



Région Centre

**ÉTUDE DE FAISABILITE PREALABLE A LA MISE EN PLACE
D'UN DOUBLET GEOTHERMIQUE POUR L'ALIMENTATION
D'UNE POMPE A CHALEUR**

Juillet 2014
Rapport A141131-H14-58



Région Centre

ÉTUDE DE FAISABILITE PREALABLE A LA MISE EN PLACE D'UN DOUBLET GEOTHERMIQUE POUR L'ALIMENTATION D'UNE POMPE A CHALEUR

Conseil régional de la région Centre

Interlocuteur : Mme Danielle LEBON
Adresse du site : Direction des Lycées et de l'action Educative
9, rue Pierre Lentin
45041 Orléans cedex 1

Eau & Industrie

Chef de projet : D. CHIGOT, d.chigot@utilities-performance.com
Rédacteur du rapport : C.MENARD, c.menard@utilities-performance.com
Date du document : 28 juillet 2014
Numéro de rapport : A141131-H14-58

SOMMAIRE

RESUME TECHNIQUE	6
I. PRESENTATION DU PROJET	7
I.1. LOCALISATION DU PROJET	7
I.2. PRINCIPE DU PROJET DE DOUBLET GEOTHERMIQUE	10
II. CONTEXTE GEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ETUDE	11
II.1. CONTEXTE REGIONAL	11
II.2. CONTEXTE LOCAL	13
III. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ETUDE	14
III.1. AQUIFERE DES ALLUVIONS DU CHER	14
III.2. AQUIFERE DE LA CRAIE SENO-TURONNIENNE	15
III.3. AQUIFERE DES SABLES ET GRES CAPTIFS DU CENOMANIEN	22
III.4. CONCLUSION	31
IV. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	32
IV.1. CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES	32
IV.2. PRESSIONS POLLUANTES	40
IV.3. SITE DU LYCEE DU VAL DE CHER	45
IV.4. CONCLUSION - PRECONISATIONS	49
V. MODELISATION DE L'INFLUENCE DU DOUBLET GEOTHERMIQUE	50
VI. DESCRIPTION DU PROJET DE DOUBLET GEOTHERMIQUE	52
VI.1. COUPES PREVISIONNELLES ET PROGRAMME D'INTERVENTION	52
VI.2. SCHEMA DE TETE DE FORAGE	56
VI.3. ESTIMATIF DES COUTS	57
VII. RISQUE D'ECHEC	57
VIII. CADRE REGLEMENTAIRE DU PROJET	58
VIII.1. POSITION DES OUVRAGES	58
VIII.2. DECLARATION DE L'OUVRAGE AU SERVICE DES MINES	58
VIII.3. ZONE DE REPARTITION DES EAUX	58
VIII.4. NAPPES RESERVEES A L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE (NAEP)	58
VIII.5. CODE DE L'ENVIRONNEMENT (NOMENCLATURE EAU)	58
IX. COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LA REGLEMENTATION	59
IX.1. SDAGE	59
IX.2. SAGE	60

Figures

Figure 1 : Plan de localisation sur fond IGN 1/25 000 (Source : Géoportail – Juillet 2014)	8
Figure 2 : Plan de localisation sur fond cadastral (Source : Géoportail – Juillet 2014)	9
Figure 3 : Schéma de principe du fonctionnement du doublet sur nappe –mode chauffage.	10
Figure 4 : Carte géologique de la feuille Saint-Aignan (source : Infoterre – juillet 2014)	12
Figure 5 : Délimitation de la nappe des alluvions du Cher (Source : Infoterre – Juillet 2014)	14
Figure 6 : Délimitation de la nappe de la Craie du Séno-Turonien (source : Infoterre – Juillet 2014).....	15
Figure 7 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe du Séno-Turonien au droit du piézomètre 04905X0053 (source : ADES – Juillet 2014)	16
Figure 8 : Carte piézométrique de la nappe de la craie séno-turonienne en basses eaux 2008 (source : SIGES Centre – Juillet 2014).....	18
Figure 9 : Classes d’aptitudes de l’eau pour l’usage « énergie ».....	19
Figure 10 : Détails de la classification « énergie ».....	19
Figure 11 : Classification « énergie » suivant les altérations associées à l’usage	20
Figure 12 : Délimitation de la nappe des Sables et Grès captifs du Cénomaniens (source : Infoterre – Juillet 2014)	22
Figure 13 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe du Cénomaniens au droit du piézomètre 04894X0016 (source : ADES – Juillet 2014)	23
Figure 14 : Carte piézométrique de la nappe des sables du Cénomaniens en basses eaux 1994 (source : SIGES Centre – Juillet 2014).....	25
Figure 15 : Carte piézométrique de la nappe des sables du Cénomaniens en hautes eaux 2003 (source : SIGES Centre – Juillet 2014).....	26
Figure 16 : Classes d’aptitudes de l’eau pour l’usage « énergie ».....	27
Figure 17 : Détails de la classification « énergie ».....	27
Figure 18 : Classification « énergie » suivant les altérations associées à l’usage	28
Figure 19 : Evolution de la concentration en fer au droit du qualitomètre 04894X0001/FAEP1	30
Figure 20 : Evolution de la concentration en manganèse au droit du qualitomètre 04894X0001/FAEP1	30
Figure 21 : Aléa inondation (source : PPRn Inondation du Cher, octobre 2000)	32
Figure 22 : Cartographie des ouvrages recensés dans un rayon de 3 km autour du Lycée du Val de Cher (source : Infoterre – Juillet 2014)	34
Figure 23 : Périmètres de protection rapprochée des captages d’alimentation en eau potable au voisinage du projet (source : ARS41 – Juillet 2014).....	36
Figure 24 : Cartographie des ZNIEFF (Source : Infoterre, Juillet 2014)	38
Figure 25 : Cartographie des zones Natura 2000 (Source : Infoterre, Juillet 2014)	39
Figure 26 : Localisation des installations classées pour la protection de l’environnement à proximité du projet (Base de données ICPE, Juillet 2014)	41
Figure 27 : Localisation des sites BASIAS situés dans un rayon de 2 kilomètres du lycée du Val de Cher (Infoterre, Juillet 2014)	43
Figure 28 : Cartographie des canalisations de transport de matières dangereuse (gaz, hydrocarbures, produits chimiques) (Source : Cartélie, Juillet 2014).....	46
Figure 29 : Sources de pollution sur le site du lycée du Val de Cher.....	47
Figure 30 : Plan partiel des réseaux (Source : Conseil Régional du Centre).....	48
Figure 31 : Proposition d’implantation des forages	49
Figure 32 : Simulation – 30 ans	51

Figure 33 : Coupe géologique et technique prévisionnelle de l’ouvrage de pompage.....	54
Figure 34 : Coupe géologique et technique prévisionnelle de l’ouvrage de réinjection.....	55
Figure 35 : Schéma de tête de forage.....	56
Figure 36 : Communes et départements concernés par le SAGE Cher Aval	61
Figure 37 : Classes d’aptitudes de l’eau pour l’usage « énergie ».....	63
Figure 38 : Détails de la classification « énergie ».....	63
Figure 39 : Classification « énergie » suivant les altérations associées à l’usage	64

Tableaux

Tableau 1 - Formations géologiques rencontrées dans le secteur d’étude	11
Tableau 2 – Débits spécifiques des forages exploitant la craie séno-turonienne recensés dans le secteur d’étude.....	17
Tableau 3 – Débits spécifiques des forages exploitants les sables du Cénomaniens recensés dans le secteur d’étude.....	24
Tableau 4 : Etude de la compatibilité de l’eau de la nappe des sables du Cénomaniens à l’usage « géothermie », à partir des données du qualitomètre 04894X0001/FAEP1, sur la chronique du 02/08/1988 au 31/05/2011	29
Tableau 5 : Bilan Avantages/Inconvénients des deux nappes	31
Tableau 6 : Ouvrages recensés dans un rayon de 3 km autour du lycée du Val de Cher (source : Infoterre, Juillet 2014).....	35
Tableau 7 : ICPE recensées dans un rayon de 2 km autour du lycée du Val de Cher (Source : Base des ICPE, Juillet 2014).....	40
Tableau 8 : Inventaire des sites BASIAS dans un rayon de 2 kilomètres du lycée du Val de Cher (Source : Infoterre – Juillet 2014)	42
Tableau 9 : Rubriques de la nomenclature.....	58

RESUME TECHNIQUE

Le Conseil régional de la région Centre envisage de chauffer tout ou partie des bâtiments du Lycée professionnel du Val de Cher à Saint-Aignan-sur-Cher au moyen de doublets géothermiques. Le temps d'utilisation du chauffage est évalué à 7 mois par an.

Les besoins actuellement connus sont :

- Puissance : 200 KW
- Delta T : 5°C
- Débit moyen : 35 m³/h
- Besoin thermique : 350 MWh/an

Ils correspondent au chauffage des logements de fonction, de l'externat et des ateliers du lycée, soit une surface utile de 5867 m² répartie comme suit :

- Externat/ateliers : 5 525 m² ;
- Logement de fonction : 342 m².

L'étude hydrogéologique menée à partir des données bibliographiques sur le secteur a mis en évidence la présence de deux aquifères au droit du site :

- Aquifère de la craie séno-turonienne ;
- Aquifère des Sables du Cénomaniens.

Pour des raisons techniques et réglementaires (voir partie III.4), Eau et Industrie recommande l'exploitation de la craie séno-turonienne.

Cependant, au vu des caractéristiques de la nappe, il est préconisé de procéder dans un premier temps à un sondage de reconnaissance pour apprécier son potentiel aquifère ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques. Le forage réalisé sera le futur ouvrage de pompage, situé en amont hydraulique du Lycée (dans la parcelle enherbée). En cas de succès, le forage de réinjection serait alors réalisé en aval du lycée.

Un réel risque d'échec doit en effet être signalé sur la nappe du séno-turonien. Les forages recensés autour du site montrent tous de faibles capacités hydrogéologiques. Par ailleurs, les caractéristiques physico-chimiques de la nappe devront être validées pour l'usage géothermique souhaité.

Au vu du potentiel de la nappe de la craie observé sur les ouvrages avoisinants, le débit souhaité de 35 m³/h ne sera vraisemblablement pas atteint. Il est donc proposé de repositionner le projet autour des caractéristiques suivantes :

- Zone chauffée : logements de fonction ;
- Puissance nécessaire : 30 kW ;
- Débit géothermique pour un ΔT de 5°C : 5.2 m³/h ;
- Consommation annuelle : 40 MWh/an sur 7 mois.

L'étude du contexte environnemental ne montre aucune contre-indication à la réalisation du doublet géothermique dans la nappe de la craie du Séno-turonien.

La simulation thermique a montré l'absence de recyclage thermique au bout de 30 ans pour une exploitation à un débit de 5,2 m³/h.

Le coût de réalisation du doublet géothermique est estimé à 32 092 euros HT.

I. PRESENTATION DU PROJET

Le Conseil régional de la région Centre envisage de chauffer tout ou partie des bâtiments du Lycée professionnel du Val de Cher à Saint-Aignan-sur-Cher au moyen de doublets géothermiques. Le temps d'utilisation du chauffage est évalué à 7 mois par an.

Les besoins actuellement connus sont :

- Puissance : 200 KW
- Delta T : 5°C
- Débit moyen : 35 m³/h
- Besoin thermique : 350 MWh/an

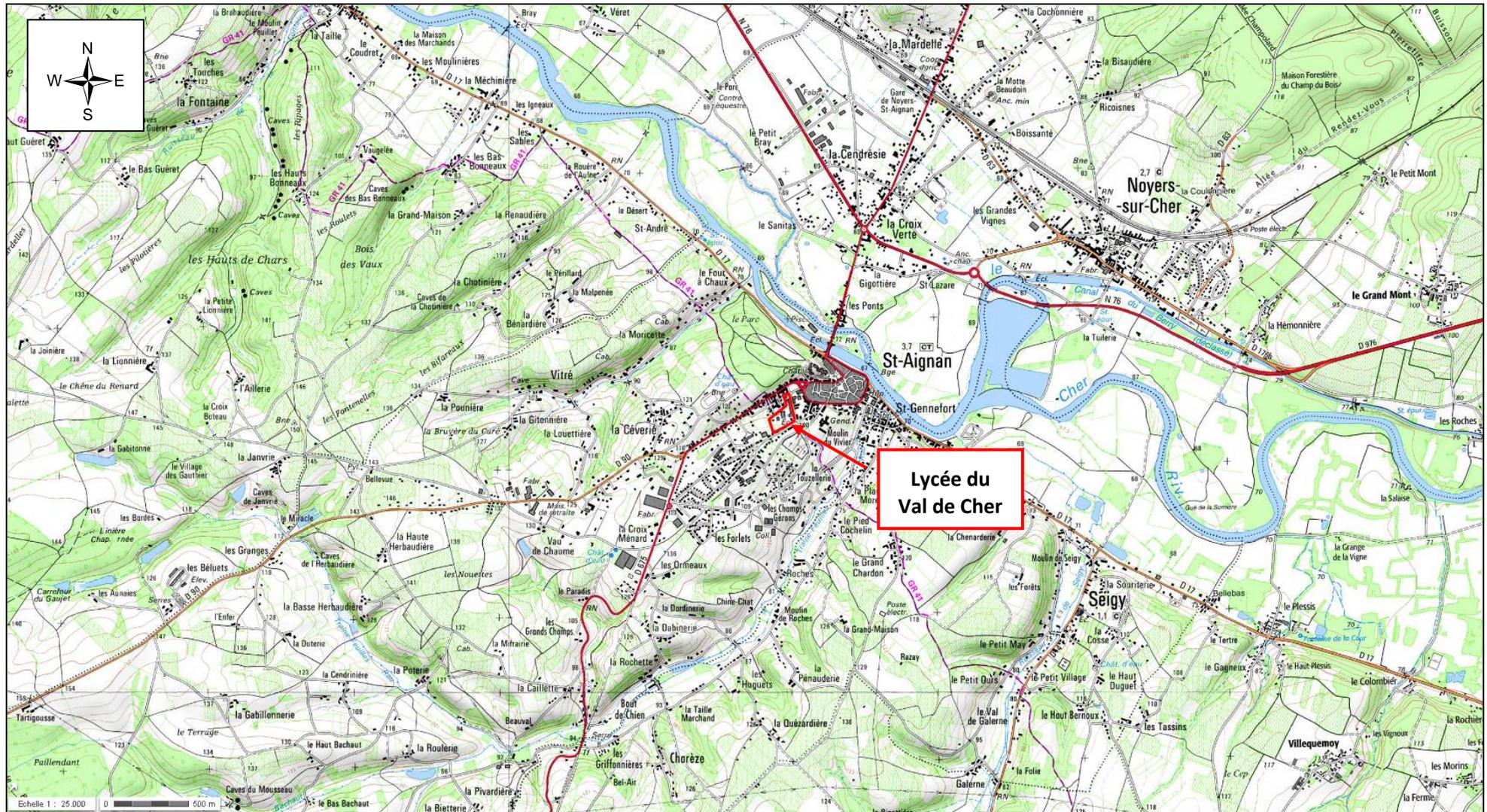
Ils correspondent au chauffage des logements de fonction, de l'externat et des ateliers du lycée, soit une surface utile de 5867 m² répartie comme suit :

- Externat/ateliers : 5 525 m² ;
- Logement de fonction : 342 m².

