TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

fondasol

Cellule Hydrogéologie Nantes

12 rue Léon Gaumont, 44700 ORVAULT

Tél. : 02 51 77 86 50

TROPICALIA

ETH.18.0178 – Pièce n° 002

RANG-DU-FLIERS (62)

CONSTRUCTION D'UNE SERRE TROPICALE

Étude de préfaisabilité d'exploitation géothermique d'eau souterraine

Suivi des modifications et mises à jour

FTQ.261-A

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
				Nom, Visa	Nom, Visa
	18/10/2018	31		L.MIOTTI	J. JOUBERT
A					
B					
C					

REV PAGE		A	B	C		REV PAGE		A	B	C	
1	X					41					
2	X					42					
3	X					43					
4	X					44					
5	X					45					
6	X					46					
7	X					47					
8	X					48					
9	X					49					
10	X					50					
11	X					51					
12	X					52					
13	X					53					
14	X					54					
15	X					55					
16	X					56					
17	X					57					
18	X					58					
19	X					59					
20	X					60					
21	X					61					
22	X					62					
23	X					63					
24	X					64					
25	X					65					
26	X					66					
27	X					67					
28	X					68					
29	X					69					
30	X					70					
31	X					71					
32						72					
33						73					
34						74					
35						75					
36						76					
37						77					
38						78					
39						79					
40						80					

Sommaire

Présentation de notre mission 4

1 – Description sommaire du projet 4

2 – Mission selon notre proposition d'étude 5

3 – Intervenants 5

4 – Documents remis 5

Descriptif général du site et approche documentaire 6

1 – Topographie, occupation du site et avoisinants 6

2 – Contexte géologique du site 6

3 – Contexte hydrogéologique 7

4 – Contexte hydrologique 11

Données techniques propres à la solution de pompage/injection en nappe 13

1 – Évaluation des besoins en eaux souterraines 13

2 – Données sur la température des eaux souterraines 13

3 – Productivité de l'aquifère 13

4 – Débit d'exploitation et recyclage thermique 13

5 – Qualité de l'eau 15

6 – Conclusion 18

Démarches administratives, normes et aides 19

1 – DT/DICT 19

2 – Code civil 19

3 – Code de l'environnement 20

4 – Code minier 21

5 – Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) 22

6 – Qualifications et Normes 23

7 – Aides et subventions 23

CONCLUSIONS 24

Conditions Générales 25

ANNEXES 27

Annexe 1 – Classes d'altération du SEQ Eaux Souterraines à usage énergie 28

Dans le cadre de la construction d'une serre tropicale, la société TROPICALIA envisage la mise en œuvre d'énergies renouvelables dont des thermofrigopompes sur eau de nappe, pour le chauffage de ses bâtiments.

Dans le cadre de ce projet, la société TROPICALIA a confié à Fondasol une mission d'étude de préfaisabilité d'exploitation géothermique d'eau souterraine, et plus particulièrement concernant la potentielle création d'un doublet de forages captage/réinjection et son exploitation.

Dans le cadre de la présente mission, nous nous sommes attachés à rechercher un débit de 50 m³/h, à ce stade, il s'agit d'une première approche qui sera à confirmer par le bureau d'études thermiques.

1 – Description sommaire du projet

D'après les éléments qui nous ont été communiqués, le projet consiste en la construction d'une serre tropicale de 20 000 m² où régnera une température de 28 C toute l'année.

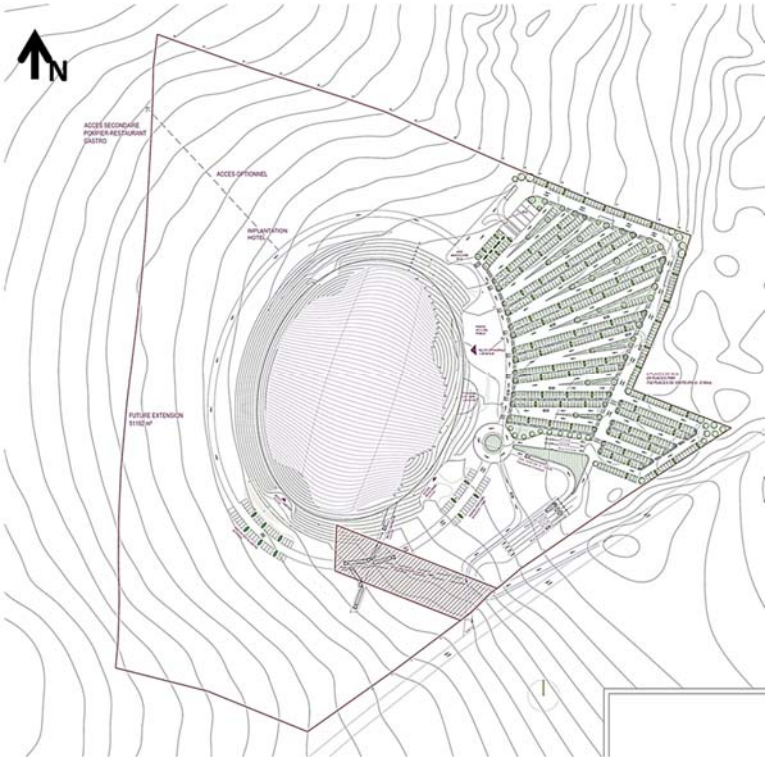

Figure 1 : plan de masse du projet (source : Projex Ingénierie)

Dans le cadre de ce projet, le Maitre d'ouvrage souhaite disposer d'une source d'énergie géothermique via une PAC eau/eau réversible. En première approche, nous considérerons que cette PAC assurerait une température de 28 C toute l'année.

Le projet est localisé au sur un terrain situé le long de la D303, sur la commune de RANG-DU-FLIERS (62).

2 – Mission selon notre proposition d'étude

Il s'agit d'une mission d'étude hydrogéologique et géothermique qui se conclut par la fourniture d'un rapport comprenant :

- **étude préliminaire du site**
  - enquête bibliographique, reprise des éléments en notre possession et recherche des documents d'archive disponibles auprès des administrations et services accessibles (BRGM, DREAL, ARS, Agence de l'Eau, …) et de la base de données FONDASOL ;
- **analyse et synthèse du contexte géologique et hydrogéologique du site et son influence sur le projet**
  - synthèse bibliographique des données existantes permettant de dresser le contexte géologique et hydrogéologique au droit du site ;
  - évaluation des contraintes réglementaires détaillées ;
  - détermination de la coupe géologique prévisionnelle à prendre en compte au droit du site ;
  - données piézométriques (sens d'écoulement, gradient) ;
  - recherche des usages de l'eau de nappe dans le secteur (captages AEP, industriels, dispositifs de drainage, …) ;
  - validation du choix de l'aquifère retenu ;
  - estimation des débits exploitables en nappe en pompage et en injection ;
  - comparaison, en première estimation, entre la ressource et les besoins (puissance requise dans le cadre du projet) ;
  - précision sur la pérennité de la ressource ;
  - évaluation du recyclage thermique en fonction de l'implantation souhaitée (méthode analytique).

3 – Intervenants

Maitre d'ouvrage : TROPICALIA
Maitre d'œuvre : PROJEX INGENIERIE
Bureau d'études Géothermique et Hydrogéologique : FONDASOL

4 – Documents remis

Les documents qui nous ont été remis dans le cadre de l'étude sont :

- rapport d'étude $G2_{AVP}$ réalisé par Fondasol en cours de rédaction à la date d'écriture du présent rapport, référencé NSO.18.0178 - Pièce n°001 ;
- un plan de masse, un plan d'aménagement, les courbes des niveaux projets, au format dwg.

1 – Topographie, occupation du site et avoisinants

Le terrain étudié est localisé sur un terrain situé le long de la D303, sur la commune de RANG-DU-FLIERS (62) (voir Localisation du site, figure 2).

