

---

## Communauté d'Agglomération Lisieux -Normandie

### Construction du centre aquatique de Saint Pierre en Auge

### Rapport d'étude hydrogéologique préliminaire

---

**ecome** Ingénierie

**ECOME Ingénierie**  
10, rue de Chevreul  
92150 Suresnes  
Tel. : 09.81.71.06.02



**Communauté D'agglomération Lisieux - Normandie**  
6 rue d'Alençon 14100 Lisieux  
Tel. : 02.31.61.66.00

Phase	Date	Version	Révision	Réalisé par	Revu par	Validé par
Faisa	03/05/2018	A		LLB	QS	JBB

## Sommaire

<b>1</b>	<b><u>PREAMBULE</u></b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><u>SYNTHESE DE L'ETUDE</u></b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b><u>EMPLACEMENT DU PROJET</u></b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>LOCALISATION TOPOGRAPHIQUE</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b><u>CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL</u></b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>GEOLOGIE</b>	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>HYDROGEOLOGIE</b>	<b>7</b>
4.2.1	HYDRODYNAMIQUE - PIEZOMETRIE	7
4.2.2	PHYSICO-CHIMIE	8
<b>4.3</b>	<b>HYDROLOGIE</b>	<b>10</b>
<b>4.4</b>	<b>USAGES DE L'EAU</b>	<b>10</b>
<b>4.5</b>	<b>SITES INDUSTRIELS</b>	<b>11</b>
<b>4.6</b>	<b>ZONES ENVIRONNEMENTALES</b>	<b>11</b>
<b>4.7</b>	<b>RISQUES LIES AU SOUS-SOL</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b><u>CONTEXTE REGLEMENTAIRE</u></b>	<b>13</b>
<b>5.1</b>	<b>TEXTES DE REFERENCE (GEOOTHERMIE)</b>	<b>13</b>
<b>5.2</b>	<b>DISPOSITIONS GENERALES</b>	<b>13</b>
5.2.1	ARRETE DU 25 JUIN 2015	13
<b>5.3</b>	<b>COMPATIBILITE AVEC LE SDAGE</b>	<b>14</b>
<b>5.4</b>	<b>COMPATIBILITE AVEC LE SAGE</b>	<b>16</b>
<b>5.5</b>	<b>CODE MINIER</b>	<b>16</b>
5.5.1	GMI	16
5.5.2	HORS GMI	17
<b>6</b>	<b><u>ASPECTS FINANCIERS - GARANTIE</u></b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b><u>POSITIONNEMENT DES OUVRAGES - RECONNAISSANCE</u></b>	<b>18</b>

## **1 Préambule**

La communauté d'agglomération Lisieux-Normandie souhaite créer un équipement aquatique sur le territoire de Saint Pierre en Auge.

A cet effet, il a été demandé à la société ECOME *Ingénierie* d'analyser les potentialités géothermiques du site.

Le présent document examine les conditions hydrogéologiques de l'utilisation de la ressource souterraine, il vise notamment à identifier l'aquifère le plus intéressant pour la production d'énergie, et propose un premier dimensionnement des installations de pompage / rejet.

Le présent document constitue ainsi l'étude hydrogéologique qui recense les ressources géothermiques disponibles, réalisée selon la note méthodologique proposée par la société ECOME *Ingénierie*. Il s'agit d'une note documentaire, sans investigations de terrain. En conséquence, cette étude ne peut définir avec certitude les capacités souterraines disponibles au droit du site, mais sur la base des examens bibliographiques elle permet de définir les potentialités hydrogéologiques au regard du projet.

Il convient de rappeler que, s'agissant d'une étude préliminaire et de recherche de sous-sol, seules les réalisations d'un forage et des pompages d'essai permettront de qualifier définitivement la ressource (débit, profondeur et qualité d'eau). A cet effet, un dispositif d'assurance existe (garantie Aquapac) afin de prendre en charge les risques liés à la disponibilité de la ressource, dans le cadre de la réalisation de forages d'essai et/ou d'exploitation.

La faisabilité d'un projet d'utilisation de la ressource géothermique est conditionnée notamment par les paramètres suivants (liste non exhaustive) :

- Quantité d'eau souterraine disponible ;
- Qualité de l'eau souterraine ;
- Contraintes réglementaires ;
- Contraintes techniques/urbanistiques.

## 2 Synthèse de l'étude

L'étude hydrogéologique montre qu'un seul aquifère peut potentiellement fournir de l'eau pour un projet de ressource géothermique. Il s'agit de l'aquifère des calcaires bathoniens.

Cet aquifère peut s'avérer très productif notamment dans le cadre de présence de fractures dans la roche.

Aussi, il convient de réaliser un forage de reconnaissance suffisamment profond pour pouvoir identifier précisément la ressource. Ce forage de reconnaissance devra être réalisé en limite sud du site, et en s'éloignant de la partie orientale qui est potentiellement classable en zone humide.

Nous recommandons la réalisation d'un forage de reconnaissance sur une profondeur de **60 m** minimum afin de caractériser la ressource souterraine. Des pompages d'essai, accompagnés d'analyses physico-chimiques permettront de caractériser la ressource et de statuer sur la potentialité d'utilisation à des fins géothermiques, un programme plus précis est exposé en fin de document (cf. chap. 7). En fonction des débits rencontrés, ce forage de reconnaissance deviendra alors le forage de pompage du doublet géothermique.

**Tableau 1 : Synthèse technico-réglementaire**

Paramètres	Calcaires Bathonien
<b>Productivité</b>	<b>50 – 200 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Profondeur toit</b>	<b>0 m</b>
<b>Incertitude sur débit</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Aléa technique</b>	<b>Faible</b>
<b>Aléa chimique</b>	<b>Faible</b>
<b>Aléa réglementaire</b>	<b>Moyenne (ZRE)</b>

Les eaux sont moyennement minéralisées, bicarbonatées, très légèrement corrosives et susceptibles de contenir un petit peu de fer. Aussi, les précautions nécessaires seront à prendre au niveau du forage afin de limiter les entrées d'air atmosphérique afin de limiter les risques de précipitation du fer dans l'ouvrage ou les installations situées en aval. A cet effet, l'emploi d'une tête étanche s'avérera nécessaire. Par ailleurs, si les concentrations en fer sont trop importantes, une déferrisation des eaux pourra être nécessaire.

### **Remarque :**

Les valeurs présentées ci-dessus sont indicatives, s'agissant d'une étude préliminaire hydrogéologique sur base documentaire, seule la réalisation d'un forage et des pompages d'essai permettront de qualifier définitivement la ressource (débit, profondeur et qualité d'eau).

Il sera nécessaire de réaliser une étude de faisabilité technico-économique permettant de valider :

- la possibilité de mise en œuvre d'une installation de production géothermique ;
- l'adéquation ressource géothermique / besoins énergétiques des bâtiments ;
- l'intérêt économique ;
- l'impact environnemental.

