



**GEOTHER**  
GROUPE GENGIS



# Rapport d'étude

GEA220176  
07/12/2022  
V1

Agence Publique pour l'Immobilier de la  
Justice (APIJ)  
67, Avenue de Fontainebleau  
94270 Le Kremlin-Bicêtre

## Etude de pré faisabilité géothermique

Etablissement pénitentiaire  
VANNES (56)

### VOTRE INTERLOCUTEUR

Loïc MAINGOT  
07 86 59 34 95  
l.maingot@geother-gengis.fr



**Agence Nouvelle-  
Aquitaine**  
Bât. G – 4 Voie Romaine  
33610 CANEJAN  
05 40 25 49 22  
bordeaux@geother-  
gengis.fr  
**geother-gengis.fr**

**Synergie d'expertises**



## RÉFÉRENCES

Réf. devis :	GED220319
Réf. du rapport :	GEA220176
Réf. du client :	N° EJ/OPE/2022-000532

## CLIENT

Nom et adresse  
Association Publique pour  
l'Immobilier de la Justice (APIJ)  
67 Avenue de Fontainebleau  
94270 Le Kremlin-Bicêtre

Nom du contact et coordonnées  
Sophie MARTEL  
[Sophie.MARTEL@apij-justice.fr](mailto:Sophie.MARTEL@apij-justice.fr)

## INTERVENANTS GEOTHER

Rédacteur  
Yoann COLLIN

Vérificateur  
Loïc MAINGOT

## STATUT DU RAPPORT

Version	Date	Détails
Version provisoire	07/12/2022	Tranche conditionnelle 1





# SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIF .....	5
2. BESOINS ENERGETIQUES .....	5
3. CONTEXTE NATUREL .....	7
3.1. Contexte géographique .....	7
3.2. Contexte géologique .....	9
3.3. Contexte hydrogéologique .....	10
3.4. Contexte thermique du sous-sol .....	11
4. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL .....	12
4.1. Compatibilité avec le SDAGE .....	12
4.2. Compatibilité avec le SAGE04053 .....	13
4.3. Basias / Basol .....	13
4.4. Zones inondables / Mouvements de terrain .....	14
4.5. Zones environnementales .....	14
4.5.1. Natura 2000 .....	14
4.5.2. ZNIEFF .....	14
4.5.3. Zone humide .....	15
4.5.4. Diagnostic écologique .....	15
4.6. Zone de répartition des eaux .....	16
4.7. Périmètres de protection de captage .....	16
5. CONTEXTE REGLEMENTAIRE .....	19
5.1. Textes de référence .....	19
5.2. Installations de géothermie d'une profondeur comprise entre 10 et 200 m relevant du régime de la « Géothermie de Minime Importance » .....	20
5.2.1. Les critères .....	20
5.2.2. La télédéclaration .....	20
5.3. Installations de géothermie d'une profondeur comprise entre 10 et 200 m ne relevant pas du régime de la « Géothermie de Minime Importance » .....	22
6. GEOTHERMIE SUR NAPPE .....	23
6.1. Principes de la géothermie sur nappe .....	23
6.2. Productivité estimée d'une exploitation géothermique sur nappe .....	24
7. GEOTHERMIE SUR SONDES .....	25
7.1. Principes de la géothermie sur sondes .....	25
7.2. Pré-dimensionnement du champ de sondes .....	26



7.2.1.	Hypothèses de pré-dimensionnement .....	27
7.2.2.	Résultats du pré-dimensionnement .....	29
7.3.	Implantation des sondes .....	31
8.	POSSIBILITES DE SUBVENTION .....	33
9.	DESCRIPTIF ET ESTIMATION FINANCIERE .....	35
9.1.	Descriptif des sondes à réaliser .....	35
9.2.	Estimation financière.....	36
10.	CONCLUSION.....	37

## FIGURES

Figure 1 :	Bilan des besoins énergétiques (Rapport préfaisabilité ENR - VIZEA).....	5
Figure 2 :	Localisation du projet sur plan topographique.....	7
Figure 3 :	Localisation du projet sur photo aérienne .....	8
Figure 4 :	Extrait de la carte géologique de VANNES n°417 (BRGM).....	9
Figure 5:	Extrait de la légende de la carte géologique de Vannes (BRGM) .....	10
Figure 6:	Espaces naturels à proximité du site d'étude (EGIS) .....	15
Figure 7:	Périmètres de protection des captages AEP de l'ouvrage de le Liziec (Direction Départementale 56).....	17
Figure 8:	Périmètre de vigilance du captage de le Liziec (Direction Départementale).....	17
Figure 9 :	Zonage de la Géothermie de Minime Importance - Echangeurs fermés .....	21
Figure 10 :	Zonage de la Géothermie de Minime Importance - Echangeurs ouverts.....	22
Figure 11 :	Schéma d'une installation de géothermie sur nappe (source : Ademe).....	23
Figure 12 :	Schéma d'une sonde géothermique verticale (source : Ademe) .....	25
Figure 13 :	Schéma d'un champ de sondes.....	26
Figure 14:	Bilans des besoins énergétiques (VIZEA).....	27
Figure 15 :	Coupe schématique d'une sonde géothermique verticale .....	35



## 1. Contexte et objectif

Le ministère de la Justice a lancé en octobre 2018 un programme immobilier pénitentiaire visant à la réalisation de 15 000 nouvelles places de prisons.

Dans le cadre de ce plan, un nouvel établissement pénitentiaire sera réalisé à Vannes (56) sur la zone du Chapeau Rouge. Il s'agit d'un établissement pénitentiaire de 550 places. L'Agence Publique pour l'Immobilier de la Justice (APIJ) a mandaté un bureau d'étude afin de réaliser une étude sur le potentiel bioclimatique du site.

Ce présent rapport de préfaisabilité a pour objectif de dresser l'ensemble du contexte géologique, hydrogéologique et de confirmer l'intérêt et la faisabilité au regards des règlements en vigueur.

## 2. Besoins énergétiques

Les principales données thermiques du projet ont été fournies au stade de l'étude de préfaisabilité énergies renouvelables par VIZEA. Les hypothèses relatives aux besoins en énergie et aux puissances nécessaires proviennent des retours d'expérience RT2012 VIZEA et de l'APIJ.

Bâtiment	Performance	Surface (m <sup>2</sup> )	Besoins de chauffage en kWh/an.m <sup>2</sup>	Besoins d'ECS en kWh/m <sup>2</sup> .an	Besoins de froid en kWh/m <sup>2</sup> .an	Besoins d'électricité en kWh/m <sup>2</sup> .an
Hébergement pénitentiaire	RT2012-30%	17079	30,34	39,33	0,00	81,40
Restauration		1889	19,10	108,52	40,93	85,56
Tertiaire		14586	19,20	1,12	0,00	33,58
Enseignement		3826	22,58	5,57	0,00	17,35

Ratios des besoins nécessaires par typologie de bâtiment et usage

Bâtiment	Performance	Surface (m <sup>2</sup> )	Besoins de chauffage en kWh/an	Besoins d'ECS en kWh/an	Besoins de froid en kWh/an	Besoins d'électricité en kWh/an	Puissance chaude (kW)	Puissance froide (kW)
Hébergement pénitentiaire	RT2012-30%	17079	518120	671684	0	1390261	512	0
Restauration		1889	36070	204947	77293	161594	57	57
Tertiaire		14586	280043	16336	0	489783	438	0
Enseignement		3826	86395	21300	0	66365	115	0
<b>Total</b>		<b>37378</b>	<b>920628</b>	<b>914267</b>	<b>77293</b>	<b>2108002</b>	<b>1121</b>	<b>57</b>
<b>Part</b>		-	<b>22,90%</b>	<b>22,74%</b>	<b>1,92%</b>	<b>52,44%</b>		

Bilan des besoins énergétiques

Figure 1 : Bilan des besoins énergétiques (Rapport préfaisabilité ENR - VIZEA)



La volonté du maître d'ouvrage est de couvrir à minima 10% des besoins en énergies renouvelables.

La totalité des besoins en chaud, froid et ECS est de 1912,4 MWh/an (920,7 MWh/an de chauffage, 914,4 MWh/an d'ECS et 77,3 MWh/an de rafraîchissement).

Ainsi 10% des besoins représentent 191,2 MWh/an.



### 3. Contexte naturel

#### 3.1. Contexte géographique

Le projet se situe au Nord-Est de la commune de Vannes. Le site d'étude est localisé à proximité de la route nationale 166, au Sud-Est de la commune de Tréalvé et au Nord-Est du quartier Chapeau-Rouge. Le site présente une altimétrie comprise entre + 19 et + 30 m NGF, marqué par une pente Est-Ouest. Les figures suivantes localisent le projet.