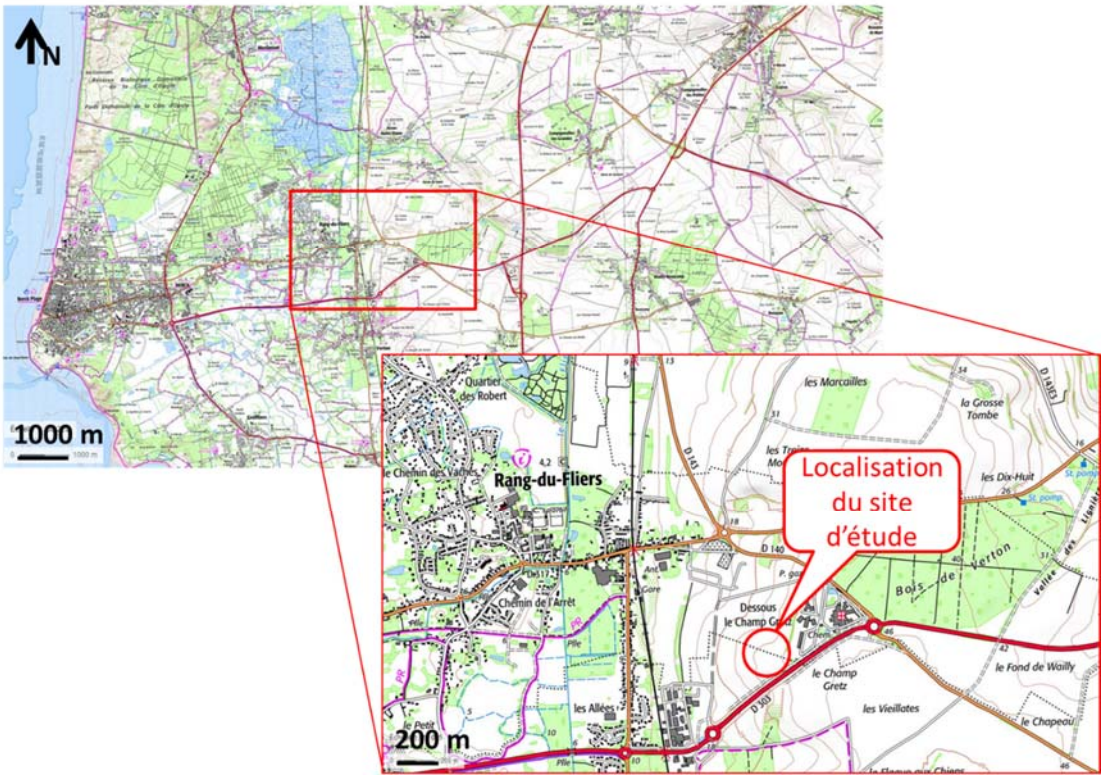

Figure 2 : localisation du site (source : IGN)

Il s'agit d'un terrain enherbé sur un coteau. Les antécédents de la parcelle étudiée ne sont pas connus.

D'un point de vue topographique, le site étudié présente une pente de l'ordre de 2,5% vers l'ouest. Les altimétries du terrain sont comprises entre 28,5 et 41,5 mNGF.

2 – Contexte géologique du site

D'après la carte géologique de MONTREUIL au 1/50 000 (Edition BRGM) (voir Extrait de la carte géologique, figure 3), le sous-sol au droit du site est composé, sous une couverture superficielle de terre végétale, par les formations limoneuses (Limons des Plateaux – Quaternaire), surmontant la Craie blanche du Sénonien et Turonien.

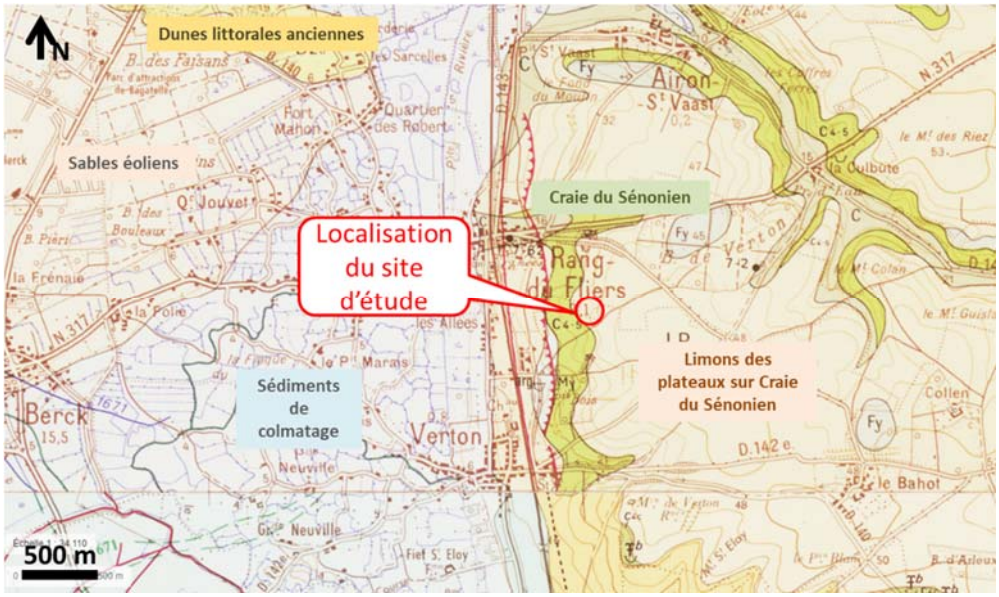

Figure 3 : extrait de la carte géologique (source : BRGM)

3 – Contexte hydrogéologique

3.1 – Aquifères en présence

Au droit du site, on recense un aquifère contenant une nappe libre dans la craie du Sénonien. Sa productivité dépend de la fracturation plus ou moins importante de la roche. Il en résulte une variabilité très importante de la perméabilité tant verticalement qu'horizontalement (selon des directions souvent combinées de la fracturation) dans cette formation : le milieu crayeux est hydrauliquement très hétérogène.

Il s'agit d'une nappe puissante, productive, dont le débit est, dans les captages d'eau potable, de l'ordre de 200 m³/heure. Le réseau aquifère est plus dense dans les régions où la craie est la plus fissurée, c'est-à-dire dans les vallons secs et dans les vallées. Il est beaucoup moins dense à l'aplomb des plateaux.

3.2 – Remontée de nappes

D'après la cartographie du Géorisques (*www.georisques.gouv.fr*), le secteur d'étude présenterait une sensibilité faible face au risque de remontée de nappe. La carte ci-dessous présente ce risque d'inondation par remontée de nappes.

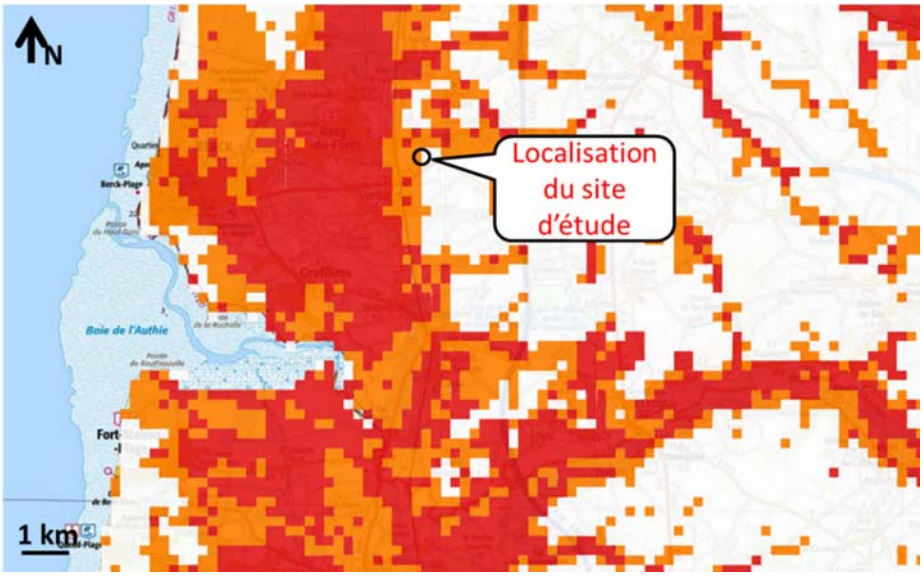

Figure 4 : cartographie de sensibilité face au risque de remontées de nappes (source : Géorisques)

3.3 – Points d'eau recensés à proximité du projet

La consultation des bases de données (BSS du BRGM) indique quelques ouvrages présentant des niveaux d'eau stabilisés à proximité du site d'étude. Il s'agit essentiellement de forages de reconnaissance et de puits à l'usage d'eau industrielle. La localisation et les caractéristiques de ces ouvrages sont synthétisées dans la figure et le tableau ci-dessous.

Figure 5 : localisation des ouvrages à proximité du secteur d'étude (source : BSS)

Ouvrage	Profondeur (m/TA)	Aquifère captée	NS (m/TA)	NS (mNGF)	Date
BSS000BPVG	102,4	Craie	6,0	15,0	Non spécifiée
BSS000BPYN	82,8		9,1	6,9	15/02/1965

Tableau 1 : ouvrages environnants et niveaux d'eau

Ces ouvrages captent la Craie du Séno-Turonien à des profondeurs relativement importantes. Les relevés d'eau datent des années 60 et 70, les ouvrages sont situés dans un rayon de 500 m par rapport au site d'étude. Les niveaux de nappe disposés sont compris entre 6,0 et 9,1 m/TA, soit des cotes comprises entre 6,9 et 15,0 mNGF dans la Craie du Séno-Turonien présente à proximité du site d'étude.