### 3 Emplacement du projet

#### 3.1 Localisation topographique

Le site est localisé sur la commune de Saint Pierre en Auge à l'est immédiat du centre ville (Figure 1). Le site est localisé autour de la cote +40 à 45 m NGF. Les coordonnées moyennes du site (Lambert 93) sont : X= 478594m et Y= 6 883577m.

Figure 1 – Localisation du projet sur fond de carte IGN

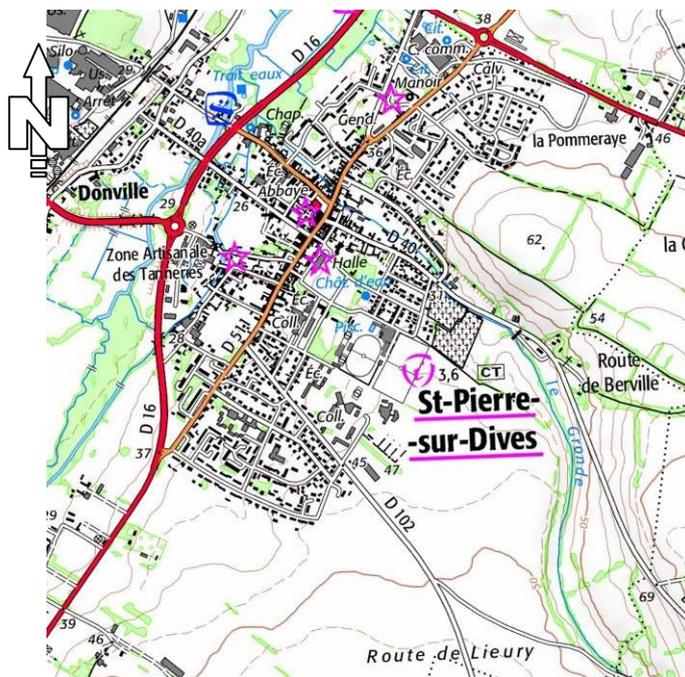
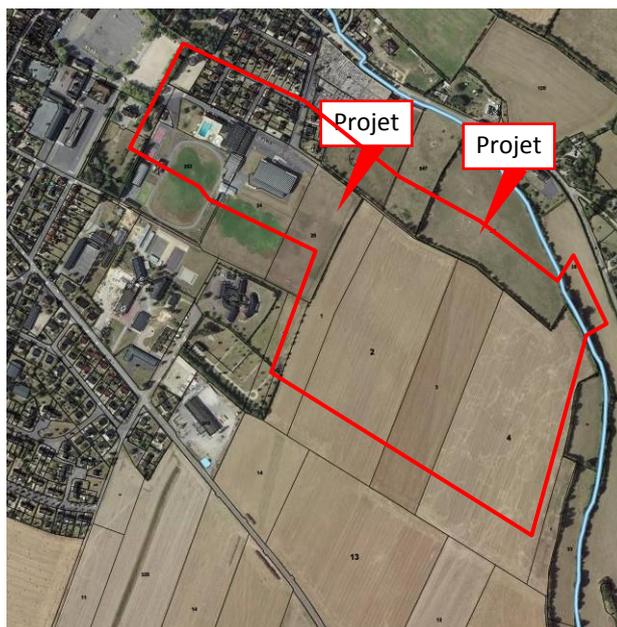


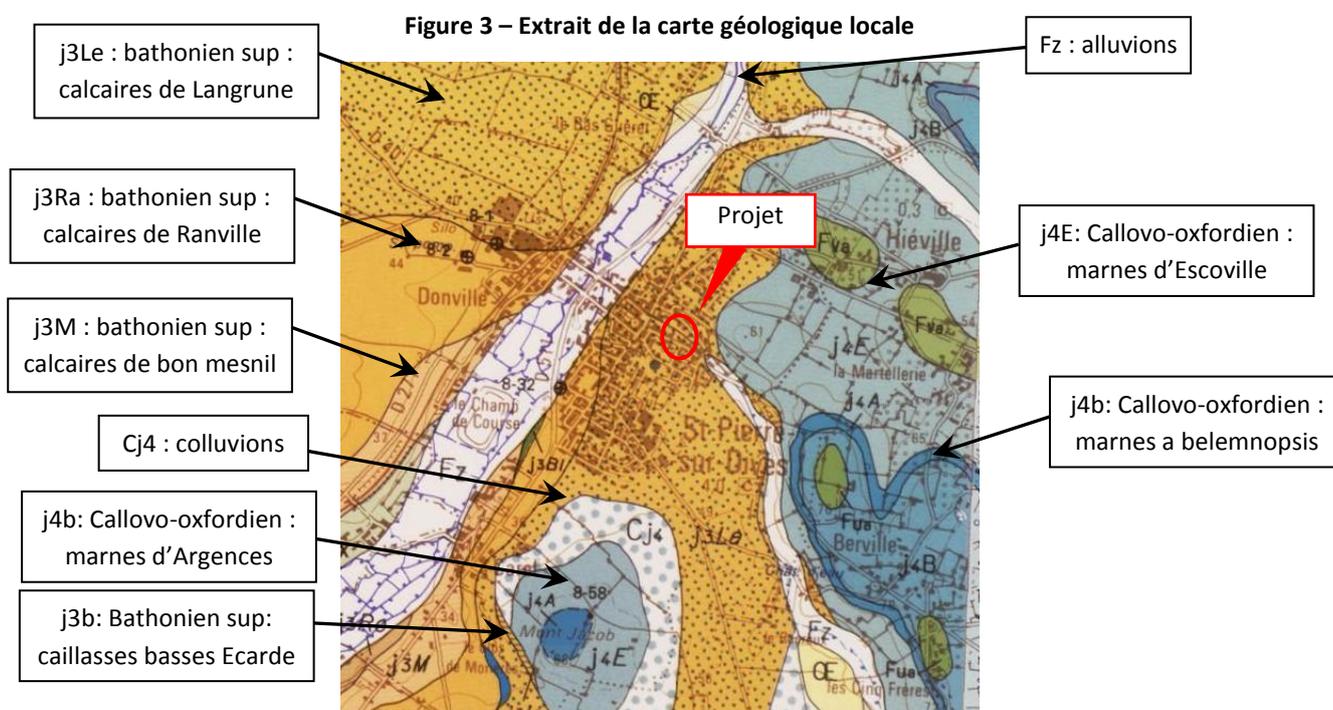
Figure 2 – Localisation du site sur fond de plan aérien



## 4 Contexte environnemental

### 4.1 Géologie

La carte géologique au 1/50000<sup>ème</sup> de la zone montre que le projet est inclus dans les formations des calcaires de Langrune (j3Le).