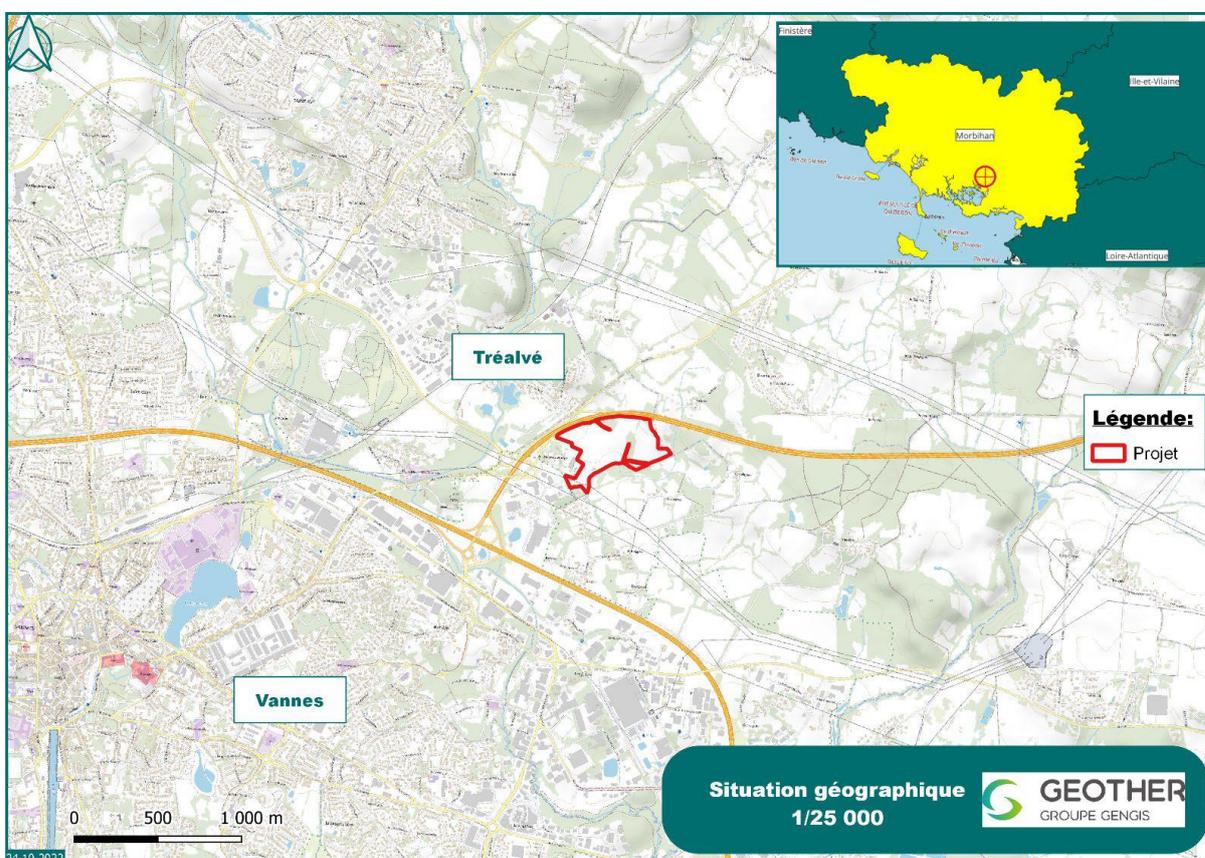
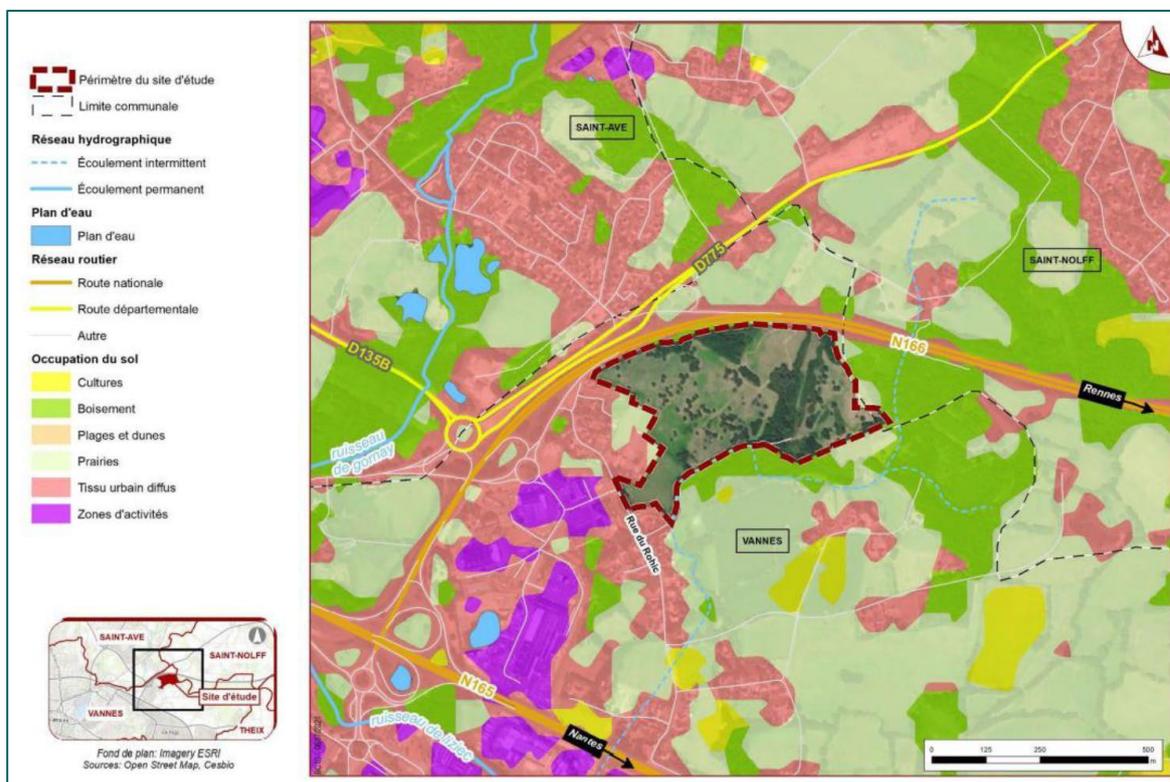


Figure 2 : Localisation du projet sur plan topographique



Figure 3 : Localisation du projet sur photo aérienne





### 3.2. Contexte géologique

D'après les cartes géologiques de Vannes au 1/50 000 le projet se situe sur les formations de socle – terrains situés au mur de la Zone de Cisaillement Extensive de Sarzeau :

- Granite d'anatexie faciès hétérogène à grains pluri millimétriques et biotite seule
- (2γ2b) ;
- Granite d'anatexie – faciès à grains fin (millimétrique) à biotite et muscovite (f2γ2bm).

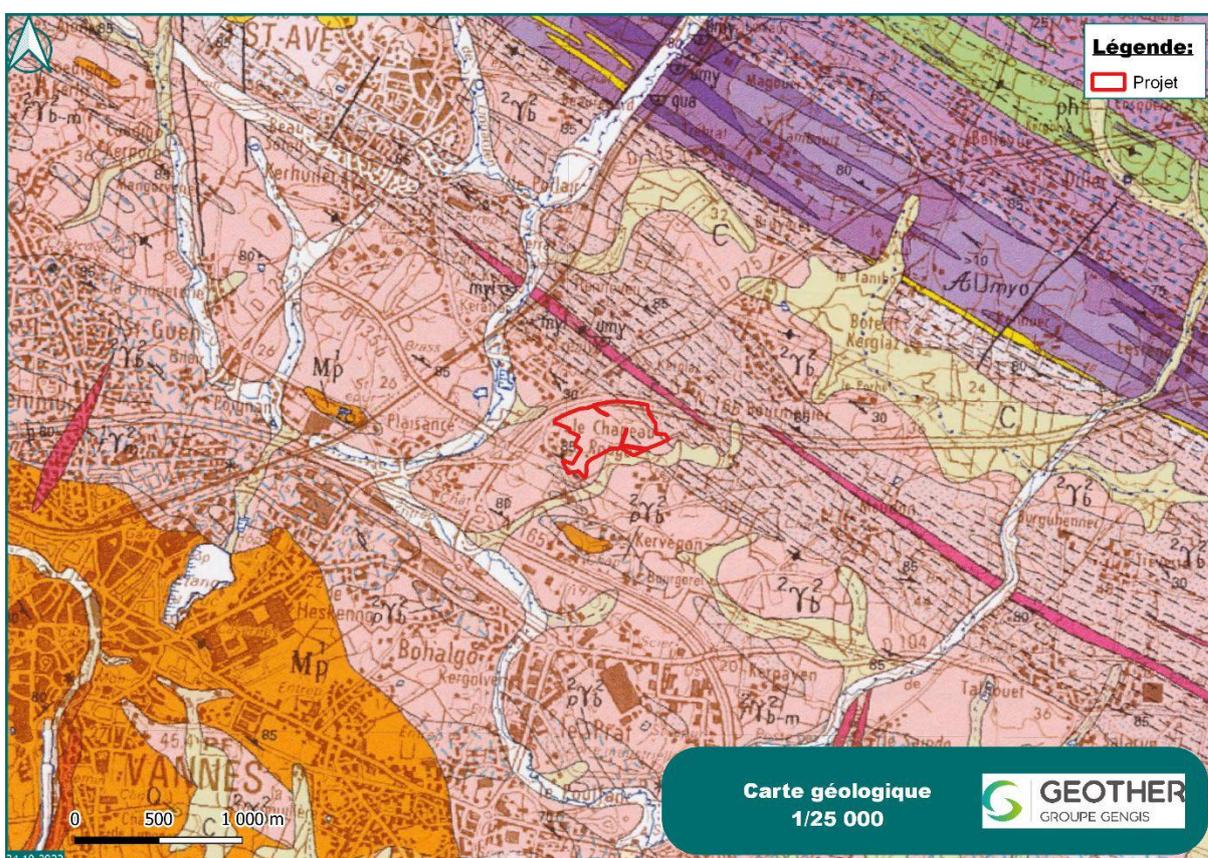


Figure 4 : Extrait de la carte géologique de VANNES n°417 (BRGM)



Figure 5: Extrait de la légende de la carte géologique de Vannes (BRGM)

Il existe plusieurs forages autour du site d'étude, offrant des renseignements sur la lithologie sur des profondeurs comprises entre 50 et 100 m. La lithologie attendue au droit du site, qui devra être confirmée ou modifiée lors des investigations de terrains est la suivante :

Profondeur (m/TN)	Lithologie
0-3 m	Sables et/ou limons
3-15 m	Granité altéré
15-100 m	Granité tendre

Tableau 1 : Géologie prévisionnelle du secteur à partir des données BSS

### 3.3. Contexte hydrogéologique

#### Les nappes en présence

Selon la BD Lisa, un aquifère est recensé au droit du site, il s'agit du « Massif plutonique semi-perméable des bassins versants du Vincin, de la Marle et du Liziec de leurs sources à la mer, côtiers et îles du Golfe du Morbihan (entité 197AG02, fiche BDLISA en annexe 1).

Les logs géologiques et les ouvrages en général attestent d'un socle granitique présentant des fractures qui peuvent contenir des volumes plus ou moins importants d'eau. Le granite,



en l'absence de fracture, est un matériau très peu perméable ce qui rendrait toute réinjection impossible le cas échéant. Compte tenu des incertitudes quant à la présence de fractures suffisamment importantes, la géothermie sur nappe semble compromise. La géothermie sur nappe n'est pas envisagée dans le cadre de ce projet.

### 3.4. Contexte thermique du sous-sol

Le potentiel géothermique d'un sol est lié à sa conductivité thermique qui se caractérise par la capacité d'échange thermique du sous-sol. Elle conditionne donc la longueur totale de forage à réaliser pour obtenir une puissance d'échange donnée : plus la conductivité thermique est élevée, plus la puissance d'échange par mètre linéaire de sonde sera élevée. On considère que l'emploi de la géothermie sur sondes est possible pour des valeurs de conductivité thermique au moins égale à 1,5 W/m.K, favorable à partir de 2 W/m.K et excellente au-dessus de 3 W/m.K.

Le contexte géologique local, constitué de granite, permet d'évaluer sur des bases bibliographiques, la conductivité thermique moyenne au droit du projet entre 2,0 et 4,1W/m.K (valeur conservatrice retenue de 2,0 W/m.K).

Cette conductivité thermique, permet d'envisager favorablement l'exploitation d'un champ de sondes géothermiques verticales au droit du site.