La commune de Berck-sur-mer est alimentée en eau potable par deux ouvrages situés à environ 1,7 km au nord-est du site d'étude, exploitant le champ captant d'Airon-Saint-Vaast. Il s'agit des ouvrages référencés BSS000BPVE et BSS000BPVF captant la craie du Sénonien. Quelques puits d'irrigation situés dans un rayon d'1 km du site d'étude, ont fait l'objet de tests de perméabilité. Les caractéristiques hydrodynamiques de ces ouvrages sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Ouvrage	Date	Profondeur	NS (m/TA)	Durée pompage (h)	Débit (m^3/h)	s (m)	T (m^2/s)
BSS000BPZY (eau irrigation)	Mars 1992	26,0	-	-	40	-	-
BSS000BPZS (eau irrigation)	Fev. 1989	51,0	24,0	4	58	10,5	$1,5.10^{-3}$
					76	4,5	$4,7.10^{-3}$
BSS000BPVE (eau collective)	Oct. 1950	75	18,3	30	210	26,9	$2,2.10^{-3}$
BSS000BPVF (eau collective)	Dec. 1958	50	8	NC	200	13	$4,3.10^{-3}$

Tableau 2 : caractéristiques hydrodynamiques des ouvrages environnants (source : BSS)

D'après une analyse sommaire, il apparait que ces ouvrages présentent des transmissivités comprises entre 1,5 et 4,7.10^{-3} m^2/s (pour cette dernière transmissivité, ouvrage présent au droit d'une vallée). Il est à noter que certains de ces ouvrages ont subis des acidifications pour permettre d'augmenter leur productivité.

L'ouvrage référencé BSS000BPZE localisé également dans le camp captant à 1,6 km au nord-est du site d'étude serait également un puits de captage d'eau collective. Aucune information sur les caractéristiques hydrodynamiques n'est disponible sur la BSS pour cet ouvrage.

Les valeurs de transmissivité estimées ici sont à prendre avec précaution : seulement trois ouvrages ont été testés, les tests ayant été réalisés entre 1950 et 1992, et le contexte hydrogéologique est différent de celui présent au droit du site d'étude. En effet, les ouvrages testés sont localisés en fond de vallons/vallées, où la productivité est habituellement plus importante (voir plus haut, § 3.1).

3.4 – Suivi piézométrique d'archive

Le piézomètre le plus proche se situe à Buire-le-sec à 12,5 km au sud-est du site. Il s'agit du piézomètre référencé 00241X0012/P1 captant les formations de la Craie du Séno-Turonien, dont un suivi piézométrique a été réalisé de mars 1972 à septembre 2018. La figure ci-dessous présente l'évolution du niveau de la nappe au droit de cet ouvrage.

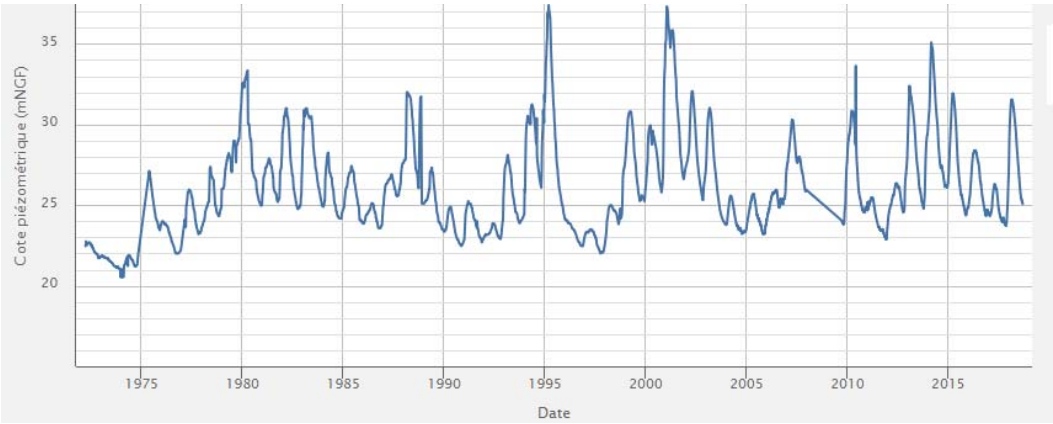

Figure 6 : évolution du niveau de la nappe de la Craie du Sénonien au droit de l'ouvrage BSS000CJSH

Le battement observé au droit du piézomètre est de l'ordre de 16,8 m au cours de la période d'observation de 46 ans, avec une cote minimale de l'ordre de 20,54 mNGF et maximale de 37,40 mNGF.

3.5 – Piézométrie, sens d'écoulement et fluctuation de la nappe

La carte piézométrique de 2009 à l'étiage présentée sur le site du SIGES indique que la nappe de la Craie du Sénonien s'établit vers la cote de 4 mNGF au proche du projet (voir la figure suivante). La cote topographique au droit du projet est de l'ordre de 30 à 40 mNGF, ce qui signifierait que, selon cette donnée bibliographique, la nappe se situerait entre 21 et 36 m de profondeur/TA au droit du site à l'étiage.

À l'étiage, le gradient hydraulique de la nappe de la craie est inférieur à 1 % (entre l'isopièze 5 mNGF et le littoral) et elle s'écoule vers l'ouest.

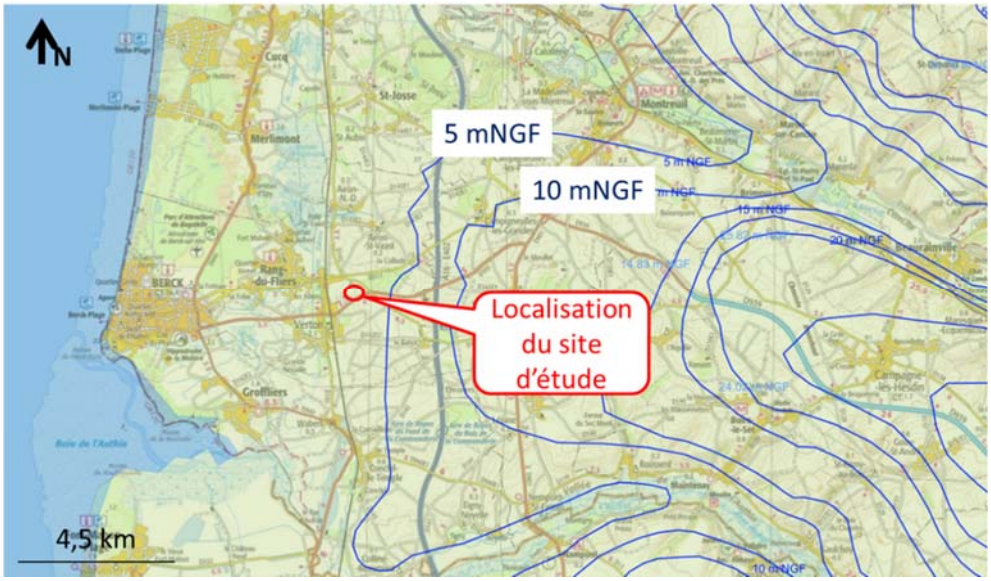

Figure 7 : extrait de la carte piézométrique de la nappe du Sénonien à l'étiage - 2009 (source : SIGES)

La carte piézométrique de 2009 en hautes eaux présentée sur le site du SIGES indique que la nappe de la Craie du Sénonien s'établit vers la cote de 5 mNGF au droit du site (voir la figure suivante) : il apparait donc que, selon cette donnée bibliographique, la nappe se situe entre 25 et 35 m de profondeur/TA au droit du site en période de hautes eaux.

En période de hautes eaux, le gradient hydraulique de la nappe de la craie est également inférieur à 1 % et elle s'écoule aussi vers l'ouest.

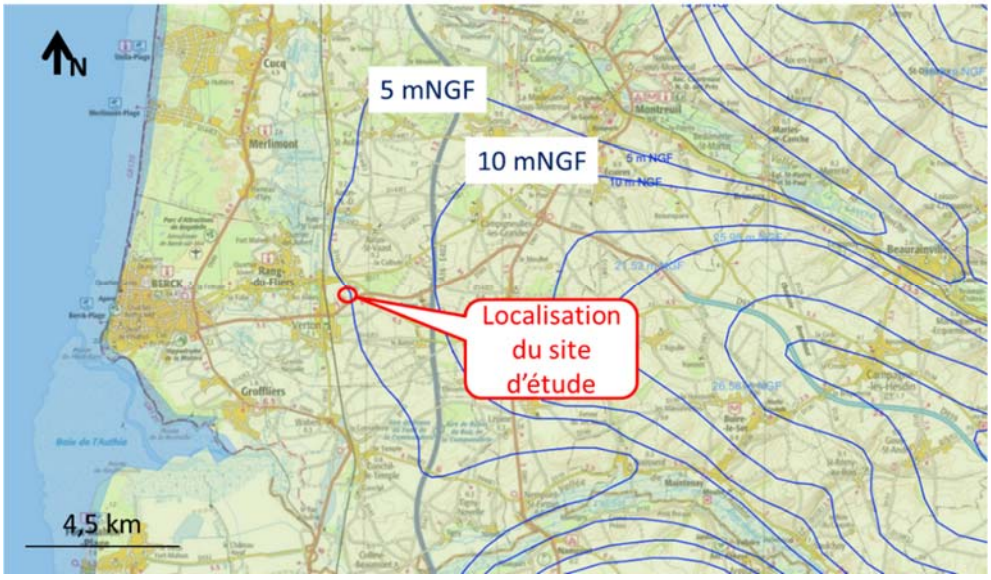

Figure 8 : extrait de la carte piézométrique de la nappe du Sénonien en hautes eaux – 2009 (source : SIGES)

Selon les cartes piézométriques du SIGES, le battement de la nappe au droit du site sur l'année 2009 serait de l'ordre de 1 m, ce qui est considérablement différent du battement observé au droit du piézomètre de référence de Buire-le-Sec. Le battement de la nappe de la Craie est d'une manière générale plus important sur les plateaux qu'à proximité du réseau hydrographique ou des zones littorales.