D'après la carte géologique au 1/50000<sup>ème</sup> ed. BRGM

Un forage proche du site (code BSS000KZUN) donne la coupe géologique suivante :

- 39 – 27,7 mNGF (0 – 11,3m) : pas d'informations ;
- 27,7 – 26,4 mNGF (11,3 – 12,6m) : caillasses de la basse Ecarde (Bathonien sup) ;
- 26,4 – 17,97 mNGF (12,6 – 21,03m) : calcaires de Ranville (Bathonien sup) ;
- 17,97 – 9 mNGF (21,03 – 30 m) : calcaires de Blainville (bathonien moy).

Le forage est arrêté à 30m de profondeur, mais sous les calcaires de Blainville, les calcaires de rouvres sont attendus, un autre forage (code BSS000KZUY) annonce les calcaires de Rouvres à partir de 4m NGF et au moins jusqu'à la cote -10m NGF.

En fonction des données des forages proches, il est possible de déterminer la coupe géologique :

- 42 – 28 mNGF (0 – 14m) : calcaires de Langrune (Bathonien supérieur) ;
- 28 – 26 mNGF (14 – 16m) : caillasses de la basse Ecarde (Bathonien supérieur) ;
- 26 – 18 mNGF (16 – 24m) : calcaires de Ranville (Bathonien supérieur) ;
- 18 – 4 mNGF (24 – 38m) : calcaires de Blainville (Bathonien moyen) ;
- 4 – <-10 mNGF (38 – >52m) : calcaires de Rouvres (Bathonien moyen) ;

Une incertitude persiste sur les épaisseurs réelles de chacune des formations, des variations locales sont possibles au gré des perturbations géologiques.

## 4.2 Hydrogéologie

La configuration géologique locale induit la présence d'un aquifère : l'aquifère des calcaires du Bathonien.

Cet aquifère est constitué par les différentes formations calcaires présentes sous le site : calcaires de Langrune, calcaires de Rainville, calcaires de Blainville, calcaires de Rouvres... Des formations intermédiaires, telles que les caillasses de basse Ecarde, sont moins perméables mais peu épaisses.

Cet aquifère est de type libre (en contact avec l'atmosphère), il est régionalement connu pour sa bonne productivité. Les productivités sont d'autant meilleures que le terrain présente des fractures.

### 4.2.1 Hydrodynamique - piézométrie

La nappe des calcaires bathoniens est en relation directe avec le réseau hydrographique. Une piézométrie dressée en 1997 montre que les écoulements souterrains (Figure 4) sont à la fois drainés par le ruisseau du Gronde (situé à l'est du site), et la Dives (située à l'ouest).

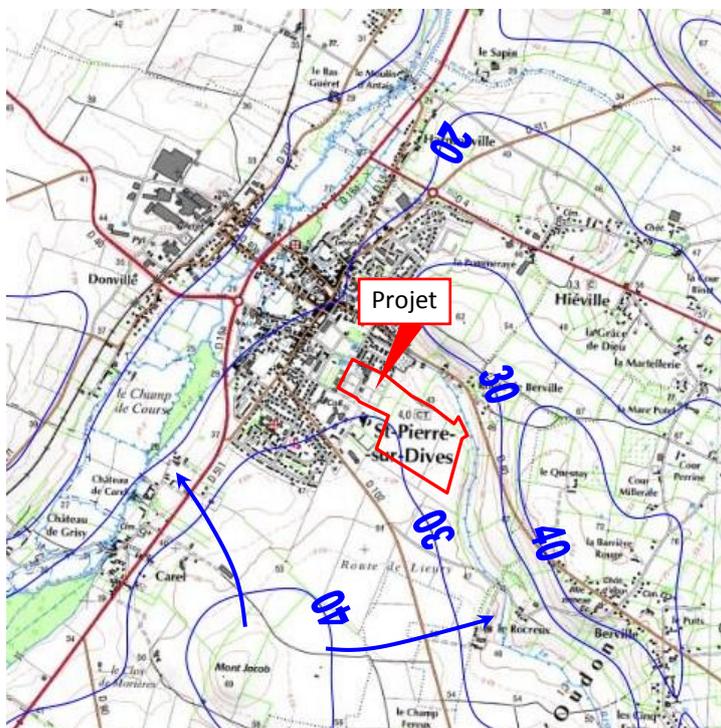
Suivant cette carte, il apparaît que le niveau statique de la nappe pourrait se situer autour de +25 à +28 m NGF, soit à des profondeurs de l'ordre de 17 à 20m. Mais ce niveau est susceptible de varier selon les saisons (3 à 6m selon les cas).

Sous le site, la nappe s'écoulerait du sud-ouest vers le nord-est.

Les transmissivités de cet aquifère sont variables, mais globalement bonnes, oscillant entre  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Concernant les productivités, un forage situé à 1 km à l'ouest du site (code BSS000KZUY), profond de 40m, a été testé plusieurs heures à hauteur de  $160 \text{ m}^3/\text{h}$  avec un rabattement de 2m environ.

Figure 4 – Piézométrie basses eaux - 1997



En bleu : cote de la nappe en m NGF

## 4.2.2 Physico-chimie

Du point de vue de la physico-chimie des eaux, un ouvrage (code BSS00KZUY) situé à 1000m à l'ouest du projet fournit des informations sur la qualité des eaux. Les eaux sont de température moyenne (11°C).

**Tableau 2 : Qualité des eaux du forage BSS00KZUY au 17 mars 1972**

Paramètres	Valeurs	Paramètres	Valeurs
Température	11 °C	Dureté totale	34,0 °F
pH	7,05	Titre alcalimétrique complet	27,25 °F
Conductivité	576 µS/cm	Titre alcalimétrique	0,0 °F
Hydrogencarbonates	332,45 mg/l	Phosphore total	0,05 mg/l
Carbonates	0 mg/l	Potassium	5,1 mg/l
Ammonium	0 mg/l	Magnésium	2,24 mg/l
Chlorures	35 mg/l	Calcium	132,32 mg/l
Sulfates	56,4 mg/l	Sodium	32,0 mg/l
Nitrites	0 mg/l	Fer	<0,1 mg/l
Nitrates	18,9 mg/l	Manganèse	0 mg/l

### 4.2.2.1 Grille SEQ – eaux souterraines

Certaines des valeurs physico-chimiques précédemment évoquées peuvent être comparées, pour information, avec le Système d'Évaluation de la Qualité (SEQ) des eaux souterraines. Ce système intègre 5 classes d'aptitude en fonction de l'usage de l'eau (Tableau 3).