**La réalisation d'un test de réponse thermique sur une sonde pilote permettra de préciser le contexte thermique au droit du projet.**

**Cette sonde devra être réalisée afin de préserver l'indépendance des aquifères et en particulier pour préserver la ressource captée pour l'alimentation en eau potable.**



## 4. Contexte environnemental

### 4.1. Compatibilité avec le SDAGE

Institué par la loi sur l'eau de 1992, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un instrument de planification qui fixe pour chaque bassin hydrographique, les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau entre tous les usagers (citoyens, agriculteurs, industriels). Renforcé par la Directive Cadre sur l'eau de 2000 et la loi sur l'eau de décembre 2006 (loi LEMA), le SDAGE fixe pour six ans les orientations qui permettent d'atteindre les objectifs attendus pour 2027 en matière de « bon état » des eaux.

VANNES est située sur le territoire du SDAGE Loire-Bretagne, dont la version en vigueur est 2022 – 2027.

#### Les 14 objectifs de ce SDAGE sont :

- Repenser les aménagements des cours d'eau dans leur bassin versant ;
- Réduire la pollution par les nitrates ;
- Réduire la pollution organique, phosphorée et microbiologique ;
- Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides ;
- Maîtriser et réduire les pollutions dues aux micropolluants ;
- Protéger la santé en protégeant la ressource en eau ;
- Gérer les prélèvements d'eau de manière équilibrée et durable ;
- Préserver et restaurer les zones humides ;
- Préserver la biodiversité aquatique ;
- Préserver le littoral ;
- Préserver les têtes de bassin versant ;
- Faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques ;
- Mettre en place des outils réglementaires et financiers ;
- Informer, sensibiliser, favoriser les échanges.



## 4.2. Compatibilité avec le SAGE04053

La commune de Vannes et le site d'étude sont concernés par le SAGE « Golfe du Morbihan et ria d'Étel ». Il est en vigueur depuis le 24 Avril 2020.

Le SAGE est décomposé en 4 orientations stratégiques pour protéger les nappes souterraines et satisfaire les usages.

Le SAGE est caractérisé par 4 enjeux qui sont les suivants :

- Assurer la gouvernance de l'eau ;
- Améliorer la qualité des eaux douces et littorales ;
- Améliorer la qualité des milieux aquatiques ;
- Augmenter la quantité.

Dans ces conditions, le projet n'engendrant aucun impact quantitatif/qualitatif, il n'est pas incompatible avec le SAGE04053.

## 4.3. Basias / Basol

La base de données BASIAS recense les sites industriels abandonnés ou non et susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

Le recensement indique la présence de deux sites BASIAS dans un rayon d'un kilomètre autour du projet.

Il s'agit des sites BRE5602888 et BRE5608022 à 800 mètres à l'Ouest, correspondant respectivement à une station-service et à un dépôt de liquide inflammable dont les activités sont aujourd'hui arrêtées.

D'après la base de données BASOL (sites et sols pollués appelant une action des pouvoirs publics), trois sites sont recensés dans un rayon de 2 km autour du projet :

- Le SSP000835 « manufacture des pneumatiques Michelin » ;
- Le SSP000214001 et SSP00214201 dont les activités ne sont pas renseignées mais qui sont à proximité de la manufacture Michelin ;

Ces trois sites sont situés au Sud du projet à une distance d'environ 1 500 mètres, au moins.



## 4.4. Zones inondables / Mouvements de terrain

Le projet n'est pas situé en zone inondable selon le PPRi des bassins versants vannetais. Par ailleurs, d'après le site GEORISQUES, aucun indice de mouvement de terrain n'est répertorié à proximité du projet.

## 4.5. Zones environnementales

### 4.5.1. Natura 2000

Le réseau Natura 2000 rassemble des sites naturels ou semi-naturels de l'Union européenne ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelles qu'ils contiennent.

Les sites Natura 2000 visent une meilleure prise en compte des enjeux de biodiversité dans les activités humaines. Ces sites sont désignés pour protéger un certain nombre d'habitats et d'espèces représentatifs de la biodiversité européenne.

Un site Natura 2000 est recensé à moins de 3 km au Sud, soit le site FR5300029 « Golfe du Morbihan, côte Ouest de Rhuys ».

### 4.5.2. ZNIEFF

**Les ZNIEFF de type I** correspondent à des espaces homogènes écologiquement, définis par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou d'habitats rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel régional. Ce sont les zones les plus remarquables du territoire.

**Les ZNIEFF de type II** représentent quant à elles, des espaces qui intègrent des ensembles naturels fonctionnels et paysagers, possédant une cohésion élevée et plus riches que les milieux alentours.

La présence de ZNIEFF **n'a pas de portée réglementaire directe**, mais indique la richesse et la qualité des milieux naturels. Il convient de veiller à la présence hautement probable d'espèces protégées pour lesquelles existe une réglementation stricte.

Dans un rayon de 1 km autour du projet, aucune ZNIEFF n'est présente.

### 4.5.3. Zone humide

L'étude de faisabilité réalisée par EGIS en septembre 2021 démontre l'absence de zones humides sur le site. En revanche, ce type de milieu est recensé tout le long des parcelles Sud, comme en atteste la cartographie suivante :

#### Milieu naturel

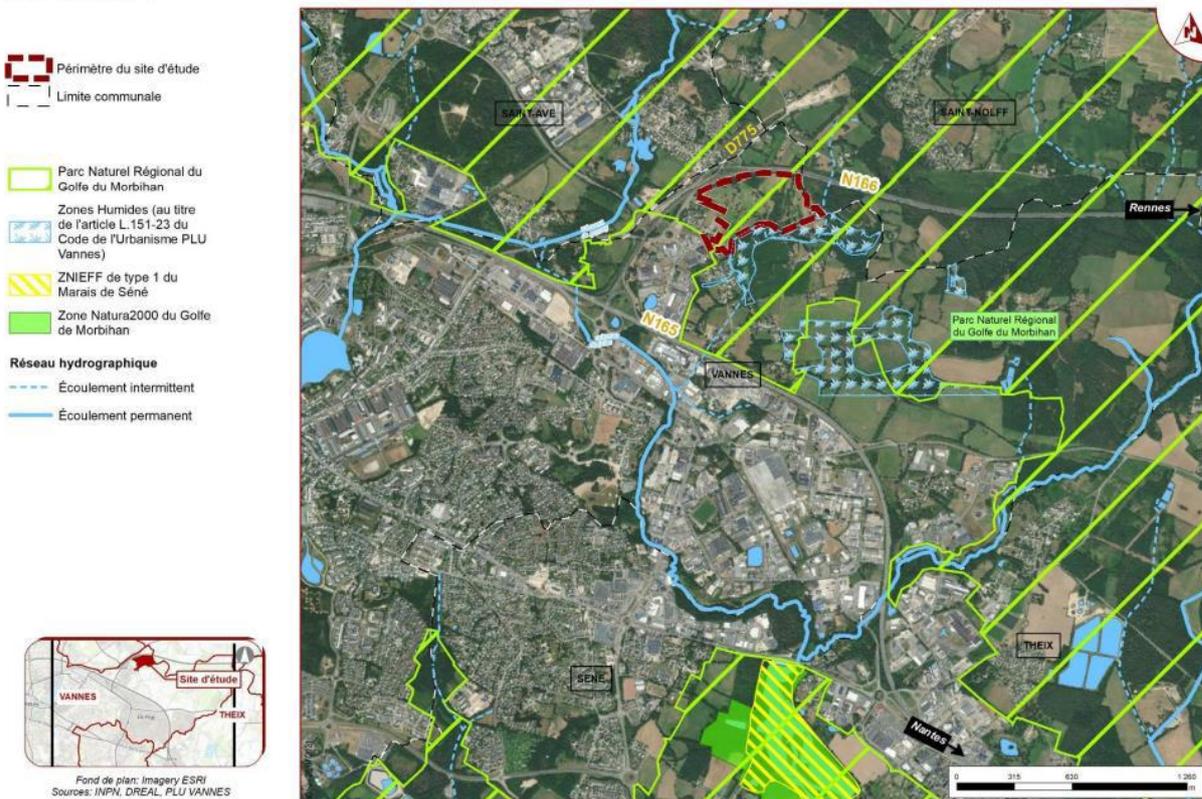


Figure 6: Espaces naturels à proximité du site d'étude (EGIS)

### 4.5.4. Diagnostic écologique

Une étude faune/flore a été réalisée par OUEST AM en juillet 2022 ; les points suivants en sont extraits :

#### **Faune :**

L'étude révèle la présence d'espèces à enjeux sur le site synthétisée sur le schéma ci-dessous. De forts enjeux sont identifiés pour les oiseaux, invertébrés (grand capricorne), reptiles et amphibiens. L'enjeu est modéré pour les chiroptères (chauves-souris). L'enjeu est faible pour les mammifères terrestres.

**Flore :** Des habitats Natura 2000 sont identifiés ainsi que des zones humides et sont à forts enjeux.



Pas de plante patrimoniale ou protégée sur site. Pas de corridor identifié dans le périmètre d'étude.

#### **Nombres d'habitats :**

L'étude faune/flore a révélé la présence de 25 types d'habitats (humides et non humides). Au total, 14 ha d'habitats sont impactés, ce qui représente 88% des habitats recensés sur l'aire d'étude. Cependant, il est précisé que ces habitats ne représentent que peu d'intérêt sur le plan botanique (faible diversité d'espèces végétales et aucune espèce de flore patrimoniale identifiée).

Cependant, l'étude révèle la présence de **2 habitats d'intérêt communautaire** qui seront impactés respectivement à 39% et 100% de leur surface recensée dans le périmètre du site. L'impact du projet sur ces derniers est assez fort.

## **4.6. Zone de répartition des eaux**

Le projet n'est pas situé en ZRE.

## **4.7. Périmètres de protection de captage**

Le projet est situé en zone de vigilance en ce qui concerne le captage AEP de le Liziec, situé sur la commune de Vannes. Le projet n'est toutefois pas situé dans le périmètre de protection immédiate ou rapprochée. L'arrêté préfectoral est joint en annexe 2.

**A l'intérieur de la zone de vigilance « sont soumis à l'autorisation préfectorale toute activité industrielle, commerciale (entrepôts), agricole, minière ou autres, susceptibles de modifier le régime ou la qualité des eaux souterraines ou superficielles. Sont interdits l'abandon de cadavres, de déchets organiques ou chimiques. ».**

La carte de localisation des périmètres de protection est présentée en suivante (le site se situe hors de l'emprise).