I.1. Localisation du projet

Le Lycée du Val de Cher est localisé sur la commune de Saint-Aignan-sur-Cher (Loir-et-Cher, 41), rue Victor Hugo. Les **Figures 1 et 2** précisent la localisation du site.

Figure 1 : Plan de localisation sur fond IGN 1/25 000 (Source : Géoportail – Juillet 2014)



I.2. Principe du projet de doublet géothermique

Dans le cadre du présent projet, le système consiste en une boucle d'échange thermique au travers d'un échangeur thermique (tubulaire ou à plaques) eau/eau fonctionnant en système fermé.

Dans ce type de dispositif, le fluide utilisé est l'eau issue de la nappe captée au travers d'un forage de prélèvement (situé en amont hydrodynamique) puis réinjectée dans le forage de réinjection (situé en aval hydrodynamique).

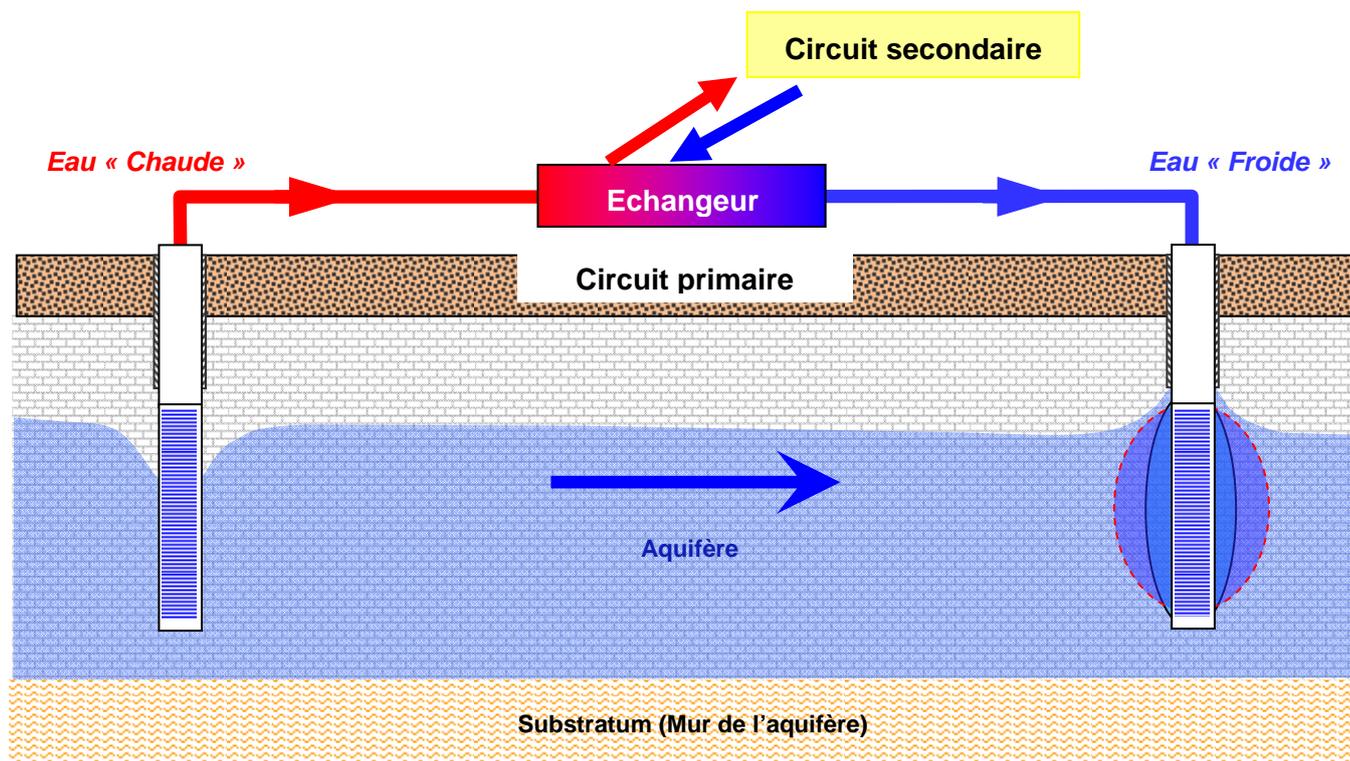
L'eau captée au travers de l'ouvrage de prélèvement circule dans un circuit séparatif dit «circuit primaire» puis traverse l'échangeur thermique avant d'être restituée à la nappe après modification de la température au travers du forage de réinjection.

L'eau captée sera utilisée sans traitement.

Le doublet géothermique sera utilisé à des fins de chauffage (avec pompe à chaleur) des locaux.

En hiver (figure suivante), l'ouvrage de prélèvement constitue la source chaude et au passage dans l'échangeur, l'eau du circuit primaire se refroidit en cédant des calories au circuit secondaire, puis est réinjectée en créant une « bulle froide » autour du forage de réinjection.

Figure 3 : Schéma de principe du fonctionnement du doublet sur nappe –mode chauffage.



II. CONTEXTE GEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ETUDE

II.1. Contexte régional

Ce paragraphe est tiré de la notice de la carte géologique 489 (Saint Aignan) éditée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à l'échelle 1/50000^{ème} et des informations fournies par les coupes des ouvrages et sondages recensés dans la banque de données du sous-sol (Infoterre).

Le secteur régional de la feuille de Saint Aignan est formé de plateaux à surface légèrement inclinée vers l'Ouest. Le substratum est daté du Crétacé supérieur, souvent recouvert de placages tertiaires et quaternaire. L'axe drainant principal de la région est la vallée du Cher qui recoupe l'anticlinal de Graçay à Amboise (NW-SE).

La rivière *Le Cher* coule dans une plaine alluviale orientée du Sud-Est au Nord-Ouest puis d'Est en Ouest. La largeur de cette dernière se réduit de 1,5 à 1 km d'amont en aval.

Les versants des vallées sont façonnés dans les terrains calcaires du Crétacé supérieur et présentent une morphologie qui varie avec la nature des formations traversées : le modelé est mou dans les formations tendres (craie du Turonien inférieur), assez abrupt dans les faciès plus durs (tuffeux) mais les pentes sont fréquemment adoucies par les dépôts colluviaux de versant.

Du point de vue géologique, le substratum de la région est constitué par les formations marines du Crétacé supérieur, transgressives et discordantes sur le Jurassique, et recouvertes par les assises tertiaires et quaternaires d'origine continentale.

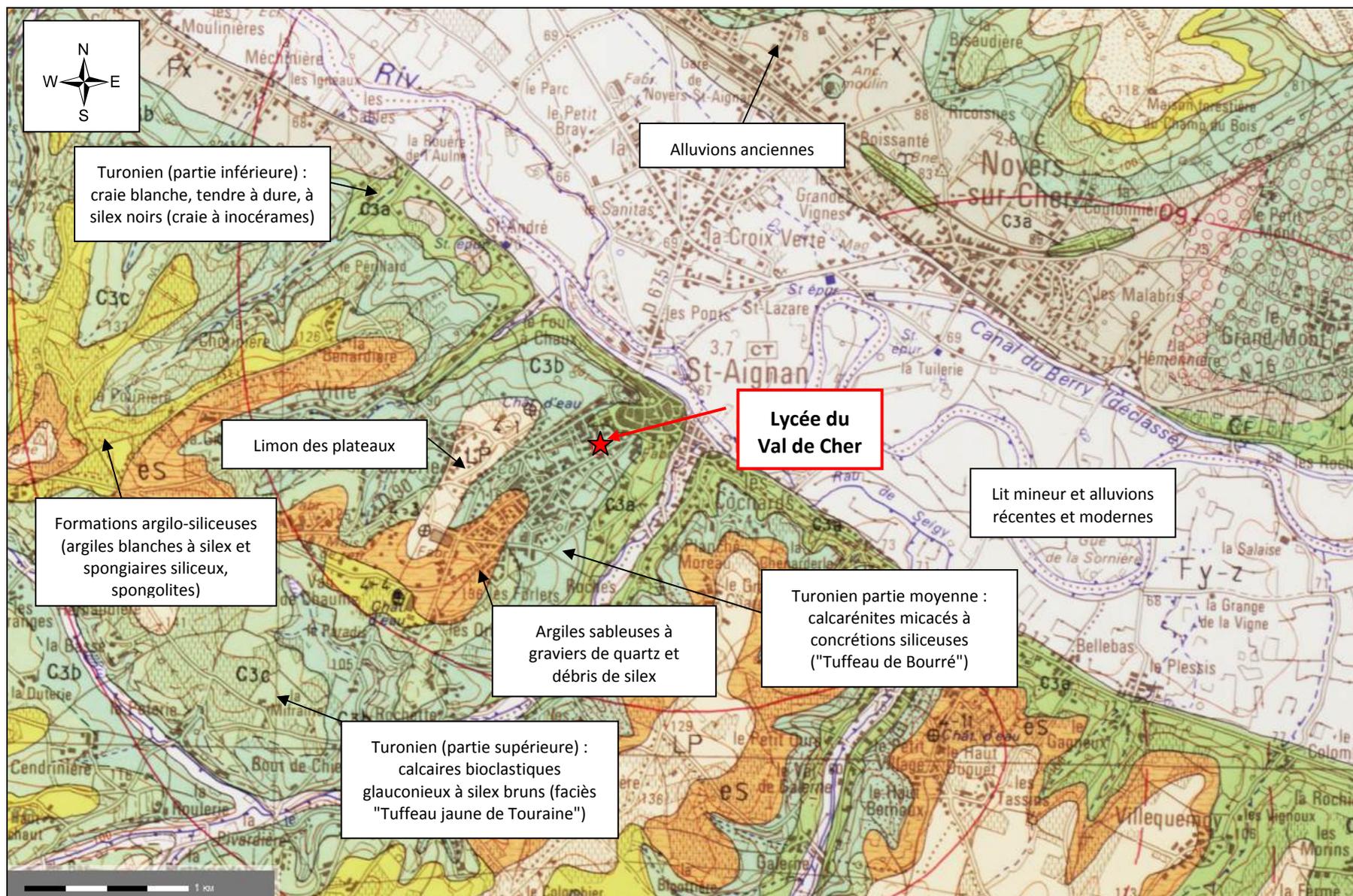
La coupe géologique prévisionnelle au droit du secteur d'étude est présentée de la surface vers la profondeur dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 - Formations géologiques rencontrées dans le secteur d'étude.

Nom	Légende	Lithologie	épaisseur (m)	Age
Alluvions du Cher	Fz	Lit mineur et alluvions modernes	2 à 4 m	Quaternaire
	Fy	Alluvions récentes (argiles, sables et galets)	1 à 3 m	
	Fx	Alluvions anciennes (6-10 m au-dessus de la rivière à l'étiage)	4 m	
Colluvions	FC	Colluvions de fond de vallon alimentées par les assises argilo-siliceuses du Sénonien	variable	Quaternaire
Limons des plateaux	LP	Limon des plateaux (bien développés au sud du Cher)	1 à 2 m	Quaternaire
Sables grossiers et cailloutis, argiles	eS	Argiles sableuses à graviers de quartz et débris de silex	< 1 m	Eocène (Tertiaire)
Argiles blanches	c4-6S	Formations argilo-siliceuses (argiles blanches à silex et spongiaires siliceux, spongolites)	20 m	Sénonien
Calcaires bioclastiques	C3c	Calcaires bioclastiques glauconieux à silex bruns (faciès "Tuffeau jaune de Touraine")	35 m	Turonien supérieur
Calcarénites micacés	C3b	Calcarénites micacés à concrétions siliceuses ("Tuffeau de Bourré")	30 à 40 m	Turonien moyen
Craie blanche	C3a	Craie blanche, tendre à dure, à silex noirs (craie à inocérames)	35 m	Turonien inférieur
Marnes à Ostracées	-	Marnes sablo-graveleuses à Ostracées	25 m	Cénomaniens supérieur
Sables et grès		Sables et Grès de Vierzon	30 m	Cénomaniens moyen à inférieur

En bleu : les formations géologiques potentiellement aquifères

Figure 4 : Carte géologique de la feuille Saint-Aignan (source : Infoterre – juillet 2014)



II.2. Contexte local

Les sondages et points d'eau les plus proches du site ont été recensés afin de préciser la lithologie susceptible d'être rencontrée au droit du projet. Le forage 04894X0004/FAEP2, profond de 168 m et situé à environ 230 m au nord-ouest du site présente notamment la coupe suivante, de la surface vers la profondeur :

- De 0 à 32 m de profondeur : Formations résiduelles à silex (Paléocène à Eocène) ;
- De 32 à 90 m : Craie à inocérames (Turonien inférieur) ;
- De 90 à 115 m : Marnes à Ostracées (Cénomaniens supérieur) ;
- De 115 à 145 m : Sables et grès de Vierzon (Cénomaniens inférieur à Cénomaniens moyen).

III. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR D'ÉTUDE

Parmi les formations géologiques précédemment présentées, les horizons aquifères sont listés ci-dessous :

- Alluvions du Cher,
- Les formations crayeuses du Séno-Turonien,
- Les formations sableuses du Cénomaniens.

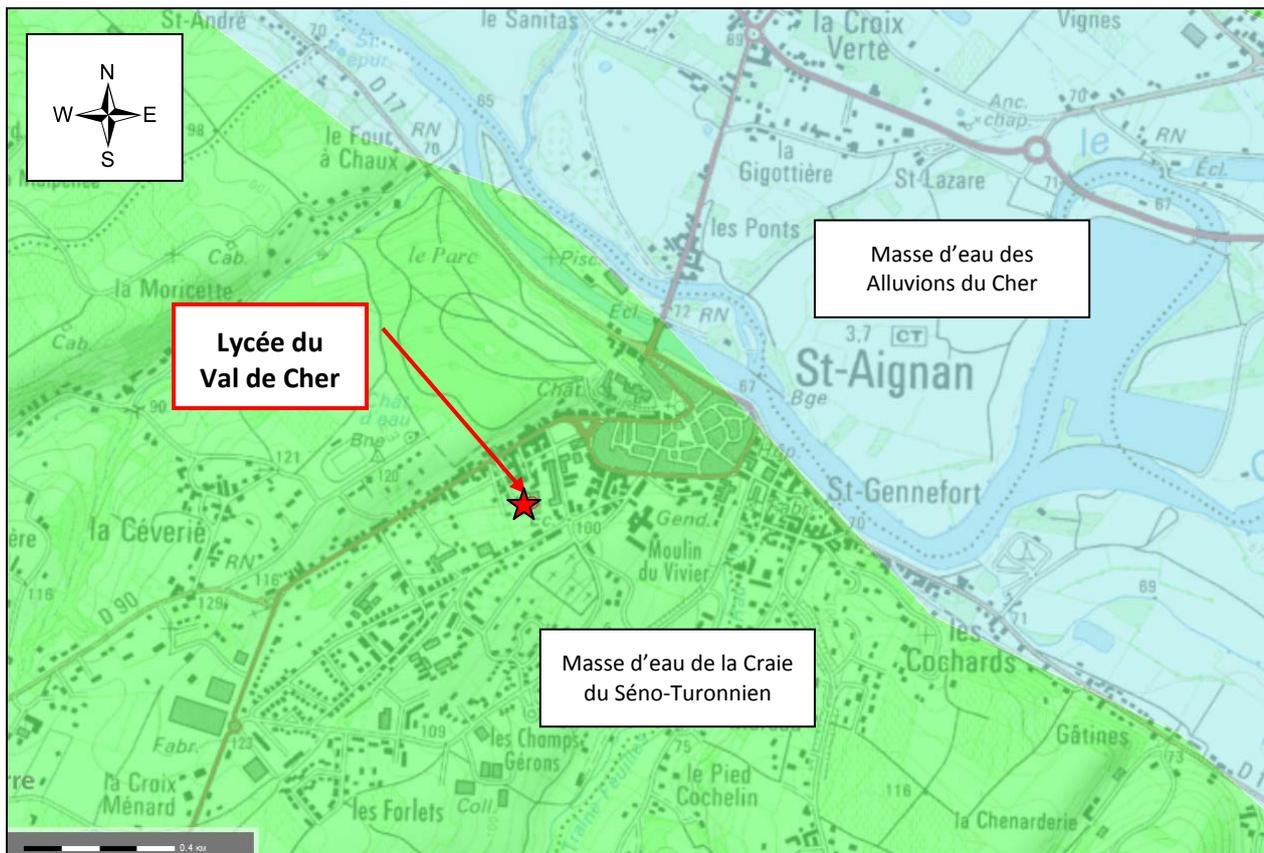
III.1. Aquifère des alluvions du Cher

III.1.1. Masse d'eau

L'aquifère des alluvions du Cher est identifié comme une masse d'eau à part entière sous le numéro FRGG109.

Sa délimitation dans le secteur d'étude est reportée en bleu sur la figure suivante. Le site du projet n'est pas concerné par cette masse d'eau, elle ne sera donc pas étudiée davantage.

Figure 5 : Délimitation de la nappe des alluvions du Cher (Source : Infoterre – Juillet 2014)

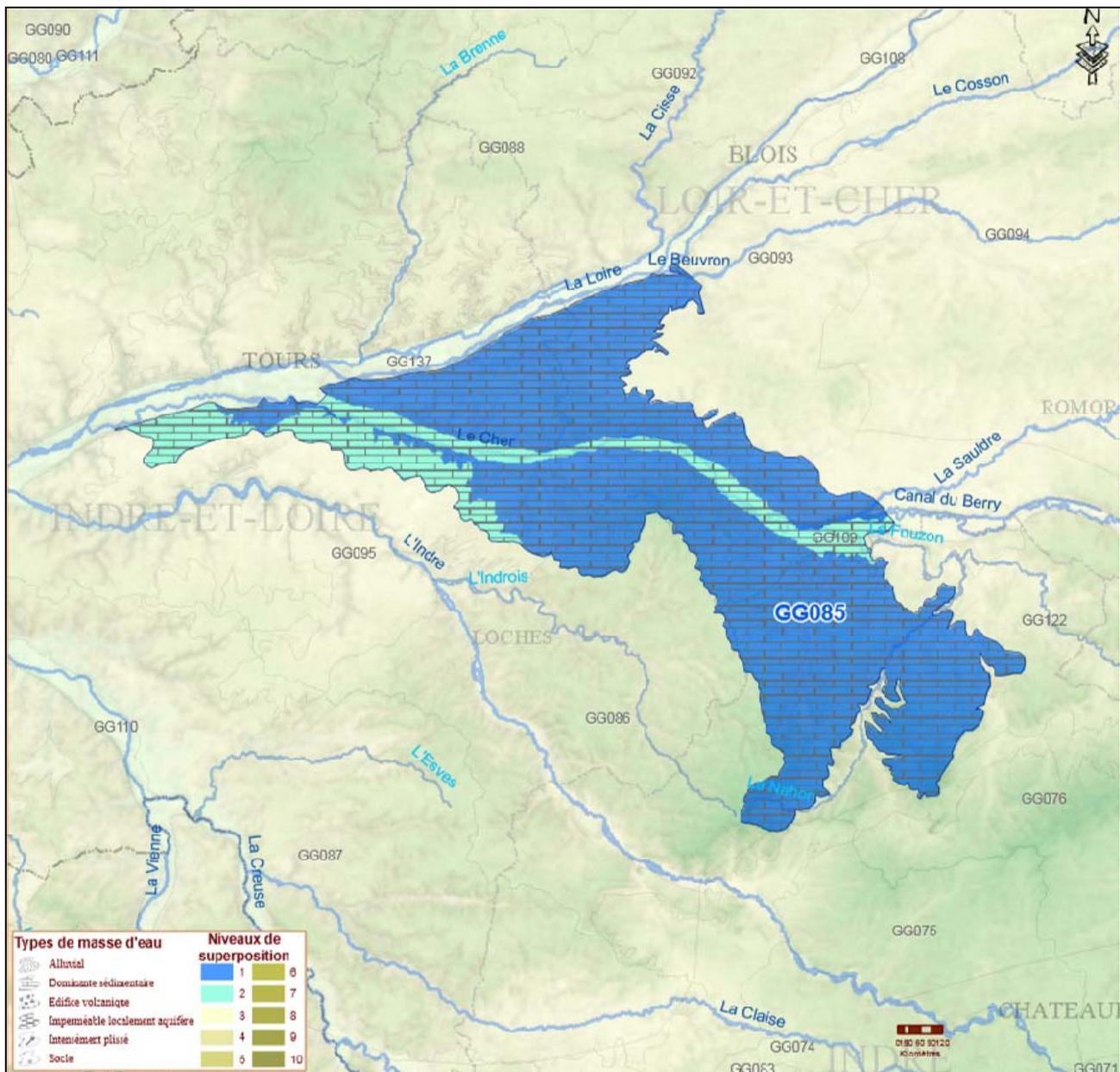


III.2. Aquifère de la Craie séno-turonienne

III.2.1. Masse d'eau

La nappe des formations du Séno-Turonien est identifiée sous la masse d'eau FRGG085 dénommée « Craie du Séno-Turonien du BV du Cher ».

Figure 6 : Délimitation de la nappe de la Craie du Séno-Turonien (source : Infoterre – Juillet 2014)



III.2.2. Productivité - exploitation

D'après la notice de la carte géologique de Saint-Aignan (n°489), la craie et les tuffeaux du Séno-Turonien sont des roches poreuses qui, en raison de la faible dimension des pores, ne présentent qu'une faible perméabilité primaire. Pour que ces formations se révèlent aquifères, il faut qu'une perméabilité secondaire s'y soit développée par fissuration, dissolution, érosion mécanique, ... D'une façon générale, de tels phénomènes s'observent au voisinage des affleurements des assises calcaires, c'est-à-dire dans les vallées et, de façon bien moindre, sous les plateaux car les formations de couverture ont joué un rôle protecteur.

La nappe située dans la craie est la plupart du temps libre et drainée par les vallées principales (Cher, Indrois) et secondaires. Ses exutoires, diffus, participent de façon occulte au réseau hydrographique superficiel à travers les alluvions et les colluvions. Au droit du projet, la nappe de la craie est semi-captive, les formations résiduelles à silex recouvrent l'aquifère sur une trentaine de mètres.

La porosité de la craie est estimée à 1% dans le secteur d'étude et la transmissivité transposée est en moyenne de $5.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les puits et les forages exploitant l'aquifère de la craie sont assez nombreux. Ils alimentent des habitations isolées et plus rarement des collectivités.

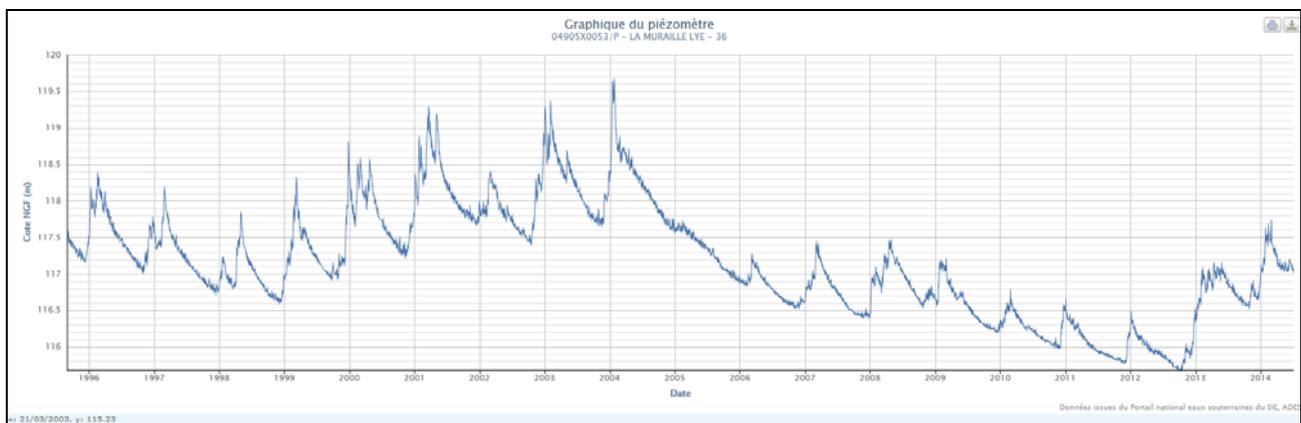
Le **Tableau 2** présente les différents débits spécifiques obtenus dans les environs du projet sur les forages captant la craie séno-turonienne. Les débits spécifiques, très faibles, oscillent entre 0,04 et 3,89 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$. Les débits obtenus sont couramment compris entre 3 et 10 m^3/h , à l'exception des forages situés dans la vallée du Cher ou dans les zones où la nappe est libre (non recouverte par les argiles d'altération de la craie).

III.2.3. Piézométrie

Le graphe ci-dessous présente l'évolution piézométrique au droit d'un piézomètre suivi depuis 1991 (ouvrage 04905X0053 situé à 11,7 km au sud-est du projet). La baisse de la cote de la nappe est visible et continue dans le temps entre 2004 et 2013. Depuis 2013, une hausse jusqu'à retrouver le niveau de 2005 est observée.

Les variations interannuelles de la nappe sont d'environ 0,8 m.

Figure 7 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe du Séno-Turonien au droit du piézomètre 04905X0053 (source : ADES – Juillet 2014)



La carte piézométrique de la nappe de la Craie séno-turonienne réalisée en basses eaux 2008 est présentée en **Figure 8**.

On notera qu'au droit du site, le sens d'écoulement de la nappe est dirigé vers le nord-est avec un gradient hydraulique estimé à 0,6 %.

Au droit du site, la cote piézométrique de la nappe de la craie est située à environ 72 mNGF. La topographie est quant à elle d'environ 103 mNGF en amont du site et de 94 mNGF en aval. On peut donc estimer qu'en période de basses eaux, la surface piézométrique de la nappe est atteinte à 31 m/sol environ en amont (pompage) et à 22 m/sol en aval du lycée (réinjection).