Il est important de noter qu'en contexte littoral, l'intersection de l'eau douce (continentale) et de l'eau saumâtre puis salée forme un biseau : l'eau salé, plus dense car comprenant plus de soluté, se trouve sous l'eau douce. L'équilibre de ce biseau est précaire et il est important d'en tenir compte lors de l'exploitation d'un forage pour limiter le risque d'intrusions salines et donc d'altération de la qualité des eaux souterraines plus à l'aval.

4 – Contexte hydrologique

4.1 – Les cours d'eau

Le site se situe à environ 1 km à l'est du Fliers, et à environ 6-7 km à l'est de l'estuaire de l'Authie et du littoral. De manière générale, le site d'étude est localisé sur un coteau en aplomb des marais de l'estuaire de l'Authie. La carte ci-dessous présente le contexte hydrographique dans l'environnement du site.

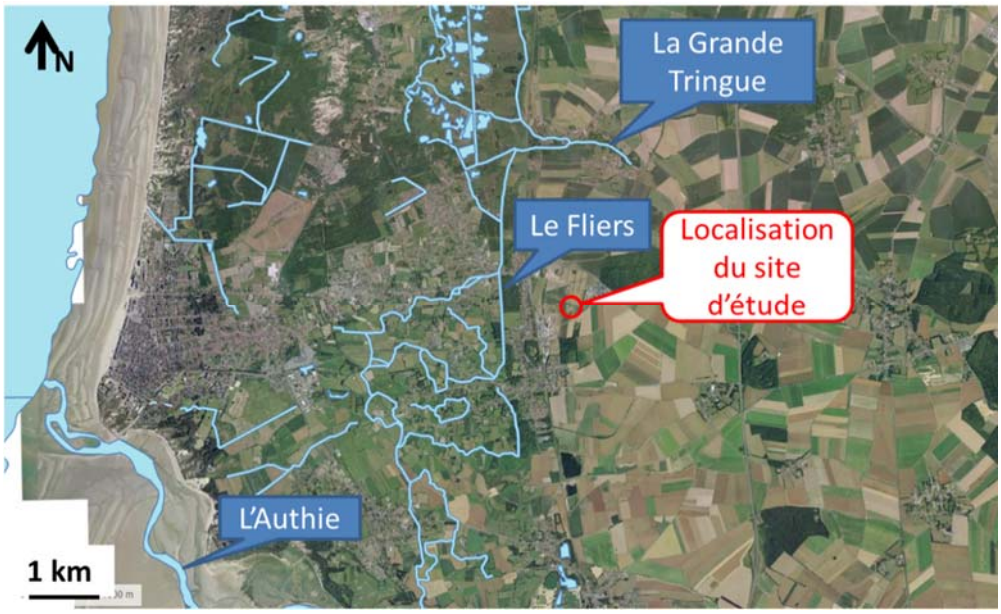

Figure 9 : cartographie des cours d'eau (source : Géoportail)

D'après l'Institution Interdépartementale Pas-de-Calais/Somme pour l'Aménagement de la Vallée de l'Authie (organisme gestionnaire), les périodes d'étiage, tout comme les crues, sont limitées au droit de l'Authie. La régularité du débit du fleuve s'explique par le puissant aquifère des niveaux crayeux du Crétacé (Sénonien, Turonien et plus rarement Cénomanien) qui renferme une nappe puissante en communication directe avec les cours d'eau de la région. Cette nappe contribue à 80 % du débit de l'Authie et joue un rôle régulateur. Pendant les mois de faibles précipitations (essentiellement en période estivale), la rivière est alimentée par la nappe, d'autant plus que son niveau est bas par rapport à celui de cette dernière, durant l'automne et l'hiver à plus importante pluviosité, ce sont les hautes eaux de la rivière qui peuvent contribuer à la recharge des nappes.

4.2 – Les inondations par débordement de cours d'eau

La baie d'Authie possède un PPRL, cependant la zone d'étude n'est pas cartographiée en tant que zone inondable. La figure suivante présente le PPRL du secteur Montreuillois pour un aléa centennale de référence (source : Préfet du Pas-de-Calais)

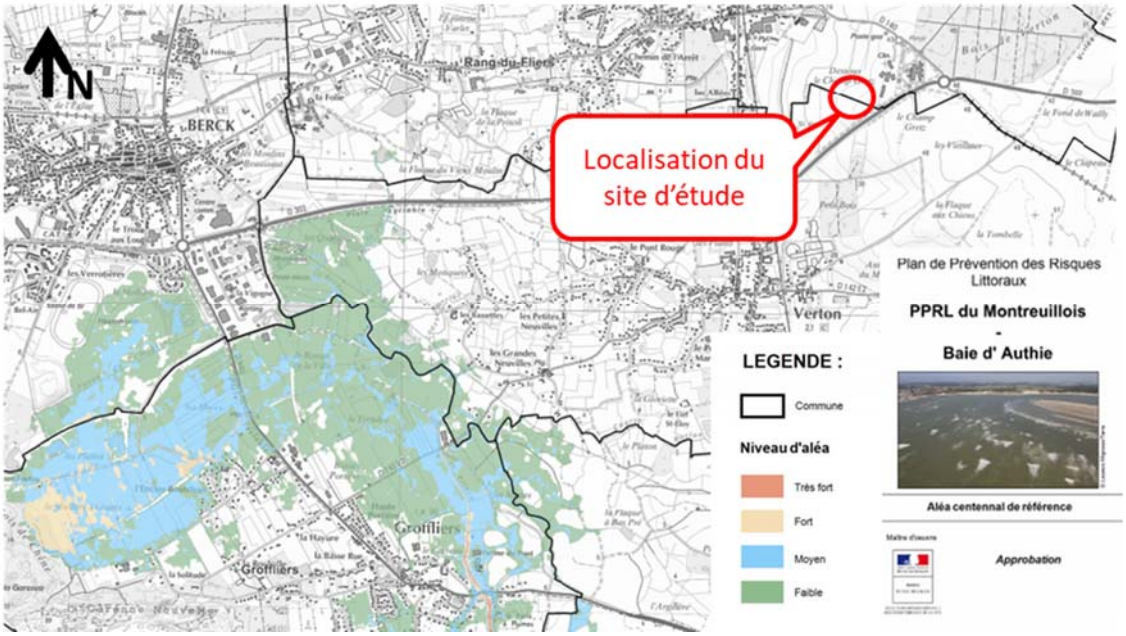

Figure 10 : PPRL du Montreuillois – Aléa centennale de référence (source : Préfet du Pas-De-Calais)

4.3 – Synthèse - Exploitabilité de la ressource

La nappe la plus importante se trouve dans la Craie du Sénonien (transmissivité de 1,5 et $4{,}7.10^{-3}$ m^2/s, puissance de l'aquifère supérieur à 200 m, source BRGM). La perméabilité en grand de la craie provient des fissures et des joints de stratifications qui sont interconnectés. Ces fissures et joints se referment avec l'approfondissement des couches, impliquant une diminution de perméabilité avec la profondeur. Ceci explique des caractéristiques variables tant verticalement qu'horizontalement de cette formation en fonction de la distance au réseau hydrographique.

Étant donné les besoins estimés de l'ordre de 50 m^3/h en première approche, et pour des raisons techniques et économiques, l'aquifère visé est celui de la Craie du Sénonien. La formation de surface est réduite en épaisseur et ne dispose pas d'une perméabilité suffisante pour espérer l'exploiter à un débit suffisant.

1 – Évaluation des besoins en eaux souterraines

L'estimation des besoins et des consommations devra être confirmée par un bureau d'étude thermique pour pouvoir conclure sur la faisabilité de la solution. Dans un premier temps, nous partirons sur un besoin de l'ordre de 50 m^3/h pour le chauffage de l'ensemble des bâtiments du projet.

2 – Données sur la température des eaux souterraines

Un ouvrage captant les eaux de la Craie dans le champ captant voisin (référence : BSS000BPVE (00167X0002/F3)), est présent à environ 1,6 km au nord-est du site d'étude. La température de la nappe de la craie mesurée au droit de ce point est variable, comprise entre 6,2 et 14,9°C, avec une moyenne de 11,4°C (50 mesures).

Pour vérification, la température de la nappe pourra être mesurée lors de la réalisation de pompages d'essai, si ces derniers sont entrepris à la suite de la réalisation de la reconnaissance.

En première approche, une température de 11-12°C sera retenue dans la suite du rapport.

3 – Productivité de l'aquifère

Comme indiqué précédemment, d'après les données collectées auprès du SIGES, les formations de la craie blanche du Sénonien constituent l'un des aquifères les plus importants du secteur d'étude, limité au mur par les Marnes du Turonien. Ces formations présentent une transmissivité comprise entre 1,5 et $4{,}7.10^{-3}$ m^2/s (d'après les ouvrages environnants répertoriés dans la BSS).