**Tableau 3 : Description des classes du SEQ eaux souterraines**

Classes	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Inapte à l'usage
Aptitude pour satisfaire l'usage	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Inapte à l'usage
Altération température (usage climatisation)	Favorable à l'usage énergétique considéré T°> 8 et T° < 12 °c	Permet l'usage énergétique considéré T°> 12 et T° < 15 °c	Usage délicat pour raisons techniques ou économiques T°<8 ou T° > 15 °c	<i>Classe non définie</i>	<i>Classe non définie</i>
Altération température (usage pompes à chaleur)	Favorable à l'usage énergétique considéré T°> 15 et T° < 60 °c	Permet l'usage énergétique considéré T°> 8 et T° < 15 °c	Usage délicat pour raisons techniques ou économiques T°<8 ou T° > 60 °c	<i>Classe non définie</i>	<i>Classe non définie</i>
Altération corrosion	Absence de corrosion CO <sub>2</sub> dissous : 50 mg/l O <sub>2</sub> diss : absence ou >8 mg/l Salinité 0,6 g/l Conduc. 1300 µS/cm pH>9,8 Chlorures : 150 mg/l Sulfates : 250 mg/l Ferro-bact. : absence Bact. sulfato : absence Sulfures : 0,1 mg/l HS- eH: <-600 ou >0 mV	Corrosion faible O <sub>2</sub> diss : >0 et <0,1 mg/l pH>7 et <9,8 Bact. sulfato : 10	Corrosion modérée CO <sub>2</sub> dissous : 120 mg/l Salinité 1,5 g/l Conduc. 3000 µS/cm pH>6 et <7 Chlorures : 400 mg/l Sulfates : 500 mg/l Sulfures : 8 mg/l HS- eH: >-600 et <-500 mV	Corrosion moyenne CO <sub>2</sub> dissous : 200 mg/l O <sub>2</sub> diss : >0,1 et <4 mg/l Salinité 3 g/l Conduc. 6000 µS/cm Chlorures : 1000 mg/l Sulfates : 1500 mg/l Bact. sulfato : 100 Sulfures : 50 mg/l HS- eH: >-500 et <-400 mV	Corrosion forte O <sub>2</sub> diss : >4 et <8 mg/l pH<6 Ferro-bact. : présence eH: >-400 et <0 mV

Pour les paramètres entrants dans la grille de classement du SEQ Eaux souterraines, une première approche de la qualité peut être faite (Tableau 4). Ainsi les eaux ont globalement une qualité plutôt bonne au regard de l'usage, même si certains paramètres sont absents.

La présence de fer a été notée dans les eaux mais en faible concentration, cependant par sécurité pour éviter tout développement bactérien dans les crépines de forage, il sera nécessaire d'isoler les forages par rapport aux entrées d'air. En effet, l'association du fer avec de l'oxygène peut générer des encrustements ferrugineux au niveau des crépines, ce qui induit leur obstruction progressive et la diminution de la productivité du forage. Pour information, ce phénomène peut être démultiplié par la présence de bactéries du fer.

**Tableau 4 : Qualité des eaux du forage BSS000KZUY au regard du SEQ Eaux souterraines**

Paramètres	Analyse	Qualité générale de l'altération
<i>Altération température – usage climatisation</i>		
Température	11 °C	Très bonne
<i>Altération température – usage pompes à chaleur</i>		
Température	11 °C	Très bonne
<i>Altération corrosion</i>		
O <sub>2</sub> dissous	?? mg/l	
Conductivité	576 µS/cm	Très bonne
pH	7,05	Bonne
Chlorures	35 mg/l	Très bonne
Sulfates	56 mg/l	Très bonne
Ferro bactérie	--	--

Pour information : l'oxygène dissous est activant ou passivant de la corrosion selon qu'il confère au métal une tension supérieure ou inférieure à la tension de passivation<sup>1</sup>. Ainsi l'absence d'oxygène ou au contraire sa présence à forte concentration (> 8 mg/l) immunise ou passive respectivement la corrosion. Ainsi on distingue trois cas :

- seuil < à 0,1 mg/l = quantité d'oxygène en solution à partir de laquelle, le métal passe du domaine de l'immunité au domaine de corrosion possible ;
- seuil à 4 mg/l et jusqu'à 8 mg/l: valeur favorable au phénomène de corrosion en milieu oxydant ;
- seuil à 8 mg/l (à pH neutre) : valeur à partir de laquelle, le courant de réduction de l'oxygène passive le métal, la corrosion devenant pratiquement nulle.

#### 4.2.2.2 Incrustation / agressivité

Les eaux sont globalement de minéralisation moyenne et de type bicarbonatée calcique.

L'examen du caractère agressif ou incrustant des eaux a été réalisé selon plusieurs indices classiquement utilisés dans les eaux souterraines (Tableau 5Tableau 4), tous ces paramètres n'utilisent pas les même molécules dans leur calcul, ils peuvent donner des tendances différentes, ce qui est important c'est la tendance globale de ces paramètres. Ainsi on notera qu'à température naturelle (~11°C) les eaux sont de nature proche de l'équilibre, voire légèrement corrosive : attaque possible des canalisations en aval du

<sup>1</sup> Théorie de Wagner et Traud)

forge, mais sans excès. La baisse de température qui pourrait résulter de l'utilisation pour le chauffage géothermique (diminution supposée de +5°C) accentuerait légèrement le caractère corrosif des eaux.

**Tableau 5 : Paramètres de l'équilibre calco-carbonique**

Température initiale : 10 °C			Température finale : 5 °C		
Indices	Valeurs	Tendance	Indices	Valeurs	Tendance
Langelier	-0,2	Tendance corrosive	Langelier	-0.30	Tendance corrosive
LSI saturation	0,04	Proche neutralité	LSI saturation	-0,04	Proche neutralité
Ryznar	7,45	Corrosive	Ryznar	7.65	Corrosive
Pickorius	6,39	Leg corrosive	Pickorius	6,59	Corrosive
Larson-skold	0,4	Non corrosive	Larson-skold	0,4	Non corrosive

### 4.3 Hydrologie

L'examen des documents relatifs aux risques d'inondation montre que le site n'est pas soumis à inondation.

### 4.4 Usages de l'eau

Quelques ouvrages exploitant les eaux souterraines sont présents autour du site, cinq ouvrages sont présents dans un rayon de 1 kilomètre par rapport au centre géométrique du site. L'ouvrage le plus proche est situé à 130m au nord-ouest, il s'agit d'un ouvrage d'arrosage du stade de football, situé dans le centre des parcelles constituant le projet.

Le forage situé à 417m serait un ancien puits AEP.