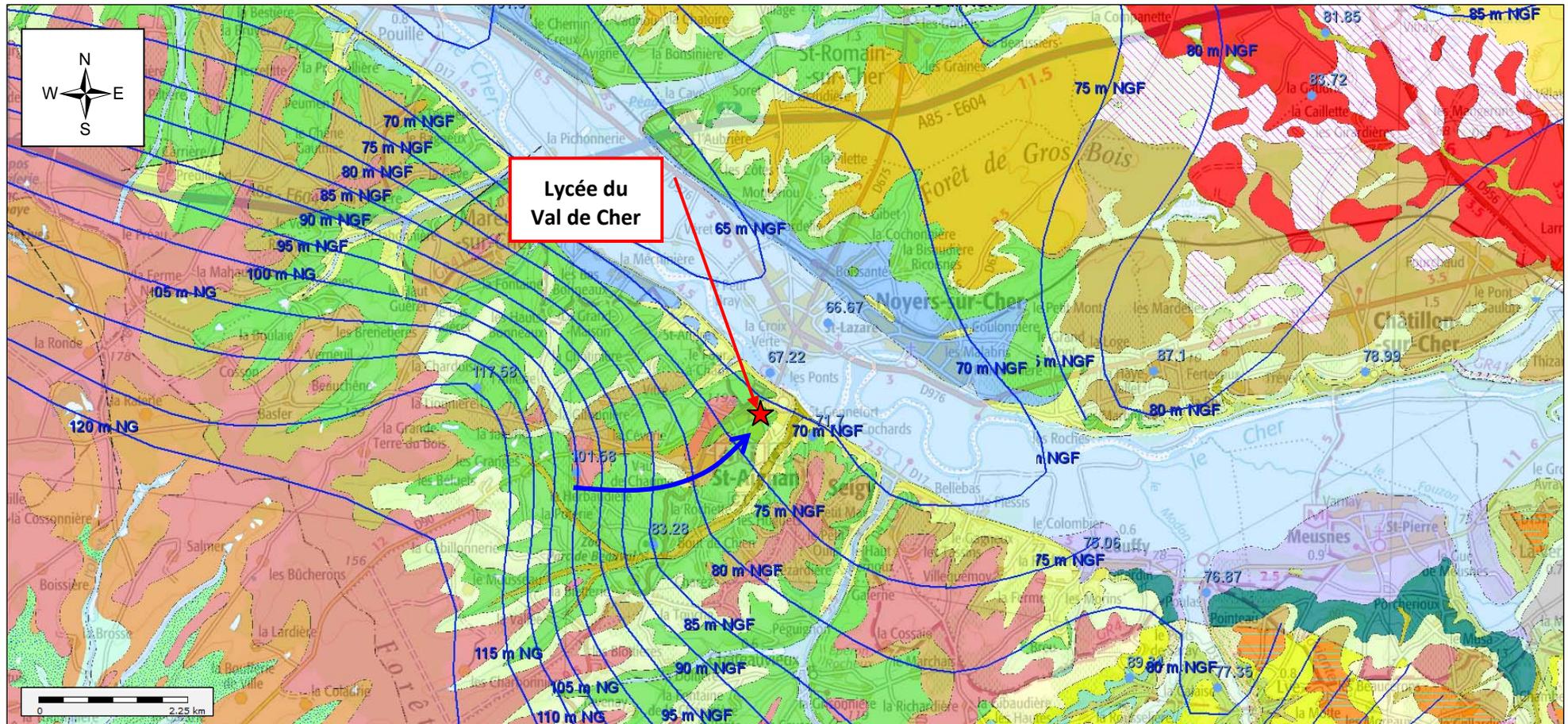
III.2.4. Contraintes réglementaires

Le site n'est pas classé en Zone de Répartition des Eaux ou en Nappe Réservée pour l'Alimentation en Eau Potable pour cet aquifère.

Tableau 2 – Débits spécifiques des forages exploitant la craie séno-turonienne recensés dans le secteur d'étude

Identifiant	Distance au projet (m)	Position hydrogéologique	X (Lambert 2) en m	Y (Lambert 2) en m	Profondeur (m)	Altitude (mNGF)	Niveau statique (m/sol)	Débit (m ³ /h)	Rabatement (m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	Transmissivité transposée (m ² /s)
04894X0014/F	630 m au nord-est	Aval (vallée)	527130	2252950	20.25	71		35	9	3.89	1.08E-03
04894X0049/F	980 m au sud-est	Latéral	527830	2251905	53	105		3	10	0.30	8.33E-05
04894X0057/F	1050 m au nord-ouest	Latéral	526540	2253310	25	80		4	-	-	-
04894X0013/F	1200 m au sud-est	Latéral	527110	2251160	71	92		6	-	-	-
04894X0060/F	1670 m au nord-est	Aval	527660	2253860	12	69		2	5	0.36	1.00E-04
04894X0050/F	1770 m au nord-est	Aval	527975	2253790	20	69	2.8	20	-	-	-
04894X0051/F	2015 m au sud-ouest	Amont	525575	2250875	51	109		1	26	0.04	1.08E-05
04894X0068/F	2245 m au nord-est	Aval	529120	2252938	32	69		9	8	1.13	3.13E-04
04894X0066/F	2250 m au nord-est	Aval	528385	2254087	14	69	1.95	13.9			
04898X0007/F	2465 m au sud-ouest	Amont	525425	2250415	56	110	26.1	12	22.6	0.53	1.47E-04
04894X0067/F	2750 m au nord-est	Aval	527262	2255083	20	70		3	-	-	-
04898X0008/F	2790 m au sud-ouest	Amont	525180	2250190	33	95		-	-	-	-
04894X0063/FEPAR	2925 m au nord-est	Aval	527572	2255206	34	80	12.4	-	-	-	-
04893X0004/P	2940 m au sud-ouest	Amont	524160	2251425	45.5	141		-	-	-	-
04894X0059/F	2985 m au nord-est	Aval	528910	2254600	55	86		4	-	-	-
04894X0055/F	2995 m au nord-est	Aval	528400	2254970	30	79		6	-	-	-
04894X0061/FPAC	3025 m au nord-est	Aval	529926	2252902	13	73	6.02	8	-	-	-
04894X0065/F2PAC	3030 m au nord-est	Aval	529922	2252950	17	75	5.45	12	-	-	-
04894X0058/F	3220 m au nord-est	Aval	527490	2255520	58	77		4	-	-	-
04894X0054/F	3277 m au nord-est	Aval	528650	2255150	38	91	22.2	6	-	-	-
04893X0055/F	3470 m au sud-ouest	Latéral	523560	2251610	40	110		-	-	-	-
04893X0064/F	2780 m au nord-ouest	Latéral	524021	2254737	38.5	80	14	8	13	0.62	1.71E-04
04894X0056/F	4135 m au nord-est	Aval	530890	2253610	45	80		3	-	-	-
04893X0009/F	4390 m au nord-ouest	Latéral	522575	2252690	60	135	18	-	-	-	-
04905X0012/P	5370 m au sud-est	Latéral	531900	2250250	3.5	77		-	-	-	-
04901X0024/P	6090 m au nord-est	Aval	533005	2253050	27.6	112		-	-	-	-
04905X0063/F	6235 m au sud-est	Latéral	532770	2250100	4.5	76		-	-	-	-
04905X0011/P	6715 m au sud-est	Latéral	532560	2248650	38.2	127	36.3				
04897X0004/FPAC	7200 m au sud-ouest	Latéral	523394	2246092	46	143	14.7	7	12.20	0.57	1.59E-04
04893X0005/PF	7200 m au nord-ouest	Latéral	519815	2253290	55	150	17	3	-	-	-
04905X0042/P	8040 m au sud-est	Latéral	533430	2247580	44.5	126		-	-	-	-
04905X0043/P	8180 m au sud-est	Latéral	534030	2248250	18.25	100		-	-	-	-
04905X0016/P	8260 m au sud-est	Latéral	532500	2246230	35.1	119	33.7	-	-	-	-

Figure 8 : Carte piézométrique de la nappe de la craie séno-turonienne en basses eaux 2008 (source : SIGES Centre – Juillet 2014)



III.2.5. Compatibilité de la qualité de l'eau avec l'usage « géothermie »

Le projet prévoit l'utilisation de l'eau souterraine de la nappe de la craie séno-turonienne à des fins énergétiques. Il est de ce fait nécessaire de vérifier la qualité des eaux de l'aquifère visé pour un usage géothermique.

A cet effet, un système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-Eaux souterraines) a été développé par les Agences de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2003). Cet outil permet d'évaluer de manière simple et rigoureuse la qualité de l'eau pour un certain nombre d'usages, notamment l'usage « énergie ».

En vue d'étudier la compatibilité de l'usage « géothermie » avec la qualité de l'eau de la nappe de la craie séno-turonienne, le qualitomètre le plus proche a été recherché dans la base de données ADES. Aucun captage suffisamment proche du projet n'a pu être trouvé. Cette démarche devra donc être effectuée avec les eaux du forage de reconnaissance. Celles-ci devront être comparées au référentiel du SEQ-Eaux souterraines – usage « énergie ».

L'aptitude de l'eau pour l'usage « énergie » est établie suivant la classification suivante :

Figure 9 : Classes d'aptitudes 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

Cette classification est établie en fonction de trois « altérations » qui décrivent l'usage de l'eau souterraine à des fins énergétiques : la température, la corrosion et la formation de dépôts.

Figure 10 : Détails de la classification « énergie »

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

Les paramètres physico-chimiques de l'eau utilisée permettent ainsi d'évaluer l'aptitude de l'eau à l'usage « énergie ». Les tableaux d'évaluation sont présentés ci-après.

Figure 11 : Classification « énergie » suivant les altérations associées 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 dysfonctionnement 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 ⁽¹⁾	g/l NaCl		0,6	1,5	3	
Conductivité ⁽¹⁾	µS.cm-1		1300	3000	6000	
pH		> 9,8	> 7 et ≤ 9,8	> 6 et ≤ 7		≤ 6
Chlorures ⁽¹⁾	mg/l		150	400	1000	
Sulfates ⁽¹⁾	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

(1) 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				
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 - 0.166 pH

(2) Indice saturation = pHs-pH. Le pH est le pH d'équilibre ou de saturation après essai au marbre

Afin de s'affranchir du risque de corrosion par oxydation du fer, il est préconisé la mise en place d'un tubage PVC dans le forage et de canalisations en INOX pour le circuit primaire.

Aucun qualitomètre n'ayant pu être trouvé à proximité du site, la compatibilité des eaux de la Craie avec un usage géothermique devra être déterminée à partir des eaux pompées sur le forage de reconnaissance.

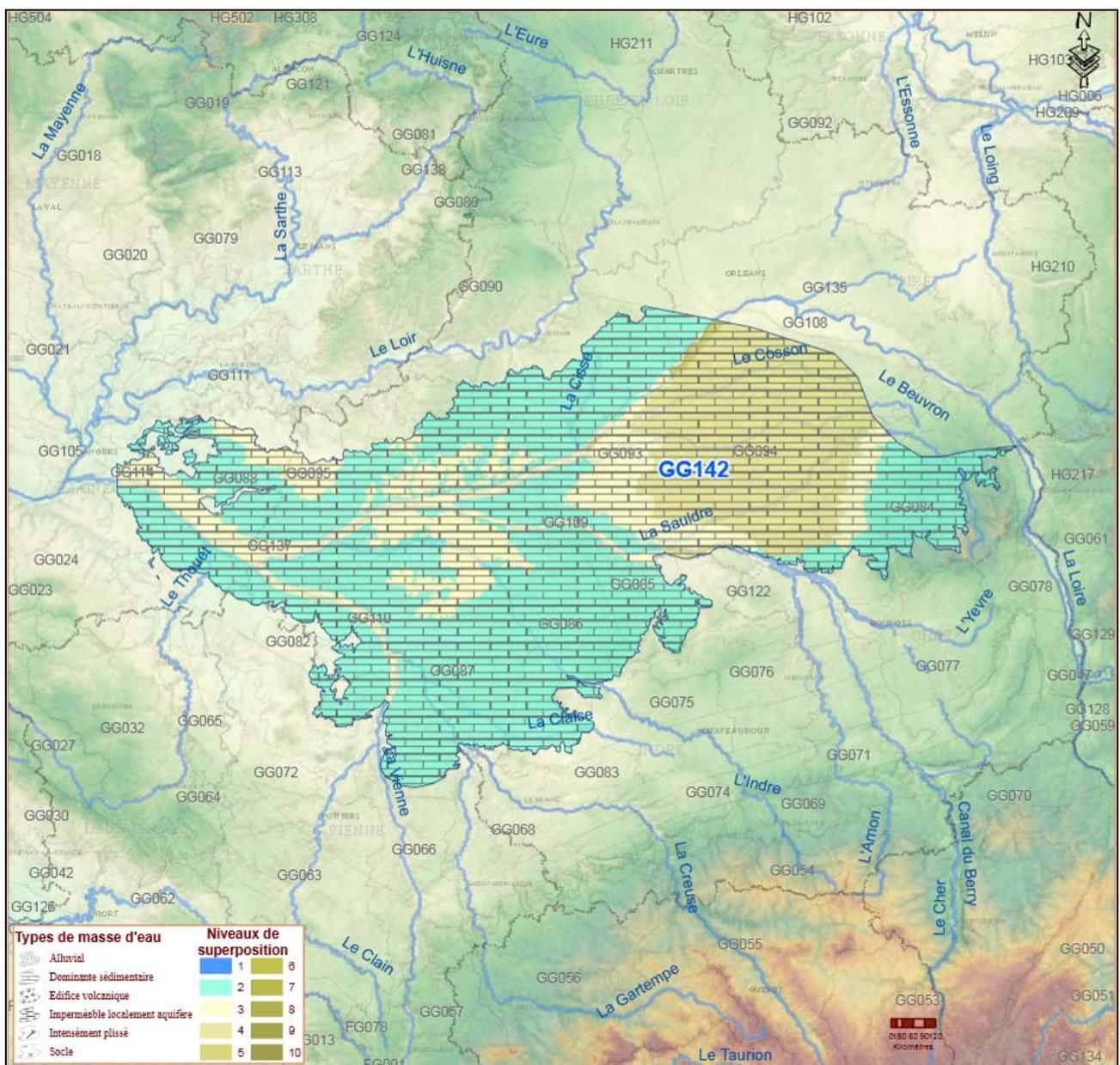
En outre, l'installateur devra impérativement vérifier la compatibilité de la pompe à chaleur et de l'échangeur ainsi que de leur exploitation avec les valeurs mesurées sur le forage de reconnaissance.