Le coefficient d'emmagasinement est moins bien connu régionalement. En nappe libre, il s'agit de la porosité efficace dont la valeur moyenne est de l'ordre de 2 % (sur 38 valeurs), avec quelques valeurs exceptionnelles atteignant voire même dépassant 10 %. En nappe captive, le coefficient d'emmagasinement reste le plus souvent de l'ordre de 10^{-4} (1 à 7.10^{-4}) (source : SIGES Nord-Pas de Calais).

Ces caractéristiques hydrogéologiques restent issues de la bibliographie et elles ne pourront être vérifiées que par des investigations géologiques et hydrogéologiques in situ.

4 – Débit d'exploitation et recyclage thermique

4.1 – Débit exploitable

Au vu de la piézométrie attendue au droit du site, des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe de la craie et des conditions d'exploitation (règle de l'art : ne pas dénoyer plus du tiers de l'aquifère libre au droit du captage et ne pas altérer la lentille d'eau douce sur l'eau attendue saumâtre), le débit potentiel au droit du site ne peut être défini qu'après la mise en œuvre d'un forage de reconnaissance.

Considérant un débit spécifique sécuritaire de l'ordre de 2 m³/h/m, ce dernier, traduit un milieu faiblement fracturé, l'objectif ici, est donc de capter les horizons fracturés, de profondeur inconnue à ce stade du projet, c'est pourquoi, afin d'intercepter les horizons fracturés, nous proposons la réalisation d'un forage de reconnaissance atteignant la zone saturée, sans pénétrer de plus de 15 m pour éviter le mélange des eaux saumâtres/douces, soit une profondeur de l'ordre de 35 à 45 m/TA, selon l'implantation de l'ouvrage.

À l'inverse en injection et pour un même débit, les pertes de charges sont supérieures d'un facteur 1,5 à 2 à celles habituellement observées en pompage. La pression admissible dépend des matériaux utilisés pour l'équipement, mais il est couramment retenu qu'elle doit rester inférieure à 2 bars. Pour limiter aussi la pression d'injection dans un ouvrage, il est courant de disposer non pas d'un doublet géothermique, mais d'un triplet géothermique comprenant un ouvrage de pompage et deux ouvrages d'injection.

Pour vérifier les caractéristiques locales de la nappe et le potentiel d'exploitation géothermique, plusieurs ouvrages devraient être réalisés : un forage d'essai (dimensionné pour être utilisé en forage de captage au débit supposé de 50 m³/h) et des piézomètres pour affiner la connaissance de l'aquifère (notamment le rayon d'action). Les piézomètres pourraient être les forages/puits du secteur, ou les piézomètres à disposer dans le cadre des études géotechniques.

4.2 – Capacité de réinjection

Bien que les lois de l'hydraulique soient théoriquement réversibles, il est en pratique toujours plus difficile de réinjecter de l'eau dans un puits que d'en pomper car les pertes de charges sont toujours plus importantes en injection qu'en pompage. Ainsi, le facteur limitant pour un dispositif de pompage/réinjection est bien souvent le débit que l'on peut réinjecter.

Au droit du site d'étude, dans l'attente de la réalisation d'un forage de reconnaissance, la hauteur saturée disponible n'est pas connue à ce jour.

En l'absence d'informations plus précises, nous recommandons la création d'un forage d'essai (idéalement accompagné de piézomètres) qui permette de tester l'aquifère en pompage et en injection, aussi le forage d'essai est souvent dimensionné pour être exploité en forage de rejet, ce qui permet de tester l'aquifère sur toute sa puissance captée par l'ouvrage et de dimensionner le second ouvrage en fonction des observations faites sur le premier.

Par ailleurs, le dimensionnement des ouvrages tient aussi compte du diamètre de la pompe d'exploitation qui doit être positionnée, idéalement dans une chambre de pompage. Quand les niveaux statique et dynamique sont trop bas, la pompe est alors positionnée dans la chambre de captage (crépines).

Le débit recherché est de 50 m³/h : il se situe sur les gammes de pompe immergées de 6".

La coupe technique (profondeur de l'ouvrage, diamètre de foration et d'équipement, longueur de crépines, slot…) sera adaptée en fonction des observations (lithologie, arrivées d'eau) qui pourraient être faites à la foration, en pompage (forage d'essai).

Pour tenter de solliciter la nappe en pompage au débit de 50 m³/h, il est envisagé de réaliser un forage d'une profondeur de 35 à 45 m par rapport au terrain actuel dans la Craie du Séno-Turonien, ou au mur de l'aquifère si celui-ci est repéré avant.

4.3 – Estimation du recyclage thermique

Un calcul succinct permet d'estimer un recyclage thermique moyen entre le forage de captage (C) et le forage de rejet (R) selon les hypothèses posées suivantes :

- distance entre les ouvrages : hypothèse de 150 m ;
- angle de l'ordre de 180° entre la direction captage / rejet et le sens d'écoulement attendu de la nappe de la craie ;

- les valeurs des autres paramètres (transmissivité et gradient) sont estimées d'après la bibliographie présentées dans les paragraphes précédents ;
- pour une exploitation de 219 000 m^3/an (soient 50 m^3/h 12/24 h, 12 mois dans l'année), et considérant une valeur de transmissivité de 1.10^{-3} m^2/s et un gradient de 1 %, le recyclage thermique est notable (de l'ordre de 49,8 %, sans tenir compte d'une éventuelle exploitation des eaux souterraines pour rafraichissement) ;
- le temps de percée est très faible, de l'ordre d'une journée, avec une stabilisation de la température de la nappe de l'ordre de 9,5°C (température initiale de 12°C).

Le recyclage thermique sera recalculé à partir des paramètres hydrodynamiques obtenus au droit de l'ouvrage de reconnaissance.

Pour sécuriser le dispositif, la réalisation d'une modélisation et la mise en place du système de suivi de la température, à l'entrée et à la sortie du dispositif, permettrait d'évaluer l'incidence réelle de l'exploitation du doublet sur les performances du dispositif et d'adapter le cas échéant le dispositif.

5 – Qualité de l'eau

La chronique qualitative au droit d'un qualitomètre mobilisant l'aquifère de la Craie du Sénonien a été recueillie dans le portail d'Accès aux Données des Eaux Souterraines (www.ades.eaufrance.fr) : le qualitomètre BSS000BPVE.

Ces données permettent d'appréhender la qualité des eaux souterraines en les comparants au SEQ Eaux Souterraines à usage énergie. La synthèse de ces données, est fournie ci-après.

BSS000BPVE						
		Nbre	Min	Moy	Médiane	Max
Altération température – usage clim						
Température	°C	50	6,2	11,38	-	14,9
Altération température – usage pompe à chaleur						
Température	°C	50	6,2	11,38	-	14,9
Altération corrosion						
CO_2 dissous	mg/l	16	23	32,4	-	64
O_2 dissous	mg/l	33	4,8	8,72	-	11,4
Salinité		-	-	-	-	-
Conductivité (à 25 °C)	µS/cm	35	735,0	621,1	-	741,0
pH		16	7,05	7,36	-	7,95
Chlorures	mg/l	54	21,6	43,9	-	98
Sulfates	mg/l	55	6,0	14,5	-	21,9
Ferro bactéries		-	-	-	-	-
Bactéries sulfato-réductrices	N	-	-	-	-	-
Sulfures	mg/l	-	-	-	-	-
Eh, potentiel d'oxydoréduction	mV	-	-	-	-	-
Altération formation de dépôts						
pH		16	7,05	7,36	-	7,95
Eh selon pH		-	-	-	-	-
O_2 dissous*	mg/l	33	4,8	8,72	-	11,4
Ferro bactéries	N	-	-	-	-	-
pH équilibre		16	7,15	7,32	-	7,47
Titre Alcalimétrique Complet	°F	33	22,6	24,92	-	29,3
Indice de saturation selon TAC		-	-	-	-	-

Tableau 3 : qualité de l'eau de la nappe de la craie et comparaison avec le SEQ ES à usage énergie

En fonction de ces premiers éléments incomplets, la comparaison de la qualité de l'eau au SEQ ES à usage énergétique considéré sur les altérations climatisations et PAC est passable à bon à satisfaire l'usage vis-à-vis de la nappe de la Craie du Sénonien au droit du piézomètre de référence. Cependant, faute de données suffisantes, il n'est pas possible d'évaluer si le milieu favorise ou non la corrosion et les dépôts (et donc le colmatage des crépines). Il apparait tout de même que la quantité d'oxygène dissous est importante, avec un risque de corrosion/dépôt élevé dans les canalisations.

La qualité de l'eau sera comparée au SEQ Eaux Souterraines pour en vérifier la compatibilité avec l'usage énergie. La vérification de la compatibilité de la qualité de l'eau avec le matériel (PAC) reste à la charge du maitre d'ouvrage.