**Tableau 6 : Liste des forages proches**

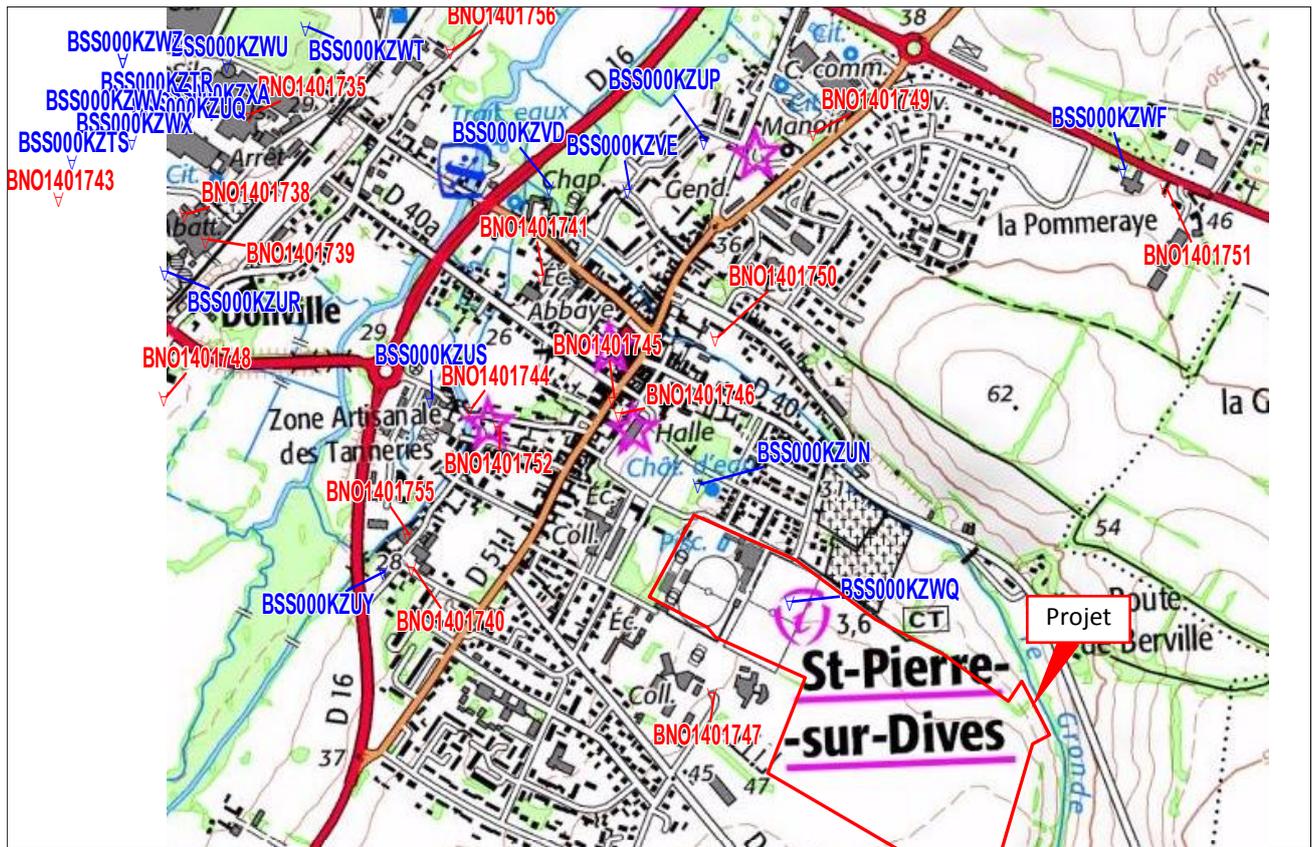
Code BSS	Dist/ projet (m)	X Lambert II	Y Lambert II	Cote sol	Prof	Utilisation
BSS000KZWQ	131	426950	2448985	43	52	Forage eau
BSS000KZUN	417	426780.6	2449216.7	39	33.17	Puits AEP ?
BSS000KZUY	889	426172	2449066	30	40	Forage eau
BSS000KZUS	921	426272	2449396	25	38.8	Non exploité
BSS000KZVE	971	426662	2449787	25	40	Forage eau

D'autres ouvrages, tels que des puits, peuvent exister sur le site sans pour autant être recensés (les puits de moins de 10 m ne sont pas soumis à déclaration s'ils ont un usage domestique). Malgré la proximité des captages AEP (situés à 2km à l'Ouest), le site ne se situe pas dans un périmètre de protection de captage AEP.

Le voisinage des forages des environs ne semble donc pas poser problème vis-à-vis du projet, surtout considérant que le projet géothermique implique un rejet intégral des eaux pompées.

Signalons que dans le cadre de notre prestation, nous n'avons pas l'autorisation de pénétration dans des propriétés privées, aussi il est impossible de procéder au recensement des puits du voisinage qui n'auraient pas fait l'objet de déclarations officielles, notamment par le biais du décret 2008-652 du 2 juillet 2008.

Figure 5 – Forages recensés à banque du sous-sol et sites BASIAS (en rouge)



## 4.5 Sites industriels

### Sites BASIAS

La base de données BASIAS recense les sites industriels abandonnés ou non et susceptible d'engendrer une pollution de l'environnement, ceci notamment afin de conserver la mémoire de ce sites mais aussi afin de fournir des informations aux acteurs de l'urbanisme et de la protection de la l'environnement.

Le recensement des sites (Figure 5) Quelques ouvrages exploitant les eaux souterraines sont présents autour du site, cinq ouvrages sont présents dans un rayon de 1 kilomètre par rapport au centre géométrique du site. L'ouvrage le plus proche est situé à 130m au nord-ouest, il s'agit d'un ouvrage d'arrosage du stade de football, situé dans le centre des parcelles constituant le projet.

Le forage situé à 417m serait un ancien puits AEP.

Tableau 6 : Liste des forages proches

Code BSS	Dist/ projet (m)	X Lambert II	Y Lambert II	Cote sol	Prof	Utilisation
BSS000KZWQ	131	426950	2448985	43	52	Forage eau
BSS000KZUN	417	426780.6	2449216.7	39	33.17	Puits AEP ?
BSS000KZUY	889	426172	2449066	30	40	Forage eau
BSS000KZUS	921	426272	2449396	25	38.8	Non exploité
BSS000KZVE	971	426662	2449787	25	40	Forage eau

D'autres ouvrages, tels que des puits, peuvent exister sur le site sans pour autant être recensés (les puits de moins de 10 m ne sont pas soumis à déclaration s'ils ont un usage domestique). Malgré la proximité des

captages AEP (situés à 2km à l'Ouest), le site ne se situe pas dans un périmètre de protection de captage AEP.

Le voisinage des forages des environs ne semble donc pas poser problème vis-à-vis du projet, surtout considérant que le projet géothermique implique un rejet intégral des eaux pompées.

Signalons que dans le cadre de notre prestation, nous n'avons pas l'autorisation de pénétration dans des propriétés privées, aussi il est impossible de procéder au recensement des puits du voisinage qui n'auraient pas fait l'objet de déclarations officielles, notamment par le biais du décret 2008-652 du 2 juillet 2008.

) indique la présence d'un site à 300m au sud du projet (station service), mais dont l'activité a cessée.

#### **Sites BASOL**

Aucun site BASOL n'est recensé à proximité.