III.3. Aquifère des Sables et Grès captifs du Cénomanien

III.3.1. Masse d'eau

La nappe des formations Cénomanien est identifiée sous la masse d'eau FRGG142 dénommée « Sables et Grès captifs du Cénomanien – Unité de Loire ».

Figure 12 : Délimitation de la nappe des Sables et Grès captifs du Cénomanien (source : Infoterre – Juillet 2014)



III.3.2. Productivité – exploitation

D'après la notice de la carte géologique de Saint-Aignan (n°489), cet aquifère est constitué par les horizons sablo-gréseux du Cénomanien moyen et inférieur, auquel s'ajoutent parfois les assises argilo-sableuses de l'Albien, notamment au nord de Saint-Aignan.

Il présente une perméabilité d'interstices. Le réservoir est cloisonné par des niveaux marneux et argileux (aquifère multicouche) et la nappe est le plus souvent maintenue captive sous les « Marnes à Ostracées ». La porosité efficace du réservoir est de l'ordre de 1%.

La nappe était autrefois jaillissante dans les vallées mais par suite de l'exploitation intensive dont elle est l'objet, le phénomène a pratiquement disparu et sa surface piézométrique s'abaisse régulièrement dans la plupart des secteurs.

La nappe présente un gradient moyen d'écoulement de 0,1% et montre un axe de dépression dans la vallée du Cher, du au drainage par la rivière. La transmissivité de l'aquifère est faible, elle varie de 10^{-4} à 10^{-3} m²/s.

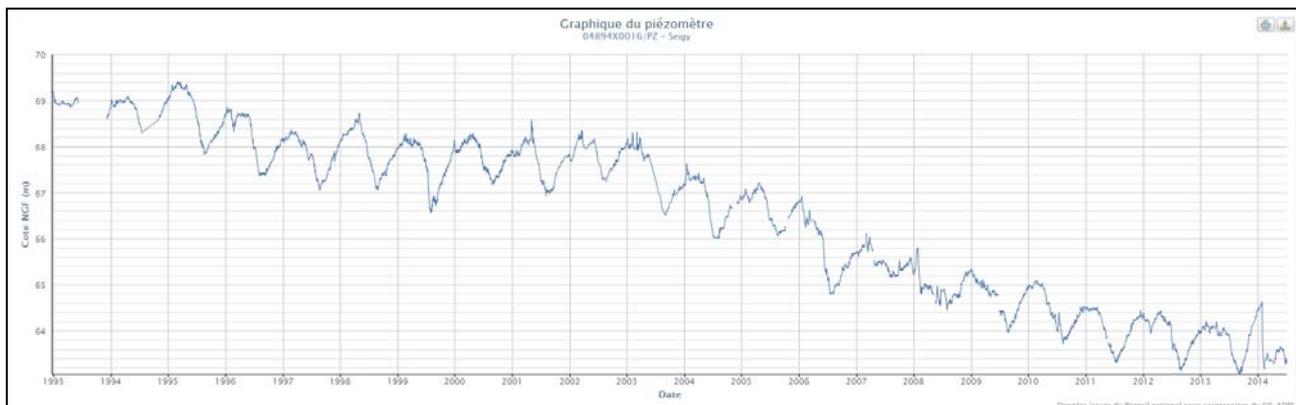
Cette nappe est beaucoup utilisée pour l'alimentation en eau potable au droit du secteur d'étude.

Le **Tableau 3** présente les différents débits spécifiques obtenus dans les environs du projet sur les forages captant les sables du Cénomaniens. Les débits spécifiques, très faibles, oscillent entre 0,04 et 3,89 m³/h/m.

III.3.3. Piézométrie

Le graphe ci-dessous présente l'évolution piézométrique au droit d'un piézomètre suivi depuis 1991 (ouvrage 04894X0016 situé à 2,4 km au sud-est du projet). La baisse de la cote de la nappe est visible et continue dans le temps.

Figure 13 : Evolution du niveau piézométrique de la nappe du Cénomaniens au droit du piézomètre 04894X0016 (source : ADES – Juillet 2014)



Les cartes piézométriques de la nappe des Sables du Cénomaniens réalisées en basses eaux 1994 et hautes eaux 2003 sont présentées en **Figure 14** et en **Figure 15**.

On notera qu'au droit du site, le sens d'écoulement de la nappe est dirigé vers le nord-ouest avec un gradient hydraulique estimé à 0,1 %.

Tableau 3 – Débits spécifiques des forages exploitants les sables du Cénomaniens recensés dans le secteur d'étude

Identifiant	Distance au projet (m)	Position hydrogéologique	X (Lambert 2) en m	Y (Lambert 2) en m	Profondeur (m)	Altitude (mNGF)	Niveau statique (m/sol)	Débit (m ³ /h)	Rabattement (m)	Qs (m ³ /h/m)	Transmissivité transposée (m ² /s)
04894X0001/FAEP1	377 m au nord-ouest	Latéral	526617	2252517	127	116.1		40	12	3.33	9.26E-04
04894X0003/F	1080 m au sud-ouest	Amont	526050	2251750	142	120		30	-		
04894X0004/FAEP2	1500 m au sud-ouest	Amont	525779	2251412	168.2	134		75	18	4.14	1.15E-03
04893X0010/F4AEP	2060 m au sud-ouest	Amont	524900	2252150	153	127		73	25	2.86	7.95E-04
04894X0016/PZ	2400 m au sud-est	Latéral	529150	2251380	110	70		-	-		
04893X0060/F	2565 m au sud-ouest	Amont	524450	2251780	104	143	60	2	-		
04894X0011/FAEP3	2745 m au sud-est	Latéral	529076	2250607	155	112		106	17	6.38	1.77E-03
04898X0011/F	3060 m au sud-ouest	Amont	526214	2249375	40	133	8.9	15	-	-	-
04894X0006/FAEP1	4240 m au nord-est	Aval	527267	2256574	173.8	119		125	2	54.35	1.51E-02
04905X0054/F	6460 m au sud-est	Latéral	533030	2250160	26	76	1.5	2		-	-
04901X0037/FAEP2	7840 m au nord-est	Aval	534760	2253053	100.6	117		31	24	1.28	3.56E-04
04901X0022/P	3380 m au nord-est	Aval	535310	2252930	9.7	96		-	-	-	-

Figure 14 : Carte piézométrique de la nappe des sables du Cénomani en basses eaux 1994 (source : SIGES Centre – Juillet 2014)

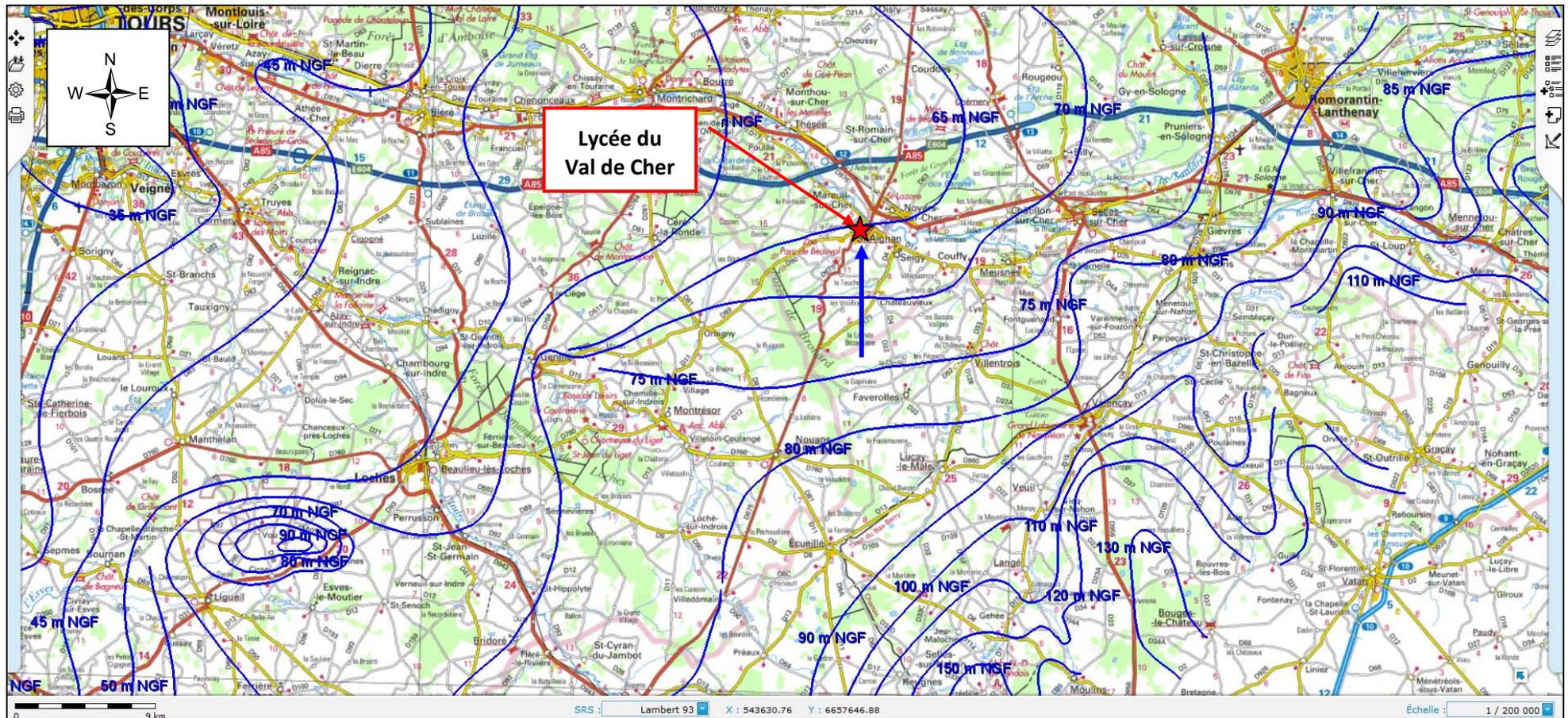
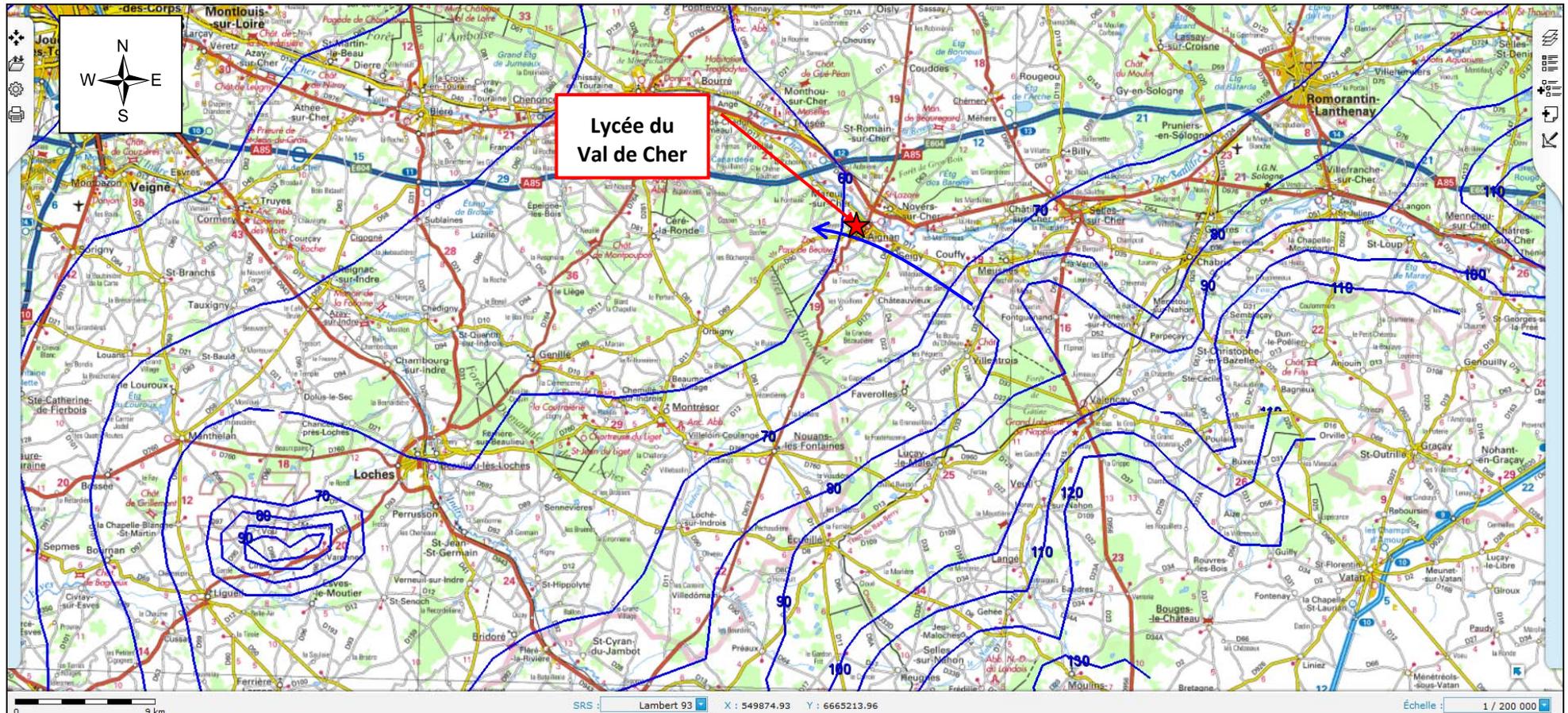


Figure 15 : Carte piézométrique de la nappe des sables du Cénomanien en hautes eaux 2003 (source : SIGES Centre – Juillet 2014)



III.3.4. Contraintes réglementaires

Le site est classé en Zone de Répartition des Eaux pour cet aquifère à partir de +25 mNGF soit environ 75 m de profondeur par rapport au sol au droit du site.

La nappe du Cénomaniens est également réservée à l'alimentation en eau potable (NAEP) d'après le SDAGE Loire Bretagne.

