé des travaux

Forage au rotary

Etant donné la profondeur importante des forages et la lithologie traversée, la foration de type rotary est adaptée.

Cette méthode permet de détruire la roche grâce au poids des tiges et au mouvement de rotation et de translation verticale. Les tiges acheminent également sous pression la boue de forage qui permet à la fois le déblaiement du trou et le recouvrement des parois. Cela permet de les consolider avant la mise en place du tubage de soutènement. La composition de la boue dépend des terrains rencontrés. Dans tous les cas, elle sera conforme à la réglementation en vigueur et ne présentera aucun risque de pollution pour l'environnement. Enfin, la boue et les déblais de foration qui remontent en surface sont décantés et séparés dans des bacs adaptés pour être envoyés vers des centres de traitement puis la boue est renvoyée dans la tige, elle circule donc en circuit fermé.



Figure 29: Plateforme rotary mise en place lors de la réalisation du F3 (source : Geothermaq)

Isolations des terrains supérieurs

Le dispositif de captage devra être réalisé de manière à conduire à une isolation totale des terrains de couverture non-captés par les forages. En cas de pollution des terrains supérieurs, l'isolation mise en place permettra de protéger les autres terrains par une pollution provenant des terrains supérieurs.

L'aquifère supérieur sera foré puis équipé d'un tube en acier. Du ciment sera injecté dans l'espace annulaire entre le tubage et les parois du forage, par injection sous pression par le bas avec un laitier de densité adaptée. Le laitier permettra de garantir une étanchéité totale et empêcher toute infiltration d'eau dans le forage.

Les volumes de laitier injectés seront notés précisément et une attention particulière sera portée au suivi de cette étape.

Le contrôle de la bonne cimentation se fera en mesurant la densité du laitier mise en œuvre et en comparant le volume théorique et le volume injecté dans le forage.

La poursuite de la foration vers l'aquifère cible sera réalisée uniquement après isolation de l'aquifère supérieur.

Ainsi, aucune interaction entre les activités de l'usine et la géothermie n'aura lieu.

Equipement du forage

Après foration de l'aquifère cible, la colonne captante de l'ouvrage sera mise en place. Celle-ci est composée :

- D'un tube décanteur au fond de l'ouvrage (4 m) ;
- D'une colonne crépinée au niveau de l'aquifère ;
- D'un tube plein depuis le haut de la crépine jusqu'à la surface.

Un massif filtrant composé de graviers roulés siliceux sera mis en place dans l'espace annulaire, entre la colonne crépinée et les parois du forage, après avoir été lavé et désinfecté. Le massif filtrant sera introduit par gravité, de manière homogène. La profondeur du massif filtrant sera contrôlée après sa mise en œuvre et après les opérations de pompage de manière à compléter le niveau si besoin.

Tête de puits

Les têtes de forages seront conçues de façon à éviter le ruissellement des eaux de surface ou de produits polluants dans les ouvrages. Elles seront localisées sous des capots métalliques scellés et étanches, de dimensions adaptées qui permettront toutes les interventions nécessaires à l'entretien des forages. Seul le personnel autorisé aura accès aux têtes de puits, des dispositifs de sécurité seront mis en place afin d'éviter l'accès au public.

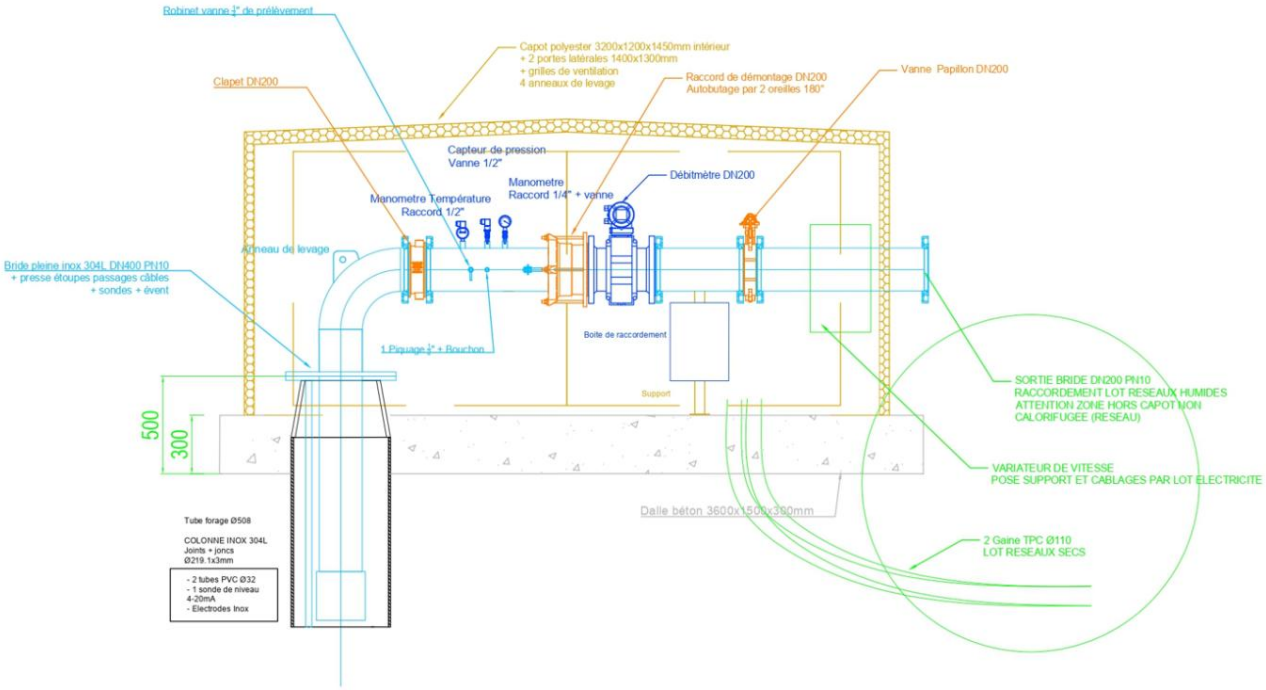


Figure 30: Schéma technique des têtes de puits (vue latérale)

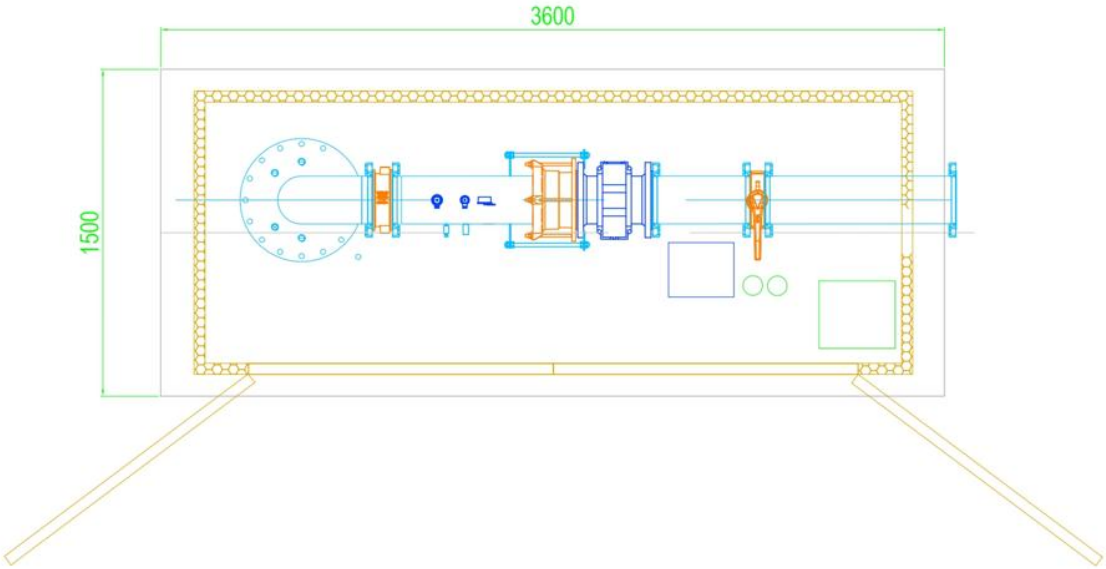


Figure 31: Schéma technique d'une tête de puits (vue du haut)

Développement des forages

La phase de développement des forages intervient après l'équipement de ceux-ci, cette phase permet d'augmenter les performances d'un ouvrage en éliminant les particules fines colmatant le terrain naturel autour du forage. Cela permet également d'évacuer les résidus de boue de forage provenant de la foration. La procédure de développement du forage proposée est la suivante :

- Nettoyage du forage à l'air lift double colonne ;
- Injection d'acide en plusieurs passes ;
- Nettoyage par pompage.

Les eaux d'exhaures issues de ces opérations seront rejetées au réseau d'assainissement après décantation et sous réserve de l'obtention de l'accord de rejet au réseau par son concessionnaire.

Pompage à l'air-lift :

Le pompage à l'air-lift double colonne consiste à injecter de l'air sous pression dans le forage à travers une double colonne, ce qui provoque une circulation forcée des eaux. Cette opération permet le nettoyage de l'ouvrage à un débit relativement faible, et constitue une étape préalable au développement du forage.

Acidification :

Cette opération consiste à injecter de l'acide dilué dans le forage afin d'augmenter localement la perméabilité de l'aquifère et ainsi améliorer les capacités de l'aquifère.

L'injection est réalisée sous pression et dans des conditions sécurisées. Les fiches techniques de sécurité des produits utilisés seront fournies, et les mesures de sécurité et les contrôles de sécurité prévus seront décrits en détail. Ce type d'opérations est courant dans les travaux de forage. Avant tout pompage réalisé à l'issue cette

opération, le pH de l'eau d'exhaure sera contrôlé avant le rejet au réseau d'eau pluvial. Si nécessaire, une neutralisation à la chaux sera effectuée afin d'éliminer les résidus acides avant le rejet au réseau des eaux d'exhaure.

Pompage marche/arrêt :

Le pompage continu permet de nettoyer le forage en évacuant les fines.

Le pompage alterné consiste à introduire une pompe dans le forage qui est alternativement mise en marche et arrêtée. Cela a pour effet des variations brutales de pression qui contribuent au développement du forage.

Essais et contrôles

Pompages par paliers :

Le but de cet essai est de déterminer les performances d'un ouvrage, à savoir son débit critique ainsi que ses pertes de charges quadratiques.

Pour cela, différents paliers de pompages sont fixés, caractérisés pas un débit croissant et une durée de pompage d'une heure. Les débits prévisionnels pour les paliers sont les suivants : 40 m^3/h, 80 m^3/h, 100 m^3/h, 120 m^3/h et 140 m^3/h.

Pompage longue durée :

Le but d'un essai de pompage longue durée est de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques d'un aquifère. Pour cela, une pompe est installée dans un ouvrage afin de pomper au débit d'exploitation durant 24 heures. Au terme de ces 24 heures, la remontée est suivie jusqu'à atteindre le niveau statique.

Injections par paliers :

Opérations similaires aux pompages par paliers décrits précédemment à l'exception qu'il s'agit d'injection et non de pompage. Ces essais permettent notamment de déterminer le débit critique en injection.

Injection longue durée :

Opérations similaires aux pompages longue durée décrits précédemment à l'exception qu'il s'agit d'injection et non de pompage. Ces essais permettent notamment de déterminer le débit critique en injection.

Micromoulinet :

Le micro-moulinet est un appareil permettant de réaliser des diagraphies de forage. Au moyen d'une hélice, ce dispositif permet de connaître les zones plus ou moins productives de l'aquifère (arrivées d'eau).

Inspection vidéo :

Ce contrôle est généralement réalisé pour la réception d'un ouvrage au moyen d'une caméra à tête rotative (360°). Cela permet de vérifier la qualité du tubage et de repérer d'éventuelles anomalies dans le forage. Si des dépôts sont observés dans le fond du forage, un nettoyage pourra être envisagé.

Contrôle de cimentation :

En amont de l'injection de ciment dans l'espace annulaire autour du tube en acier, la densité du coulis sera mesurée pour s'assurer de sa conformité avec la norme en vigueur. Le volume de ciment injecté sera comparé avec le volume théorique.

Remise en état du site :

L'ensemble du matériel sera évacué à la fin des opérations, les déchets seront évacués vers des centres de traitements afin de respecter la règlementation en vigueur. Les sites seront nettoyés afin d'être remis dans leur état initial.

4. Mise en œuvre du local chaufferie

Les travaux prévoient la mise en œuvre d'un local géothermie comprenant l'échangeur ainsi que les PAC permettant de relier les forages entre eux.

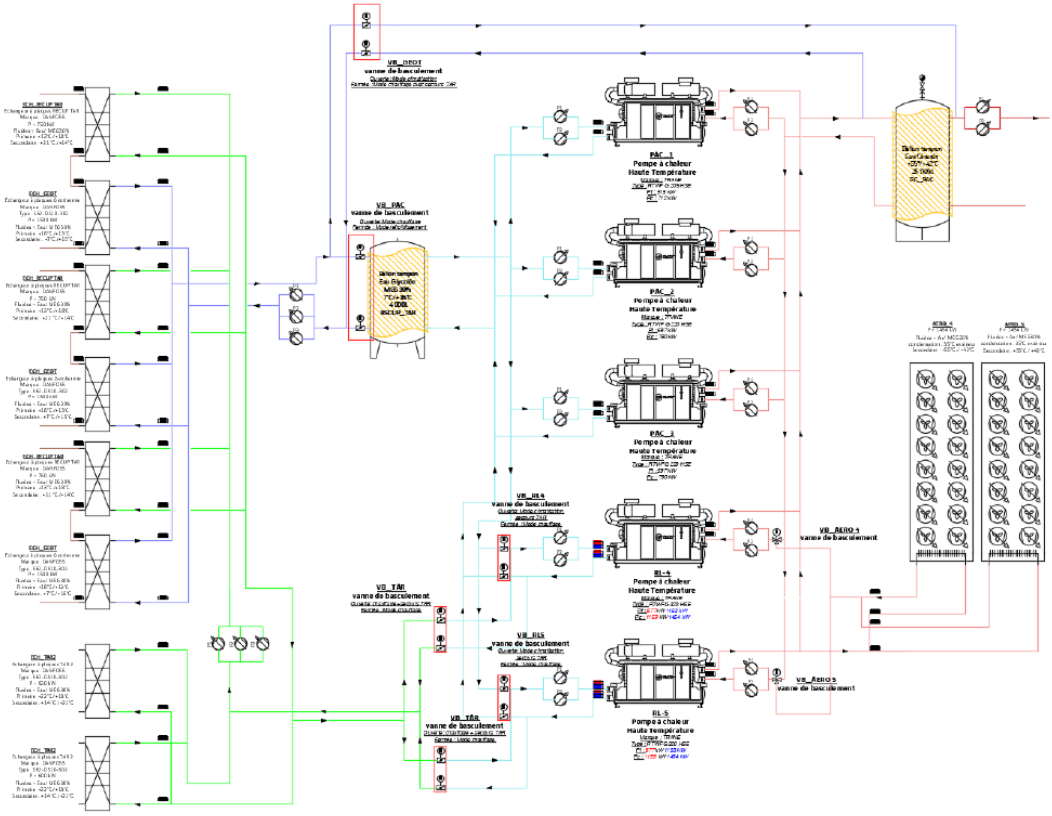


Figure 32: Schéma hydraulique du local chaufferie

5. Mise en œuvre des réseaux géothermiques

L'exécution des tuyauteries PEHD non isolées en pleine terre est plus facile et plus rapide comparée à un réseau en caniveau. Le choix de ne pas mettre en œuvre d'isolant sur ces tuyauteries s'explique :

- Pour la canalisation de géothermie entre le forage producteur et le local géothermie, par le très faible écart de température entre l'eau qui y circule et le sol ;
- Pour la canalisation de géothermie entre le local géothermie et les forages injecteurs, par l'absence d'impact sur le fonctionnement du réseau et le fait que les échanges thermiques avec le sol auront tendance à rapprocher la température de l'eau de celle de la nappe avant sa réinjection.