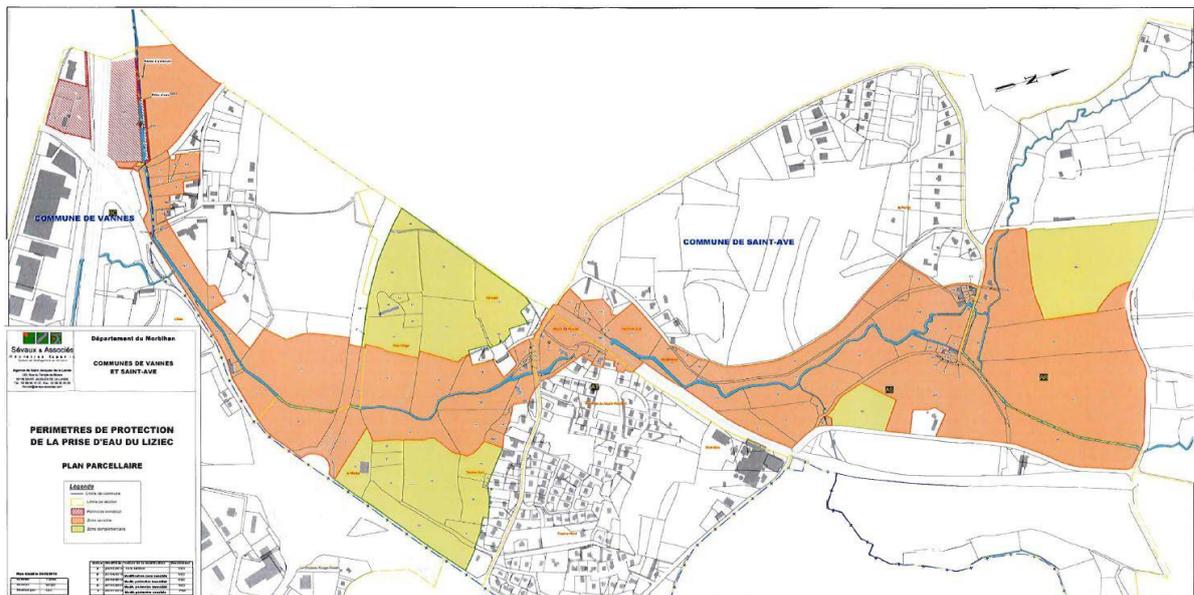


Figure 7: Périmètres de protection des captages AEP de l'ouvrage de le Liziec (Direction Départementale 56)

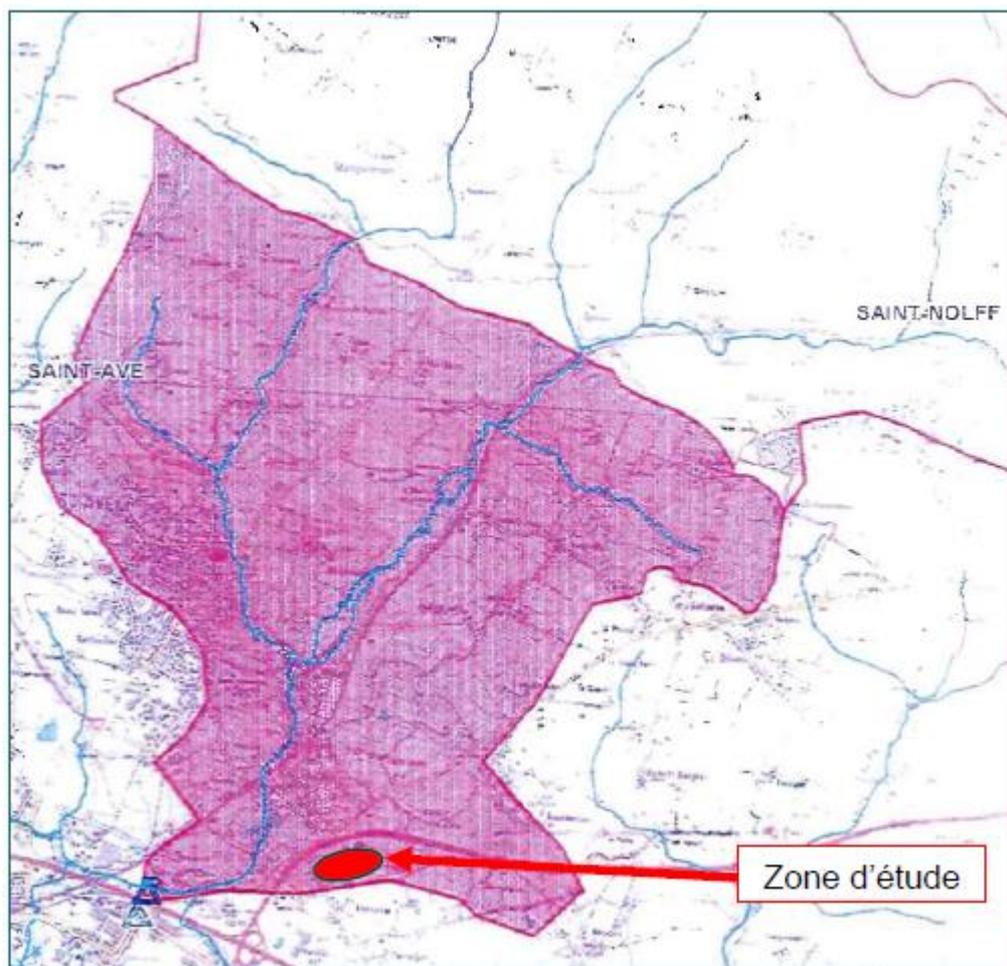


Figure 8: Périmètre de vigilance du captage de le Liziec (Direction Départementale)



La géothermie sur sonde n'a pas d'impact sur les eaux souterraines dans la mesure où les sondes sont entièrement cimentées et ne mettent pas en contact les éventuels aquifères.

La géothermie sur nappe vise quant à elle à pomper puis à réinjecter les eaux directement dans l'aquifère ; le volume prélevé est donc nul. En conséquent les impacts quantitatif et qualitatif sont nuls.

L'Agence Régionale de Santé (ARS) a été contactée au sujet de la GMI en zone de vigilance, sa réponse est la suivante :

**« En réponse à votre demande, votre projet est situé dans la zone de vigilance telle que déclarée d'utilité publique par arrêté préfectoral du 23 juillet 2013. Votre projet, sauf s'il s'agit d'une activité industrielle, n'est pas directement concerné par les dispositions de l'article 4.4. Cependant, votre projet de la phase chantier à la phase exploitation, puis arrêt d'exploitation, doit apporter toutes les garanties quant à la préservation qualitative et quantitative de la ressource exploitée par le captage « prise d'eau du Liziec ». Je vous invite à travailler avec Golfe du Morbihan Vannes Agglomération (GMVA) pour établir les éléments de garanties de votre projet.**

Si votre projet est soumis à une autorisation administrative, l'ARS sera consultée et je vous invite donc à indiquer clairement tous les éléments d'évaluation de l'impact de votre projet sur la préservation qualitative et quantitative de la ressource exploitée par le captage « prise d'eau du Liziec », ainsi que les actions mises en œuvre pour informer GMVA de tout incident.

En dehors de ce dispositif de consultation lié à une autre réglementation (IOTA, ICPE, code minier...), l'arrêté préfectoral ne prévoit pas que votre projet soit soumis à l'autorisation de l'ARS.



## 5. Contexte réglementaire

La mise en œuvre d'une installation de géothermie implique la connaissance et l'application des différentes réglementations. L'exploitation d'un aquifère ou du sous-sol pour de la géothermie (chaleur ou refroidissement) dépend exclusivement du Code Minier, cependant certaines références au Code de l'Environnement doivent être vérifiées.

### 5.1. Textes de référence

Les textes de référence sont les suivants :

- décret 78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie (version du 5 juillet 2016) ;
- décret 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, version consolidée au 29 juillet 2015 ;
- Loi n°2012-387 du 22 mars 2012 relative à la simplification du droit et à l'allégement des démarches administratives ;
- décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le décret 78-498 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie ;
- arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques de minime importance ;
- arrêté du 25 juin 2015 relatif à la qualification des entreprises de forages intervenant en matière de géothermie de minime importance ;
- arrêté du 25 juin 2015 relatif à l'agrément d'expert en matière de géothermie de minime importance ;
- arrêté du 25 juin 2015 relatif à la carte des zones en matière de géothermie de minime importance ;
- décret 2016-835 du 24 juin 2016 relatif à l'obligation d'assurance.



## 5.2. Installations de géothermie d'une profondeur comprise entre 10 et 200 m relevant du régime de la « Géothermie de Minime Importance »

Le régime de la « Géothermie de Minime importantes » (GMI) permet sous certaines conditions aux installations géothermiques de taille modeste d'éviter la procédure lourde de l'autorisation au titre du Code Minier.

### 5.2.1. Les critères

Sont considérées comme relevant de la "Géothermie de Minime Importance" (GMI), définie dans l'article L. 112-2 du code minier et l'article 3 du décret n° 78-498 du 28 mars 1978, et soumises à télédéclaration, les installations en boucle fermée (sondes géothermiques verticales) dont la profondeur se situe entre 10 et 200 mètres et dont **la puissance thermique échangée avec le sous-sol ne dépasse pas 500 kW.**

Pour les systèmes sur nappe (en boucle ouverte), l'installation doit répondre de plus aux critères suivants :

- La température de l'eau prélevée est inférieure à 25 °C ;
- Les eaux prélevées sont réinjectées dans le même aquifère et la différence entre les volumes prélevés et réinjectés est nulle ;
- Les débits pompés prélevés doivent être inférieurs à 80 m<sup>3</sup>/h et 200 000 m<sup>3</sup>/an ;
- La variation de la température de la nappe dans un rayon de 200 mètres doit être inférieure à 4 °C.

Toute installation réalisée au titre de la Géothermie de Minime Importance (GMI) doit faire appel à un foreur qualifié, certifié RGE.

### 5.2.2. La télédéclaration

La GMI doit être télédéclarée par le propriétaire de l'installation ou par le foreur qualifié (avec mandat du propriétaire de l'installation). Pour prévenir les déformations du sous-sol et préserver la ressource en eau, il est nécessaire de consulter les cartes des zones réglementaires de la Géothermie de Minime Importance (GMI).

Ces cartes définissent des zones vertes, oranges et rouges relatives aux aléas du sous-sol. La zone verte correspond à l'absence de risques identifiés mais demande de recourir à un foreur qualifié. En zone orange, la réalisation de l'ouvrage requiert une attestation



établie par un expert agréé (expert ayant des compétences en géologie, hydrogéologie, ...) et le recours à un foreur qualifié. En zone rouge, les installations ne sont pas considérées comme relevant de la GMI : elles exigent une procédure d'autorisation en géothermie basse température auprès des directions régionales en charge de l'environnement.