D'après le SAGE du Cher Aval en cours d'élaboration, ces deux classements impliquent qu'il est interdit de réaliser des forages à d'autres fins que l'alimentation en eau potable sur ce secteur.

III.3.5. Compatibilité de la qualité de l'eau avec un usage géothermique

Le projet prévoit l'utilisation de l'eau souterraine de la nappe des Sables et Grès du Cénomaniens à des fins énergétiques. Il est de ce fait nécessaire de vérifier la qualité des eaux de l'aquifère visé pour un usage géothermique.

A cet effet, un système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-Eaux souterraines) a été développé par les Agences de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2003). Cet outil permet d'évaluer de manière simple et rigoureuse la qualité de l'eau pour un certain nombre d'usages, notamment l'usage « énergie ».

En vue d'étudier la compatibilité de l'usage « géothermie » avec la qualité de l'eau de la nappe de la craie séno-turonienne, les données du qualitomètre le plus proche (captage d'eau potable de Saint-Aignan (Le Parc), situé à 376 m à l'ouest du projet, recensé sous le numéro BSS 04894X0001/FAEP1) ont été comparées au référentiel du SEQ-Eaux souterraines – usage « énergie ».

L'aptitude de l'eau pour l'usage « énergie » est établie suivant la classification suivante :

Figure 16 : Classes d'aptitudes 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

Cette classification est établie en fonction de trois « altérations » qui décrivent l'usage de l'eau souterraine à des fins énergétiques : la température, la corrosion et la formation de dépôts.

Figure 17 : Détails de la classification « énergie »

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

Les paramètres physico-chimiques de l'eau utilisée permettent ainsi d'évaluer l'aptitude de l'eau à l'usage « énergie ». Les tableaux d'évaluation sont présentés ci-après.

Figure 18 : Classification « énergie » suivant les altérations associées 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 dysfonctionnement 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 ⁽¹⁾	g/l NaCl		0,6	1,5	3	
Conductivité ⁽¹⁾	µS.cm-1		1300	3000	6000	
pH		> 9,8	> 7 et ≤ 9,8	> 6 et ≤ 7		≤ 6
Chlorures ⁽¹⁾	mg/l		150	400	1000	
Sulfates ⁽¹⁾	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

(1) 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				
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 - 0.166 pH

(2) Indice saturation = pHS-pH. Le pHS est le pH d'équilibre ou de saturation après essai au marbre

La qualité de l'eau concernée par le présent projet, peut ainsi être évaluée à l'aide d'analyses d'eau effectuées sur des qualitomètres présents dans les environs du secteur d'étude. Parmi les qualitomètres les plus proches du projet, on note la présence de l'ouvrage 04894X0001/FAEP1 situé à environ 376 m à l'ouest du site. Profond de 127 m, cet ouvrage capte les eaux de la nappe des Sables du Cénomaniens.

Une chronique des nombreux paramètres mesurés au niveau de ce qualitomètre, est disponible sur le portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines (ADES).

Tableau 4 : Etude de la compatibilité de l'eau de la nappe des sables du Cénomaniens à l'usage « géothermie », à partir des données du qualitomètre 04894X0001/FAEP1, sur la chronique du 02/08/1988 au 31/05/2011

Paramètres	Unités	Nb de mesures	Fourchette de mesures	Mesure moyenne	Altération Température (Pompe à chaleur)	Altération Corrosion	Altération Dépôts
Température	°C	19	[13,1-16,5]	15,221		-	-
CO ₂ dissous	mg/l	-	-	-	-	-	-
O ₂ dissous	mg/l	6	[0,8-8,9]	4,25	-		
Salinité	g/l NaCl	-	-	-	-	-	-
Conductivité à 25°C	µS/cm	11	[470-500]	488,818	-		-
pH	42	9	[7,2-8,05]	7,588	-		-
pHs	-	-	-	-			
Chlorures	mg (Cl ⁻)/l	15	[18-22,5]	19,96	-		-
Sulfates	mg (SO ₄)/l	15	[28,3-35]	30,747	-		-
Ferro-bactéries	-	-	-	-	-	-	-
Bactéries sulfite réductrices	N/(100 ml)	-	-	-	-	-	-
Sulfures	mg/l HS ⁻	-	-	-	-	-	-
Eh (Potentiel d'oxydoréduction)*	mV	-	-	-	-	-	-
Titre alcalimétrique	°f	8	[0,05-0,05]	0,05			
<i>pHs-pH (calcul)</i>	-	-	-	-	-	-	-

D'après cette analyse, l'aptitude de l'eau de la nappe des Sables est :

- Favorable pour l'altération température – usage pompe à chaleur
- Inapte pour l'altération corrosion, à cause du paramètre oxygène dissous,
- Passable pour l'altération dépôts, à cause du paramètre pH.

A noter que tous les paramètres à étudier n'ont pas été trouvés sur ADES.

Afin de s'affranchir du risque de corrosion par oxydation du fer, il est préconisé la mise en place d'un tubage PVC dans le forage et de canalisations en INOX pour le circuit primaire.

Par contre, le risque de dépôts par précipitation du fer et/ou du manganèse (embouage), lié au taux d'oxygène dissous, ne pourra être évité compte-tenu des teneurs en fer et en manganèse dans les eaux de la nappe des sables du Cénomaniens enregistrées au droit du captage d'eau potable 04894X0001/FAEP1 de Saint Aignan (voir graphiques suivants).

L'installateur devra vérifier la compatibilité de la pompe à chaleur et de l'échangeur ainsi que de leur exploitation avec ces valeurs.

Figure 19 : Evolution de la concentration en fer au droit du qualitomètre 04894X0001/FAEP1

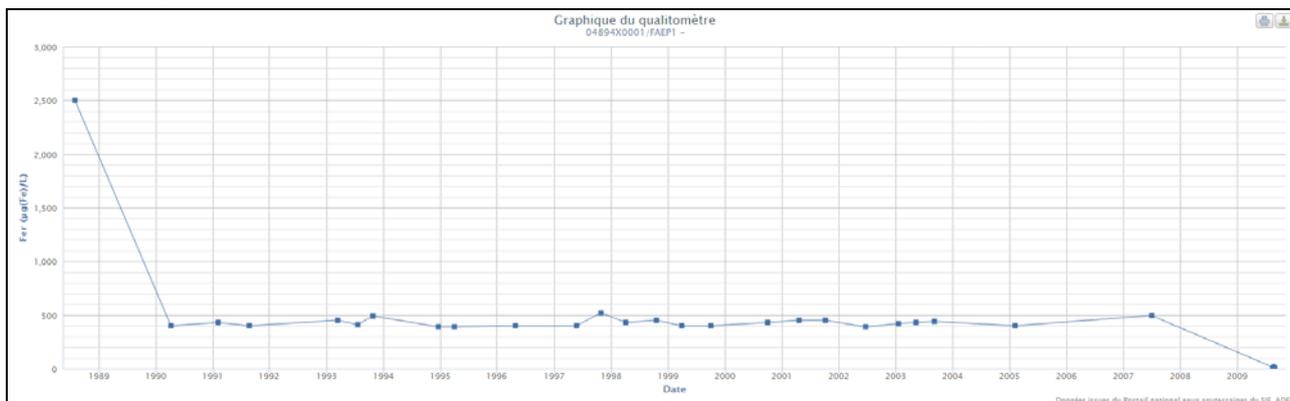
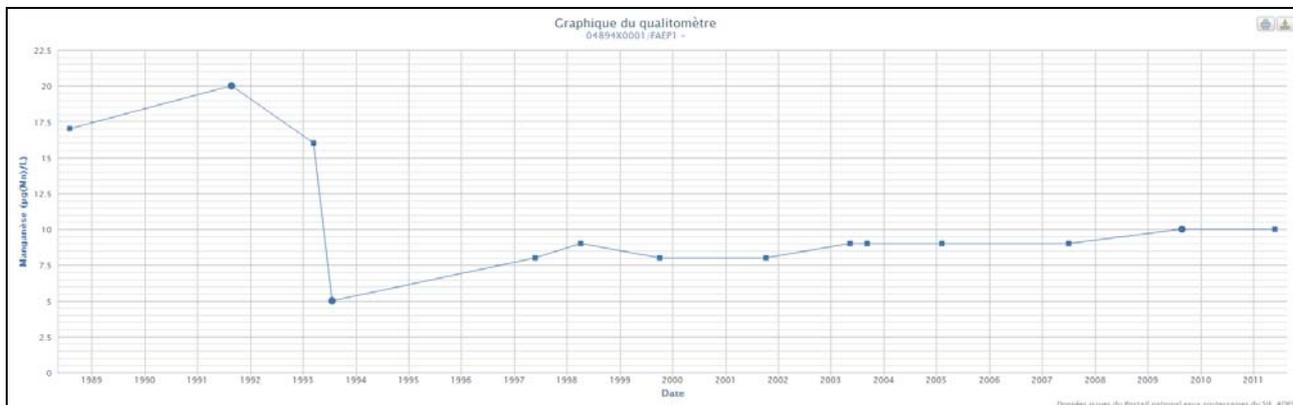


Figure 20 : Evolution de la concentration en manganèse au droit du qualitomètre 04894X0001/FAEP1



L'importance des teneurs en fer et en manganèse, due au caractère captif de la nappe, rend très problématique l'exploitation d'une pompe à chaleur dans cet aquifère.

III.4. Conclusion

Deux aquifères sont présents au droit du secteur d'étude : l'aquifère de la craie séno-turonienne et l'aquifère des sables et grès du Cénomaniens.

Le **Tableau 5** présente le bilan Avantages/Inconvénients des deux aquifères.

Tableau 5 : Bilan Avantages/Inconvénients des deux nappes

	Avantages	Inconvénients
Craie séno-turonienne	<ul style="list-style-type: none">- Faible profondeur (70 m) donc coût plus abordable- Pas de contraintes réglementaires	<ul style="list-style-type: none">- Faible productivité (3 à 10 m³/h)- Compatibilité des eaux avec un usage géothermique à vérifier in situ
Sables du Cénomaniens	<ul style="list-style-type: none">- Productivité conforme à l'objectif	<ul style="list-style-type: none">- Nappe protégée (ZRE et NAEP)- Localisation du lycée en limite extérieure d'un périmètre de protection d'un forage AEP- Teneurs en fer et manganèses importantes (risque d'embouage et maintenance importante de l'exploitation)- Coût élevé car forage plus profond à réaliser- Inapte à la géothermie à cause du paramètre corrosion

Il ressort du bilan réalisé ci-dessus que, tant sur le plan technique que sur le plan réglementaire, la nappe du Cénomaniens ne pourra constituer un objectif.

En conclusion, la nappe visée par le présent projet de doublet géothermique sera celle de la craie séno-turonienne. Néanmoins, au vu des caractéristiques de la nappe, il est préconisé de procéder dans un premier temps à un sondage de reconnaissance pour apprécier son potentiel aquifère ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques. Le forage réalisé sera le futur ouvrage de pompage, situé en amont hydraulique du Lycée (dans la parcelle enherbée). En cas de succès, le forage de réinjection serait alors réalisé en aval du lycée.

Au vu du potentiel de la nappe de la craie observé sur les ouvrages avoisinants, le débit souhaité de 35 m³/h ne sera vraisemblablement pas atteint. Il est donc proposé de repositionner le projet autour des caractéristiques suivantes :

- Zone chauffée : logements de fonction ;
- Puissance nécessaire : 30 kW ;
- Débit géothermique pour un ΔT de 5°C : 5.2 m³/h ;
- Consommation annuelle : 40 MWh/an sur 7 mois.

La suite de l'étude portera sur ces hypothèses.

IV. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

IV.1. Contraintes environnementales

IV.1.1. Hydrologie / Risque d'inondation

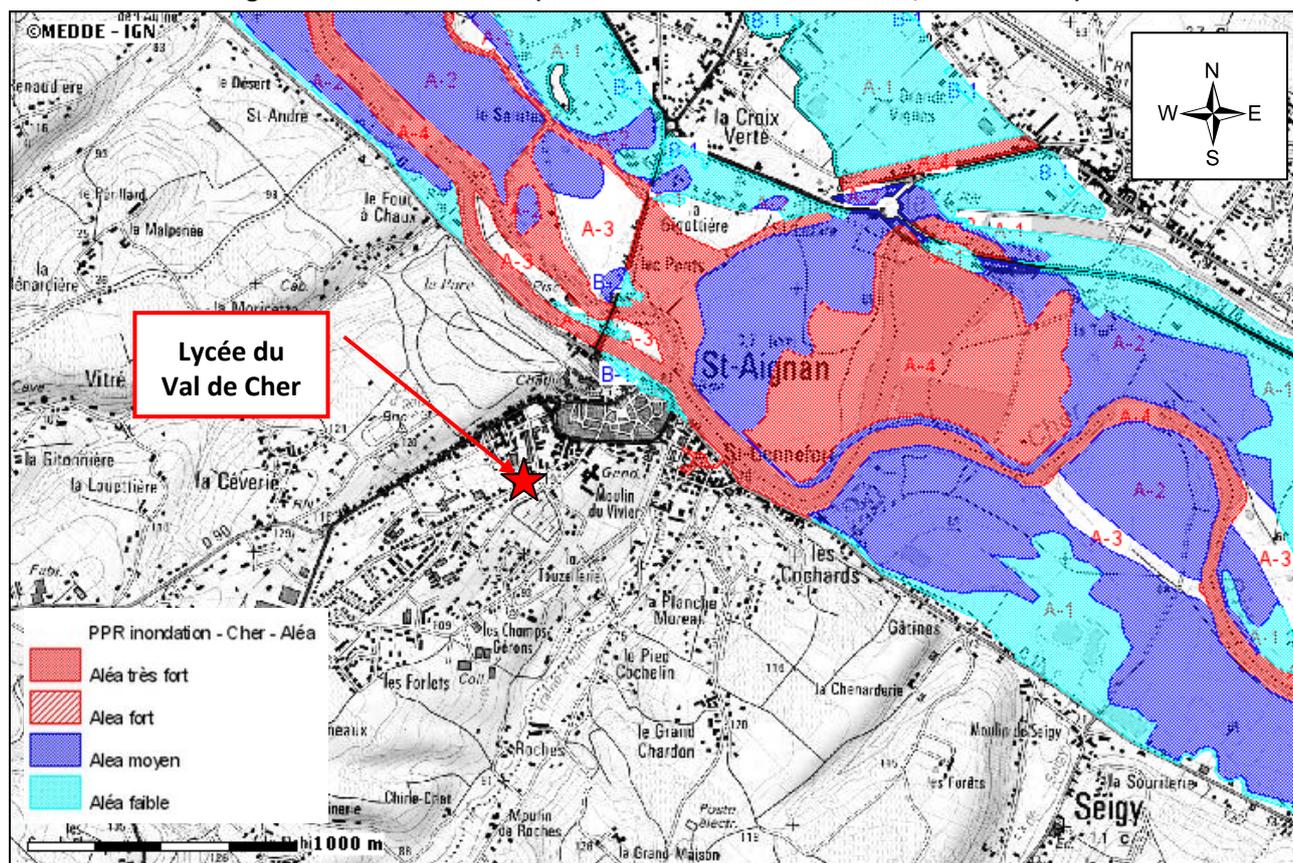
Le réseau hydrographique local est représenté par le Cher, qui passe à 450 m au nord du Lycée du Val de Cher (voir Figure 1).