NB : contrairement aux canalisations de géothermie, toutes les tuyauteries où circuleront de l'eau chaude ou de l'eau de refroidissement seront calorifugées afin de minimiser les pertes thermiques.

Les tubes seront posés en pleine terre sur un lit de sable de 0,1 mètre minimum et recouvert d'un grillage avertisseur de couleur violette. La pose sera effectuée selon les préconisations du constructeur, à la fois dans les caractéristiques dimensionnelles (profondeur, écartement des tubes, dimensions des tranchées, etc.) et les caractéristiques de mise en œuvre (lyre de dilatation, point fixes, pénétrations, etc.).

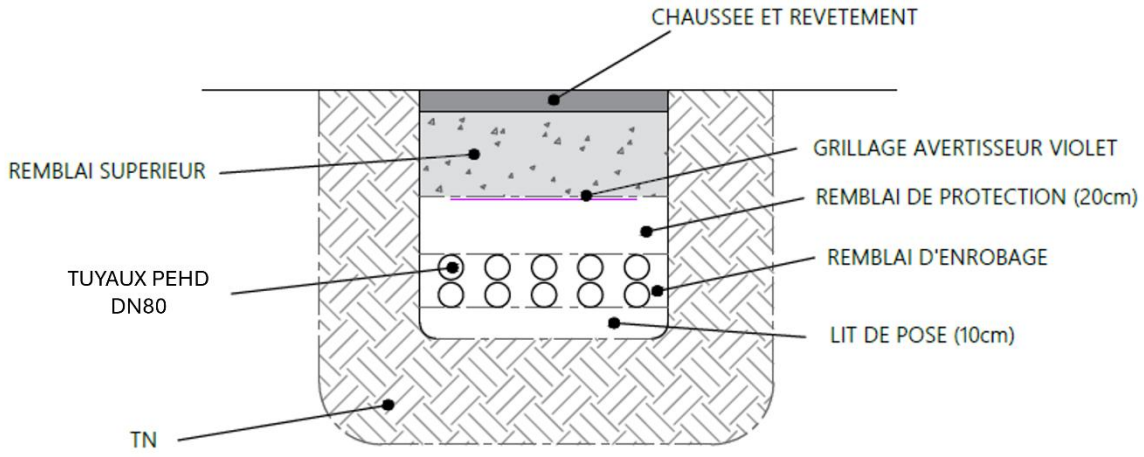


Figure 33: Schéma de principe des réseaux enterrés vus en coupe

6. Gestion des émissions sonores

Les niveaux sonores émis par les matériels de chantier ne dépasseront pas les limites fixées par les arrêtés ministériels du 11 avril 1972 modifié et du 18 mars 2002.

Les travaux à l'origine d'un niveau sonores plus important auront lieu en journée pendant les heures de travail courantes (8h00 à 18h00).

7. Gestion des stockages

Tout liquide susceptible d'engendrer de la pollution sera stocké hors sol par du stockage aérien sur bac de rétention afin d'éviter tout risque de contamination et de pollution des milieux. La capacité de rétention des bacs possèdera un volume au moins égal à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- 100% de la capacité du plus grand réservoir ;
- 50% de la capacité des réservoirs associés.

Dans le cas où le stockage serait constitué uniquement de récipients d'une capacité inférieure ou égale à 250 litres, la capacité de rétention pourrait alors être réduite à 20% de la capacité totale des fûtes associés sans être inférieure à 1000 litres ou la capacité totale lorsqu'elle est inférieure à 1000 litres.

8. Gestion des eaux pluviales

Les opérations de forations se dérouleront :

- Soit après les opérations de terrassement, ainsi, les eaux pluviales issues des chantiers de géothermie s'infiltreront directement dans le sol.
- Soit après réalisation des revêtements auquel cas les EP seront acheminées dans le réseau séparatif présent sur site puis réinfiltrées via les futurs espaces végétalisés dédiés à la gestion des EP.

9. Gestion des effluents

Les effluents du chantier seront recueillis dans des bacs étanches (bourbiers) afin d'empêcher la contamination du sol par infiltration. Les effluents seront alors après décantation, soit placés dans une citerne puis évacués conformément à la règlementation et aux normes en vigueur, soit rejetés au réseau d'assainissement sous réserve de l'obtention d'un accord de rejet temporaire du concessionnaire du réseau et du respect des valeurs limites de rejet.

Des bâches imperméables seront placées sous les moteurs et organes hydrauliques afin de prévenir toute pollution.

10. Gestion des eaux de nappe

L'eau géothermale récupérée lors des travaux (notamment durant les phases d'essais et contrôle) sera traitée avant d'être rejetée au réseau d'assainissement sous réserve de l'accord du service gestionnaire de ce réseau, en accord avec la convention établie avec celui-ci notamment en ce qui concerne les valeurs limites de rejet.

Une partie des eaux de pompage pourra aussi être réinjectée dans les ouvrages existants afin de limiter au maximum l'impact quantitatif des essais.

Les eaux géothermales ne seront en aucun cas rejetée en surface.

11. Prévention des épandages accidentels

L'ensemble des moyens d'intervention nécessaires en cas d'épandage accidentel seront prévus. Toutes les mesures seront prises en cas d'épandage accidentel pour stopper ou au moins limiter celui-ci. Les produits alors récupérés seront soit réutilisés soit traités en tant que déchets selon les normes en vigueur.

12. Gestion des déchets

Les déchets seront éliminés 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, ainsi que des textes pris pour son application. Le respect du tri sélectif des déchet sera contrôlé.

Enfin, les déchets seront stockés, traités et/ou éliminés de manière adaptée à leurs caractéristiques physico-chimiques.

13. Remise en état du site à l'issue des travaux de forages

La plate-forme du chantier de forage sera démantelée. Les bourbiers seront bouchés par de la grave saine ou dans le cas de bac étanche, ils seront évacués une fois les effluents liquides et les boues de décantation éliminées.

14. Rebouchage des puits en cas d'abandon

En cas de renoncement à l'utilisation d'un puits à l'issue des travaux, le puits est rebouché conformément à un programme technique, soumis à l'approbation préalable du préfet, respectant les normes en vigueur et conformément aux règles de l'art.

Conformément à la norme NF X 10-999 sur les forages d'eau, les ouvrages seront comblés sur toute la hauteur de l'aquifère avec des sables et graviers siliceux, désinfectés, surmontés d'un bouchon d'argile gonflante ou d'un lit de sable puis d'une cimentation jusqu'à la surface du sol sur une épaisseur de 5 m minimum.

Par ailleurs, les machines thermodynamiques seront le cas échéant vidées de leur fluide frigorigène et les forages seront comblés selon les règles de l'art (norme NF X10-999 d'août 2014).

Le fluide frigorigène contenu dans les pompes à chaleur sera collecté dans son intégralité pour être :

- Soit remis aux distributeurs, les fluides frigorigènes récupérés ainsi que les emballages ayant contenu des fluides frigorigènes,
- Soit faire traiter sous leur responsabilité ces fluides et emballages. Articles R 543-88 et R543- 92 du Code de l'Environnement.

VII. Notice d'incidence

1. Résumé non technique

La notice d'incidence abordera les incidences sur l'environnement de la façon suivante :

Un examen au cas par cas a déjà été réalisé dans le cadre de ce projet par le bureau d'étude Envolis. Cette demande d'examen au cas par cas avait pour but de présenter les incidences du projet de géothermie sur l'environnement. Une synthèse de cet examen et de ses conclusions sont présentées ci-après.

Ainsi, la notice d'incidence figurant dans le présent dossier constitue l'actualisation des incidences de la géothermie dans le périmètre de l'opération de géothermie dans l'usine Stellantis.

Afin de répondre à cet objectif, elle appréhendera successivement l'impact des activités de géothermie portées par Stellantis et leurs conséquences globales à l'échelle de l'opération.

Les éléments présentés dans cette partie visent à estimer les impacts des activités de géothermie du projet en phase travaux ainsi qu'en phase exploitation sur l'environnement. Pour cela, l'état initial du site, de son environnement et de la ressource visée seront présentés. Puis, dans un second temps, les incidences des activités seront étudiées afin de déterminer leur impact vis-à-vis de l'environnement ainsi que leur compatibilité avec la règlementation en vigueur.

Ces activités de géothermie visent à exploiter une nappe d'eau souterraine, les potentiels impacts concernent donc les prélèvements et rejets (volume et débits) ainsi que le potentiel impact sur la température de la ressource.

Afin de quantifier ces impacts, des modélisations hydrodynamiques et thermiques ont été réalisées à l'aide du logiciel de modélisation *FEFLOW*.

Cette partie vise à mettre en évidence l'absence d'impact substantiel du projet de géothermie vis-à-vis des activités connexes de l'usine.

Le projet concerne la mise en place de deux nouveaux doublets géothermiques sur nappe sur le site de l'Usine STELLANTIS, localisée sur les communes de Mondeville et Cormelles-le-Royal. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un permis minier.

Le site dispose déjà de deux puits réalisés :

- F1 : forage existant actuellement injecteur ;
- F3 : forage existant producteur.

Le projet consiste à compléter ce dispositif par la réalisation de trois nouveaux forages :

- F4 et F6 : nouveaux puits producteurs ;
- F5 : nouveau puits injecteur.

L'implantation des forages F4, F5 et F6 sera réalisée en respectant :

- Un espacement suffisant entre producteurs et injecteurs afin de limiter les risques de recyclage thermique ;
- Un positionnement cohérent avec l'écoulement naturel de la nappe (direction Nord-Est) ;
- Les exigences techniques et environnementales du régime minier.

2. Etat initial

Le projet est localisé à la limite sud-ouest de la commune de Mondeville (14) et à la limite nord-est de Cormelles-le-Royal (14). Le site est actuellement occupé par des bâtiments industriels. L'un d'entre eux (le bâtiment 55 au sud-est du site) sera démoli avant le début des travaux de géothermie.

Plusieurs aquifères sont présents au droit du site, et sont référencés par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE). La nappe du Bathonien moyen est l'aquifère cible pour l'installation géothermique. L'aquifère du Bathonien est un aquifère multicouches. Les niveaux calcaires (calcaire de Caen, calcaire de Creully, calcaire de Blainville, calcaire de Ranville, calcaire de Langrune, etc) sont séparés par des niveaux moins perméables et plus marneux, appelés caillasses (caillasse de Fontaine-Henry, caillasse de Blainville, caillasse de la Basse-Ecarde). D'une épaisseur variable d'environ 10 m à l'ouest, à près de 90 m au sud-est de Caen, cet aquifère est considéré comme multicouche. La nappe est de type libre.

Le projet est concerné par la masse d'eau 139AC04 « Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans l'aquifère libre du bassin versant de l'Orne en Basse-Normandie » et concerne la nappe calcaire présente de 27 à 56 m de profondeur.

D'un point de vue règlementaire, le projet est situé dans l'emprise du SDAGE Seine-Normandie et du SAGE Orne aval et Seulles. Enfin, compte-tenu de la forte urbanisation du secteur, le projet n'est pas situé dans l'emprise d'une zone de protection naturelle telle qu'une zone Natura 2000, ZNIEFF, d'un parc naturel ou d'un site classé. Il est également à l'écart de toute zone humide et de tout captage d'eau potable AEP.

a. Présentation du projet

Le projet concerne la mise en place de deux nouveaux doublets géothermiques sur nappe sur le site de l'Usine STELLANTIS, localisée sur les communes de Mondeville et Cormelles-le-Royal. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un permis minier.

Le site dispose déjà de deux puits réalisés :

- F1 : forage existant actuellement injecteur ;
- F3 : forage existant producteur.

Le projet consiste à compléter ce dispositif par la réalisation de trois nouveaux forages :

- F4 et F6 : nouveaux puits producteurs ;
- F5 : nouveau puits injecteur.

L'implantation des forages F4, F5 et F6 sera réalisée en respectant :

- Un espacement suffisant entre producteurs et injecteurs afin de limiter les risques de recyclage thermique ;
- Un positionnement cohérent avec l'écoulement naturel de la nappe (direction Nord-Est) ;
- Les exigences techniques et environnementales du régime minier.

b. Objectifs du projet

Le Groupe STELLANTIS engage ce projet dans une démarche d'optimisation énergétique et de transition environnementale.

Les objectifs principaux sont :

1. Supprimer le chauffage au gaz sur le site ;
2. Intégrer une solution de géothermie pour couvrir une partie des besoins en chaud et en froid des process industriels, notamment en remplacement des tours aéroréfrigérantes (TAR) ;
3. Exploiter durablement l'aquifère dans le cadre d'un permis minier, conformément aux prescriptions réglementaires applicables ;
4. Fonctionnement en mode alternatif chaud/froid avec une puissance échangée estimée à ≈ 3.6 MW avec le sous-sol lors des périodes de maintenance des machines 2.8MW lorsque le système de geocooling est mis en place.

c. Déroulement du projet

<u>Phase travaux :</u>

Les travaux de forage des nouveaux puits F4, F5 et F6 sont prévus à partir de février 2027.

Les principales étapes d'un chantier, conformément à l'arrêté du 11 septembre 2003, sont détaillées ci-dessous :

- Préparation et installation : DICT, plan de prévention des risques (PPR) établi avec Stellantis, détection préalable des réseaux enterrés sur une zone de 20x20m contrée autour du forage ;
- Forages : réalisation des forages F4 et F6 (producteurs) et F5 (injecteur), équipés de tubages et crépines inox ;
- Nettoyage et développement : soufflage à l'air-lift, acidification, pompages ;
- Diagraphies et contrôles : vérification de la qualité du ciment (CBL), inspection caméra ;
- Essais de pompage : paliers jusqu'à 150m^3/h et essais longue durée avec suivi des évolutions piézométriques sur les puits existants ;
- Equipement des puits : pompes immergées, colonnes inox, tête de puits conformes, instrumentation ;

- Gestion des déchets : boues et déblais évacués vers une filière agréée, eaux de forage dirigées vers le réseau pluvial conformes à l'APC.