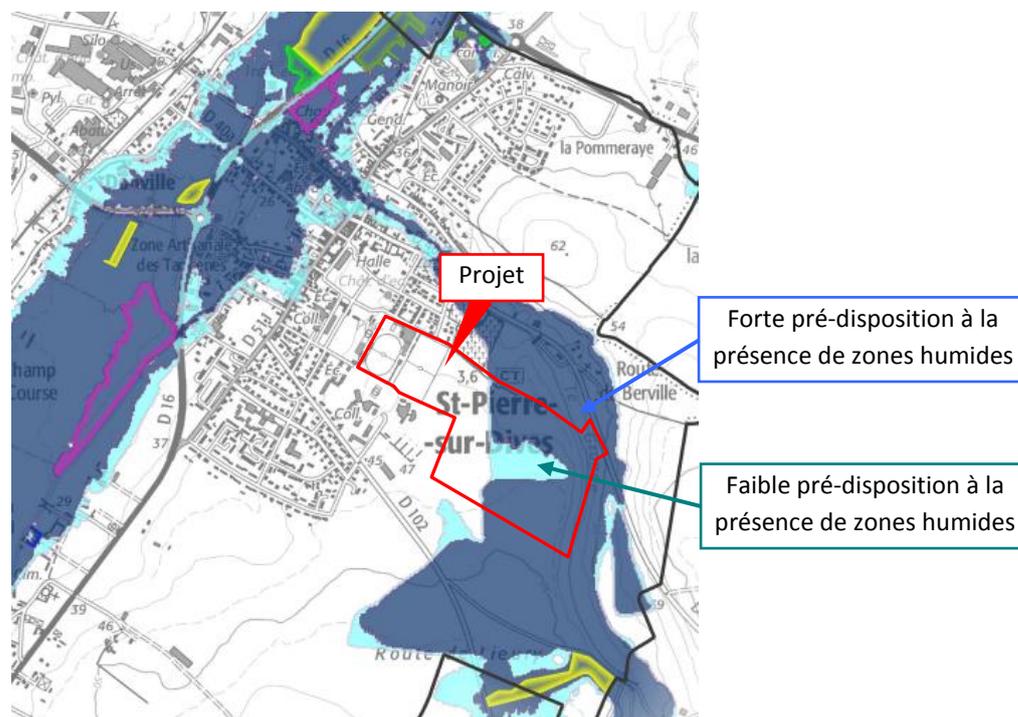
### **4.6 Zones environnementales**

Après consultation des données du patrimoine naturel (données DREAL Normandie), il apparaît que le projet n'est pas inclus dans :

- une zone d'arrêté de protection de biotope (APB) ;
- une réserve naturelle nationale ;
- un parc naturel régional ;
- une ZNIEFF de type I (1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup> génération) ;
- une ZNIEFF de type II ;
- une zone de proposition de Site d'Importance Communautaire (PSIC) ;
- un Site d'Importance Communautaire (SIC) ;
- une Zone de Protection Spéciale (ZPS) ;
- une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) ;
- un site appartenant au patrimoine mondial de l'UNESCO) ;
- une Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)
- un site inscrit ;
- un site classé ;
- un secteur d'application de la convention de Ramsar ;
- une réserve géologique ;
- une zone de tourbière ;

Enfin, la partie orientale est localisée dans une zone à forte prédisposition à la présence d'une zone humide (zonage théorique statistique sans mesure in-situ).

**Figure 6 – Zones humides potentielles**



#### 4.7 Risques liés au sous-sol

**Cavités** : aucune cavité naturelle n'est recensée dans un rayon de 500m autour du site.

**Mouvements de terrain** : Aucun mouvement de terrain n'est recensé autour du projet.

**Tassements** : Le rabattement de la nappe lié au pompage est susceptible d'engendrer, dans certaines conditions, des tassements du sol. L'examen des risques de retrait – gonflement des argiles a été collecté auprès des services concernés<sup>2</sup>. Il s'avère que, sur cet endroit de la commune, l'aléa est faible à nul. Aussi le risque de perturbations des immeubles, par le fait du pompage, est faible.

Rappelons toutefois que le présent dossier ne constitue pas une étude géotechnique, aussi cet aspect ne peut être traité de façon exhaustive<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> www.argile.fr – élaboré par le BRGM

<sup>3</sup> La société ecome n'est pas responsable des aspects géotechniques du projet.

## 5 Contexte réglementaire

L'implantation d'une géothermie sur nappe implique une appréhension stricte des différentes réglementations. Les contraintes règlementaires qui s'appliquent à tous les types de projets de géothermie seront traitées.

L'exploitation d'un aquifère pour de la géothermie (chaleur ou refroidissement) dépend exclusivement du code minier, cependant certaines références au code de l'environnement doivent être vérifiées.

L'articulation réglementaire du projet dépend de la puissance et des débits de pompages développés par le ou les doublets géothermiques.

### 5.1 Textes de référence (géothermie)

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 ;
- 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 Dispositions générales

#### 5.2.1 Arrêté du 25 juin 2015

Conformément aux prescriptions mentionnées dans l'article 2.1 de l'arrêté du 25 juin 2015 relatif aux prescriptions générales applicables aux activités géothermiques, l'implantation du ou des forages devra être étudiée de façon à respecter les contraintes ci-dessous. Les forages devront être situés :

- à plus de 200 m d'une décharge ou d'une installation de stockage de déchets ménagers ou industriels ;
- à plus de 35 m de zones de stockage d'hydrocarbures, produits chimiques et phytosanitaires ou autres produits susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines ;
- à plus de 35 m d'un réseau d'eaux usées ou usine de traitement des eaux ;
- à plus de 35 m d'ou ouvrage souterrain de prélèvement d'eau destiné à la consommation humaine ;

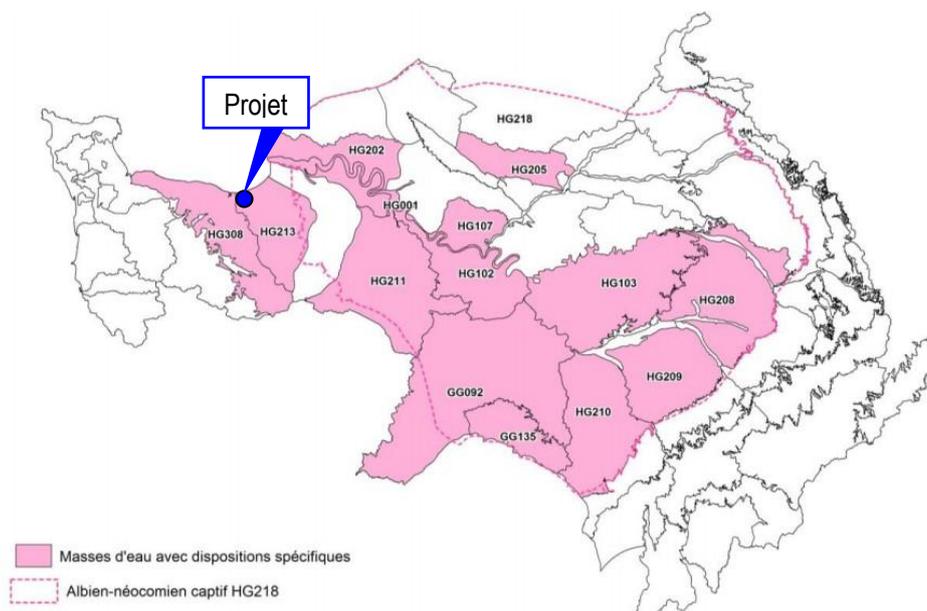
- à plus de 35 m de bâtiments d'élevage et de leurs annexes ;
- à plus de 50 m de parcelles potentiellement concernées par de l'épandage des déjections animales et effluents d'élevage issus des installations classées ;
- à plus de 35 m de parcelles potentiellement concernées par de l'épandage de boues de STEP et de déchets issus d'une ICPE ;
- à plus de 5m de la limite de propriété la plus proche ;
- à plus de 5m de conduites d'eaux usées ou transportant des matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines.