De 367,8 km de longueur, le Cher prend sa source à Mérinchal, dans le département de la Creuse, dans le Massif central, et se jette dans la Loire à Villandry, dans le département d'Indre-et-Loire.

Le Cher a fait l'objet d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation dans le département du Loir-et-Cher approuvé par arrêté interdépartemental préfectoral du 3 octobre 2000.

D'après ce document, le site du Lycée n'est pas soumis à un aléa inondation.

Figure 21 : Aléa inondation (source : PPRn Inondation du Cher, octobre 2000)



IV.1.2. Usages des eaux souterraines et périmètres de protection de captage AEP

D'après la banque de données du sous-sol, 29 ouvrages sont recensés dans un rayon de 3 km autour du Lycée du Val de Cher. La plupart sont des forages, dont 6 à usage d'eau potable. Ces ouvrages sont cartographiés en **Figure 22** et listés dans le **Tableau 6**. La ressource en eau souterraine semble exploitée dans ce secteur d'après la banque de données du sous-sol.

On remarque que la craie du Séno-Turonien est majoritairement exploitée pour les usages domestiques ou agricoles alors que les ouvrages d'alimentation en eau potable ou industrielle exploitent préférentiellement l'aquifère des sables du Cénomaniens.

L'ouvrage exploité le plus proche du lycée est le forage répertorié sous le numéro BSS n°04894X0001/FAEP1, captant la nappe des Sables du Cénomaniens. D'une profondeur de 127 m, il se situe à 380 m au nord-ouest du Lycée, en latéral hydrogéologique et est exploité pour l'alimentation en eau potable de la ville de Saint-Aignan. Le périmètre de protection rapprochée de ce forage dit du Parc est mitoyen avec les limites du Lycée du Val de Cher.

Plusieurs autres captages d'alimentation en eau potable sont situés dans cette zone mais le site n'est concerné par aucun périmètre de protection rapprochée.

L'ouvrage le plus proche du site captant la nappe du Séno-Turonien est l'ouvrage 04894X0014/F situé à 630 m au nord-est du Lycée (aval hydrogéologique). Cet ouvrage, profond de 20,2 m/sol, est exploité à des fins d'alimentation en eau collective (piscine municipale).

Figure 22 : Cartographie des ouvrages recensés dans un rayon de 3 km autour du Lycée du Val de Cher (source : Infoterre – Juillet 2014)

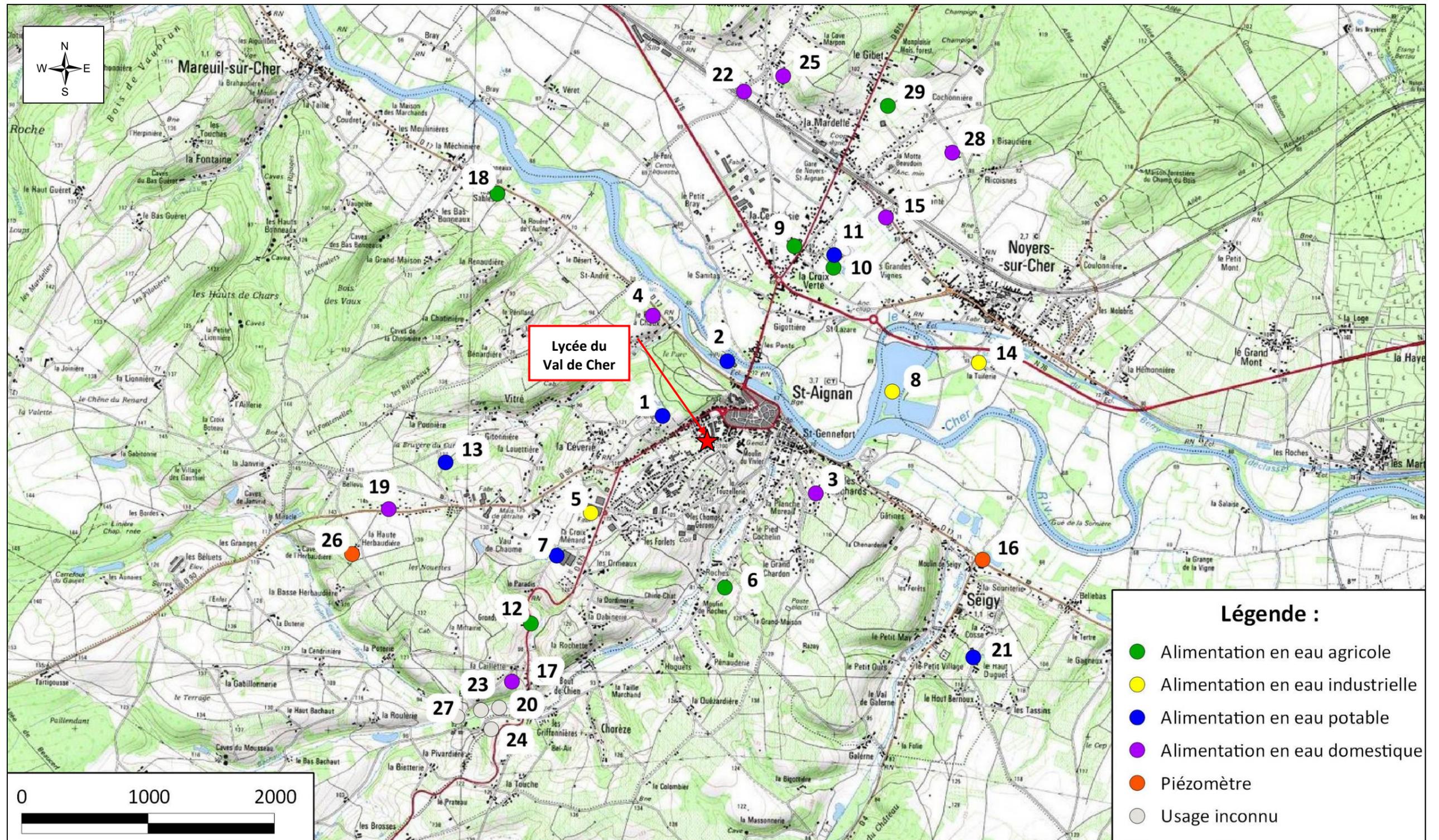


Tableau 6 : Ouvrages recensés dans un rayon de 3 km autour du lycée du Val de Cher (source : Infoterre, Juillet 2014)

N° Figure	Identifiant	Distance au projet (m)	Position hydrogéologique	Aquifère exploité	X (Lambert 2) en m	Y (Lambert 2) en m	Commune	Adresse	Nature	Profondeur (m)	Altitude (mNGF)	Utilisation	Niveau statique (m/sol)
1	04894X0001/FAEP1	380 m au nord-ouest	Latéral	Sables du Céno-manien	526617	2252517	Saint-Aignan	LE PARC AEP N.1	FORAGE	127	116.1	AEP	
2	04894X0014/F	630 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	527130	2252950	Saint-Aignan	ILE SUR LE CHER PISCINE	FORAGE	20.25	71	AEP	
3	04894X0049/F	980 m au sud-est	Latéral	Craie du Séno-turonien	527830	2251905	Seigy	5 RUE DES TOUS VENTS – PARCELLE N°1064	FORAGE	53	105	Eau domestique	
4	04894X0057/F	1050 m au nord-ouest	Latéral	Craie du Séno-turonien	526540	2253310	Saint-Aignan	LE FOUR A CHAUX PARCELLE BC-83	FORAGE	25	80	Eau domestique	
5	04894X0003/F	1080 m au sud-ouest	Amont	Sables du Céno-manien	526050	2251750	Saint-Aignan	USINE ACIAL	FORAGE	142	120	AEI	
6	04894X0013/F	1200 m au sud-est	Latéral	Craie du Séno-turonien	527110	2251160	Seigy	COUPE GORGES	FORAGE	71	92	AEA	
7	04894X0004/FAEP2	1500 m au sud-ouest	Amont	Sables du Céno-manien	525779	2251412	Saint-Aignan	VAU DE CHAUME AEP N.2	FORAGE	168.2	134	AEP	
8	04894X0017/C	1525 m au nord-est	Aval	NR	528435	2252710	Noyers-sur-Cher	BUSA, SABLIERE, COUFLONS	CARRIERE		67	AEI	
9	04894X0060/F	1670 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	527660	2253860	Noyers-sur-Cher	74 AV. DE LA GARE – PARCELLE F1914	FORAGE	12	69	AEA	
10	04894X0018/P	1685 m au nord-est	Aval	Alluvions du Cher	527970	2253690	Noyers-sur-Cher	LES FAUSSSES E 1064	PUITS	7	69	AEA	
11	04894X0050/F	1770 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	527975	2253790	Noyers-sur-Cher	STADE MUNICIPAL – LES FAUSSIS PARCELLE ZN-21	FORAGE	20	69	AEP	2.8
12	04894X0051/F	2015 m au sud-ouest	Amont	Craie du Séno-turonien	525575	2250875	Saint-Aignan	LES GRANDS CHAMPS PARCELLE AM-144	FORAGE	51	109	AEA	
13	04893X0010/F4AEP	2060 m au sud-ouest	Amont	Sables du Céno-manien	524900	2252150	Saint-Aignan	LA GITONNIERE – AEP N.4	FORAGE	153	127	AEP	
14	04894X0068/F	2245 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	529120	2252938	Noyers-sur-Cher	LA PETITE TUILERIE (STATION D'EPURATION) , (SECTION D PARCELLE N°11)	FORAGE	32	69	AEI	
15	04894X0066/F	2250 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	528385	2254087	Noyers-sur-Cher	87 RUE DU GENERAL DE GAULLE	FORAGE	14	69	Eau domestique	1.95
16	04894X0016/PZ	2400 m au sud-est	Latéral	Sables du Céno-manien	529150	2251380	Seigy	BOURG	FORAGE	110	70	PIEZOMETRE	
17	04898X0007/F	2465 m au sud-ouest	Amont	Craie du Séno-turonien	525425	2250415	Saint-Aignan	LA CAILLETTE AO 362	FORAGE	56	110	Eau domestique	26.1
18	04894X0052/F	2535 m au nord-ouest	Latéral	Craie du séno-turonien et Sables du Céno-manien	525310	2254275	Mareuil-sur-Cher	93 ROUTE DE SAINT-AIGNAN-LES-SABLES	FORAGE	40	71	AEA	9.4
19	04893X0060/F	2565 m au sud-ouest	Amont	Sables du Céno-manien	524450	2251780	Saint-Aignan	601 ROUTE DE CERE PARCELLE AW-74	FORAGE	104	143	Eau domestique	60
20	04898X0013/F	2690 m au sud-ouest	Amont	NR	525324	2250209	Saint-Aignan		FORAGE	-	95	NR	
21	04894X0011/FAEP3	2745 m au sud-est	Latéral	Sables du Céno-manien	529076	2250607	Seigy	LA COSSE – AEP N.3 (LA TAILLE DEMOIN)	FORAGE	155	112	AEP	
22	04894X0067/F	2750 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	527262	2255083	Noyers-sur-Cher	89 RUE DE LA MARDELLE(SECTION F PARCELLE N°214)	FORAGE	20	70	Eau domestique	
23	04898X0008/F	2790 m au sud-ouest	Amont	Craie du Séno-turonien	525180	2250190	Saint-Aignan	BEAUVAIL AO 161	FORAGE	33	95	NR	
24	04898X0014/F	2860 m au sud-ouest	Amont	NR	525261	2250039	Saint-Aignan		FORAGE		95	NR	
25	04894X0063/FEPAR	2925 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	527572	2255206	Noyers-sur-Cher	32 RUE DE MONTERIOUX / PARCELLE F718	FORAGE	34	80	Eau domestique	12.4
26	04893X0004/P	2940 m au sud-ouest	Amont	Craie du Séno-turonien	524160	2251425	Saint-Aignan	LA HAUTE HERBAUDIÈRE	PUITS	45.5	141	PIEZOMETRE	
27	04897X0007/F	2955 m au sud-ouest	Amont	NR	524991	2250139	Saint-Aignan		FORAGE		92	NR	
28	04894X0059/F	2985 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	528910	2254600	Noyers-sur-Cher	90 RUE DE RICOISNE PARCELLE E-934	FORAGE	55	86	Eau domestique	
29	04894X0055/F	2995 m au nord-est	Aval	Craie du Séno-turonien	528400	2254970	Noyers-sur-Cher	LA COCHONNIERE PARCELLE ZC-164	FORAGE	30	79	AEA	