Phase exploitation :

Fonctionnement en doublet, avec réinjection intégrale via F1 et F5 ;

- Pompes asservies aux besoins énergétiques des pompes à chaleurs (PAC) via variateurs de fréquence ;
- Incidence thermique modélisée après 20 ans : élévation ≤ 0,2 °C au droit des producteurs ;
- Suivi régulier : qualité des eaux, piézométrie, entretien (pompes remplacées tous les 10 ans, inspection tous les 5 ans).

Phase démantèlement :

En cas de cessation d'activité d'après l'arrêté du 11 septembre 2003 :

- Comblement et scellement des puits pour éviter toute communication entre nappes ;
- Démontage des installations de surface ;
- Remise en état des emprises.

d. Contexte ICPE et prescriptions associées

L'usine STELLANTIS est classée **ICPE**, soumise à plusieurs rubriques (3260, 2910.A.1, 2940.1.a, etc.).

Le projet géothermique n'entre pas dans une rubrique ICPE bloquante. Les rejets d'eau de forage doivent respecter l'**article 4.3.8 de l'APC** (absence de polluants, pas de modification de couleur > 100 mg Pt/l).

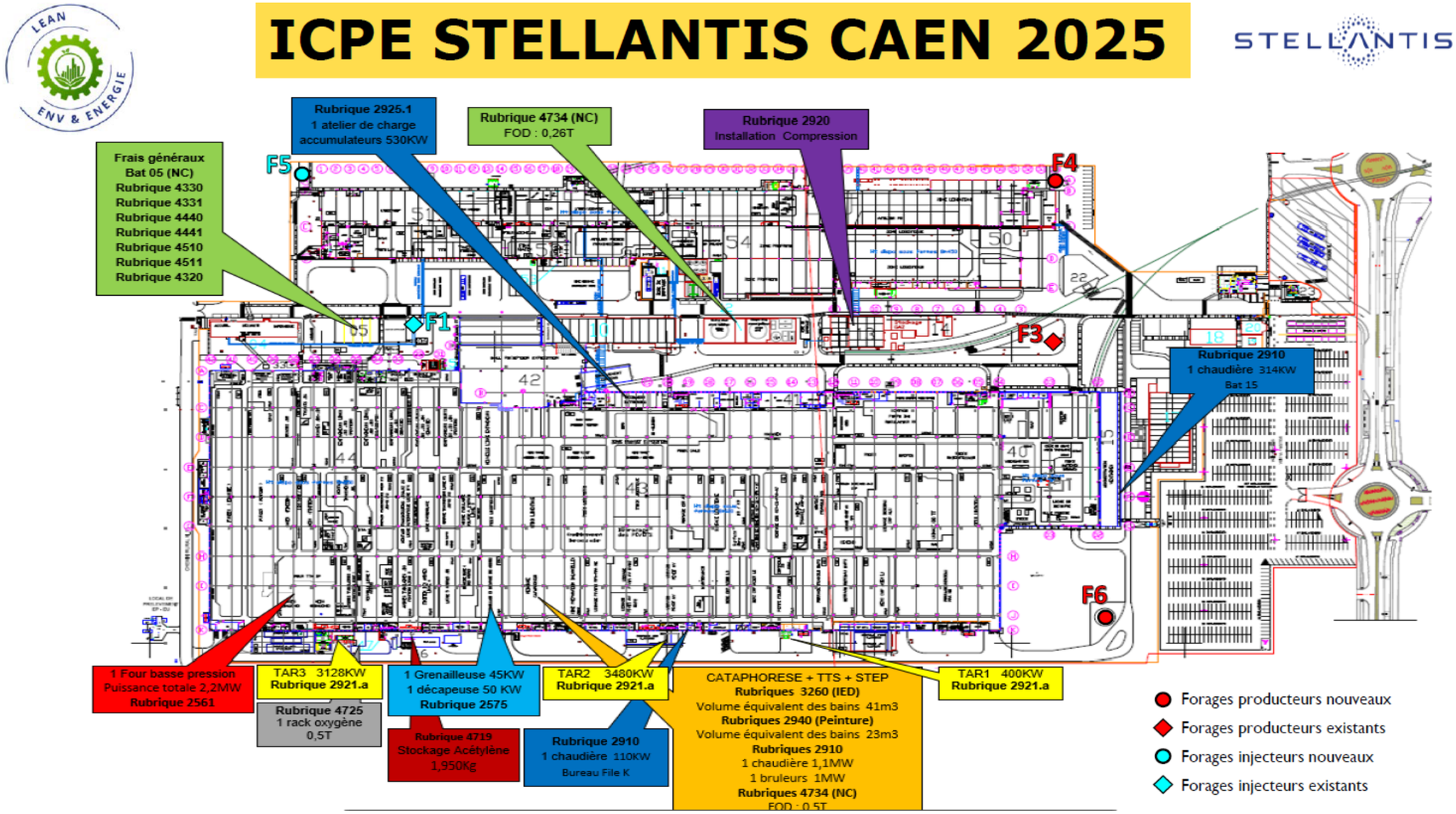


Figure 34: Plan de l'usine et des différentes ICPE présente (source Envolis)

e. Impacts paysagers et urbanisme

En phase travaux, la surface mobilisée par les travaux pour chaque forage sera une surface d'environ 300 à 500 m² clôturée, balisée et adaptée à la surface disponible.

L'impact visuel d'un chantier de forage est proche d'un impact paysager généré par un chantier habituel de travaux publics mais reste de faible durée et de faible emprise au sol. La foreuse est visible depuis l'extérieur de l'emprise, avec une hauteur du mat atteignant 10 mètres. Lors des phases de maintenance seul un trépied et les véhicules de l'équipe de de maintenance seront présents à proximité des forages.

A noter cependant, que ces interventions sont ponctuelles et de courtes durées. Par conséquent l'impact visuel peut être considéré comme négligeable.

- *En phase d'exploitation, les forages seront protégés et isolés dans des capots d'avant-puits ; Des portes et des grilles d'aération seront les seuls éléments visibles en surface.*

Aucune incompatibilité n'a été relevée.

f. Impacts sur la circulation

En phase chantier, les sites de forations pourront impacter ponctuellement la circulation locale de l'usine. En effet, des camions de matériels seront amenés à effectuer des livraisons sur site lors des chantiers. Le nombre de camions est estimé à environ 1 à 2 par semaine, auquel il faut ajouter les allées et venues du personnel de forage chaque jour. L'incidence générée par les chantiers de géothermie sera minime comparée à celle générée par la circulation de poids lourds habituelle sur site.

En phase d'exploitation, un bref impact sur la circulation pourra être observer lors des phases d'entretien de l'installation tous les 5 à 7 ans avec la venue d'un camion de matériel et du personnel y étant dédié.

g. Bruits et nuisances sonores

Le site est situé sur un territoire couvert par un Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE). D'après l'extrait de la cartographie du bruit industriel de la Communauté urbaine Caen la Mer (mars 2023), le niveau sonore moyen autour du site de l'usine STELLANTIS est faible, inférieur à 65 dB(A). L'usine ne génère pas de rayonnement sonore notable au-delà de son emprise.

Une étude acoustique avant/après travaux réalisée en 2024 a permis d'évaluer le niveau sonore :

- Phase travaux : émissions ponctuelles (forages, engins), limitées dans le temps, mesures de réduction (plages horaires 8h-18h, entretien engins, signalisation) ;
- Phase exploitation : absence d'impact sonore significatif (équipements enterrés ou isolés).

Les mesures réalisées après les modifications ont montré que les nouveaux équipements installés (PAC et pompes immergées) n'ont pas d'impact sur les niveaux sonores relevés en limite de propriété.

Les nouveaux équipements installés n'ont pas d'impact sur les niveaux sonores.

En phase d'exploitation, lors des phases de maintenance des barrières partiellement isolantes seront mises en place pour atténuer le bruit et délimiter la zone de maintenance du forage. Les bruits seront attendu autour de 90dB. L'intervention se fera pendant des heures classiques de travail et sur une courte période.

h. Impacts sur l'air

Les principales sources d'émissions atmosphériques seront liées aux travaux de forage et plus spécifiquement gaz d'échappement des machines à moteur présente sur site. Une partie des émissions seront aussi générées par les véhicules utilisés pour l'approvisionnement du chantier mais aussi par les véhicules personnels des opérateurs du chantier.

Les émissions seront ponctuelles et limitées dans le temps. Ces émissions auront donc un impact limité sur la qualité de l'air à proximité du chantier.

En phase d'exploitation, le seul impact sur l'air pourrait provenir d'une fuite de liquide frigorigène des pompes à chaleur, cependant le risque est faible et l'entretien de l'installation permettra de prévenir ce risque. L'installation géothermique aidera de manière générale à limiter l'émission de gaz carbonique dans l'atmosphère.

i. Gestion des déchets en phase chantier

Afin de limiter l'impact environnemental du projet, une caractérisation préalable des déchets sera systématiquement réalisée avant toute évacuation, dans le but d'identifier la filière de traitement la plus appropriée.

• Déblais et boues de forage

La première benne de chaque forage sera systématiquement soumise à une analyse de pollution afin de déterminer :

- Le caractère inerte ou non des déchets ;
- Leur potentielle dangerosité, notamment la teneur en métaux bruts ;
- Leur orientation possible vers une installation de stockage adaptée (ISDI ou filière conforme).

Les bennes suivantes seront gérées et orientées vers la filière de traitement adaptée en fonction des résultats obtenus et des prescriptions réglementaires applicables.

• Résidus de nettoyage de puits

Les résidus issus du nettoyage des puits seront collectés et triés, puis orientés vers une filière de traitement appropriée, après vérification de leur caractère dangereux ou non.

• Équipements usagés

Les équipements et consommables usagés (filtres, joints, crépines, etc.) seront récupérés et dirigés vers la filière de valorisation ou d'élimination appropriée, conformément à leur classification.

• Graisses et lubrifiants de foration d'origine végétale, biodégradables

Les lubrifiants utilisés seront d'origine végétale et biodégradables. Les résidus seront collectés en récipients hermétiques et évacués vers une filière dédiée.

• Eaux de forage et d'essai

Les eaux issues des opérations de forage et des essais seront temporairement stockées et, si nécessaire, décantées avant d'être évacuées vers une filière autorisée, conformément à leur qualité physico-chimique.

En annexe est présenté un exemple de Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) à destination des entreprises de forage, spécifiant les prescriptions relatives à la collecte, la caractérisation préalable et l'évacuation des déchets générés pendant les travaux.

j. Besoins thermiques

Besoins du projet

Les besoins du projet ont été déterminés par Stellantis et Geothermaq. Ces derniers se sont basés sur les appels de puissance de l'année 2025. La majorité des besoins de l'usine concernent le rafraîchissement du process industriel via geocooling bien que des besoins de chauffage soient eux aussi nécessaires tout au long de l'année (revalorisation de la chaleur fatale).

Les besoins couverts par géothermie sont résumés dans les figures ci-dessous :

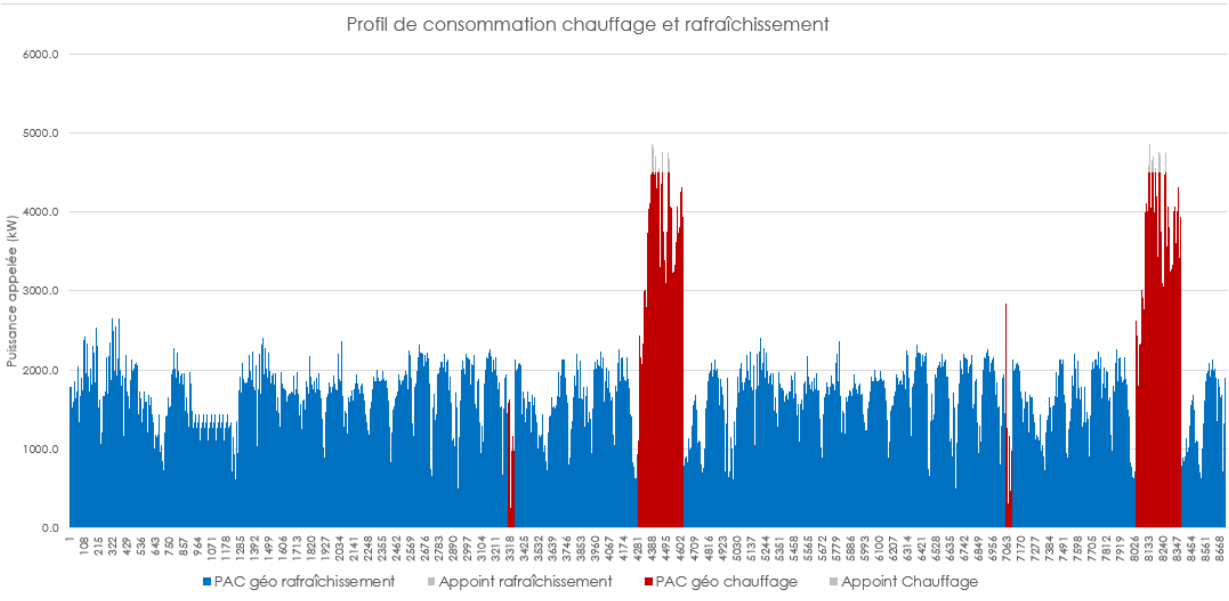


Figure 35: Profil de consommation énergétique de l'usine couverts par géothermie

La plupart du temps, le système géothermique servira à la production de froid par geocooling. Les pics de puissance en rouge (chauffage uniquement) sur la figure ci-dessus correspondent aux périodes de l'année où les machines industrielles sont en maintenance et que donc la production de froid devient obsolète.