**Le projet est localisé en zone verte, pour les échangeurs fermés comme pour les échangeurs ouverts.**

**Le projet relève donc de la géothermie de minime importance s'il respecte les critères pré-cités.**

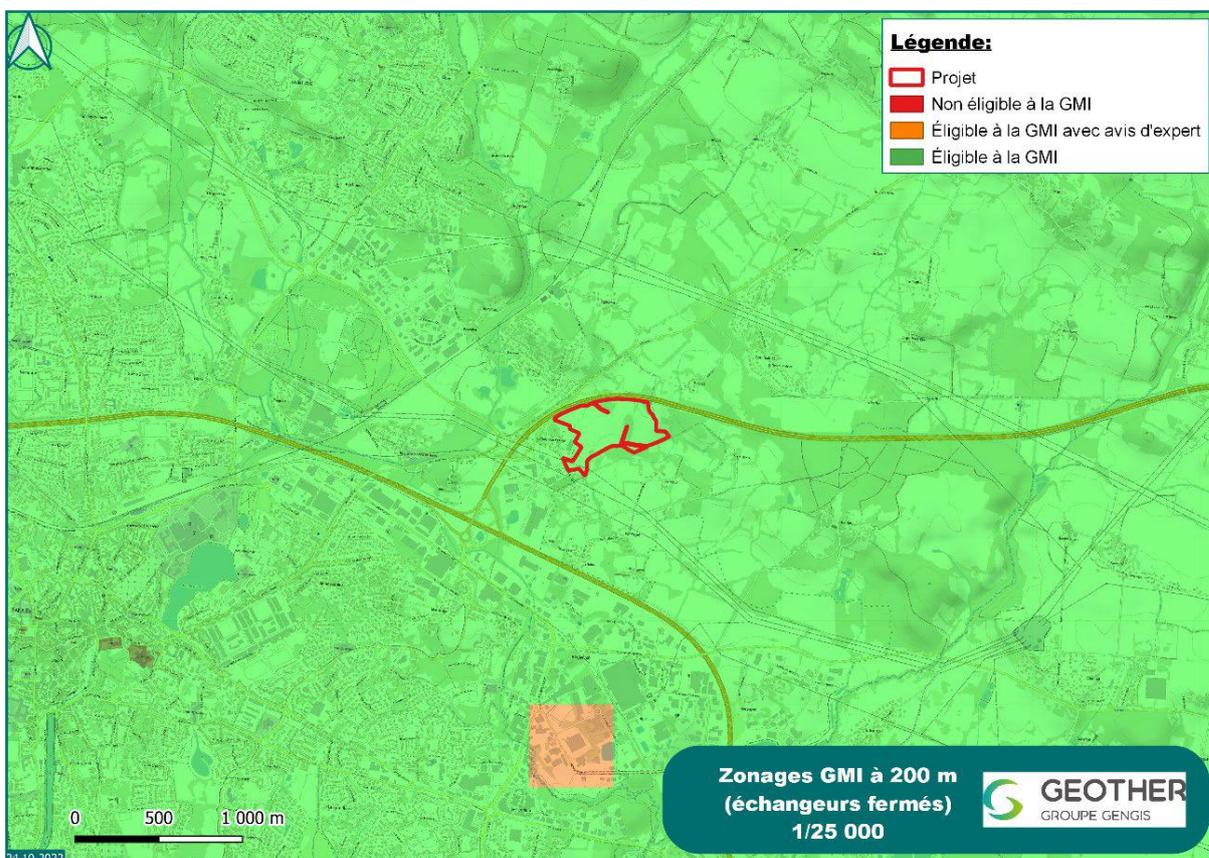


Figure 9 : Zonage de la Géothermie de Minime Importance - Echangeurs fermés

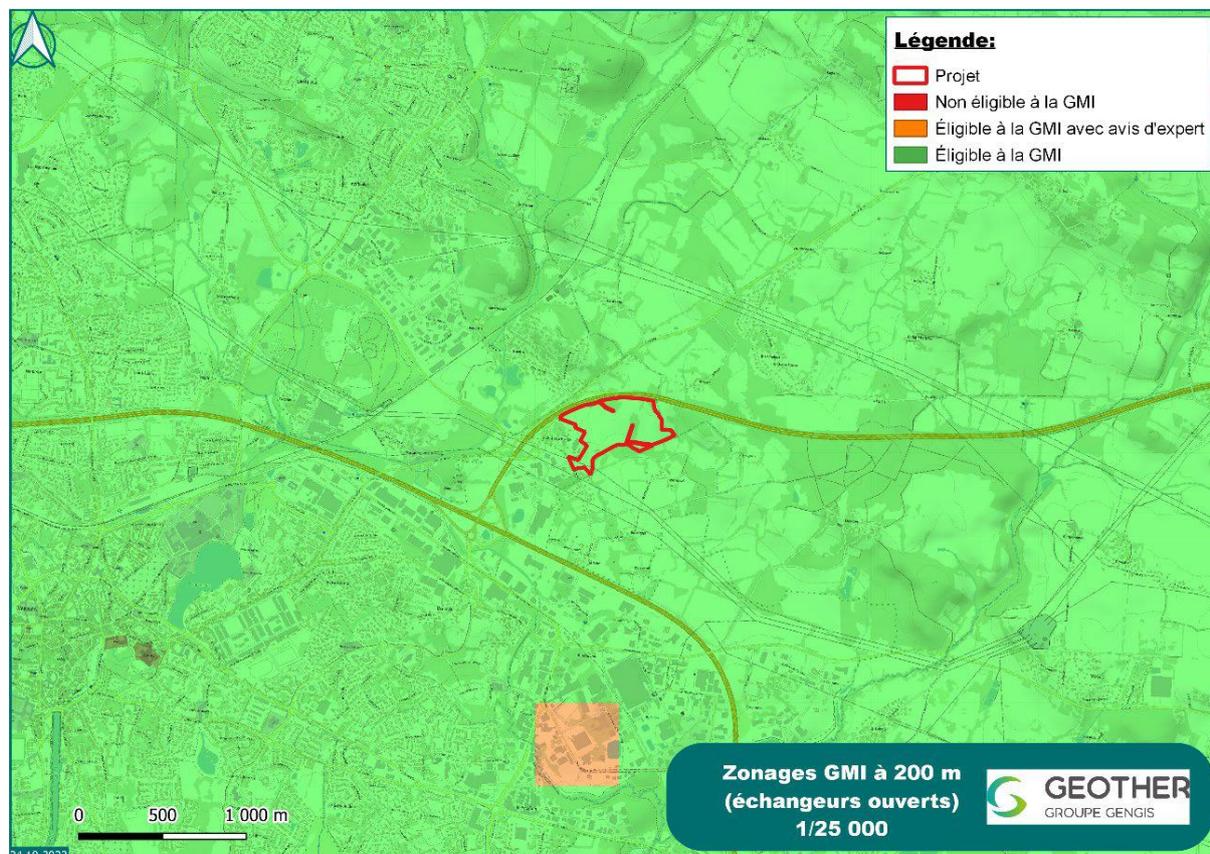


Figure 10 : Zonage de la Géothermie de Minime Importance - Echangeurs ouverts

### 5.3. Installations de géothermie d'une profondeur comprise entre 10 et 200 m ne relevant pas du régime de la « Géothermie de Minime Importance »

Si le système géothermique se situe à une profondeur de 10 à 200 mètres mais ne répond pas à toutes les conditions citées au paragraphe précédent, ou s'il dépasse 200 mètres de profondeur, il relèvera du régime de l'autorisation.

Afin de se conformer aux dispositions du Code minier, du décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherche et d'exploitation de géothermie et du décret n°2002-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des travaux de stockages souterrains, un projet ne relevant pas du régime de la GMI devra faire l'objet d'un dépôt d'un dossier de demande d'autorisation de recherche et d'ouverture de travaux et d'exploitation.

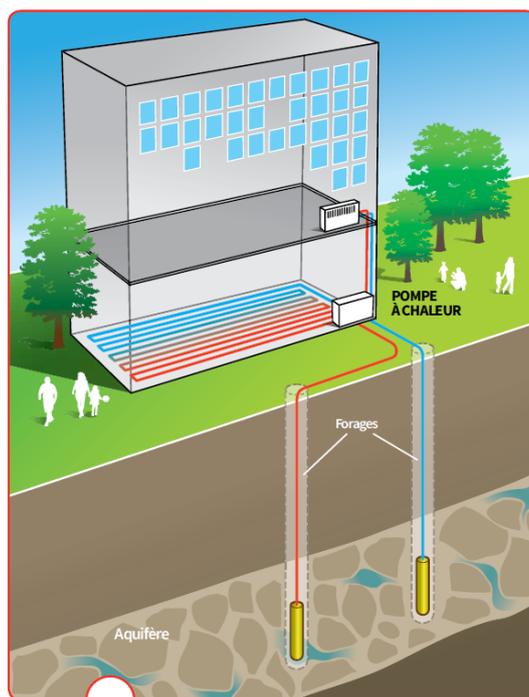


## 6. Géothermie sur nappe

### 6.1. Principes de la géothermie sur nappe

La géothermie sur nappe consiste à pomper l'eau d'une nappe souterraine peu profonde par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs forages pour l'acheminer (via un échangeur) jusqu'à la pompe à chaleur afin d'en prélever les calories, avant de la réinjecter dans l'aquifère d'origine par l'intermédiaire d'un second ou de plusieurs forages. Il est important de disposer d'une distance suffisante entre le forage de prélèvement et celui de réinjection pour éviter ou limiter le phénomène de recyclage thermique qui contribue à la baisse de la performance de la pompe à chaleur.

Figure 11 : Schéma d'une installation de géothermie sur nappe (source : Ademe)





## 6.2. Productivité estimée d'une exploitation géothermique sur nappe

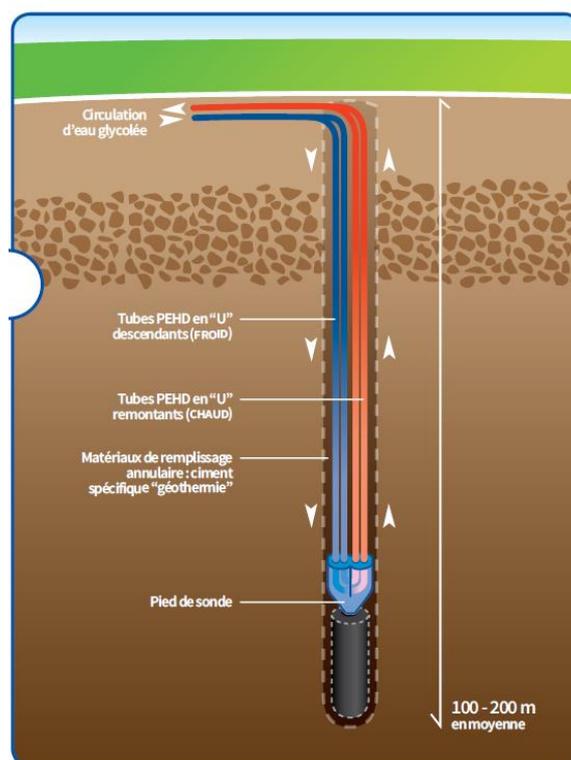
Les logs géologiques et les ouvrages en général attestent d'un socle granitique présentant des fractures qui peuvent contenir des volumes plus ou moins importants d'eau. Le granite, en l'absence de fracture, est un matériau très peu perméable ce qui rendrait toute réinjection impossible le cas échéant. Compte tenu des incertitudes quant à la présence de fractures suffisamment importantes, la géothermie sur nappe semble compromise. La géothermie sur nappe n'est pas envisagée dans le cadre de ce projet.