5.1 – Agressivité et corrosivité : définitions

La corrosivité d'une eau est le résultat de l'interaction électrochimique entre le caractère électrolytique de cette eau (présence d'anions et de cations) et le métal (ou le béton). Cette interaction conduit à la dissolution du métal et sa transformation en oxydes insolubles (la corrosion la plus connue est la rouille qui correspond à l'action de l'eau sur l'acier). Le degré de corrosivité peut être mesuré par la conductivité (qui correspond à la minéralisation de l'eau : moins il y a de cations et d'anions dans l'eau, moins cette eau sera corrosive).

L'agressivité d'une eau est la tendance à dissoudre du carbonate de calcium : elle est due au CO_2 (anhydride carbonique) libre présent dans l'eau.

5.2 – Valeurs des paramètres

BSS000BPVE						
		Nbre	Min	Moy	Médiane	Max
pH		16	7,05	7,36	-	7,95
pH équilibre		16	7,15	7,32	-	7,47
Chlorures	mg/l	54	21,6	43,9	-	98
Sulfates	mg/l	55	6,0	14,5	-	21,9
Hydrogénocarbonates	mg/l	34	276	301,8	-	357
Titre Alcalimétrique Complet	°F	33	22,6	24,92	-	29,3
Dureté	°F	23	28,1	31,17	-	37,4

Tableau 4 : paramètres qualitatifs de l'eau de la nappe de la craie (source : *www.ades.eaufrance.fr*)

5.3 – Indice de Larson

L'indice de Larson permet de déterminer la corrosivité d'une eau à partir des concentrations en ions chlorures, sulfates et bicarbonates. Cette formulation ne tient pas compte des ions calcium et magnésium qui ralentissent le phénomène de corrosion ni des bactéries qui accentuent le phénomène.

L'indice de Larson ou indice de corrosivité est déterminé par la formule empirique suivante :

$$Ic = \frac{[Cl-] + 2\,[SO42-]}{[HCO3-]}$$

Avec Ic, indice de corrosivité
$[Cl^-]$, concentration en chlorures (mol/l)
$[SO4^{2-}]$, concentration en sulfates (mol/l)
$[HCO^{3-}]$, concentration en hydrogénocarbonates (mol/l)

L'indice de Larson de l'eau (valeurs moyennes) prélevée au droit de ce qualitomètre est de 0,1. Le tableau ci-après donne la relation entre l'indice de Larson et la corrosivité de l'eau :

Indice de Larson	Caractère de l'eau
< 0,2	Pas de tendance à la corrosion
0,2 à 0,4	Faible corrosion
0,4 à 0,5	Légère corrosion
0,5 à 1	Corrosion moyenne
> 1	Nette tendance à la corrosion

Tableau 5 : relation entre l'indice de Larson et la corrosivité de l'eau

5.4 – Indice de Leroy

L'indice de Leroy, qui est égal au rapport du TAC sur le TH, permet de confirmer ou non la tendance à la corrosion d'une eau déterminée à partir de l'indice de Larson.

Une eau est considérée comme non corrosive si l'indice de Leroy est compris entre 0,7 et 1,3.

L'indice de Leroy de l'eau (valeurs moyennes) de ce qualitomètre est de 0,8. Ce résultat indique **la faible corrosivité de l'eau** de la nappe de la craie au droit du qualitomètre.

6 – Conclusion

En fonction de ces premiers éléments incomplets, la comparaison de la qualité de l'eau au SEQ Eau souterraine à usage énergétique indique que l'eau de la nappe est passable vis-à-vis de l'usage énergétique considéré sur les altérations : climatisation et PAC ; sans que l'aspect corrosion et agressivité n'ai pu être déterminé (évaluation du colmatage des crépines du forage d'injection). Fautes de mesures suffisantes, il s'agit là d'une approche partielle.

La température de l'eau attendue de la nappe de la craie présente au droit du site est de l'ordre de 12°C (valeur à confirmer).

La compatibilité sera à confirmer par la réalisation d'un prélèvement pour analyse sur le forage d'essai, d'une mesure d'oxygène dissous par sonde immergée et comparaison au SEQ eaux souterraines (prestations à ce jour non prévues).

La qualité de l'eau sera comparée au SEQ Eaux Souterraines pour en vérifier la compatibilité avec l'usage énergie. La vérification de la compatibilité de la qualité de l'eau avec le matériel (PAC) reste à la charge du maitre d'ouvrage.

Dans le contexte du développement des énergies renouvelables et de la transition énergétique, le cadre réglementaire relatif à la géothermie de minime importance a fait l'objet d'une révision. Le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015 a modifié les deux décrets qui encadrent l'activité géothermique : le décret n°78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie modifié et le décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains modifié.

Tous les acteurs de projets de géothermie sur aquifère et/ou sur champ de sondes doivent se conformer à la réglementation en vigueur (tant nationale que locale) et en particulier aux obligations en matière de protection de l'environnement et des conditions de travail.

Trois séries de textes régissent les dispositions réglementaires applicables aux projets de géothermie sur aquifère et/ou sur champ de sondes : le Code civil, le Code minier, le Code de l'environnement.

Dans le cadre de ces opérations, nous tenons à rappeler que toute réalisation de forage doit se conformer aux règles en vigueur et si elles n'étaient pas respectées, la mise en demeure des prestataires en charge de la conception et de l'exécution des travaux de forages serait automatiquement appliquée, avec à charge la reprise de toutes ou parties des ouvrages non conformes.

1 – DT/DICT

Avant la réalisation de tous travaux souterrain, le maître d'ouvrage, ou son délégataire, doit engager les démarches administratives en conformité avec la législation applicable en France et notamment de l'arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du Code de l'Environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution1.

Ainsi, les travaux projetés à proximité de canalisations et réseaux enterrés doivent être déclarés à leurs exploitants, avant leur exécution, au moyen de la déclaration de projet de travaux (DT – ex DR) par le maître d'ouvrage, et la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) par l'exécutant des travaux2. Le repérage des réseaux (câbles électriques, conduites d'eau ou de gaz, etc.) doit être fait avant l'engagement des travaux.

2 – Code civil

Du point de vue du Code Civil3, le constructeur d'un ouvrage est responsable des dommages éventuels causés par l'ouvrage. Cette responsabilité est engagée pendant une période de 10 ans. C'est ce que l'on qualifie habituellement de garantie décennale.

---

[1] JORF n°0045 du 22 février 2012 page 2988 - texte n° 10. NOR: DEVP1116359A

2 **Attention** : une nouvelle **DICT** est nécessaire si les travaux annoncés dans la première ne sont pas entrepris dans un délai de **3 mois** à compter de la consultation du guichet unique, ou en cas d'interruption des travaux de plus de 3 mois.

3 **Art. 2270** du **Code Civil**: « Toute personne physique ou morale, dont la responsabilité peut être engagée en vertu des articles 1792 à 1792-4 du présent code, est déchargée des responsabilités et garanties pesant sur elle, en application des articles 1792 à 1792-2, après dix ans à compter de la réception des travaux ou, en application de l'article 1792-3, à l'expiration du délai visé à cet article ».

Ainsi le maître d'ouvrage doit s'assurer que le foreur et l'installateur de la PAC sont titulaires d'une police « responsabilité civile décennale » et qu'en cas de recours, ils sont solvables.

3 – Code de l'environnement

Le maître d'ouvrage doit se rapprocher du service en charge de la Police de l'Eau, pour connaître les démarches à entreprendre. Les services de la Préfecture peuvent utilement être consultés pour le service compétent.

La réalisation des forages doit respecter les prescriptions générales mentionnées au décret n°2003-868 du 11 septembre 2003.

Depuis la parution du décret n°2010-1700 du 30 décembre 2010 (cf. paragraphe 6.1 du présent chapitre), **les opérations de géothermie sur nappe ne sont,** dans le Code de l'environnement, **plus concernées que par la nomenclature eau**. De ce fait, les opérations de pompage et de rejet en nappe doivent dorénavant être traitées dans le cadre d'un dossier loi sur l'eau.

Le projet de création d'un doublet pompage/rejet en nappe est susceptible d'être soumis aux rubriques suivantes de la loi sur l'eau :

- Déclaration au titre de la rubrique **1.1.1.0** :

« Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création du puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau ». Cette rubrique concerne la création du (ou des) forage de pompage/réinjection.

- Déclaration ou autorisation au titre de la rubrique **1.1.2.0** :

« Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant supérieure à 200 000 m³/an : autorisation ; supérieure à 10 000 m³/an mais inférieur à 200 000 m³/an : déclaration ».

- Déclaration ou demande d'autorisation au titre de la rubrique **1.2.2.0**. - Prélèvements reliés à un cours d'eau,... réalimenté artificiellement :

« À l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9 du code de l'environnement, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, dans un cours d'eau, sa nappe d'accompagnement ou un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe, lorsque le débit du cours d'eau en période d'étiage résulte, pour plus de moitié, d'une réalimentation artificielle. Toutefois, en ce qui concerne la Seine, la Loire, la Marne et l'Yonne, il n'y a lieu à autorisation que lorsque la capacité du prélèvement est supérieure à 80 m³/h. ».

- Déclaration ou autorisation au titre de la rubrique **5.1.1.0** :

« Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors des travaux de génie civil, la capacité totale de réinjection étant supérieure ou égale à 80 m³/h : autorisation ; supérieure à 8 m³/h mais inférieure à 80 m³/h : déclaration ».