Les figures ci-dessous présentent les appels de puissance heure par heure sur une année triés de manière décroissante sous forme de monotones :

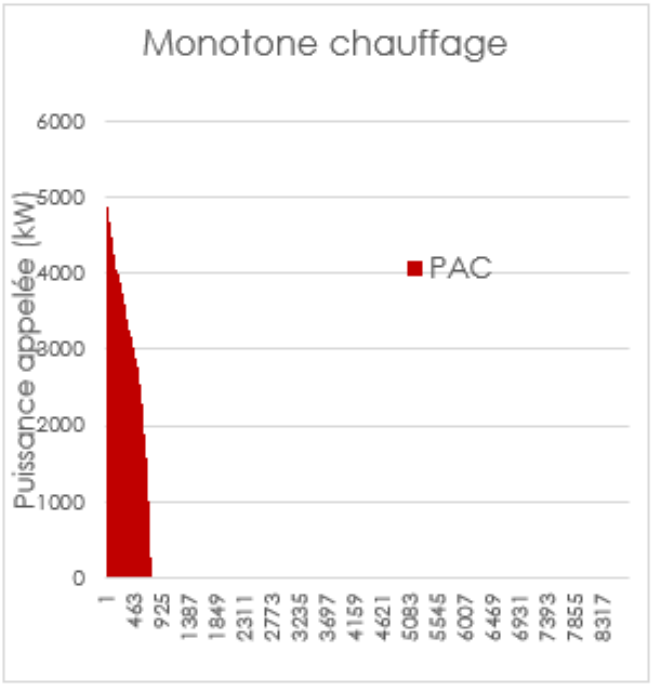


Figure 36: Monotone de chauffage du projet

Les appels de puissance pour le chauffage sont assez faibles par rapport à l'échelle du projet. Cela s'explique par la simultanéité des besoins et dont le recours aux thermofrigopompe mentionnées précédemment.

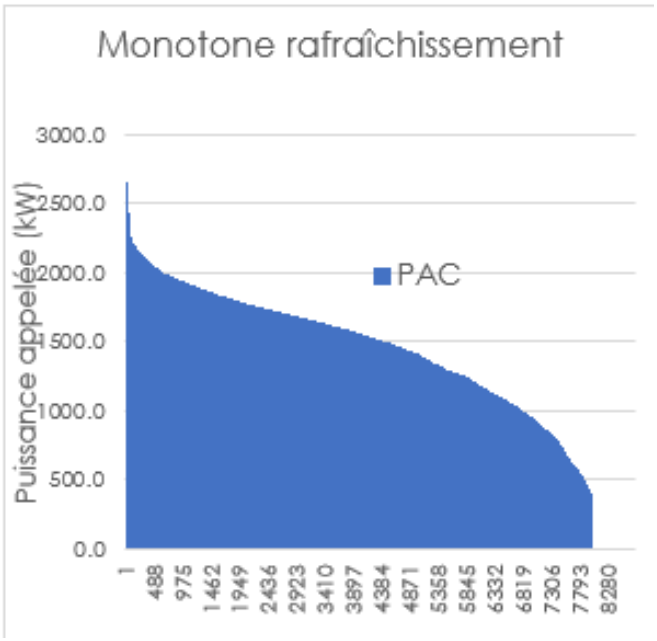


Figure 37: Monotone de refroidissement du projet

Les besoins de rafraîchissement les plus importants en termes d'énergie produite par géothermie cependant ce sont les pics d'appels de puissance calorifique qui sont dimensionnant en termes de débit nécessaire pour le bon fonctionnement de l'installation.

L'ensemble des besoins peut aussi être utilisé pour déterminer l'ensemble des paramètres présentés dans le tableau ci-dessous :

Puissance PAC (kW)	**4850**
COP	4
Besoin total (MWh/an)	2266.4
Taux de couverture	100%
Energie produite (MWh/an)	2266.4
MWhEnR produits (/an)	1700.8
Puissance échangée avec le sous-sol (kW)	3647
Temps de fonctionnement PAC (h/an)	466

Figure 38: Tableau des paramètres chauffage

Puissance PAC	**2650**
EER	20
Besoin total (MWh/an)	11796.4

Taux de couverture	100%
Energie produite (MWh/an)	11796.4
MWhEnR produits (/an)	18690.1
Puissance échangée avec le sous-sol	2788
Temps de fonctionnement PAC (h/an)	4443

Figure 39: Tableau des paramètres refroidissement

Dans le cadre du projet, ce sont les besoins en chaud qui sont dimensionnants quant au débit maximum d'exploitation. Ce débit se calcule grâce à la formule suivante :

$Q = P_{sous\text{-}sol}/(\Delta T° \times C_{eau})$

Avec :

Q → Débit (m^3/h)

$P_{sous\text{-}sol}$ → Puissance maximum échangée avec le sous-sol (kW) = 3647 / 2788

$\Delta T°$ → Delta de température entre le pompage et l'injection (°C) = 8.5

C_{eau} → Capacité calorifique volumique de l'eau = 1.16

Ici, **Q_{chaud}=365m³/h** et **Q_{froid}=285m³/h**

Contexte hydrogéologique du site

Plusieurs aquifères sont présents au droit du site, et sont référencés par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE). La nappe du Bathonien moyen est l'aquifère cible pour l'installation géothermique. L'aquifère du Bathonien est un aquifère multicouches. Les niveaux calcaires (calcaire de Caen, calcaire de Creully, calcaire de Blainville, calcaire de Ranville, calcaire de Langrune, etc) sont séparés par des niveaux moins perméables et plus marneux, appelés caillasses (caillasse de Fontaine-Henry, caillasse de Blainville, caillasse de la Basse-Ecarde). D'une épaisseur variable d'environ 10 m à l'ouest, à près de 90 m au sud-est de Caen, cet aquifère est considéré comme multicouche. La nappe est de type libre.

Le projet est concerné par la masse d'eau 139AC04 « Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans l'aquifère libre du bassin versant de l'Orne en Basse-Normandie » et concerne la nappe calcaire présente de 27 à 56 m de profondeur.

Les données du Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines (SIGES) ainsi que les données recueillies sur site permettent de définir la piézométrie et l'écoulement de la nappe au droit du site.

D'après la bibliographie, la formation du Bathonien a une perméabilité forte grâce aux nombreuses fractures présentes dans la formation. Cette perméabilité est de l'ordre de 0.0005m/s, et l'écoulement de la nappe est dirigé vers le Nord-Est, avec un

gradient de 0.8%. Cela représente une vitesse d'écoulement de 0.864m/jours. Les pompages d'essais effectués à proximité du site permettent de déterminer pour cette nappe une porosité de 20% et une transmissivité de 0.00694m²/s.

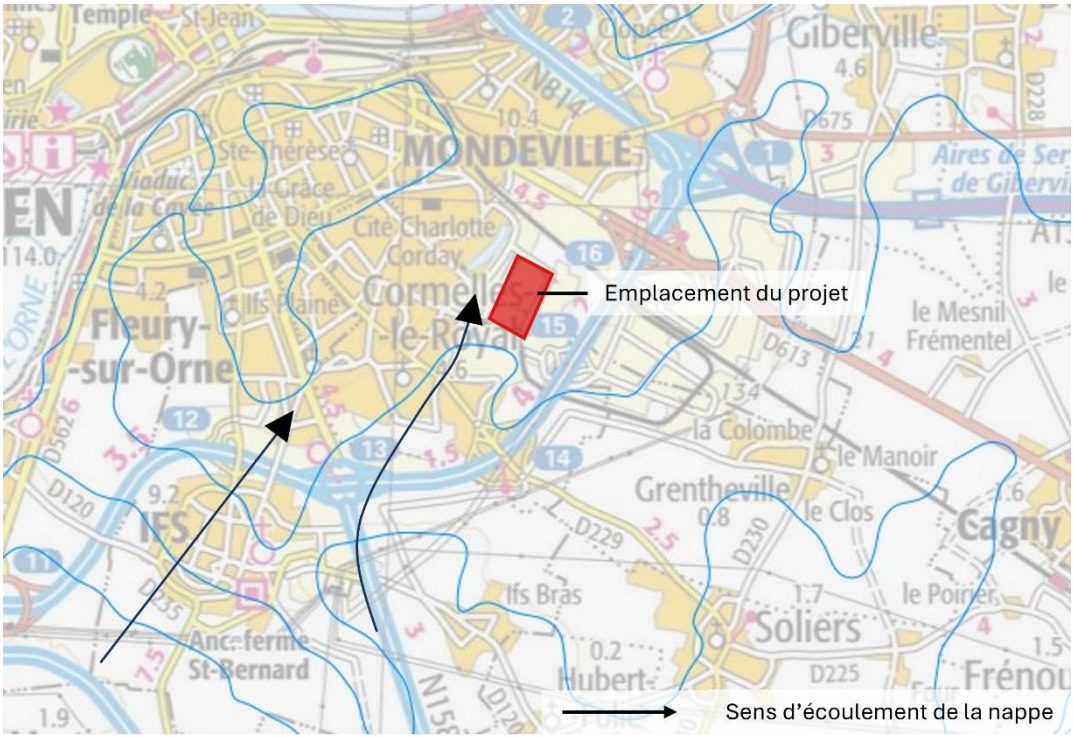
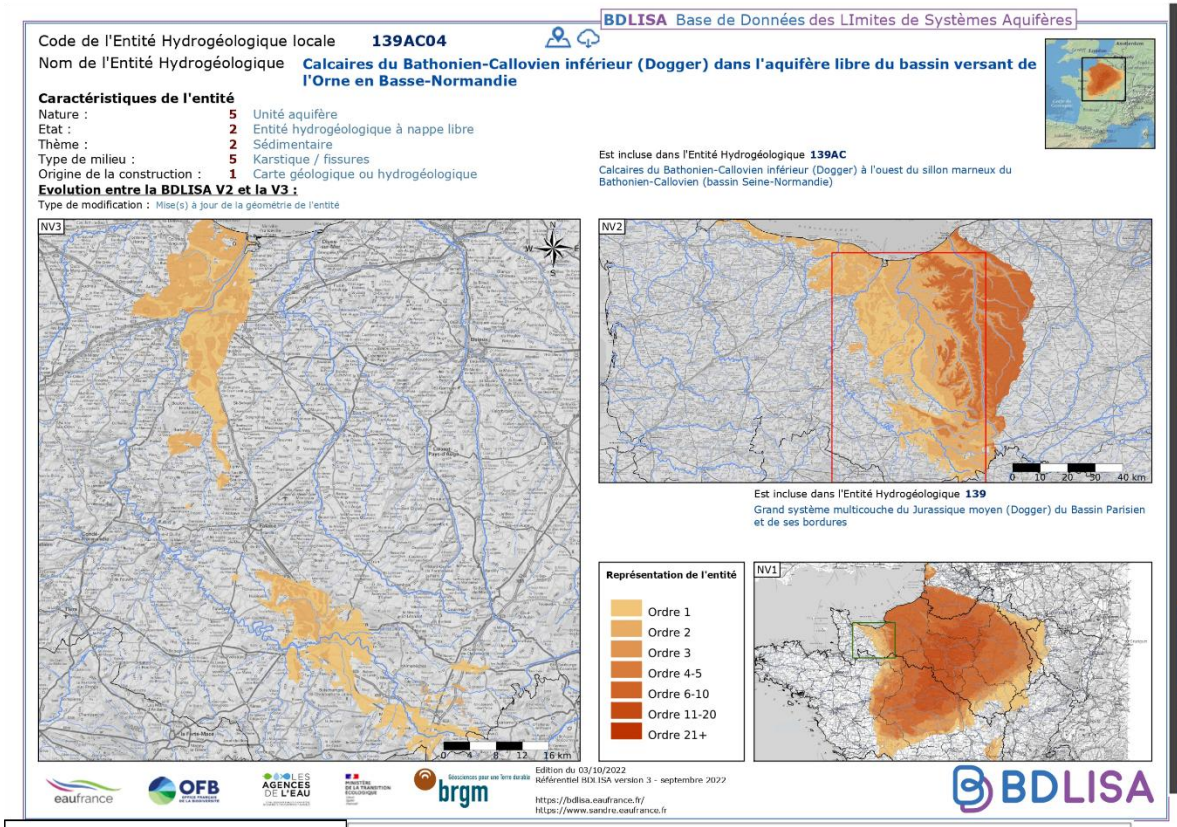


Figure 40: Carte piézométrique de l'aquifère du bathonien au 1/50000ème (SIGES)

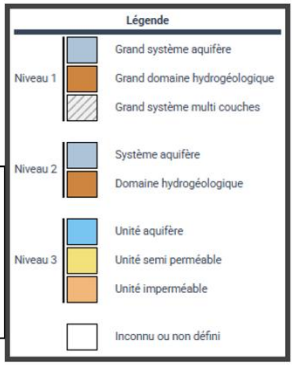
L'ensemble de ces valeurs issues de la bibliographie peuvent varier localement en raison du contexte géologique particulier et imprévisible (formation composée de roches calcaires fracturées). De plus, des essais de pompages ont été réalisés sur les puits F1 et F3. Les résultats, qui confirment les hypothèses prises, se trouvent en annexe de ce rapport.

La figure ci-dessous présente les caractéristiques de la nappe du Bathonien :

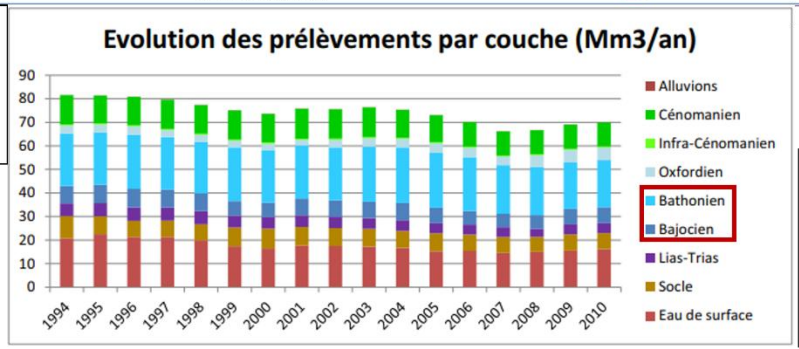


Niveau 0 - Formations superficielles		
Niveau 1 - National	**Niveau 2 - Régional**	**Niveau 3 - Locale**
139– Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien et de ses bordures	139AC– Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) à l'ouest du sillon marneux du Bathonien-Callovien (bassin Seine-Normandie)	139AC04– Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans l'aquifère libre du bassin versant de l'Orne en Basse-Normandie
	139AN– Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien	139AN03– Marnes et calcaires marneux du Bathonien en Basse-Normandie de l'Orne en Basse-Normandie
	139AP– Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien	139AP05– Calcaires de l'Aalénien-Bajocien dans l'aquifère captif du bassin versant de l'Orne en Basse-Normandie
141– Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien et de ses bordures	141AB– Marnes du Toarcien (Lias sup.) du Bassin Parisien	141AB09– Calcaires et marnes à ammonites (calcaires marneux) du Toarcien en Normandie
		141AB11– Argiles à Poisson avec des intercalations de schistes cartons du Toarcien en Normandie
	141AC– Grès, marnes et calcaires du Pliensbachien (Lias moyen) du Bassin Parisien	141AC01– Grès médioliasique du Domérien, grès et calcaire gréseux et marnes du Pliensbachien du Bassin Parisien
144– Formations du Trias inférieur en Normandie	144AA– Sables et grès du Trias moyen à supérieur en Basse-Normandie	144AA07– Sables et grès du Trias moyen à supérieur dans le bassin de l'Orne en Basse-Normandie
163– Socle du Massif armoricain dans le bassin versant de L'Orne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	163AA– Socle du Massif armoricain dans le bassin versant de l'Orne de sa source à l'embouchure en Normandie	163AA04– Grès, calcaires et schistes du Paléozoïque dans le bassin versant de l'Orne de sa source à l'embouchure en Normandie

Le tableau ci-dessus met en évidence les différentes entités hydrogéologiques présente au droit du site. La présence d'une unité imperméable (139AN03) entre l'aquifère cible (139AC04) et l'aquifère suivant (139AP05) permet de s'assurer qu'il n'y a **aucun lien** entre ces aquifères



Nature des prélèvements:
- Eau potable
- Agricole
- Industriels
- Remplissage des gabions



Etat qualitatif

Etat général:
Bon à très bon excepté pour les concentrations en nitrate et triazine (qualité médiocre)
Etat au droit du projet:
Très bon

Etat quantitatif

Etat général:
Stable, soumis aux fluctuations saisonnières
Etat au droit du projet:
Stable

Figure 41: Etat initial de la nappe cible pour le projet

Positionnement des forages

Le positionnement des forages tient principalement compte du sens d'écoulement de la nappe. En effet, une attention particulière est portée au placement en amont des forages de production vis-à-vis des forages d'injection afin d'éviter le recyclage thermique.