## 7. Géothermie sur sondes

### 7.1. Principes de la géothermie sur sondes

Les capteurs géothermiques verticaux, appelés sondes géothermiques, sont composés d'un tube dans lequel circule un fluide caloporteur (qui prélève les calories du sous-sol par conduction thermique et les transporte jusqu'à la PAC) positionné dans un forage vertical de plusieurs dizaines, à quelques centaines de mètres de profondeur. Le fluide circule en circuit fermé dans le tube et le forage est rempli avec un ciment thermique spécial pour maintenir l'échangeur en place, faciliter les échanges thermiques avec le sous-sol et protéger le sous-sol.

Figure 12 : Schéma d'une sonde géothermique verticale (source : Ademe)



Le nombre de sondes est fonction de la puissance nécessaire à l'installation. Un champ de sondes peut être constitué de plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de sondes. Le nombre et la longueur totale des sondes géothermiques dépendent essentiellement de 2 facteurs :

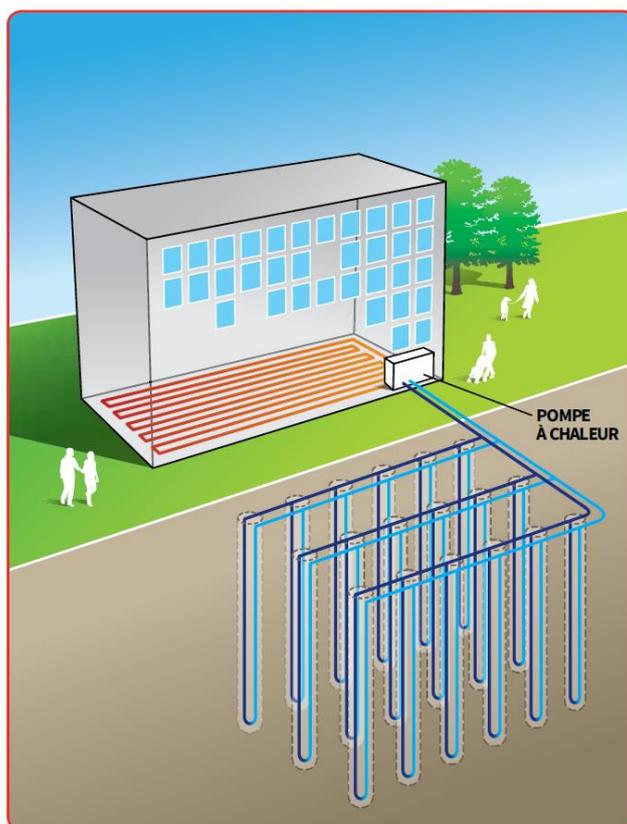
1. La puissance de la PAC installée (calculée en fonction des déperditions du bâtiment).



2. La capacité énergétique du terrain (en fonction des conditions géologiques et hydrogéologiques du terrain).

Selon le type d'exploitation (mode chauffage et/ou rafraîchissement), il faudra également prendre en compte l'écartement entre les sondes.

Figure 13 : Schéma d'un champ de sondes



## 7.2. Pré-dimensionnement du champ de sondes

La géothermie sur champ de sondes présente l'avantage de ne pas être dépendante des propriétés hydrogéologiques de la nappe et de la qualité chimique des eaux. Le fluide caloporteur circule en circuit fermé à l'intérieur des sondes en PEHD enterrées qui sont reliées directement à la pompe à chaleur.



### 7.2.1. Hypothèses de pré-dimensionnement

Les besoins d'électricité sont renseignés dans le tableau suivant (VIZEA) :

Bâtiment	Performance	Surface (m <sup>2</sup> )	Besoins de chauffage en kWh/an	Besoins d'ECS en kWh/an	Besoins de froid en kWh/an	Besoins d'électricité en kWh/an	Puissance chaud (kW)	Puissance froid (kW)
Hébergement pénitentiaire	RT2012-30%	14686	445524	534661	0	1195466	441	0
Restauration		1889	36070	204947	77293	161594	57	57
Tertiaire		14586	280043	16336	0	489783	438	0
Enseignement		3826	86395	21300	0	66365	115	0
<b>Total</b>		<b>34985</b>	<b>848032</b>	<b>777244</b>	<b>77293</b>	<b>1913207</b>	<b>1050</b>	<b>57</b>
<b>Part</b>		<b>-</b>	<b>23,45%</b>	<b>21,50%</b>	<b>2,14%</b>	<b>52,91%</b>		

Figure 14: Bilans des besoins énergétiques (VIZEA)

Les hypothèses faites dans le cadre de ce pré-dimensionnement sont présentées en suivant. A noter que lorsque les besoins en ECS sont trop conséquents, ils n'ont pas été intégrés dans le prédimensionnement. C'est le cas pour l'hébergement pénitentiaire et la restauration (les besoins en ECS sont respectivement de 55% et 65% des besoins totaux).

#### **Couverture de 10 % des besoins de la totalité du site :**

- Besoins de chauffage : 92,07 MWh/an
- Besoins d'ECS : 91,43 MWh/an
- Besoins en rafraîchissement : 7,73 MWh/an
- DJU de 2452 °C.j se rapprochant le plus du DJU de Vannes (2168 °C.j)
- Usage : hôtel récent bien isolé
- Puissance de la PAC : 100 kW
- COP à 0/35°C : 4,5
- Emetteur de chaleur : Plancher chauffant
- Nombre de mètres linéaire de sonde : 3 300 m
- Distance moyenne entre les sondes : 10 m
- Température initiale moyenne du sol : 13°C
- Conductivité thermique moyenne du sol : 2 W/m/°C

#### **Couverture de 20 % des besoins de la totalité du site :**

- Besoins de chauffage : 185,7 MWh/an
- Besoins d'ECS : 184,9 MWh/an



- Besoins en rafraichissement : 15,5 MWh/an
- DJU de 2452 °C.j se rapprochant le plus du DJU de Vannes (2168 °C.j)
- Usage : hôtel récent bien isolé
- Puissance de la PAC : 200 kW
- COP à 0/35°C : 4,5
- Emetteur de chaleur : Plancher chauffant
- Nombre de mètres linéaire de sonde : 6 150 m
- Distance moyenne entre les sondes : 10 m
- Température initiale moyenne du sol : 13°C
- Conductivité thermique moyenne du sol : 2 W/m/°C

#### **Couverture de 30 % des besoins de la totalité du site :**

- Besoins de chauffage : 278,6 MWh/an
- Besoins d'ECS : 277,4 MWh/an
- Besoins en rafraichissement : 23,2 MWh/an
- DJU de 2452 °C.j se rapprochant le plus du DJU de Vannes (2168 °C.j)
- Usage : hôtel récent bien isolé
- Puissance de la PAC : 350 kW
- COP à 0/35°C : 4,5
- Emetteur de chaleur : Plancher chauffant
- Nombre de mètres linéaire de sonde : 9 300 m
- Distance moyenne entre les sondes : 10 m
- Température initiale moyenne du sol : 13°C
- Conductivité thermique moyenne du sol : 2 W/m/°C

#### **Tertiaire :**

- Besoins de chauffage : 280 MWh/an ;
- Besoin d'ECS : 16,3 MWh/an ;
- Absence de besoin de rafraichissement
- DJU de 2452 °C.j se rapprochant le plus du DJU de Vannes (2168 °C.j)
- Usage : hôtel récent bien isolé



- Puissance de la PAC : 200 kW
- COP à 0/35°C : 4,5
- Emetteur de chaleur : Plancher chauffant
- Nombre de mètres linéaire de sonde : 6 000 m
- Distance moyenne entre les sondes : 10 m
- Température initiale moyenne du sol : 13°C
- Conductivité thermique moyenne du sol : 2 W/m/°C

### 7.2.2. Résultats du pré-dimensionnement

Ce pré-dimensionnement permet d'arriver aux résultats suivants :

#### **Couverture de 10 % des besoins de la totalité du site :**

- Température minimale du fluide circulant dans les sondes : environ -1,10°C ce qui laisse de la marge par rapport à la limite réglementaire définie à -3°C
- Energie annuelle produite par la PAC : 183,5 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol : 152,7 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol par mètre de sonde : 46,1 kWh/an/m
- Profondeur des sondes : 150 m
- Nombre de sondes : 22

La réalisation d'une géothermie par sondes pour couvrir 10% des besoins totaux du site est envisageable.

**La totalité des besoins est estimée à 1912,4 MWh/an. La couverture de 10% des besoins totaux est de 152,7 MWh/an extrait au sol. Cette couverture représente donc 7,9% des besoins totaux (inférieur aux 10% souhaités par la maîtrise d'ouvrage).**

#### **Couverture de 20 % des besoins de la totalité du site :**

- Température minimale du fluide circulant dans les sondes : environ -0,33°C ce qui laisse de la marge par rapport à la limite réglementaire définie à -3°C
- Energie annuelle produite par la PAC : 367 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol : 306,9 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol par mètre de sonde : 49,9 kWh/an/m



- Profondeur des sondes : 150 m
- Nombre de sondes : 41

La réalisation d'une géothermie par sondes pour couvrir 20% des besoins totaux du site est envisageable.

**La totalité des besoins est estimée à 1912,4 MWh/an. La couverture de 20% des besoins totaux est de 306,9 MWh/an extrait au sol. Cette couverture représente donc 16% des besoins totaux.**

#### **Couverture de 30 % des besoins de la totalité du site :**

- Température minimale du fluide circulant dans les sondes : environ  $-2,13^{\circ}\text{C}$  ce qui laisse très peu de marge par rapport à la limite réglementaire définie à  $-3^{\circ}\text{C}$
- Energie annuelle produite par la PAC : 556 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol : 457,7 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol par mètre de sonde : 49,2 kWh/an/m
- Profondeur des sondes : 150 m
- Nombre de sondes : 62

La réalisation d'une géothermie par sondes pour couvrir 30% des besoins totaux du site est envisageable.