Dans le cas présent, il conviendra de vérifier le respect de ces contraintes, sachant que notamment s'agissant des réseaux eaux usées, il peut être argumenté que la hauteur de cimentation de tête du forage peut permettre de se rapprocher à moins de 35m d'un de ces réseaux. Pour les autres points il convient absolument de les respecter.

### 5.3 Compatibilité avec le SDAGE

Le projet est contenu dans le périmètre du « SDAGE Seine Normandie 2016-2021 » et de son programme de mesures, qui ont été adoptés par le comité de bassin le 5 novembre 2015 et arrêté par le préfet le 20 décembre 2015. Le SDAGE est applicable au 1<sup>er</sup> janvier 2016. La nappe concernée est incluse dans la masse d'eau FRHG308. Cette masse d'eau fait l'objet de dispositions spécifiques en cet endroit (réservation pour l'eau potable). Le Tableau 7 consigne les dispositions du SDAGE concernée par le projet.

**Figure 7 – Masses d'eaux souterraines du SDAGE**



**Tableau 7 – Dispositions du SDAGE et compatibilité avec le projet**

Disposition	Prescription	Observations
D7.110	Poursuivre la définition et la révision des volumes maximaux prélevables sur les masses d'eaux des cartes 24 et 25	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.111	Adapter les prélèvements en eau souterraine dans le respect de l'alimentation des petits cours d'eau, voir les cartes 24 et 25	Le projet ne concerne pas ces zones

D7.112	Masse d'eau souterraine FRHG103 (tertiaire du brie champigny et soissonnais. Cette masse d'eau sera réservée à l'AEP dans le futur	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.113	Masse d'eau souterraine FRGG092 et FRGG135. Ces masses d'eau sont classées en ZRE	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.114	Masse d'eau FRHG218 (albien – néocomien captif). Ressource classée ZRE	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.115	Masses d'eau FRHG001, FRHG202 et FRHG211. Mise en place d'une concertation en vue de prévenir les conflits d'usage.	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.116	Masse d'eau FRHG208 – craie de champagne. Prévision de limitation des prélèvements	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.117	Masse d'eau FRHG209 – craie Sénonais. Prévision de classement en ZRE	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.118	Masse d'eau FRHG210 – craie gâtinais. Prévision d'interdiction des prélèvements	Le projet ne concerne pas ces zones
<b>D7.119</b>	<b>Masses d'eau FRHG308 et FRHG213 – bathonien – bajocien de Caen. Mise en place d'un volume prélevable par usage et par secteur</b>	<b>Le projet concerne cette zone qui est classée en ZRE</b>
D7.120	Masse d'eau FRHG102 – tertiaire du mantois et hurepoix. Prévision de classement en ZRE pour les bassins versant de la Mauldre et de Vaucouleurs	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.121	Masse d'eau FRHG107 – eocène et craie du vexin. Prévision de classement en ZRE	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.122	Masse d'eau FRHG205 – craie picarde. Cette masse d'eau est classée en ZRE sur le bassin versant de l'Aronde. Une répartition des prélèvements par usage sera affectée	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.123	Masse d'eau FRHG104 – Yprésien de l'éocène du Valois. Prévision limitation à l'AEP	Le projet non concerné par cette zone
D7.124	Masse d'eau FRGG092 – calcaires tertiaires et craie sénonienne de Beauce. Prévision limitation de prélèvements	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.125	Masse d'eau FRHG006 - alluvions de la Bassée. Préservation de l'AEP	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.126	Masse d'eau FRHG101 - FRHG202 et FRHG211– suivi renforcé des niveaux de nappe	Le projet ne concerne pas ces zones
D7.127	Masse d'eau FRGG135 - calcaires tertiaires de Beauce– masse à réserver à l'eau potable	Le projet ne concerne pas ces zones
Orientation 28	Protéger les nappes stratégiques à réserver pour l'alimentation en eau potable future. Masses d'eau concernées : FRHG006, FRHG101, FRHG103, FRHG104, FRHG202, FRHG211, FRHG218, FRHG308, FRGG092, FRGG135, FRHG007, FRHG008, FRHG402, FRGG081	Le projet concerne cette zone qui sera réservée à l'AEP dans le futur

Le projet est concerné par l'arrêté interpréfectoral de mars 2017, concernant les zones de répartition de la nappe du bajo-bathonien, ceci implique qu'au delà de 8 m<sup>3</sup>/h de pompage, le projet serait soumis à un régime d'autorisation avec enquête publique. Toutefois, ceci concerne le code de l'environnement dont la

géothermie à été exclus. Le projet n'est donc pas soumis à cet arrêté, ce point sera à valider avec l'administration toutefois.

Le projet est contenu dans le périmètre du SDAGE SEINE-NORMANDIE 2016-2021, approuvé par arrêté préfectoral le 18 novembre 2015 et entrant en vigueur le 22/12/15.

Le projet ne crée pas déséquilibre de la ressource car l'ensemble des eaux pompées sont remise au milieu naturel (ce point sera à défendre en cas de questionnement de l'administration), aussi le projet est compatible avec le SDAGE.

## 5.4 Compatibilité avec le SAGE

Le projet n'est pas concerné par un SAGE approuvé.

## 5.5 Code minier

Le code minier distingue désormais (par son décret n°2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le décret 78-498 du 28 mars 1978), les gites géothermiques de minime importance (GMI) et les autres gites (de puissance supérieure). Cette distinction a une grande importance sur la teneur de l'instruction administrative.