De plus, le positionnement des forages tient aussi compte des ICPE présentes sur le site de l'usine. En effet, les futurs puits seront positionnés suffisamment loin des ICPE pour s'assurer qu'il n'y ait aucune interaction entre eux (voir Contexte ICPE et prescriptions associées).



Figure 42: Positionnement des puits

k. Analyse physico-chimique de la qualité de l'eau

STELLANTIS a procédé à des prélèvements d'eau sur les forages existants (GMI) le 05/11/2025, au niveau du pompage et de la réinjection, afin de réaliser des analyses physicochimiques permettant de comparer la qualité de l'eau pompée et celle réinjectée, dans le but d'évaluer l'impact potentiel du doublet géothermique sur la nappe. Les résultats sont présentés en annexe.

Des légers écarts sont observés entre les analyses du puits de production et du puits d'injection concernant principalement la dureté, la turbidité et certains métaux dissous (manganèse, fer, zinc).

- **Dureté (26,1 °f vs 35,1 °f)**

L'écart reste dans l'intervalle de variabilité naturelle des nappes du Calvados, dont la minéralisation est influencée par la composition carbonatée des terrains. Aucun changement du faciès hydro chimique n'est observé.

- **Turbidité (0,39 NFU vs 0,89 NFU)**

Les valeurs sont très faibles. L'écart peut s'expliquer par la mise en mouvement locale de fines au moment du prélèvement dans le puits d'injection. Aucune anomalie qualitative.

- **Manganèse (0,23 µg/L vs 0,93 µg/L)**

Les deux valeurs sont extrêmement faibles. Les nappes profondes peuvent présenter de petites fluctuations du manganèse dissous en fonction des conditions redox locales.

- **Fer dissous (3,7 µg/L vs 1,5 µg/L)**

Les concentrations demeurent très basses. Ce type de variation est typique des nappes réduites à 50–80 m de profondeur et ne traduit aucune influence du fonctionnement géothermique.

- **Zinc (27 µg/L vs 34 µg/L)**

Variation modérée mais faible, située dans la plage naturelle des oligo-éléments dissous dans les aquifères profonds. Aucun impact particulier à signaler.

En conclusion, les résultats montrent une forte similitude entre l'eau pompée et l'eau réinjectée. Les écarts observés sont de faible amplitude et ne reflètent aucune dégradation, aucune pollution, ni aucune modification significative de la composition de la ressource en lien avec le fonctionnement du doublet géothermique déjà en place.

Concernant le risque légionelles, il est écarté pour ce projet de doublet géothermique. En effet, l'eau circule dans un circuit totalement fermé et étanche : eau pompée → tuyauterie étanche → échangeur thermique étanche → tuyauterie étanche → réinjection dans la nappe.

3. Simulation thermodynamique

Propriétés thermiques du sous-sol

La modélisation hydrogéologique a été paramétrée sur le logiciel FEFLOW, développé par DHI. Elle repose sur les caractéristiques du milieu et de l'aquifère en présence, résumées dans le tableau suivant :

Propriété	Valeur
Capacité thermique volumique du milieu (MJ/m³/K)	2,25
Capacité thermique volumique de l'eau (MJ/m³/K)	4,19
Conductivité thermique du milieu (W/m/K)	2,7
Conductivité thermique de l'eau (W/m/K)	0,6
Porosité du milieu (-)	0,20
Perméabilité du milieu (m/s)	0.000025
Température initiale du milieu(°C)	15.7
Gradient hydraulique (-)	0.8%
Différence de température entre pompage et réinjection (chauffage et climatisation) (°C)	±8.5

La simulation sera effectuée sur une période de 20 ans. On modélise les puits de pompage et le puits d'injection, alignés dans le sens d'écoulement de la nappe, avec l'injection en aval hydraulique du pompage. Le modèle est d'extension suffisante pour éviter les « effets de bord ».

On considère que les besoins thermiques du bâtiment impliquent le fonctionnement à plein régime en permanence et que donc la pompe immergée extrait 80m³/h tout au long de l'année.

Les besoins en termes de débit sont calculés à un pas de temps horaire, puis moyennés à l'échelle mensuelle, afin de simplifier la simulation.

La modélisation du panache permet de modéliser un delta de température entre le pompage et le rejet. Les valeurs de température indiquées sur les figures présentes dans le rapport peuvent donc être ajustées en fonction de la température initiale prise en compte (on pourrait abaisser de 3°C les températures indiquées figure 43 et 45 du rapport afin de les faire correspondre aux mesures de température faites sur site régulièrement).

Résultats de la simulation

Après 20 ans de fonctionnement selon les besoins précédemment énoncés, aucun recyclage thermique est observable. Cela signifie que le quintuplet géothermique n'aura aucune perte de performance après 20 années d'utilisation grâce à l'espacement suffisant des puits entre eux. Le panache thermique s'étend sur une longueur théorique de 2915 mètres, et ne devrait impacter aucun point de captage recensés sur le site de l'ARS.

La majorité du temps, l'installation est conçue pour le refroidissement. De ce fait, l'impact thermique résulte en une élévation du niveau de température, en été comme en hiver (les périodes de chauffe n'ont lieu que lors des maintenances des machines de manière brèves et ponctuelles à l'échelle d'une année).

L'élévation de température au bout de 20 ans est de 6°C (bulle jaune de la figure ci-dessus) et représente une température de nappe de 21.5°C. La température peut varier localement dans un rayon de 50 mètres autour des forages injecteurs lors de fortes périodes d'utilisation pour atteindre 24°C.

Les simulations thermo-hydrodynamiques mettent en évidence, à horizon 20 ans, un panache thermique diffus caractérisé par une élévation maximale de température de l'ordre de +6 °C à environ 2 km à l'aval hydraulique des ouvrages de réinjection.

Cette évolution thermique demeure modérée au regard des températures observées dans de nombreux systèmes aquifères exploités en géothermie et ne s'accompagne d'aucune modification chimique ou apport de substance dans le milieu souterrain.

Aucun captage d'alimentation en eau potable ou usage sensible n'est recensé dans la zone affectée par le panache thermique simulé

Les conditions hydrodynamiques et géochimiques du réservoir ne sont pas favorables au développement microbiologique susceptible d'engendrer un risque sanitaire.

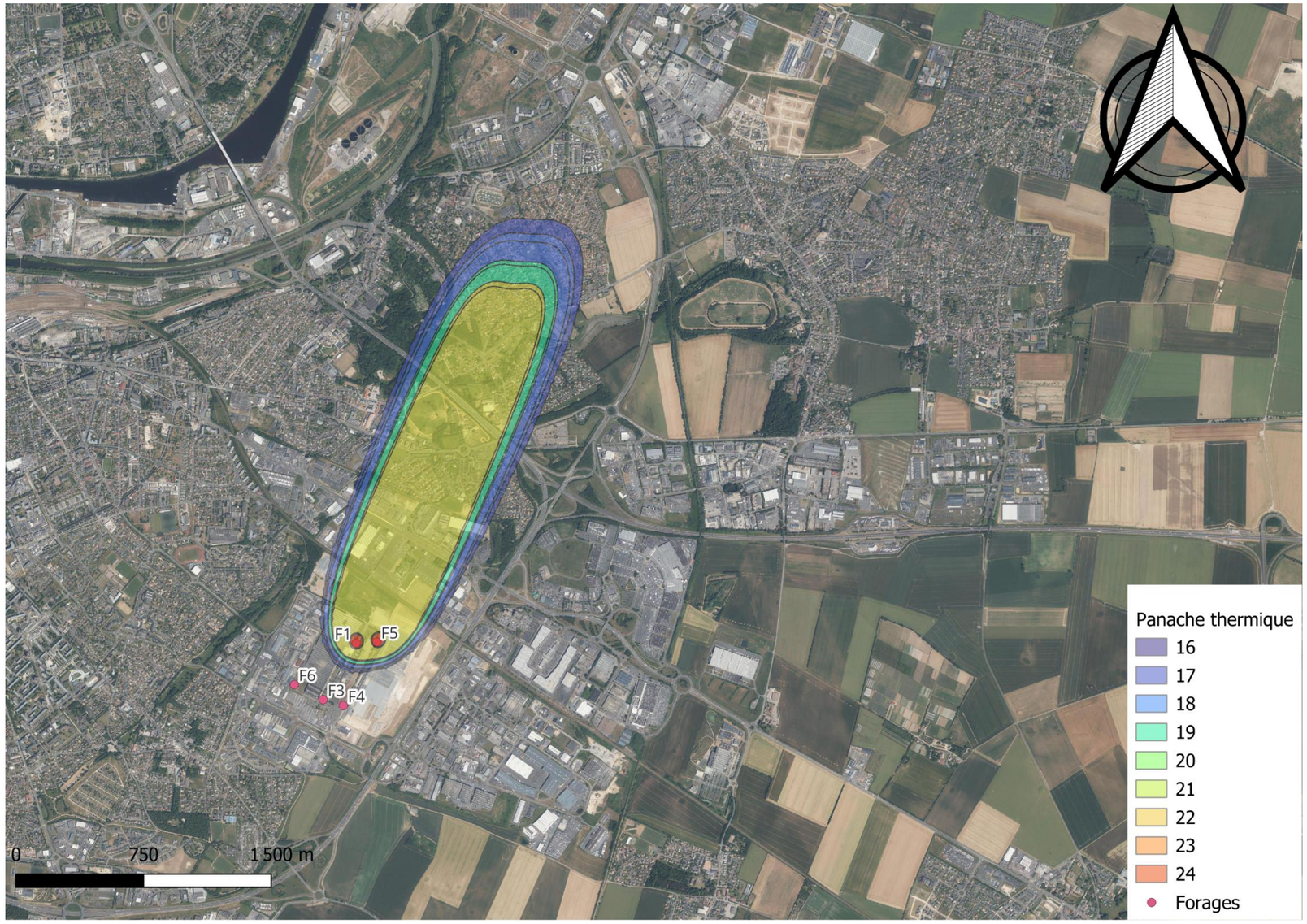


Figure 43: Panache thermique généré par le projet après 20 ans de fonctionnement

Un dispositif de suivi thermique et physico-chimique des eaux souterraines sera mis en place afin de vérifier l'absence d'impact notable sur la ressource au cours de l'exploitation.

Une carte de l'évolution du niveau piézométrique de la nappe des calcaires du Bathonien lors de la sollicitation de cette dernière a aussi été réalisée :



Les variations du niveau de la nappe sont limitées localement dans un rayon de 130 mètres maximum autour de chaque forage en fonctionnement usuel. L'impact quantitatif ne constitue donc pas d'incidence substantielle à l'égard des autres points de captage à proximité.

Au droit de chaque forage, une variation du niveau dynamique de 8 mètres est attendue.

4. Analyse des incidences du projet sur l'environnement et mesures correctives associées

Dans cette partie, l'ensemble des enjeux identifiés dans l'état initial a été mis en rapport avec les caractéristiques du projet afin de déterminer les impacts bruts de celui-ci.

Les impacts résiduels ont ensuite été évalués tenant compte des différentes mesures d'évitement et de réduction que le pétitionnaire s'engage à respecter.

Légende : ASSEZ FORT | MOYEN | ASSEZ FAIBLE | FAIBLE | NEGLIGEABLE

Enjeux environnementaux au sein de l'emprise projet	Incidences brutes du projet sans mesures correctives	Mesures d'évitement et de réduction	Incidences résiduelles
Habitats : enjeu FAIBLE à ASSEZ FAIBLE			
Ensemble des habitats	Destruction d'une surface limitée de prairie mésophile et d'une zone rudérale herbacée Aucune incidence en zone imperméabilisée	• Localisation prioritaire des ouvrages sur secteurs déjà artificialisés • Limitation des emprises temporaires de chantier • Remise en état après travaux	Faible : destruction / altération d'habitats à enjeux faibles à assez faibles
Flore : enjeu FAIBLE			
Aucune plante patrimoniale et/ou protégée n'a été recensée dans l'emprise du périmètre d'étude.	Aucune incidence brute du projet	• Prévention du compactage des sols par balisage du chantier • Limitation du stockage de matériaux en dehors des zones artificialisées	Faible
Faune : enjeu FAIBLE à ASSEZ FORT			
Zone bâtie : favorable à la nidification de l'avifaune anthropophile dont le Goéland argenté D'après la bibliographie : Serin cini, espèce de l'avifaune patrimoniale présent dans les éléments arborés denses	Risque ponctuel de dérangement ou destruction accidentelle de nids en phase chantier Risque ponctuel de dérangement par bruit et activité de chantier	• Le site étant déjà fortement urbanisé et bruyant, les oiseaux sont habitués à l'activité existante ; le bruit des forages n'augmente pas significativement la perturbation • Les travaux seront réalisés le plus loin possible des bâtiments favorables à la nidification • Vérification préalable de l'absence de nidifications avant travaux • Calendrier de chantier adapté pour éviter, si possible, la période de reproduction. • Maintien des éléments arborés hors emprise immédiate du projet • Mise en place éventuelle de mesures de dissuasion douce pour limiter l'installation d'oiseaux pendant le chantier	Assez Faible
Vulnérabilité de la nappe : enjeu FAIBLE			
Nappe aquifère du Bathonien moyen	Risque de déversement de produits polluants au sol en phase chantier rentrant en contact avec les eaux souterraines Risque de concurrence d'usage	• Afin de préserver les ressources en eaux souterraines au droit et à proximité du site projet, des mesures seront prises en phase chantier pour ne pas occasionner de pollution de la nappe : stockage confiné des produits dangereux pour l'environnement au sein d'aires étanches, précautions lors de leur utilisation, vérification régulière des systèmes hydrauliques des engins, remplissage des réservoirs de carburant au droit d'aires étanches, etc.  • Mise en œuvre d'un **Plan d'Assurance Environnement (PAE)** incluant un protocole pollution accidentelle (suspension travaux, confinement, récupération, traitement) • Tubages et ciments des forages conçus pour garantir l'étanchéité • Réinjection intégrale des volumes prélevés à environ 500 m des forages producteurs • Suivi piézométrique et quantitatif régulier • Gestion des déblais et boues de forage en filières agréées (preuve d'évacuation) • Rejets d'eau conformes à l'**arrêté préfectoral art. 4.3.8**, exigeant qu'ils soient exempts de tout produit susceptible de nuire à la conservation des ouvrages ou d'entraver leur bon fonctionnement, et que la modification de couleur du milieu récepteur ne dépasse pas 100 mg Pt/l • Nettoyage/développement du forage avec rejet maîtrisé (filtration si nécessaire) • Autres ICPE sont situées à proximité du site, mais à plus de 35 mètres, ce qui signifie qu'aucune disposition particulière n'est à prendre à cet égard	Faible

Figure 44: Analyse des incidences du projet sur l'Environnement (figure issue de l'examen cas par cas réalisé par Envolis et disponible en intégralité Annexe 1.)