**La totalité des besoins est estimée à 1912,4 MWh/an. La couverture de 30% des besoins totaux est de 306,9 MWh/an extrait au sol. Cette couverture représente donc 23,9% des besoins totaux.**

#### **Tertiaire global :**

- Température minimale du fluide circulant dans les sondes : environ  $-0,50^{\circ}\text{C}$  ce qui laisse de la marge par rapport à la limite réglementaire définie à  $-3^{\circ}\text{C}$
- Energie annuelle produite par la PAC : 296,3 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol : 247,7 MWh/an
- Energie annuelle soutirée au sol par mètre de sonde : 41,3 kWh/an/m
- Profondeur des sondes : 150 m
- Nombre de sondes : 40

La réalisation d'une géothermie par sondes pour couvrir 100% des besoins est envisageable pour le bâtiment tertiaire.



La totalité des besoins est estimée à 1912,4 MWh/an. La couverture de 100% du tertiaire est de 247,7 MWh extrait au sol. Cette couverture représente donc 13% des besoins totaux.

Les pré-dimensionnements effectués sont basés sur 10%, 20%, 30% et 100% des besoins du tertiaire.

Ces derniers sont des données approximatives et qu'ils pourront être affinés par une Simulation Thermique Dynamique (STD) et une courbe monotone à minima pour valider les appels de puissances et taux de couverture.

Ces résultats sont des approches très globales qui dépendent d'une part du contexte géologique et hydrogéologique mais également du ratio entre l'énergie extraite du sol et l'énergie injectée au sol, des caractéristiques de la PAC et des régimes de température côté évaporateur et condenseur. Ces hypothèses et ce pré-dimensionnement devront donc être validés par la réalisation d'un test de réponse thermique permettant de mesurer les caractéristiques thermiques du sol et par la réalisation d'un géomodèle sur la base des données de puissances horaires en chaud et en froid (résultant d'une simulation thermique dynamique par exemple).

Dans la mesure du possible, le test de réponse thermique devra être réalisé sur une sonde de 150 m de profondeur qui pourra par ailleurs être réutilisée dans le champ de sondes final. En fonction des contraintes techniques, la sonde pilote pourrait être descendue jusqu'à 200 m afin de limiter le nombre de sondes à réaliser.

Attention, au-delà de 30% de couverture des besoins totaux, le projet sera amené à une procédure d'autorisation au code minier (hors GMI).

### 7.3. Implantation des sondes

Dans le cadre de la réglementation GMI, il existe, pour la mise en œuvre de sondes géothermiques verticales, quelques préconisations d'espacement à respecter :

Les sondes devront être distantes de 5 m des arbres ;

Les sondes devront être distantes de 3 m des réseaux hydrauliques ;

Les sondes devront être distantes de 3 m des fondations ;

Les sondes devront être distantes de 1,5 m des réseaux secs (électricité, télécom),

Les sondes devront être distantes d'au moins 5 m des limites de propriétés,

La profondeur de raccordement horizontale devra être d'au minimum 0,8 m/TN avec une pente ascendante des sondes vers le collecteur d'environ 1 %.



Par ailleurs, nous avons choisi de prendre un espacement moyen de 10 m entre les sondes.

A la date de rédaction du rapport nous ne connaissons pas la localisation des bâtiments. Un plan de principe des bâtiments nous permettrait de pouvoir localiser les sondes.

Théoriquement, une zone libre entre le mur d'enceinte et les bâtiments appelée le glacis est présente sur environ 20 m de large. Cette zone peut permettre d'implanter les sondes.

Ces localisations seront à valider par la maîtrise d'ouvrage.



## 8. Possibilités de subvention

La géothermie peut être subventionnée par le dispositif d'aide du Fond Chaleur, développé par l'ADEME. Pour percevoir cette aide financière, le projet doit respecter les conditions d'éligibilité suivantes :

- Production minimum de l'installation **25 MWh EnR/an**, (les MWh EnR correspondent aux MWh, réellement **extraits du sous-sol côté sondes**, utiles pour les besoins exclusifs de chauffage et d'eau chaude sanitaire des bâtiments ; les MWh EnR sont comptabilisés à l'entrée de la pompe à chaleur) ; ou **50 MWh EnR/an** pour la géothermie sur nappe.
- Nombre d'heures équivalentes de fonctionnement à puissance nominale de la PAC **supérieur à 1000 h/an** ;
- Respect de la réglementation sous-sol, en particulier les obligations réglementaires liées aux opérations de géothermie de minime importance encadrées par le décret de minime importance (publié le 8 janvier 2015 et entré en vigueur le 1er juillet 2015). Le décret précise les règles relatives aux droits et obligations des exploitants notamment en cas de dommages ainsi que celles relatives à l'arrêt d'exploitation. Il prévoit notamment que les travaux devront être réalisés par des entreprises prestataires de forage disposant des qualifications requises (NB : la qualification « **Qualiforage** » répond notamment à cette exigence) ;
- Respect des normes NFX 10-960-1, 10-960-2, 10-960-3, 10-960-4, NFX 10-970 relatives à la mise en place des sondes géothermiques verticales ;
- Pour les opérations dont la longueur cumulée des sondes est supérieure à 1000 mètres : réalisation obligatoire d'une sonde géothermique verticale test, d'un test de mesure in situ des propriétés thermiques du terrain (TRT) et d'une modélisation dynamique (sous-sol et surface) afin d'optimiser le dimensionnement des installations sous-sol ;

Pour les PAC destinées au chauffage ou au chauffage et à la production d'ECS :

- **COP machine égal ou supérieur à 4 pour les PAC « électriques » en mode chaud** pour les sondes et **4,5 pour les PAC « électriques » en mode chaud** pour la géothermie sur nappe (mesuré dans les conditions d'essais de la norme européenne EN 14511-2 en régimes de températures 0/-3°C et 30/35°C) ;
- **COP global minimum de 3 dans les conditions d'application du projet (nappe et sonde)** : le COP global inclut la consommation électrique du compresseur de la PAC et des auxiliaires de l'installation telles que les pompes de circulation côté circuit primaire (cf §5 monitoring des installations). Afin d'optimiser le rendement



énergétique de l'installation, il est recommandé d'étudier l'asservissement des auxiliaires à la PAC et de paramétrer la PAC pour adapter sa température de production en fonction des besoins des émetteurs et de la température extérieure.

- **Réinjection du fluide géothermal extrait dans l'aquifère d'origine** pour la PAC sur eau de nappe.

#### Recommandations supplémentaires :

Pour les opérations de PAC sur nappe et PAC sur champ de sondes, l'ADEME recommande que les travaux soient accompagnés par un (ou des) bureau(x) d'études ayant des compétences sur l'évaluation des "ressources géothermiques sous-sol" ET "sur les installations de surface".

Afin d'améliorer la qualité des installations de géothermie intermédiaire, l'ADEME conseille aux maîtres d'ouvrages ne disposant pas de compétences techniques internes de recourir à une prestation d'assistance à maîtrise d'ouvrage, afin de se faire assister dans le suivi de la conception et de l'exécution de leurs installations.

De plus, pour un meilleur fonctionnement et une optimisation des performances des installations, l'ADEME recommande aux maîtres d'ouvrage et/ou à leur représentant (exploitants) de prévoir une mission de commissionnement des installations à l'issue des travaux et de s'assurer auprès des acteurs intervenant sur l'opération (maîtrise d'œuvre, foreurs, installateurs PAC) qu'ils ont tous les documents et informations nécessaires à une bonne prise en main et suivi des installations (affichage d'un schéma de principe ou synoptique de l'installation globale dans le local chaufferie avec un repérage précis des différents équipements : sondes de température, capteurs et compteurs (électrique, chaleur, débit), fiches techniques des équipements (pompe à chaleur, pompes, ballon), mise en place d'un livret de chaufferie).

Selon la taille des installations, l'aide « Fonds Chaleur » sera calculée sur la base d'une aide forfaitaire ou d'une analyse du coût de revient à partir de la production d'énergie renouvelable de l'installation (en MWh EnR/an). **Dans le cas présent, d'après les consommations données dans l'étude de préféabilité ENR, l'aide devrait être forfaitaire (1 000 € HT/MWhENR soutiré au sous-sol).**

## 9. Descriptif et estimation financière

### 9.1. Descriptif des sondes à réaliser

Les caractéristiques d'une sonde géothermique verticale sont les suivantes :

- Réalisation d'un forage dans un diamètre voisin de 150 mm sur 150 m de profondeur ;
- Mise en place dans le forage d'un tube en PEHD en double U de diamètre extérieur DN 32 mm (épaisseur 2,9 mm, pression nominale de 16 bars) avec cunettes de décantation au niveau du pied de sonde ;
- Mise en place au centre du forage d'un tuyau d'injection du coulis de remplissage, au travers d'écarteurs disposés tous les 2 mètres. Le tuyau d'injection sera installé jusqu'au pied de sonde ;
- Injection d'un coulis de ciment/bentonite sous pression sur toute la hauteur du forage pour assurer un bon contact thermique entre la sonde et le terrain.

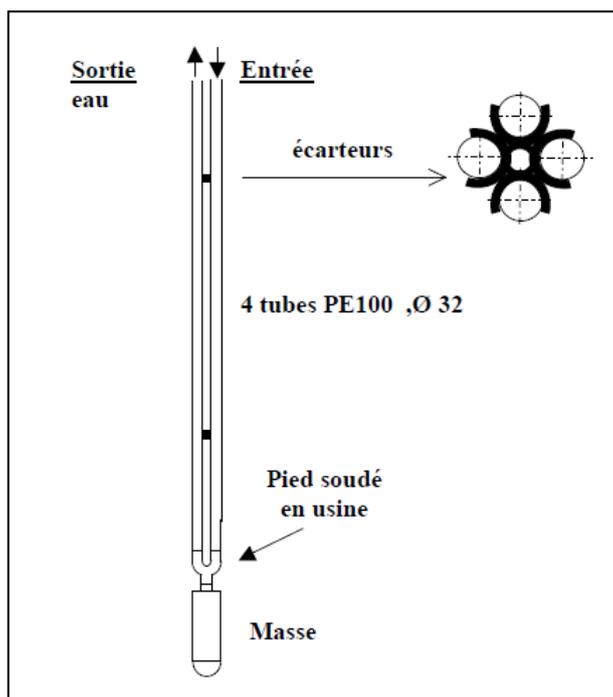


Figure 15 : Coupe schématique d'une sonde géothermique verticale



## 9.2. Estimation financière

L'estimation financière présentée dans ce chapitre s'entend pour la réalisation des ouvrages souterrains (sondes), des liaisons horizontales jusqu'au collecteur de sondes, hors coût de maîtrise d'œuvre et remise en état des zones enherbées après rebouchage des tranchées, hors réseau de chaleur, hors investissements liés aux installations CVC (PAC, échangeurs, etc).

Les estimations sont faites sur la base du prix unitaire suivant : **110 €/ml** de sonde équipée et liaisonnée (hors éventuels frais d'entreprise générale et hors maîtrise d'œuvre).