Nota : les délais réglementaires à prévoir pour l'instruction de dossiers réglementaires sont les suivants :

- **Dossier de déclaration** : 2 mois maximum auxquels peut se rajouter un délai de trois mois en cas de demande de complément. Afin d'éviter ce rajout et de raccourcir au maximum le délai standard, il est préférable de prendre contact avec le service instructeur en amont du dépôt du dossier (réunion de présentation ou échanges téléphoniques par exemple) ;
- **Dossier d'autorisation** : 8 à 12 mois, comprenant l'instruction (6 mois), l'enquête publique (1 mois), le dépôt au CODERST et la signature de l'arrêté préfectoral.

Dans le cas présent, considérant les volumes en jeu, un dossier déclaratif serait à réaliser.

4 – Code minier

Le maître d'ouvrage doit veiller notamment à obtenir les autorisations nécessaires (le cas échéant) et à déclarer ces travaux conformément au code minier (article L411-1, anc.art.131).

Dans le cas d'un ouvrage relevant des dispositions de l'article L411-1 (anc.art.131) du Code minier, la DREAL peut demander qu'un rapport soit transmis au service géologique régional (BRGM) dans les deux mois après la fin des travaux.

Au titre du Code minier, la réalisation de forages peut être soumise soit au régime déclaratif, soit au régime d'autorisation, comme indiqué ci-après.

4.1 – Code minier : régime déclaratif simplifié

Le régime déclaratif simplifié s'applique aux gîtes géothermiques de minimes importances (autrement appelé géothermie de très basse température).

Les critères de la géothermie de minime importance pour les échangeurs géothermiques ouverts (ce qui est notre cas) sont :
- la profondeur du forage est comprise entre 10 et 200 mètres ;
- la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW ;
- la température de l'eau prélevée en sortie des ouvrages de prélèvement est inférieure à 25 C ;
- les eaux prélevées sont réinjectées dans le même aquifère et la différence entre les volumes d'eaux prélevés et réinjectés est nulle ;
- les débits prélevés ou réinjectés sont inférieurs au seuil d'autorisation fixé à la rubrique 5.1.1.0 de l'article R.214-1 du code de l'environnement ;
- les échangeurs ne doivent pas être situés sur une zone rouge.

En premier lieu, le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015 soumet l'ouverture des travaux d'exploitation d'un gîte géothermique de minime importance à un régime de déclaration simplifiée, en lieu et place du régime d'autorisation jusque-là en vigueur (article 22-1 et 22-2 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006, modifié par l'article 20 du décret n°2015-15).

Précisément, l'exploitant ou un sous-traitant agissant en son nom, effectue la déclaration d'ouverture de travaux d'exploitation d'un site géothermique de minime importance, par télédéclaration auprès d'un téléservice dédié à l'accomplissement de ces procédures.

Le téléservice délivre une preuve de dépôt de la déclaration des travaux. Dans ce cas, il est prévu que l'exploitant peut engager les travaux dès réception de la preuve de dépôt (article 22-4 du décret n°2006-649 modifié).

L'article 22-2 du décret n°2006-649 modifié définit les mentions à faire figurer dans la déclaration d'ouverture de travaux. La procédure ainsi prévue appelle deux observations :
- d'une part, la télédéclaration des projets de géothermie de minime importance s'opère sans instruction des services de l'État, et ne requiert ni étude d'impact ni autorisation IOTA ;
- d'autre part, le texte prévoit trois niveaux de procédure en fonction de la zone d'implantation du projet.

En effet, afin que le projet d'installation géothermique de minime importance ne porte pas atteinte aux intérêts protégés à l'article L. 161-1 du code minier, il est prévu que le projet s'appuie, en amont, sur une cartographie des zonages réglementaires, édictée par voie d'arrêté (dont l'entrée en vigueur était le 1er juillet 2015 – article 22-6 du décret n°2006-649).
Cette cartographie vise à prévenir les déformations géologiques, à préserver les captages d'eau potable ainsi qu'à prévenir les risques sur des zones particulières (stockages souterrains, mines en activité, vides souterrains, etc.)

Afin de renforcer la protection des intérêts mentionnés notamment à l'article L. 161-1 du code minier, un autre arrêté, dont l'entrée en vigueur est prévue au 1er juillet 2015, devra définir le référentiel de qualification que les entreprises de forage doivent respecter.

En définitive, le régime juridique applicable à l'installation géothermique de minime importance envisagée varie en fonction de sa zone d'implantation :

- en zone « verte » : le régime déclaratif exposé ci-dessus s'applique ;
- en zone « orange » : le régime déclaratif s'applique. Toutefois, l'exploitant devra fournir à l'appui de la déclaration des travaux, une attestation d'un expert agréé constatant la compatibilité du projet au regard notamment d'un intérêt protégé au titre de l'article L. 161-1 du code minier ;
- en zone « rouge » : le régime déclaratif est exclu. Les activités géothermiques envisagées dans ces zones ne sont pas considérées comme de minime importance, car elles présentent des dangers ou inconvénients graves.

D'après la cartographie (source : Ministère de l'écologie, de l'environnement et du développement durable), le projet est implanté en « zone verte », il est donc soumis à un régime déclaratif simplifié.

En deuxième lieu, le décret n° 2015-15 prévoit des sanctions en cas d'exploitation d'une installation soumise à déclaration sans avoir fait la déclaration (peine d'amende prévue pour les contraventions de la 5ème classe – article 34-1 du décret n°2006-649).

4.2 – Code minier : dossier de demande d'autorisation

Du fait que le présent dossier n'entrerait pas dans le cadre de cette procédure, cette dernière n'est pas détaillée ici.

5 – Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Selon la nomenclature annexée à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, les unités de production thermique qui ont recours à des installations de compression sont soumises à la réglementation concernant les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) à deux titres :

1. Puissance absorbée – Rubrique 2920[4]

La rubrique 2920 stipule que l'installation est soumise à autorisation lorsque la puissance absorbée **supérieure à 10 MW.**
Cette rubrique ne possède pas de régime déclaratif.

2. Quantité de gaz à effet de serre – Rubrique 1185-2a[5]

D'après le décret n° 2012-1304 du 26 novembre 2012 modifiant la nomenclature des installations classées les « gaz à effet de serre fluorés visés par le règlement (CE) n° 842/2006 ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone visées par le règlement (CE) n° 1005/2009

[4] Décret n° 2010-1700 du 30 décembre 2010 modifiant la colonne A de l'annexe à l'article R. 511-9 du code de l'environnement relative à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement - NOR: DEVP1025972D

[5] Décret n° 2012-1304 du 26 novembre 2012 modifiant la nomenclature des installations classées - NOR: DEVP1224418D

(fabrication, emploi, stockage) ». Les fluides frigorigènes utilisés dans les PAC entrent dans la catégorie des gaz à effet de serre.

La rubrique 1185-2a indique que l'installation est soumise à déclaration dès lors que la quantité cumulée de fluide frigorigène susceptible d'être présente dans l'installation est supérieure ou égale à 300 kg.

Cette rubrique ne possède pas de régime d'autorisation.

A priori, cette rubrique ne concerne pas le projet objet de la présente étude.

6 – Qualifications et Normes

Dans la perspective de pérenniser l'activité de la géothermie verticale, EDF, l'ADEME et le BRGM ont créé la qualification « QUALIFORAGE » afin de mieux encadrer l'activité du Forage. « QUALIFORAGE » impose à toute entreprise souhaitant adhérer à la qualification, la souscription à une garantie décennale. Cette qualification implique un degré de compétences de l'entreprise qui lui permet de faire valoir le respect des normes en vigueurs.

Comme toute autre solution, le forage pour la géothermie répond aux normes :

- NF X10-999 - Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages (AFNOR),
- FD X10-980 - Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrage de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages - Démarches administratives.
- NF X10-970 - Forage de Géothermie - Réalisation, mise en œuvre, entretien, abandon de la sonde géothermique verticale.

7 – Aides et subventions

Il existe actuellement plusieurs mécanismes d'aides et de financement ayant pour objectif de favoriser le développement de l'exploitation du potentiel géothermique du sous-sol :

- Garantie AQUAPAC en phase « recherche » et en phase « exploitation ». La garantie AQUAPAC a été créée par l'ADEME, EDF et le BRGM. Cette assurance prend en charge la couverture financière de « l'aléa » géologique et permet le remboursement d'une partie des frais engagés au cours de la recherche dans le cas où l'étude de faisabilité donnerait des résultats négatifs (garantie « recherche ») ou au cours de l'exploitation si des dysfonctionnements résultant de causes hydrogéologiques apparaitraient (garantie « exploitation ») ;
- Fonds chaleur : ce fond géré par l'ADEME permet le financement d'opération de géothermie sur aquifère superficiel (< 200 m de profondeur), au stade de l'étude de faisabilité technico-économique (jusqu'à 25 % du montant HT voire 50 % en l'absence d'aide du Conseil Régional) et en phase travaux (entre 20 et 60 % du montant des investissements éligibles). En phase travaux, ces aides sont basées sur des appels à projet et ne peuvent donc pas être garanties ; Outre les aides aux investissements, le fonds chaleur permet aussi d'octroyer des aides à la décision en finançant les études de potentiel et études de faisabilité nécessaires à la conception de projets de qualité (études sous-sol et surface, test de réponse thermique de terrain et géo-modélisation, forages d'essais sur nappe,…). Sous réserve de recourir à des professionnels qualifiés RGE Etudes, les taux d'aides à la décision peuvent varier de 50 à 70 %.
- Aides du Conseil régional : à vérifier.