Figure 45: Incidence du projet sur les captages AEP alentours

Cette figure met en évidence l'absence d'impact du projet sur les ouvrages de captages AEP situés à proximité. En effet, aucune perturbation, tant sur le plan piézométrique que thermique n'est à prévoir au niveau de ces ouvrages. De nombreux ouvrages sont cependant recensés sur la BSS à proximité du projet et bien que l'impact quantitatif du projet soit nul vis-à-vis de l'ensemble des forages BSS, une perturbation thermique est à prévoir sur certains d'entre eux. Cette perturbation thermique ne représente toutefois pas une incidence significative du fait de la faible variation de température (élévation de 4°C). De plus, ces ouvrages sont destinés au chauffage par géothermie. Une élévation de la température de l'eau pompée est même bénéfique pour ce type d'installations. En effet, la performance d'une pompe à chaleur géothermique destiné à produire du chaud s'améliore lorsque le liquide pompé est plus chaud (il contient plus de calories exploitables). D'autres forages se situent sur l'étendue du panache thermique cependant ces derniers sont soit des piézomètres soit des ouvrages rebouchés. L'impact du projet n'est donc pas considéré comme substantiel vis-à-vis de la ressource souterraine.

Incidences sur les eaux souterraines

Le fonctionnement du système repose sur un prélèvement d'eau souterraine intégralement compensé par réinjection dans le même aquifère.

Les modélisations hydrodynamiques et thermiques réalisées montrent que :

- Les variations piézométriques induites restent limitées et localisées au droit des ouvrages ;
- Aucune interaction avec des captages d'alimentation en eau potable n'est mise en évidence.

L'incidence sur la ressource en eau souterraine est ainsi **faible et localisée**, sans impact sur les usages recensés.

Incidences thermiques

L'exploitation du système géothermique induit une modification locale de la température de la nappe.

Les simulations réalisées indiquent que :

- La variation de température reste limitée à quelques degrés au droit des ouvrages ;
- Le panache thermique n'intercepte pas d'ouvrages sensibles identifiés.

Au regard de ces éléments, l'incidence thermique est considérée comme **faible et sans effet notable sur les usages existants**.

Incidences sur la qualité des eaux

Les risques identifiés concernent principalement :

- La mise en communication d'aquifères lors du forage ;
- Les pollutions accidentelles en phase chantier ;
- Les phénomènes de corrosion ou d'entartrage en phase exploitation.

Ces risques sont maîtrisés par :

- La mise en place de tubages et cimentation adaptés ;
- Des dispositifs de prévention des pollutions (aires étanches, rétention) ;
- Un suivi et une maintenance régulière des installations.

L'incidence sur la qualité des eaux est ainsi **faible sous réserve de la bonne mise en œuvre des mesures prévues**.

Incidences en phase chantier

Les principales incidences concernent :

- Les nuisances sonores ;

- Le trafic de poids lourds ;
- Les risques de pollution accidentelle (hydrocarbures, boues, produits de forage).

Ces effets sont :

- Temporaires ;
- Limités dans le temps et dans l'espace ;
- Encadrés par des mesures de prévention adaptées.

L'incidence du chantier est donc **temporaire et modérée**.

Incidences sur l'air et les émissions

Le projet conduit à :

- Une augmentation de la quantité de fluides frigorigènes présents sur le site ;
- Une réduction des émissions atmosphériques par substitution aux chaudières gaz et tours aéroréfrigérantes.

Les équipements installés sont hermétiques et soumis à des contrôles réglementaires d'étanchéité.

L'incidence globale sur l'air est **faible**, avec un effet globalement favorable lié à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Effets cumulés

Le projet a été analysé au regard des usages existants de la ressource en eau souterraine et des activités industrielles présentes sur le site.

Compte tenu :

- De la réinjection totale des volumes prélevés ;
- Du confinement du panache thermique ;
- De l'absence d'interaction avec des captages sensibles ;

Les effets cumulés du projet avec les autres usages identifiés sont considérés comme **faibles**.

En conclusion, Au regard de l'ensemble des éléments analysés, le projet n'entraîne pas d'incidence notable sur l'environnement.

Les impacts identifiés restent **faibles, localisés et maîtrisés**, sous réserve de la mise en œuvre des mesures prévues.

Enjeu environnemental	Impact identifié	Mesures ERC	Impact résiduel
Eaux souterraines (quantité)	Variation piézométrique locale	Réinjection totale des volumes	Faible
Eaux souterraines (température)	Panache thermique	Dimensionnement du quintuplet, distance entre forages	Faible
Qualité des eaux	Pollution accidentelle (chantier)	Aire étanche, rétention, gestion des produits	Faible
Qualité des eaux	Mise en communication d'aquifères	Tubage + cimentation adaptés	Très faible
Qualité des eaux	Corrosion / entartrage	Suivi, maintenance, traitement si nécessaire	Faible
Milieu humain (bruit)	Bruit chantier	Horaires adaptés, matériel conforme	Faible
Milieu humain (trafic)	Circulation poids lourds	Organisation logistique	Faible
Air	Fuite de fluide frigorigène	Équipements hermétiques + contrôle étanchéité	Faible
Air	Émissions GES	Substitution chaudières gaz	Positif
ICPE / risques	Augmentation fluide frigorigène	Gestion réglementaire + maintenance	Faible

Figure 46: Tableau des mesures ERC

5. Synthèse vis-à-vis de la substantialité

Le projet consiste en la mise en place d'un système géothermique de type quintuplet au sein d'un site industriel existant classé ICPE. Cette évolution vise à optimiser l'exploitation de la ressource géothermale sans modification de la nature de l'activité du site.

L'analyse comparative entre la situation actuelle et le projet met en évidence que :

- Les prélèvements en eau souterraine sont intégralement compensés par réinjection dans le même aquifère, sans consommation nette de la ressource ;
- Le fonctionnement du système n'induit pas de modification notable des conditions hydrauliques, en dehors d'effets locaux maîtrisés (doublets couplés) ;
- Le panache thermique généré par l'exploitation reste confiné au droit du site et n'intercepte aucun captage d'alimentation en eau potable ;
- Les installations ICPE présentes à proximité sont situées à des distances suffisantes pour exclure toute interaction ou contrainte réciproque ;
- Aucun nouveau risque environnemental significatif n'est introduit par le projet.
- Le projet permet la substitution d'équipements thermiques fonctionnant aux énergies fossiles (chaudières gaz) ainsi que de tours aéroréfrigérantes, entraînant une réduction des émissions atmosphériques et des rejets associés.

En outre, le projet s'inscrit dans une logique d'amélioration de la performance énergétique du site, avec un recours accru à une énergie renouvelable et locale. De plus, le recours à la géothermie permet la suppression d'équipements plus impactant vis-à-vis du risque environnemental. Le projet constitue ainsi une évolution du système énergétique du site sans aggravation des pressions environnementales globales, mais avec une réduction de celles-ci.

Au regard de ces éléments, les modifications apportées aux installations existantes n'entraînent pas d'augmentation notable des incidences sur l'environnement ni de changement significatif des conditions d'exploitation.

En conséquence, le projet peut être considéré comme une modification non substantielle au sens de la réglementation applicable.

VIII. Documents de santé, de sécurité et de compatibilité pour la géothermie des risques industriels avec la sécurité publique

1. Documents de santé et de sécurité liés aux travaux

a. Analyse des risques et mesures de prévention

Le chantier de rénovation énergétique de l'usine Stellantis sera fermé au public, par ailleurs, la charte de chantier prévoira toutes les mesures nécessaires afin d'assurer la sécurité publique, limitant ainsi les impacts.

Les ouvrages du projet ne se situeront pas sur le domaine public. De plus, les ouvrages ainsi que leurs équipements de tête seront contenus dans des regards de visite étanches et cadenassés excluant ainsi tout accès de personnes étrangères aux services.

Information du personnel

Tout le personnel du chantier sera informé, dès son arrivée, des règles propres au chantier et aux opérations. Les procédures, par phase de travail et poste de travail, seront présentées à l'ensemble du personnel concerné avant le début de la phase ou de la prise du poste en mettant l'accent sur le respect et l'application des mesures de sécurité.

L'affichage des consignes de sécurité s'adressera en priorité au personnel présent sur le site.

Le personnel affecté au chantier devra en particulier être sensibilisé à l'obligation du port des équipements de protection individuels (casque, gants, tenue de travail, chaussures de sécurité, protection auditives, lunettes de protection, masque anti-poussières, masque à gaz).

Les documents suivants seront affichés dans le bureau du Chef de chantier :

- Un plan de masse de l'appareil de forage ;
- Le plan de têtes des 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 de moyens de luttes contre l'incendie ;
- Un plan des issues de sécurité en cas de venue gaz toxiques.

Dispositions en cas d'accident corporel grave

En cas d'accident corporel grave sur le chantier la procédure suivante sera mise en œuvre :

- Déclenchement de la procédure d'urgence relative au site : appel des services d'urgence,

- Premiers secours prodigués par le secouriste du site. Conformément au 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,
- Interdiction de déplacer la victime sauf en cas d'urgence. La liste du personnel formé aux premiers secours est affichée sur le chantier,
- Envoi d'une personne désignée à la rencontre des secours afin de les guider jusqu'à la victime.

Protection contre l'hydrogène sulfuré

Durant la phase d'acidification du forage, de l'acide chlorhydrique (HCL) est injecté afin d'augmenter la productivité du forage, suite à des réactions chimiques avec des éléments présents dans le sous-sol, il est possible d'observer des émanations d'hydrogène sulfuré (H2S).

L'hydrogène sulfuré est un gaz à l'odeur caractéristique « d'œuf pourri » dont le seuil de perception est soumis à de fortes variations de sensibilité individuelle. Cette odeur de l'hydrogène sulfuré gazeux est un indicateur sensible de sa présence mais pour de faibles concentrations. En effet, pour des teneurs élevées, l'inhalation d'hydrogène sulfuré se traduit par une paralysie des centres nerveux olfactifs et une anesthésie de l'odorat. De plus, l'hydrogène sulfuré étant un gaz irritant, la perception olfactive corrélée aux sensations d'irritation permet d'évaluer les concentrations d'exposition.

L'hydrogène sulfuré est un gaz asphyxiant dont les effets sont identiques à ceux observés pour le cyanure. Il agit au niveau de la respiration cellulaire comme inhibiteur de la cytochrome c-oxydase et bloque ainsi l'utilisation tissulaire d'oxygène. Il y a également une action paralysante des centres nerveux respiratoires induisant une apnée qui peut être réversible en cas de traitement par oxygénothérapie, sinon mortelle.

L'intoxication à l'hydrogène sulfuré chez l'homme se caractérise par trois principales formes cliniques basées sur la nature des symptômes observés :

- La forme suraiguë : cette forme s'observe pour les fortes concentrations (environ 1000 ppm) et de courtes exposition (quelques secondes à quelques minutes). Elle se traduit par une atteinte du système nerveux central (perte de conscience surnommée « coup de plomb ») et des symptômes de détresse respiratoire et d'apnée. La mort survient en 5 à 10 minutes par arrêt cardiaque. Si l'exposition n'est pas instantanément fatale (réanimation pendant la phase d'apnée), la mise en place d'un œdème pulmonaire retardé est fréquemment observée. Une amnésie rétrograde avec une diminution des facultés intellectuelles est également possible.
- La forme aiguë : il s'agit de la forme rencontrée lors de l'exposition à des concentrations de l'ordre de 100 à 1000 ppm. Les principaux effets sont des irritations des muqueuses oculaires et respiratoires avec conjonctivite, rhinite et dyspnée. L'apparition d'un œdème pulmonaire est encore possible en fonction de la durée d'exposition. Pour ces concentrations des troubles neurologiques sont également observables (perte de conscience).

- La phase chronique : cette forme correspond à un ensemble de symptômes résultant d'expositions intermittentes mais répétée à des concentrations de l'ordre de 50 à 100 ppm. Elle se traduit par des manifestations subjectives et variables de « malaise » (céphale, asthénie, troubles de la mémoire, nausées, anorexie…).

De plus, l'hydrogène sulfuré est un gaz extrêmement inflammable. Ce gaz étant soluble dans l'eau, le fait de travailler à la boue limite les émanations lorsque le gaz est en faible concentration. D'autre part, l'hydrogène sulfuré 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.

Sur le chantier, la concentration en hydrogène sulfuré de l'air sera mesurée en plusieurs points. En cas de dépassement du seuil limite (réglé à 10 ppm soit une concentration inférieure au seuil minimum d'intoxication humaine sous sa forme chronique), des alarmes sonores et visuelles se déclencheront. Deux appareils portatifs seront également disponibles sur le chantier.

De plus, des masques à gaz individuels munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène ainsi que deux appareils respiratoires autonomes avec bouteilles de rechange seront disponibles en permanence pour les personnes les plus exposées.

Le puit sera équipé d'un obturateur (BOP) qui peut être fermé pour permettre d'éviter la remontée rapide d'un bouchon gazeux. Le dégazage sera alors fait de manière progressive, à très faible débit.

Par ailleurs, la période des travaux pendant laquelle des émanations d'hydrogène sulfuré (H2S) pourront éventuellement se produire est la période correspondant aux tests de productions réalisés à la fin de chaque puits. Lors de ces tests, le fluide géothermal est en effet produit en surface sur une durée de 12 heures. Afin de réduire les nuisances olfactives de l'H2S (l'odeur « d'œufs pourris » à faible concentration) et de supprimer les risques liés à la toxicité du gaz à partir de concentrations plus élevées lors des opérations de simulation du réservoir d'acide, une neutralisation de l'H2S sera mise en œuvre par l'ajout d'un produit basique (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 permettre d'orienter les gaz à l'opposé des habitations les plus proches et empêchera toute concentration du gaz.