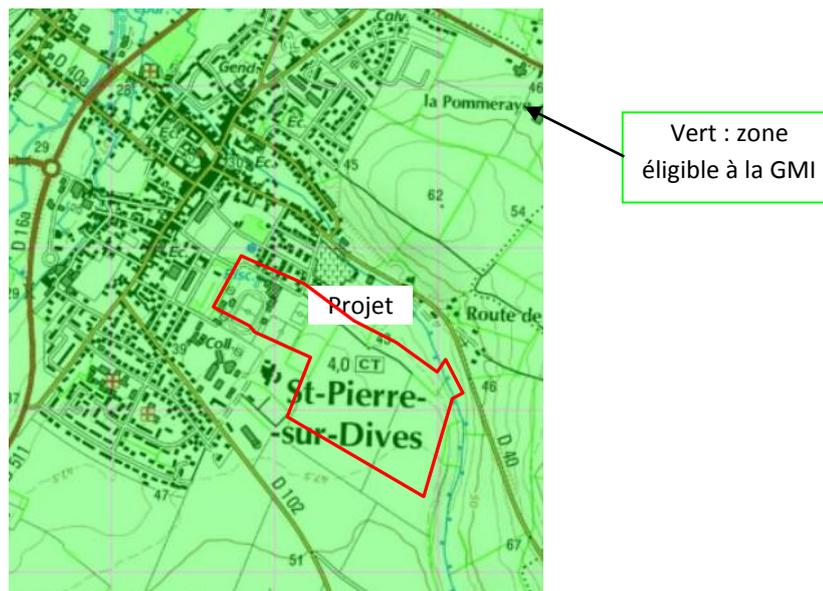
### 5.5.1 GMI

Le Code Minier en « activité Géothermique de Minime Importance (GMI)» (cf article 3-II), à l'exploitation des gites géothermiques, lorsqu'ils répondent aux caractéristiques suivantes :

- profondeur inférieure à 200 mètres ;
- débit calorifique inférieur à 500 kW (production de chaleur) ;
- température de rejet inférieure à 25 °C ;
- réinjection totale des volumes pompés et dans le même aquifère ;
- débits injectés ou prélevés inférieurs à 80 m<sup>3</sup>/h ;
- projet en zone éligible à la GMI (zones vertes ou oranges), dans le cas présent le projet est en zone verte (Figure 8), ne nécessitant pas l'avis préalable d'un expert agréé statuant sur la faisabilité du projet.

Le classement en GMI soumet le projet au régime déclaratif selon l'article 4 du décret 2006-649 du 2 juin 2006, appliquant l'article L.162-10 du code minier. Cette déclaration est faite par télé-service.

Les travaux doivent être réalisés par une entreprise de forage qualifiée agréée par l'état.

**Figure 8 – Zones éligibles à la Géothermie de Minime importance**

Toutefois, si le classement en GMI est admis, plusieurs points techniques sont à considérer, notamment par les prescriptions de l'arrêté du 25 juin 2015 :

- les ouvrages voisins, susceptibles d'utiliser la nappe, ne doivent pas être influencés outre mesure par le projet ;
- la température maximale d'injection en doit pas dépasser 32 °C ;
- l'activité géothermique ne doit pas causer une variation de température de la nappe d'eau de plus de 4°C à 200m

Ainsi, dans le cadre des études préliminaires, il s'avère nécessaire de procéder à des calculs analytiques ou par modélisation mathématique, des impacts potentiels du projet sur l'environnement.

### 5.5.2 Hors GMI

Si le projet n'est pas relatif à la minime importance (voir les critères listés ci-avant), il est classé en régime d'autorisation au titre du code minier, impliquant notamment l'obtention d'une concession minière comprenant une enquête publique (procédure d'instruction plus longue ~12 mois). Ensuite un permis d'exploitation doit être demandé.

## 6 Aspects financiers - garantie

La garantie « AQUAPAC » créée par l'ADEME, le BRGM et EDF permet au maître d'ouvrage de se couvrir des risques d'échec de prospection (débits fixés, capacité de réinjection) ou d'exploitation de géothermie sur nappe. Le montant garanti en recherche, fixé dans le contrat, est égal au cout réel des études préalables, forages, tests et analyses, équipements des puits, désignés dans la demande de recherche, (plafonné au montant prévisionnel), déduction faite des subventions reçues. Elle couvre les études, les investissements, les pertes de rendement des installations au cours de leur exploitation.

C'est donc une double garantie, dont les deux aspects sont indissociables :

- la garantie de recherche couvre le risque d'échec consécutif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante pour le fonctionnement des installations tel qu'il avait été prévu ;

- la garantie de pérennité couvre le risque de diminution ou de détérioration de la ressource, en cours d'exploitation.

« AQUAPAC » assure pendant 10 ans les investissements réalisés pour le captage et le transfert de la ressource jusqu'à l'échangeur eau-eau et sa réinjection. Le risque couvert est celui de l'échec quant à la découverte du débit d'eau maximal de production fixé dans le contrat de garantie comme suffisant au fonctionnement correct des installations, à partir des éléments techniques fournis. Le risque couvert est aussi celui de l'échec quant à la possibilité de réinjection du débit.

## **7 Positionnement des ouvrages - reconnaissance**

Un aquifère principal est présent sous le site. Considérant le sens avéré d'écoulement de la nappe (cf chap 4.2.1), il convient de positionner le forage de pompage en partie sud de la parcelle, et le forage de rejet en partie nord. D'autre part, il est nécessaire de tenir compte de la présence de zones humides potentielles sur la partie orientale du site, et donc de s'éloigner de ces zones.

Dans le cadre de la poursuite des études pour la recherche d'eaux pour l'opération géothermique, il conviendra de procéder suivants les points exposés ci-après :

1. réalisation d'un premier sondage de reconnaissance, sur une profondeur d'au moins 50m. Cet ouvrage de reconnaissance permettra de déterminer la profondeur du niveau statique, d'effectuer une détermination des caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité) par le biais d'un pompage d'essai, et permettra de déterminer la qualité physico-chimique des eaux. Ce sondage de reconnaissance pourra alors constituer le premier forage du futur doublet géothermique ;
2. Considérant les incertitudes sur le sens des écoulements des eaux, et surtout sur le gradient hydraulique de la nappe (qui détermine notamment l'absence ou la présence d'un recyclage thermique, nuisible au projet), nous proposons également de réaliser un piézomètre de contrôle. Cet ouvrage sera éloigné le plus possible du sondage de reconnaissance, il aura une profondeur moindre (une profondeur d'au moins 30m sera nécessaire) considérant la profondeur supposée de la nappe ;
3. Un nivellement des ouvrages avec mesures de la piézométrie permettra alors de définir précisément le gradient hydraulique ;
4. Ceci permettra alors de calculer l'écartement nécessaire du futur doublet géothermique (forage de pompage versus forage de rejet). Le mode de calcul pourra soit être de type analytique avec la formule du temps de percée (méthode moins précise), soit par modélisation mathématique (méthode plus fine) ;
5. le second forage d'exploitation sera alors réalisable suivant les compatibilités entre les écartements calculés et les contraintes de terrain et urbanistiques. Dans tous les cas, il convient d'éloigner au maximum les forages de pompage par rapport aux forages de rejets.