Les aides qui seront réellement apportées seront déterminées au cas par cas à partir de l'analyse technico-économique du projet. Habituellement, ces aides sont délivrées pour des projets avec des puissances minimales installées supérieures à celles de projets d'habitations individuelles.

Dans le cadre de la construction d'une serre tropicale, la société TROPICALIA envisage la mise en œuvre d'énergies renouvelables dont des thermofrigopompes sur eau de nappe, pour le chauffage de ses bâtiments.

Les besoins estimés sont en première approche de l'ordre de 50 m³/h (à confirmer par le bureau d'études thermiques).

La nappe productive identifiée au droit du site (nappe de la Craie du Sénonien) est connue dans l'environnement immédiat du site d'étude et pourrait permettre de subvenir aux besoins. Les caractéristiques de la nappe au droit du projet ont été approchées à partir de la bibliographie, ces paramètres ne pourront être confirmés qu'à l'issue de la réalisation de reconnaissances (piézomètre et pompages d'essai). En effet, l'aquifère de la craie est très hétérogène.

D'après les éléments collectés dans l'environnement du site d'étude, les données bibliographiques nous ont permis de préciser le contexte géologique : celui-ci pourrait être favorable au recours de la ressource en eau souterraine pour subvenir aux besoins du projet, dans le cas de la présence d'une craie fracturée présente au droit du site. En effet, la productivité de la nappe de la craie attendue au droit du site pourrait être suffisante d'après les forages recensés dans l'environnement du site dans les bases de données. Toutefois, sa perméabilité dépend de la fracturation de la craie, l'objectif donc du forage de reconnaissance au droit du site est de recouper les zones où l'aquifère est faillé et donc a priori productif.

Attention toutefois au risque de recyclage thermique : d'après les hypothèses posées et les calculs effectués, pour des caractéristiques hydrodynamiques moyennes à basses, le recyclage thermique est important et pourrait limiter le débit d'exploitation géothermique de la ressource.

Les paramètres physico-chimiques de la nappe de la craie observée à 1,6 km au nord-est du site, au droit du champ captant voisin, bien qu'incomplets, sont passables à bons vis-à-vis de l'usage de la nappe pour la climatisation et via une pompe à chaleur.

Si une solution de type géothermie sur nappe est envisagée, il conviendra d'engager une étude de faisabilité détaillée avec un forage de reconnaissance permettant de déterminer plus précisément les éléments suivants :

- lithologie rencontrée au droit du site, identification de l'épaisseur productive de l'aquifère et des éventuelles zones de productivité (zones de fracturation) ;
- sens et gradient d'écoulement de la nappe pour pouvoir implanter judicieusement les forages de pompage et d'injection ;
- débit exploitable et injectable, caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère à exploiter au droit du site ;
- température actuelle de l'eau de la nappe et qualité chimique de l'eau sur la base des résultats des essais d'eau à réaliser sur le forage de reconnaissance ;
- évaluation précise de l'incidence du recyclage hydraulique et thermique entre le point de pompage et la réinjection et l'impact hydrothermique à distance afin de quantifier les relèvements et rabattements de nappes alentours (en particulier le partage de la ressource avec le champ captant voisin). Cette évaluation ne pourra être effectuée finement qu'à l'aide d'une modélisation hydrodynamique.

Fondasol se tient à la disposition du MO pour réaliser tout ou partie des éléments détaillés plus haut.

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du co-contractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaitre l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnisations correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de côtes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation
La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. À défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport
Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.
Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie
Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.
Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.
Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.
Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.
En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.
Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge, une indemnité fixée à 15% du montant en principal TTC de la créance avec un minimum de 150 euros et ce, à titre de dommages et intérêts conventionnels et forfaitaires. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date.
Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée
Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances
Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.
Assurance décennale obligatoire
Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le client prendra en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières.
Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).
Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance
Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.
Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. À ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat
Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges
En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

Juillet 2014

fondasol

Annexes

2.3. USAGE ENERGIE

L'eau souterraine est parfois utilisée à des fins énergétiques pour le chauffage (pompes à chaleur ou géothermie) ou pour la climatisation. L'utilisation géothermique de l'eau est de nature très ponctuelle par rapport à l'utilisation pour le fonctionnement de pompes à chaleur ou de climatisation. Les nappes alluviales, en raison de leur accessibilité, sont fréquemment sollicitées en site urbain, pour ce type d'usage. Pour l'usage énergie, il a donc été décidé de ne retenir que ces deux derniers aspects (pompes à chaleur et climatisation).

Les différentes classes d'aptitude de l'eau pour l'usage énergie

Classe	Aptitude pour satisfaire l'usage
Bleu	Très bonne
Vert	Bonne
Jaune	Passable
Orange	Mauvaise
Rouge	Inapte à satisfaire l'usage

Les altérations

Trois altérations décrivent l'usage de l'eau souterraine à des fins énergétiques : la température, la corrosion et la formation de dépôts. Les deux dernières altérations sont identiques à celles décrivant l'usage industrie. Le lien entre les différentes classes d'aptitude de l'usage exprimées ci-dessus et les classes de qualité de chacune de ces trois altérations est le suivant :

Classe	Climatisation / pompes à chaleur	Corrosion	Formation de dépôts
Bleu	favorable à l'usage énergétique considéré	absence de corrosion	pas de risques de dépôts importants
Vert	permet l'usage énergétique considéré	corrosion faible	peu de risques de dépôts
Jaune	usage délicat pour raisons techniques ou économiques	corrosion modérée	risques de dépôts
Orange	*(1)*	corrosion moyenne	*(1)*
Rouge	*(1)*	corrosion forte	dépôts très importants

(1) classe non définie.

Le motif *indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage*

Altération Température - Usage Climatisation

Les valeurs seuils des différents états dépendent des objectifs poursuivis en matière de climatisation. Les valeurs seuils proposées le sont sur la base d'une climatisation de locaux à usage d'habitation.

Paramètre	Unité	Bleu	Vert	Jaune
Température	°C	**> 8 et <= 12**	>12 et <= 15	<= 8 ou > 15

Des températures inférieures à 8°C peuvent occasionner des problèmes de dysfonctionnements au niveau des installations (problèmes de condensation par exemple).

Altération Température - Usage Pompes à chaleur

Paramètre	Unité	Bleu	Vert	Jaune
Température	°C	**> 15 et <= 60**	> 8 et <= 15	<= 8 ou > 60

Des températures inférieures à 8°C peuvent occasionner des problèmes de dysfonctionnements au niveau des installations (problèmes de condensation par exemple).

Altération Corrosion

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
CO_2 dissous	mg/l	**50**		120	200	
O_2 dissous	mg/l	**absence ou > 8**	> 0 et <= 0.1		> 0.1 et <= 4	**> 4 et <= 8**
Salinité*	g/l NaCl	0.6		1.5	3	
Conductivité*	µS/cm	1300		3000	6000	
pH		**> 9.8**	> 7 et <= 9.8	>= 6 et <= 7		**< 6**
Chlorures*	mg/l	150		400	1000	
Sulfates*	mg/l	250		500	1500	
Ferro-bactéries		**absence**				**présence**
Bactéries sulfato-réductrices	N/ml	**absence**	10		100	
Sulfures	mg/l HS^-	0.1		8	50	
Eh (potentiel d'oxydoréduction)	mV	**<= -600 ou > 0**		> - 600 et <= - 500	> -500 et <= - 400	**> - 400 et <= 0**

** au moins l'un des quatre paramètres doit être mesuré. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.*

Altération Formation de dépôts

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
pH		**5.00**				
Eh - selon la valeur du pH *(1)*						
pH <= 3.5	mV	**1500** (1)				
3.5 < pH <= 9.6						
pH > 9.6		**- 800**				
O_2 dissous	mg/l	**0.10**		5.5		
Ferro-bactéries		**absence**				
Indice saturation - selon la valeur du TAC (2)						
TAC < 10°F		**0.2**		2		
10°F < TAC <= 25°F		**0.2**		1		
TAC > 25°F		**0.2**		0.5		

(1) Potentiel d'oxydo-réduction Eh = 1330 - 166 pH
(2) Indice saturation = pHs-pH. Le pHs est le pH d'équilibre ou de saturation après essai au marbre

L'ensemble des valeurs seuils proposées provient d'avis d'experts basés sur la thermodynamique des équilibres électrochimiques et/ou la bibliographie jugée comme faisant référence en ce domaine. La justification des valeurs des seuils et les références bibliographiques sont données en annexe.

fondasol

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

www.fondasol.fr