Protection contre l'explosion et les incendies

Les risques d'explosion sur un chantier sont de plusieurs types :

- La fuite d'acétylène : pour limiter ce risque, le matériel sera régulièrement vérifié et maintenu en bon fonctionnement, le stockage se fera dans une zone bien ventilée et un extincteur devra être présent à proximité à chaque utilisation,
- La rupture d'une canalisation haute pression en hiver : pour limiter ce risque, des précautions seront prises pour éviter le gel des canalisations (calorifugeage, saumure),

- La venue de gaz inflammable dans le forage : la fermeture de l'obturateur (BOP) permettra d'éviter les venues importantes de gaz dans le forage.

Pour réduire le risque d'incendie sur le chantier, les mesures suivantes devront être appliquées :

- Le stockage de carburant devra se faire dans une zone séparée et des extincteurs devront être placés à proximité de la zone de stockage,
- Des mesures de sécurité devront être prise pendant le remplissage des cuves de fioul,
- L'utilisation d'une masse en bronze pour limiter le risque d'étincelle lors du montage et démontage de l'appareil de forage.

Les extincteurs présents sur le chantier seront de types :

- Des extincteurs à poudre polyvalente,
- Des extincteurs à poudre de carbone.

Les emplacements désignés par ce matériel seront maintenus d'un accès facile et bien signalés.

Une sensibilisation aux risques d'explosion et d'incendie pourra être faites auprès de tout le personnel de chantier.

Protection contre le bruit

Dans le respect de la réglementation en vigueur sur le bruit sur un chantier, les divers intervenants du chantier devront respecter les prescriptions légales.

Ainsi, le bruit généré par un chantier de forage est principalement dû aux moteurs des pompes et des groupes électrogènes (bruit régulier) ainsi qu'aux chocs entres des pièces mécaniques entraînant des bruits ponctuels et irréguliers. Pour quantifier les nuisances, des mesures de bruits seront faites à différents endroit du chantier pendant les phases les plus bruyantes. Les outils et les machines pourront également être vérifiés et maintenus en bon fonctionnement pour éviter d'éventuels bruits supplémentaires.

Ainsi, pour réduire la nuisance sur le personnel de chantier, le port de bouchons d'oreille ou de casque anti bruit sera rendu obligatoire. De plus, les zones les plus bruyantes seront signalées par des panneaux d'affichage.

Les bruits pourront être limités par la prise en compte des mesures suivantes :

- Procédure du personnel de chantier pour limiter au maximum les chocs pendant le montage et le démontage des tiges de forage ou la mise en place des tubages,
- Insonorisation des moteurs diesels et des groupes électrogènes.

Protection contre la chute d'objet

Afin de prévenir le risque de chutes d'objets, les mesures suivantes seront appliquées sur le chantier pendant les travaux :

- *La sensibilisation du personnel au port des EPI (casque, chaussures de sécurité, gants) et sur l'interdiction de se tenir sous la charge,*
- L'utilisation du matériel de levage adapté à la charge et en bon état,
- La vérification des engins et des élingues,
- *Le guidage lors de la manutention de charges lourdes : utilisation des cordes ou de sangles de guidage, de crochets avec manille de sécurité.*

Protection contre la chute de hauteur

Pendant les phases de montage et de démontage du matériel de forage et pendant la phase de forage, le personnel de chantier est amené à travailler en hauteur.

Les mesures suivantes devront être prises pour limiter le risque de chute de hauteur :

- Mise en place d'un plancher ou d'un caillebotis sur la cave de forage et d'un balisage autour,
- *Mise en place d'une rambarde sur les escaliers permettant l'accès au plancher de la mise de forage,*
- Mise en place d'un bardage autour du plancher de la machine de forage,
- Port d'un harnais antichute pour les travaux dans le mât.

Protection contre les collisions

La collision entre le personnel de chantier et les différents engins de manutention constitue un risque important.

Les mesures suivantes devront être prises pour limiter ce risque :

- Délimitation des zones de circulation des véhicules et de circulation piétonne,
- Manoeuvre de recul des véhicules avec un guide,
- Matériel de chantier équipé de gyrophare et de bip de recul,
- *Mise en place d'une signalisation sur la vitesse limite sur le chantier et sensibilisation du personnel au respect de cette limite,*
- Vérification et maintenance des engins.

Protection contre l'électrocution

Pour prévenir des risques d'électrocution, les mesures suivantes seront appliquées sur le chantier pendant toute la durée des travaux :

- La sensibilisation du personnel aux différents risques d'électrocution,
- *L'interdiction au personnel non habilité d'intervenir sur les groupes électrogènes,*
- *La mise en place et les tests des disjoncteurs pour prévenir le risque lié à un court-circuit,*
- Le rangement et la suspension de câbles électriques, si cela est possible,
- *Le travail en zone sèche de préférence,*
- L'affichage de la fiche de premiers secours aux personnes électrisées.

Les outils et les machines pourront également être vérifiés et maintenus en bon fonctionnement pour éviter d'éventuels bruits supplémentaires.

Encadrement des visiteurs

Tous les visiteurs autorisés à accéder au site pendant les travaux seront équipés d'un casque de protection et devront être accompagnés par un personnel du chantier (Entreprise ou Maître d'Œuvre). Ils seront sensibilisés aux différents risques présents sur le chantier. Ils resteront à l'écart des zones potentiellement les plus à risques notamment pendant les phases les plus dangereuses.

Une organisation des accès et de la circulation sera mise en place au sein du chantier pour éviter tout risque.

b. Moyens d'informations

Registre de sécurité

Un registre de sécurité sera tenu à jour et mis à la disposition de l'administration pendant toute la durée du chantier.

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 à tout le personnel intervenant sur le chantier.

Les documents suivants seront affichés, en évidence, dans le bureau du chef de chantier :

- Un plan des moyens de lutte contre l'incendie,
- *La liste des noms des personnes à prévenir en cas d'incident :*
  - Pompiers,
  - Services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR),
  - Services du Maître d'Ouvrage ou de son délégataire,
  - Services du Maître d'œuvre,
  - Services de l'Entrepreneur.

2. Documents de santé et de sécurité en phase d'exploitation

a. Analyse des risques et mesures de prévention globales

Les risques et mesures de prévention globale sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Risques identifiés	Mesures associées
Risque lié à la circulation piétonne	Sensibilisation du personnel et organisation des accès et de la circulation
Risque lié à l'activité physique	Sensibilisation du personnel (gestes et postures), fourniture et port des EPI adaptés, manipulations lentes et soignées, organisation des accès et de la circulation pour la manutention
Risque lié à la manutention mécanique	Sensibilisation aux risques de manutentions, fourniture et port des EPI adaptés, vérifier les outillages nécessaires à la mise en œuvre, manipulations lentes et soignées, organisation des accès et de la circulation pour la manutention
Risque lié à la conduite d'engins ou véhicules	Personnel formé et habilité, sensibilisation aux risques de circulation, respect du code de la route, organisation des accès et de la circulation, nettoyage régulier des accès et des zones de travail
Risque lié aux effondrements et aux chutes d'objets	Sensibilisation aux risques de chutes d'objets, vérification l'état du matériel et des outils
Risque lié aux outils	Vérification et maintien du bon fonctionnement des outils et des machines, port des EPI, sensibilisation du personnel
Risque et nuisance lié au bruit	Vérification et maintien du bon fonctionnement des outils et des machines, port des EPI
Risque physico-chimique	Vérification et maintien du bon fonctionnement des outils et des machines, port des EPI, respect des FDS
Risque d'incendie, d'explosion	Vérification et maintien du bon fonctionnement des outils et des machines, sensibilisation aux risques d'incendie et d'explosion, présence d'extincteurs sur le chantier
Risque lié à l'électricité	Vérification et maintien du bon fonctionnement des outils et des machines, sensibilisation aux risques d'électrocution et sensibilisation du personnel
Risque lié au manque d'hygiène	Sensibilisation du personnel, port des EPI, maintien de l'hygiène des vêtements de travail, nettoyage régulier des accès et des zones de travail
Risque lié à l'intervention d'une entreprise extérieure	Sensibilisation du personnel à la coactivité
Risque lié au manque de formation	Utilisation de personnel qualifié, formation continue du personnel
Risque lié à un fluide sous pression	Vérification et maintien du bon fonctionnement des outils et des machines, sensibilisation aux risques de rupture de flexibles sous pression, présence de kit anti-pollution sur les chantiers

Risque lié au manque de protection individuelle	Sensibilisation du personnel au port des EPI Fournir et faire porter les EPI adaptés
Risque lié au comportement individuel	Sensibilisation du personnel, personnel formé et habilité
Risque lié à une pandémie	Se laver les mains régulièrement à l'eau et au savon pendant au moins 20 s dans les bases de vie et installations prévues à cet effet. Lingettes et gel hydroalcooliques à disposition dans les véhicules utilitaires. Eviter tout contact physique : saluer sans se serrer la main, éviter les embrassades. Tousser et éternuer dans le creux de son coude ou dans un mouchoir à usage unique et le jeter immédiatement après usage. Ne pas toucher le visage avec les mains : la bouche et le nez. Nettoyer régulièrement les équipements individuels (téléphone, lunettes, bouchon d'oreilles …). Tout contact avec les usagers sera évité. Maintenir les espaces de deux mètres d'écart minimum. Nettoyer les parties communes du site touchées à la main/

Figure 47: Tableau des risques et des mesures associées au projet

De manière générale, le local technique sera verrouillé et l'accès sera exclusivement réservé au personnel technique qualifié. Par ailleurs des mesures de sécurités telles que ventilation, étanchéité, coupure des installations en cas de sous-pression ou surpression dans le réseau de géothermie seront mises en place dans les locaux techniques.

Par ailleurs, une exploitation géothermique ne constitue pas un process industriel. Enfin, en cas de fuite du réseau, l'eau déversée ne présentera pas d'enjeu pour la sécurité dans la mesure où elle sera d'une température < à 30°C et n'est pas contaminée par des polluants.

Au regard de ces différents éléments, les risques industriels liés au dispositif de géothermie sont compatibles avec la sécurité publique.

b. Analyse des risques et mesures de prévention spécifiques

Les risques induits par l'exploitation de l'installation géothermique sont principalement liés :

- Aux risques de chantiers,
- Aux émanations de fluides frigorigènes de la pompe à chaleur,
- Aux travaux de maintenance des forages.

Protection contre les risques chantiers

Seul le personnel habilité à intervenir sur les installations électriques pourra y opérer.

Les consignes à respecter en cas d'incendie seront affichées sur le chantier. Celui-ci sera dotée du matériel (extincteurs notamment) destiné à pouvoir lutter rapidement et efficacement contre tout début d'incendie.

Aucun produit toxique ne sera utilisé sur le chantier. Les fluides de forage (boues) seront élaborés à partie 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 loi en vigueur :

- Les huiles de vidanges des moteurs seront récupérées et évacuées pour être traitées par des organismes spécialisés,
- Les carburants seront stockés dans un réservoir aérien, soit équipé d'une double paroi, soit doté d'un bac de rétention étanche de capacité au moins équivalente. L'approvisionnement s'effectuera par camion-citerne selon les besoins du chantier, dans le respect des normes de sécurité (sonde de trop-plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, bac de rétention…).

Lors du déroulement des travaux, le personnel du site pourra être exposé à des risques liés principalement à une augmentation du trafic routier de véhicules légers induit par l'arrivée et le départ du personnel intervenant sur site et plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier. Pour limiter au maximum ces risques :

- Des panneaux routiers informeront les usagers de la route de la sortie de camions ou 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.

Lors de la réalisation des tranchées, les accès piétons aux logements et futurs commerces au droit des zones de travaux seront maintenue en permanences (hormis fermeture ponctuelle possible pour les entrées charretières par exemple), dans une optique permanente de sécurité des personnes.

Le barriérage longitudinal du chantier sera interrompu au droit de ces accès. Le balisage de chantier le long du cheminement vers l'accès riverain sera assuré par la pose de barrières métalliques de protection.

Dans le cas où les piétons devraient emprunter des trottoirs en travaux dont le revêtement existant a déjà été démoli, des chanfreins en enrobé à froid seront réalisés autour des émergences de regards, chambres, bouches à clés afin de protéger les usagers de chutes éventuelles. Ces cheminements seront par ailleurs compactés pour demeurer carrossables, et aménagés avec une pente suffisante pour permettre l'écoulement des eaux de pluie en direction des exutoires d'eau pluviales. Toutes les mesures sont donc prises afin que les usagers amenés à évoluer à proximité du chantier le fassent en toute sécurité :

- Des voies de circulation piétonnes protégées de toute projection de chantier et sans dénivellation abrupte (création de rampant si nécessaire), isolées des zones d'activité de nos équipes par des barrières métalliques ;
- Les traversées piétonnes seront organisées à l'aide de passages piétons provisoires signalés par un marquage au sol. Des chanfreins en enrobé pourront être aménagés de part et d'autre pour un meilleur confort de circulation ;
- Des passerelles pour piétons ou cycles seront mises en place pour permettre de traverser les zones décaissées en toute sécurité ;
- Enfin, en cours de travaux, les tranchées seront protégées et signalées par tout dispositif adapté.

Protection contre les émanations de fluides frigorigènes

Les locaux dédiés aux pompes à chaleur (PAC) seront accessibles uniquement au personnel technique habilité. Le cas échéant, toutes les dispositions seront prises pour respecter les contrôles périodiques de fuite de fluide frigorigène fluoré dans ce local, conformément à l'article 4 § 3 de la Réglementation européenne n°517/2014. Les contrôles d'étanchéité périodiques des équipements prévus par la Réglementation européenne seront conduits avec des appareils dont la sensibilité sera inférieure à 5g/an. La quantité de fluide frigorigène installée sera d'environ 1365kg (273 kg par PAC).

Le site comporte actuellement des installations mettant en œuvre des fluides frigorigènes, pour une quantité totale estimée à **1 143 kg**, relevant de la rubrique 1185-2.a) de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Le projet prévoit l'installation de pompes à chaleur et thermofrigopompes, représentant une charge supplémentaire de **1 365 kg** de fluide frigorigène.

La quantité totale cumulée de fluides frigorigènes susceptible d'être présente sur le site après réalisation du projet est ainsi estimée à **2 508 kg**.

Cette quantité est supérieure au seuil de **300 kg**, correspondant au classement sous le régime de la déclaration pour la rubrique 1185-2.a).