### Pour 10% des besoins totaux :

Pour les 22 sondes de 150 ml, le montant d'investissement pourrait être voisin de 363 k€ HT et être ramené à environ 211 k€ HT en tenant compte de l'aide possible au titre du fond chaleur (environ 152 k€ HT).

### Pour 20% des besoins totaux :

Pour les 41 sondes de 150 ml, le montant d'investissement pourrait être voisin de 677 k€ HT et être ramené à environ 370 k€ HT en tenant compte de l'aide possible au titre du fond chaleur (environ 307 k€ HT).

### Pour 30% des besoins totaux :

Pour les 62 sondes de 150 ml, le montant d'investissement pourrait être voisin de 1023 k€ HT et être ramené à environ 565 k€ HT en tenant compte de l'aide possible au titre du fond chaleur (environ 458 k€ HT).

### Pour le bâtiment tertiaire :

Pour les 40 sondes de 150 ml pour le bâtiment restauration, le montant d'investissement pourrait être voisin de 660 k€ HT et être ramené à environ 413 k€ HT en tenant compte de l'aide possible au titre du fond chaleur (environ 247 k€ HT).

Cette estimation financière et le montant de l'aide Fond Chaleur doivent être considérés comme un ordre de grandeur et devront être vérifiées dans les phases ultérieures du projet.



## 10. Conclusion

A la demande de l'APIJ, le bureau d'études GEOTHER a été missionné afin de réaliser une étude de pré-faisabilité de mise en œuvre d'une solution de géothermie très basse énergie, dans le cadre de la construction d'un établissement pénitentiaire sur la commune de VANNES.

Les besoins thermiques des bâtiments ont été fournis par VIZEA dans le cadre de l'étude de pré-faisabilité Energies Renouvelables. Les besoins ont été définis en quatre typologies de bâtiments : hébergement pénitentiaire, restauration, tertiaire global et enseignement. Les puissances maximales estimées sont de 441 kW pour l'hébergement pénitentiaire (puissance chaud), 57 kW pour la restauration (chaud et froid), 438 kW de puissance chaud pour le tertiaire global et 115 kW de puissance chaud pour l'enseignement.

Le présent rapport intègre la vérification de la compatibilité du projet avec les contraintes réglementaires existantes sur site (périmètres de protection, sites et sols pollués, PPRI, PPRN, zonages réglementaires).

Le projet se situe en zone verte du point de vue de la réglementation sur la Géothermie de Minime Importance sur sondes et sur nappe. Il est donc éligible à la géothermie de minime importance.

La nature des roches du socle, et l'absence d'informations concernant les potentielles fractures peuvent compromettre une solution de chauffage et de rafraîchissement par géothermie sur nappe. Cependant, la présente étude semble confirmer la faisabilité d'une solution par géothermie sur sondes.

**Le site étant inclus dans un périmètre de vigilance, une attention particulière sera observée pour la réalisation des sondes.** Le présent rapport pourra être transmis à l'Agence Régionale de Santé pour validation de la faisabilité de sondes verticales géothermique. Ces dernières ne prévoient aucun impact d'ordre quantitatif et qualitatif sur les éventuelles nappes souterraines.

En fonction des hypothèses prises en compte, on peut estimer au stade du pré-dimensionnement que :

- 10% de couverture des besoins totaux : 22 sondes de 150 ml de profondeur seraient nécessaires, cette couverture couvre 7,9% des besoins totaux par énergie extraite du sol ;
- 20% de couverture des besoins totaux : 41 sondes de 150 ml de profondeur seraient nécessaires cette couverture couvre 16% des besoins totaux par énergie extraite du sol ;
- 30% de couverture des besoins totaux : 62 sondes de 150 ml de profondeur seraient nécessaires cette couverture couvre 23,9% des besoins totaux par énergie extraite du sol ;



- Bâtiment tertiaire global : 40 sondes de 150 ml seraient nécessaires pour couvrir 100 % des besoins de chauffage et couvrirait environ 13% des besoins totaux par énergie extraite du sol.

Néanmoins, ces approches restent dépendantes :

- Du contexte géologique et hydrogéologique in-situ ;
- Du ratio entre l'énergie extraite du sol et l'énergie injectée au sol ;
- Des caractéristiques de la PAC et des régimes de température côté évaporateur et condenseur.

Ces **prédimensionnements seront donc à valider et à optimiser impérativement par la réalisation d'un ou plusieurs tests de réponse thermique** permettant de mesurer les caractéristiques thermiques du sol et **par la réalisation d'un géomodèle** sur la base des données de puissances horaires en chaud et en froid (résultant d'une simulation thermique dynamique par exemple).

Dans la mesure du possible, le test de réponse thermique devra être réalisé sur une sonde pilote de 150 m de profondeur qui pourra par ailleurs être réutilisée dans l'un ou le champ de sondes final. A l'issue de ce test de réponse thermique et l'estimation plus précise des besoins des bâtiments, le nombre de sondes et l'estimation financière pourra être évaluée.

Selon la taille des installations, l'aide « Fonds Chaleur » sera calculée sur la base d'une aide forfaitaire ou d'une analyse du coût de revient à partir de la production d'énergie renouvelable de l'installation (en MWh EnR/an). **Dans le cas présent, d'après les consommations données par le BET thermique, l'aide devrait être forfaitaire (1 000 € HT/MWhENR soutiré au sous-sol).**

Idéalement, il sera préconisé de réaliser un dispositif respectant les critères de minime importance (500 KW) pour faciliter l'instruction réglementaire. Pour rappel, le périmètre de protection dans lequel s'intègre le projet pourra avoir un impact sur la faisabilité du projet.

**Au-delà d'une couverture de 30% des besoins totaux, le dossier fera l'objet d'une autorisation au code minier.**



# ANNEXES



**Annexe 1 : Massif plutonique semi-  
perméable des BV du Vincin, de la Marle et  
du Liziec de leurs sources à la mer, côtiers  
et îles du Golfe du Morbihan**



**BDLISA** Base de Données des Limites de Systèmes Aquifères

Code de l'Entité Hydrogéologique locale **197AG02**

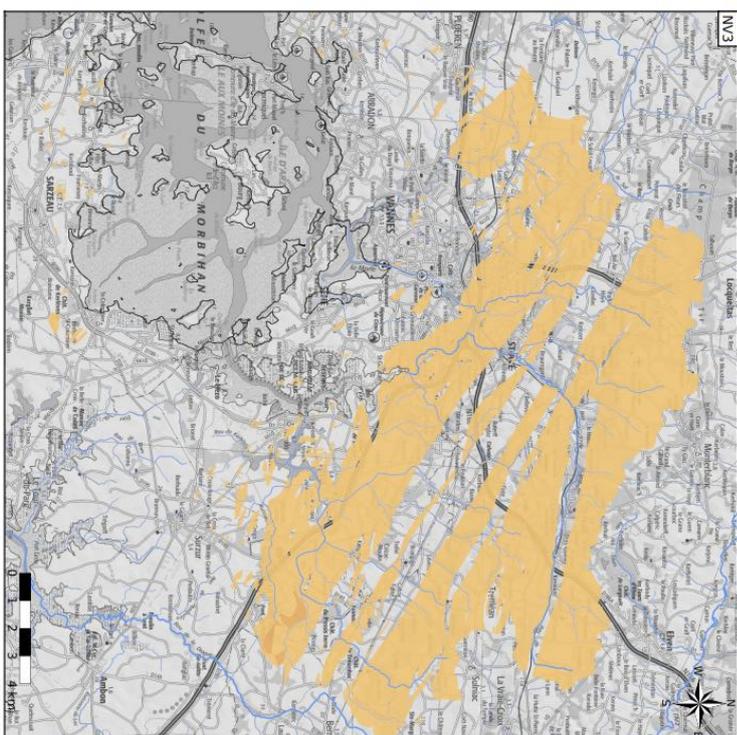
Nom de l'Entité Hydrogéologique **Massif plutonique semi-perméable des bassins versants du Vincin, de la Marle et du Liziec de leurs sources à la mer, côtiers et îles du Golfe du Morbihan**

**Caractéristiques de l'entité**

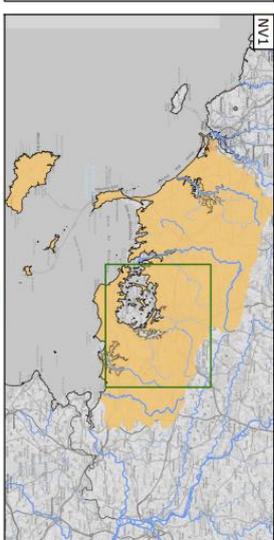
Nature : **6** Unité semi-perméable  
 Etat : **2** Entité hydrogéologique à nappe libre  
 Theme : **3** Socle  
 Type de milieu : **2** Fissuré  
 Origine de la construction : **1** Carte géologique ou hydrogéologique  
 Evolution entre la BDLISA V2 et la V3 :  
 Type de modification : Entité V3 issue de la division pure d'une entité V2



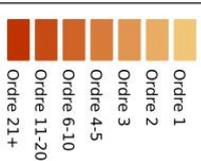
Est incluse dans l'Entité Hydrogéologique **197AG**  
 Socle du Massif armoricain dans les bassins versants du Vincin, de la Marle et du Liziec de leurs sources à la mer, côtiers et îles du Golfe du Morbihan



Est incluse dans l'Entité Hydrogéologique **197**  
 Socle du Massif armoricain dans le bassin versant côtier du Blavet (exclus) à la Vilaine (exclus), Belle-Ile



**Représentation de l'entité**





## **Annexe 2 : Arrêté préfectoral du 26/07/2013**

**à propos de la prise d'eau dans le Liziec**



**Synergie**  
*d'expertises*

**SIÈGE SOCIAL** - 01 55 17 16 10 - [contact@geother-gengis.fr](mailto:contact@geother-gengis.fr)  
36, rue Salvador Allende - 92000 Nanterre

**geother-gengis.fr**

SAS au capital de 10 000 € - APE : 7112B  
Siret : 508 594 413 00033 - TVA : FR23 508 594 413

**AGENCE ÎLE-DE-FRANCE**

36, rue Salvador Allende - 92000 Nanterre  
01 55 17 16 10 - [paris@geother-gengis.fr](mailto:paris@geother-gengis.fr)

**AGENCE AUVERGNE-RHONE-ALPES**

5, rue des Essarts - 69500 Bron  
04 81 68 25 19 - [lyon@geother-gengis.fr](mailto:lyon@geother-gengis.fr)

**AGENCE NOUVELLE-AQUITAINE**

4, Voie Romaine – Bâtiment G – 33610 Canéjan  
05 40 25 49 22 - [bordeaux@geother-gengis.fr](mailto:bordeaux@geother-gengis.fr)