Le projet conduit donc à une augmentation de la quantité totale de fluides frigorigènes présente sur le site. Toutefois :

- Les équipements ajoutés sont de même nature que ceux déjà exploités (pompes à chaleur / groupes thermodynamiques) ;
- Les fluides utilisés relèvent des mêmes catégories que ceux déjà présents sur le site ;
- Le projet n'introduit pas de nouveaux types de dangers (toxicité, inflammabilité) ;
- Les conditions d'exploitation restent comparables, avec des équipements hermétiques soumis à des contrôles réglementaires d'étanchéité ;

- Les mesures de prévention des fuites, de maintenance et de suivi seront appliquées conformément à la réglementation en vigueur.

En conséquence, le projet s'inscrit dans la continuité des activités déjà exercées sur le site au titre de la rubrique 1185, sans modification de leur nature.

Le cas échéant, l'exploitant procédera à l'actualisation de sa situation administrative au regard de la nomenclature des ICPE.

Les sous-stations abritant les PAC sont considérées par la norme NF EN 378 comme des salles des machines et donc, à ce titre, doivent être ventilées. Pour les locaux où la quantité totale de fluide frigorigène dans le local sera supérieur à 25 kg, il sera mis en place une extraction d'urgence conforme à la partie 3 de la norme citée précédemment. Le ventilateur servira à la fois à la ventilation d'urgence du local et également à la ventilation du local.

La commande du ventilateur sera gérée de deux manières indépendantes :

- Par un thermostat positionné judicieusement dans le local technique afin d'évacuer les calories du local,
- Par un système de sécurité conforme à la NF EN 378 et décrit dans la marche d'urgence (ci-dessous).

La marche d'urgence sera déclenchée par un détecteur de fluide frigorigène positionné à proximité de la PAC :

- Mise en marche forcée du ventilateur d'urgence,
- Remontée de l'information à la Gestion Technique Centralisée (GTC).

Les installations envisagées seront dotées de moyens de surveillance et d'intervention adaptés aux risques et conformes aux normes en vigueur.

Les principaux moyens qui seront mis en œuvre pour parer à toute éventualité en cas de sinistre (incendie, explosion, pollution accidentelle) sont les suivants :

- Moyens de surveillance
  - Détection de fluide frigorigène dans les locaux,
  - Instruments de contrôle des débits, températures et pressions,
  - Télésurveillance de l'installation par la GTC avec renvoi vers un système de télésurveillance,
  - Maintenance des installations par une entreprise habilitée et spécialisée,
  - Mise à jour régulière du document de sécurité.
- Moyens de prévention et d'intervention
  - Coffrets de coupure « force » et « éclairage » situés aux entrées du local,
  - Plans de secours et consignes de sécurités affichées dans les locaux techniques,
  - Accès au local strictement réservé aux personnes habilitées et formées,
  - Equipements de lutte contre l'incendie avec extincteurs à CO_2 pour feu électrique,

- Equipement limitant la propagation d'incendie avec parois du local coupe-feu 2h,
- Ventilation du local asservie à la détection de fluide frigorigène.

L'ensemble de ces mesures permettent d'assurer une isolation complète des risques liés au fluide frigorigène vis-à-vis des autres installations classées.

Cas de travaux de maintenance de forages

Les interventions que l'exploitant est susceptible de faire réaliser par une entreprise extérieure sur les forages sous la supervision d'un Maître d'Œuvre seront les suivantes :

- Manœuvres de remplacement du groupe de pompage immergé,
- Réalisation périodique de diagraphies de contrôle,
- *Travaux de maintenance ou de réparation des forages.*

A cette occasion, un document de sécurité spécifique sera établi par l'entrepreneur en charge des travaux décrivant le programme technique et l'ensemble des mesures et des moyens mis en œuvre pour assurer la sécurité des biens et des personnes pendant la phase d'intervention (PPSPS).

Protection contre l'hydrogène sulfuré

Lors des opérations de maintenance des forages, toutes les mesures seront prises afin d'assurer la protection des intervenants vis-à-vis des risques liés à l'hydrogène sulfuré (H2S).

Sur la zone de l'opération, la concentration en hydrogène sulfuré de l'air sera mesurée en plusieurs points. En cas de dépassement du seuil limite (réglé à 10 ppm soit une concentration inférieure au seuil minimum d'intoxication humaine sous sa forme chronique), des alarmes sonores et visuelles se déclencheront. Deux appareils portatifs seront également disponibles sur le chantier.

De plus, des masques à gaz individuels munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène ainsi que deux appareils respiratoires autonomes avec bouteilles de rechange seront disponibles en permanence pour les personnes les plus exposées.

Enfin, l'entreprise de maintenance aura l'obligation de prévoir des dispositifs d'extraction d'air pour évacuer toutes fumées ou gaz émanant de l'opération de régénération.

Cas de l'arrêt des travaux d'exploitation de la nappe

Si pour une raison quelconque, Stellantis décide d'abandonner l'exploitation de son installation géothermique, les forages seront comblés selon les règles de l'art.

Si pour une raison quelconque, Stellantis décide d'abandonner l'exploitation d'une ou plusieurs PAC, le fluide frigorigène contenu dans les pompes à chaleur sera collecté dans son intégralité pour être :

- Soit remis aux distributeurs, les fluides frigorigènes récupérés ainsi que les emballages ayant contenu des fluides frigorigènes,

- Soit faire traiter sous leur responsabilité ces fluides et emballages. Articles R 543-88 et R543-92 du Code de l'Environnement.

Les forages seront comblés selon les règles de l'art et la norme NF X10-999 d'août 2014, permettant de garantir l'absence de circulation d'eau et l'absence de transfert de pollution et selon la réglementation en vigueur (arrêté ministériel du 11 septembre 2003).

Avant de les combler, les forages seront déséquipés des installations électriques et hydrauliques (pompes, colonnes verticales, appareils de mesure…).

Lorsque le Maître d'Ouvrage décidera de l'arrêt partiel ou total de l'exploitation géothermique, que ce soit pour des raisons techniques, économiques ou autres, il en informera l'autorité administrative et mettra en place toute mesure destinée à prévenir les désordres pouvant survenir de l'arrêt des exploitations.

Il est à noter que les coûts de rebouchage des ouvrages (environ 6000 € HT par ouvrage et 15 000 € HT par pompe à chaleur) sont compatibles avec les capacités financières du Maitre d'Ouvrage.

IX. Garanties financières

Le présent tableau des garanties financières est établi conformément aux dispositions du Code minier relatives à la prévention et à la gestion des risques liés aux travaux miniers. Il a pour objet de déterminer le montant des garanties nécessaires à la mise en œuvre des mesures de sécurité, de protection de l'environnement et de remise en état du site, en cas d'arrêt ou d'abandon des travaux.

Ces garanties couvrent l'ensemble des opérations susceptibles d'être engagées, incluant notamment le comblement des ouvrages, le démantèlement des installations, la gestion des eaux et des déchets, ainsi que les dispositifs de surveillance, de maintenance et de suivi environnemental.

L'estimation des coûts a été réalisée sur la base de données issues de retours d'expérience et de ratios communément admis pour ce type d'opérations, en tenant compte des caractéristiques propres au projet, notamment la réalisation de cinq forages géothermiques d'une profondeur unitaire de 60 mètres.

Les montants retenus intègrent une approche prudente visant à couvrir les aléas techniques et environnementaux, conformément aux exigences de l'administration en matière de garanties financières.

Opérations	Contenu détaillé de l'opération	Coût de l'opération	Observations
I.- Opérations réalisées dans le cadre des mesures d'arrêt des travaux miniers			
1° Réalisation des documents et plans requis par la procédure d'arrêt ou d'abandon des travaux en application du chapitre III du titre IV du livre 1er du code minier	- Sélection (AO) du bureau d'étude qui va conduire les opérations (maîtrise d'œuvre) pour l'autorité compétente - Montage du dossier de DADT (plans, études) -Diagnostic du puits (inspection vidéo si besoin) -Définition du programme de fermeture -Chiffrage des travaux	4 500€	
2° Prestation de maîtrise d'œuvre des opérations à mener	- Elaboration et suivi consultation des entreprises - Suivi et recollement des travaux	5 500€	
3° Opérations à prévoir pour l'installation/repli du chantier	- Amené et repli des équipements (selon besoins, base vie, utilités, barriérage, matériel de levage, de forage, etc …)	6 000€	La taille du chantier et des ouvrages ne justifie pas le coût de mise en place d'une base vie réduisant significativement les coûts liés à ce poste.
5° Opération de retrait ou de mise en sécurité des tuyauteries et canalisations souterraines **6° Opérations de mise en sécurité durable des ouvrages débouchant au jour – ODJ :**	- Contrôles (cimentation, diagraphies, …) -Fourniture de matériel (machines, gravier, ciment, …) - Travaux depuis la surface : démantèlement dalle de protection ou de la tête de puits + découpe et enlèvement des tubes et béton	49 000€	

études et travaux préparatoires en amont de la mise en sécurité **7° Pour les travaux recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières ou de gîtes géothermiques, ainsi que pour les stockages souterrains, la réalisation du programme de fermeture des puits**	- Extraction des colonnes et des pompes immergées dans les puits - Exécution du programme de fermeture : comblement des ouvrages (graviers) sur toute la hauteur + bouchon d'argile + cimentation -Remblayage de la chambre de pompage, tamponnage des conduites, dépose et comblement des réseaux enterrés -Mise en place terre végétale + plaque d'identification forage		
12° Mise en œuvre de mesures de gestion des eaux, des effluents, des boues et des déchets issus du site	- Gestion des déchets issus de l'arrêté des travaux miniers	7 500€	
II.- Opérations de surveillance du site et maintien en sécurité des installations pendant la période couvrant la phase de mise en œuvre des travaux jusqu'à la fin des travaux miniers, ainsi que le suivi réalisé pendant les dix premières années suivant la mise à l'arrêt ou la fin de l'exploitation :			
1° Surveillance de l'environnement et de l'exposition des populations sur une période couvrant la mise en œuvre des travaux jusqu'à la fin de l'exploitation incluant la mise en place, l'entretien et la mise en sécurité des équipements ainsi que les opérations de prélèvement et d'analyses	- Maintenance entre la défaillance de l'exploitant et la mise en œuvre des travaux de sécurité et de fermeture du puits - Contrôle des caractéristiques hydrauliques du puits de rejet et prélèvements pour analyses en laboratoire - Inspection vidéo du puits de rejet	45 000€	Le coût affiché représente l'ensemble des investissements du poste concerné pendant 10 ans. Le coût annuel lissé serait donc de 4 500€.

4° Maintien en sécurité des installations sur une période couvrant la mise en œuvre des travaux jusqu'à la fin de l'exploitation, incluant la mise en place, la garantie de l'intégrité et l'entretien des équipements et instrumentations nécessaires	- Maintien en sécurité des installations par fermeture des forages en tête de puits - Passages sur site pour contrôler les ouvrages - Conservation de la mise sous tension du local PAC (capteurs de pressions dans les puits et de détection de fuite du fluide frigorigène – électricité)		
2° Clôture du site et limitation de l'accès **3° Surveillance du site (gardiennage, surveillance à distance)**	- Mise en place ou réfection clôture - Surveillance (gardiennage et vidéosurveillance) - Vérification hebdomadaire du bon verrouillage du local - Mise en place et fermeture des capots par cadenas - Vérification mensuelle bonne fermeture du puits Ou encore : - Une fois rebouchés, les ouvrages ne seront plus visibles. La clôture du site n'est donc pas nécessaire. - Les ouvrages étant implantés dans le sous-sol du bâtiment, la clôture du site n'est pas nécessaire.	15 000€	Les forages sont situés dans le périmètre d'une installation qui reste en activité, elle-même clôturée. La pose de clôture n'est donc pas nécessaire et permet de diminuer le prix associé à ce poste.

	- Les forages sont situés dans le périmètre d'une installation qui reste en activité, elle-même clôturée.		
III. - Interventions éventuelles, en cas d'accident, survenant avant ou après la fermeture, susceptible d'entraîner, pour les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1 du code de minier, des conséquences graves, qu'elles soient immédiates ou différées.			
2° Mesures de surveillance de l'environnement en application de l'article L. 163-4 du code minier, incluant la mise en place, l'entretien et la mise en sécurité des équipements et de l'instrumentation nécessaires, les opérations de prélèvement et d'analyses requises, dans les milieux concernés.	En fonction du scénario d'accident retenu : - Inspection caméra - Prélèvement et analyse des eaux souterraines dans les forages - Déterminer l'emplacement de piézomètres et composés à analyser, dossier de déclaration si nécessaire, réalisation piézomètres, prélèvements et analyse	35 000€	Scénario choisi : Pollution avéré sur un des 5 forages →Pompages ponctuels pour éliminer la pollution →Evacuation des terres polluées en filière adapté avec certificat d'évacuation → Analyse d'eau régulières sur l'ensemble des puits jusqu'à ce que tout rentre dans l'ordre

Figure 48: Tableau de garanties financières

Au regard des éléments présentés, le montant des garanties financières a été déterminé de manière à couvrir l'ensemble des opérations nécessaires à la mise en sécurité du site, à la protection des milieux et à la remise en état des terrains en cas d'arrêt ou d'abandon des travaux.

L'estimation retenue repose sur une approche prudente, intégrant des hypothèses majorantes et des retours d'expérience issus d'opérations similaires, afin de garantir la robustesse du chiffrage.

Le pétitionnaire prévoit d'assurer la constitution de ces garanties financières sur ses fonds propres, en cohérence avec sa capacité financière et son engagement à assurer la bonne exécution des obligations réglementaires associées au projet.

Ainsi, le montant global des garanties financières apparaît adapté aux enjeux du projet et proportionné aux risques identifiés, en cohérence avec les exigences réglementaires applicables. Il est de nature à assurer la bonne exécution des mesures prévues, y compris en cas de défaillance de l'exploitant.

Annexe 1 : Examen cas par cas

Voir dossier annexes.

Annexe 2 : Avis de l'autorité environnementale

Voir dossier annexes

Annexe 3 : Bilans financiers et comptes de l'entreprise

Voir dossier annexes

Annexe 4 : KBIS et capacités techniques

Voir dossier annexes

Annexe 5 : Mémoire précisant les mesures mises en œuvre et envisages concernant l'impact des travaux sur les phénomènes naturels et sismiques

Voir dossier annexes.

Annexe 6 : Plan des réseaux

Voir dossier annexes.

Annexe 7 : Rapport d'étude initial (GMI)

Voir dossier annexes.

Annexe 8 : Rapports de mission – Réhabilitation de F1 et tests de pompages avec réinjection

Voir dossier annexes.

Annexe 9 : Rapports liés au forage de F3 et à l'équipement des forages F1/F3

Voir dossier annexes.

Annexe 10 : Eléments cartographiques

Voir dossier annexes.

Annexe 11 : PID

Voir dossier annexes.