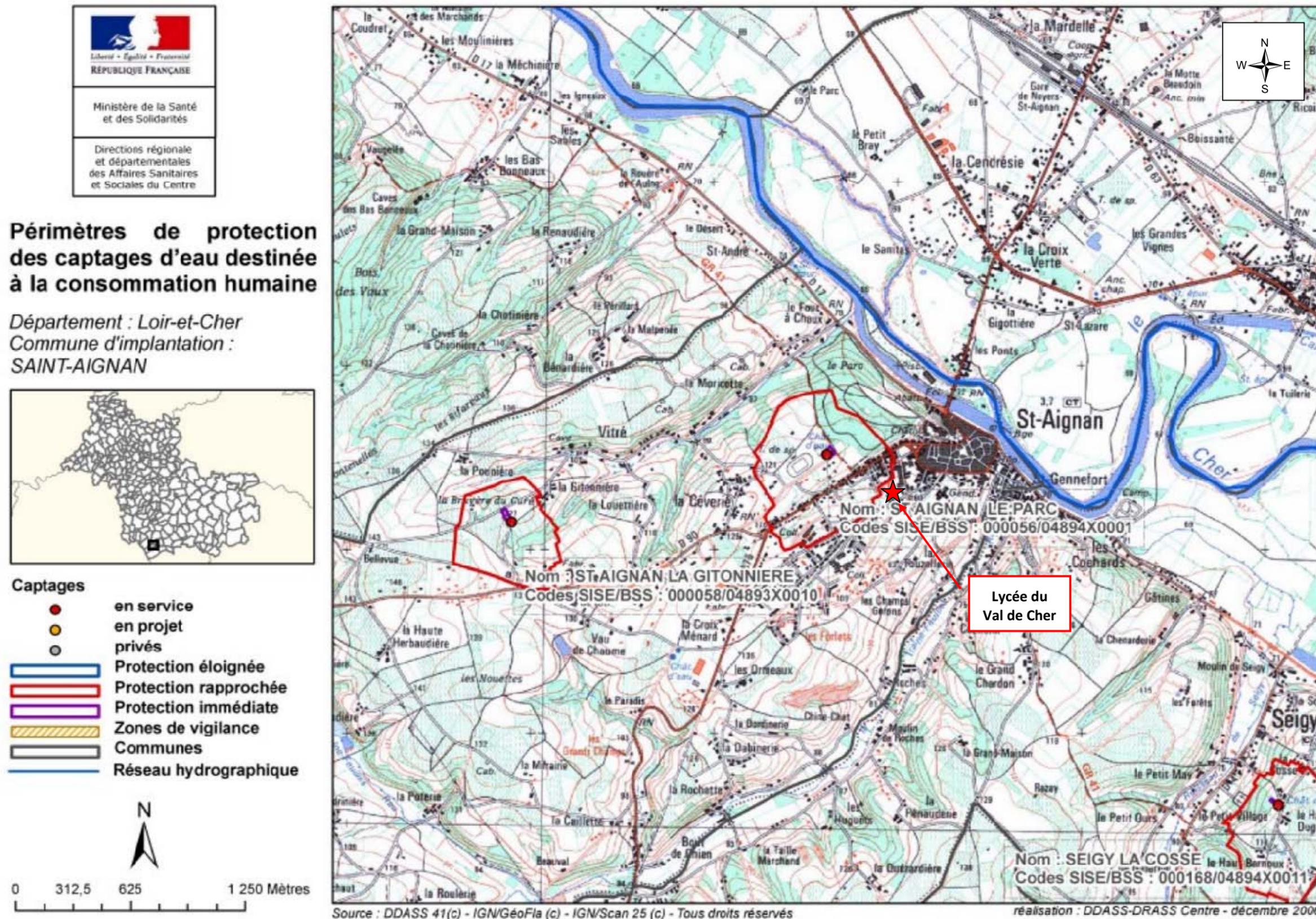
AEA : alimentation en eau agricole

AEI : Alimentation en eau industrielle

AEP : Alimentation en eau potable

NR : Non renseigné

Figure 23 : Périmètres de protection rapprochée des captages d'alimentation en eau potable au voisinage du projet (source : ARS41 – Juillet 2014)



IV.1.3. Zones naturelles remarquables

Le lycée du Val de Cher se situe à proximité des zones naturelles remarquables suivantes :

- la zone Natura 2000 – directive habitat, FR2400561 dénommée *Vallée du Cher et Côteaux, Forêt de Grosbois*, située à 1,4 km au sud-est du lycée ;
- la zone Natura 2000 – directive Oiseaux, FR2410015 dénommée *Prairies du Fouzon*, située à 1,4 km au sud-est du lycée ;
- la ZNIEFF de type 1 : *Prairies de la boucle de Couffy*, située à 3,3 km au sud-est du lycée ;
- la ZNIEFF de type 2, *Prairies du Fouzon*, située à 1,4 km au sud-est du lycée.

Du fait de la distance entre les zones naturelles les plus proches et le projet, celui-ci n'aura pas d'impact sur elles.

Figure 24 : Cartographie des ZNIEFF (Source : Infoterre, Juillet 2014)

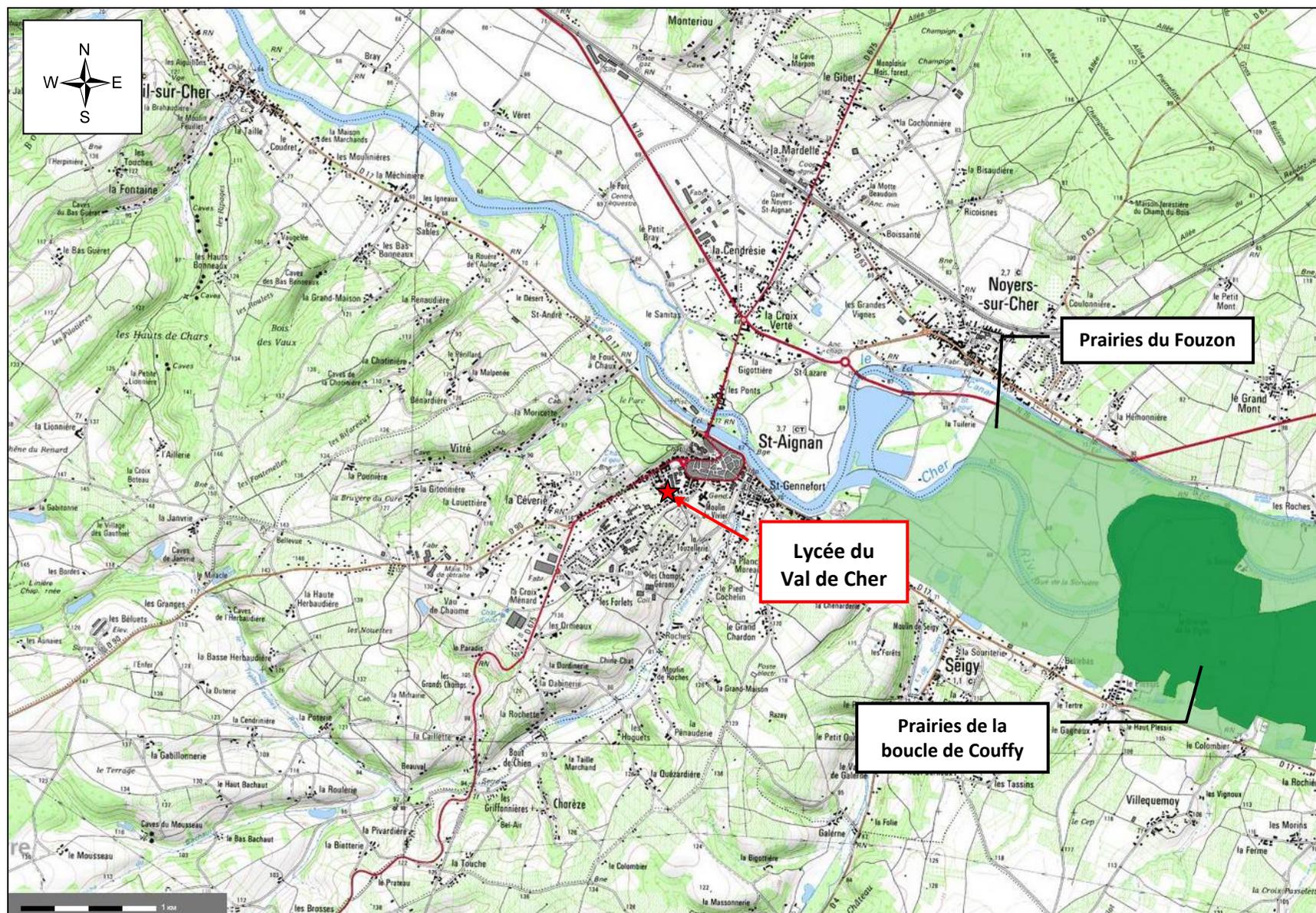
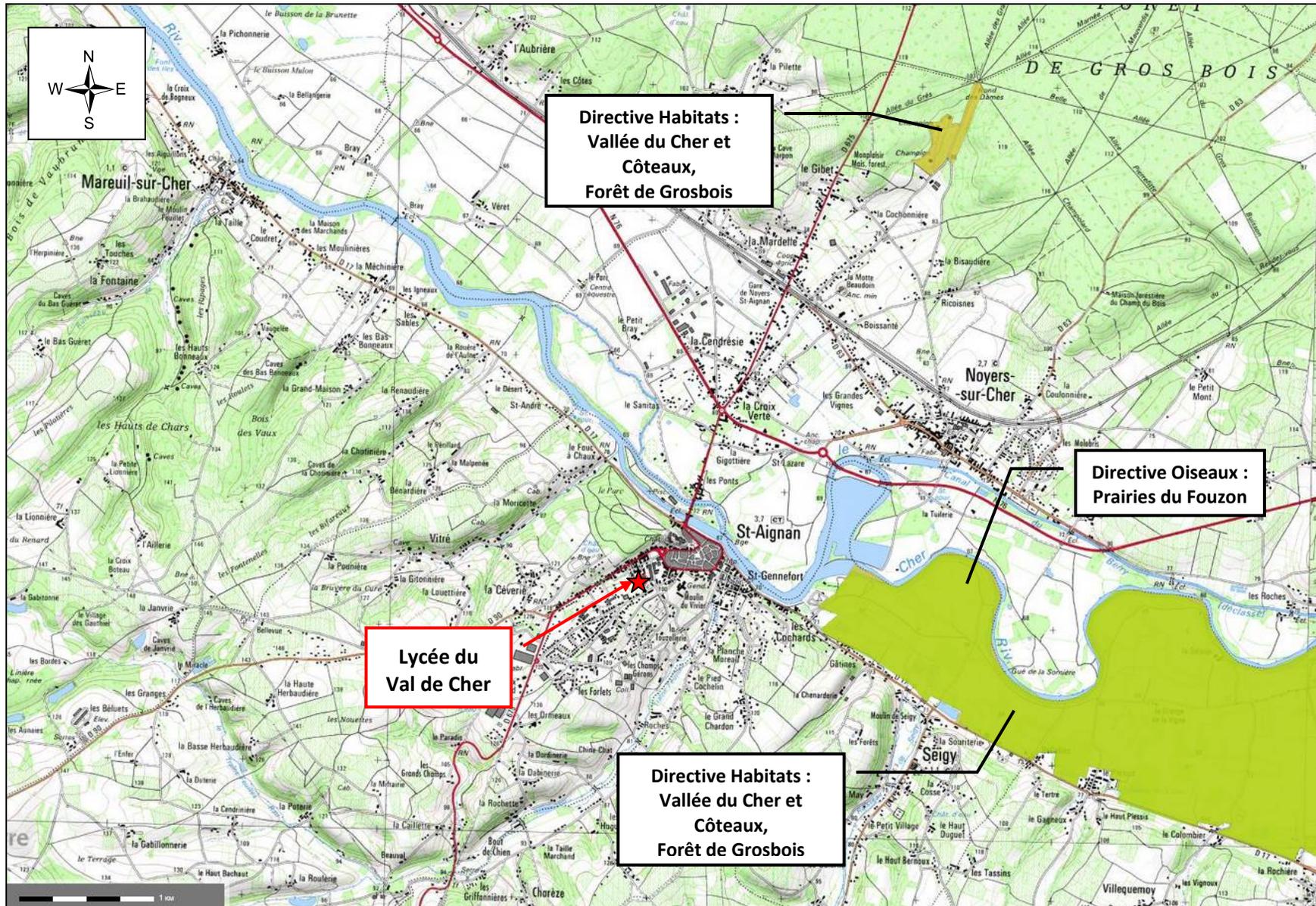


Figure 25 : Cartographie des zones Natura 2000 (Source : Infoterre, Juillet 2014)



IV.2. Pressions polluantes

IV.2.1. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Les installations classées pour l'environnement (ICPE) soumises à autorisation recensées dans un rayon de 2 kilomètres du Lycée du Val de Cher sont listées dans le **Tableau 7** et reportées sur fond IGN, en **Figure 26**.

**Tableau 7 : ICPE recensées dans un rayon de 2 km autour du lycée du Val de Cher
(Source : Base des ICPE, Juillet 2014)**

Nom établissement	Commune	Régime Seveso	Distance à l'abbaye (km)
Acial (2 implantations)	Saint-Aignan	Non-Seveso	1,0
Zooparc de Beauval	Saint-Aignan	Non-Seveso	1,5
GI Matériaux du Cher	Noyers-sur-Cher	Non-Seveso	1,5

L'ICPE la plus proche du projet est relativement éloignée. Il s'agit de l'entreprise ACIAL située à 1km au sud-ouest du projet (amont hydraulique).

IV.2.2. Sites BASOL

D'après la base de données BASOL (Base de données gérée par le Ministère de l'Écologie et recensant les sites pollués suivis ou non par l'administration), aucun site pollué nécessitant une action des pouvoirs publics n'est recensé sur la commune de Saint-Aignan.

IV.2.3. Sites BASIAS

D'après la base de données BASIAS inventoriant les sites industriels et activités de service, 40 sites BASIAS sont recensés dans un rayon de 2 km autour du Lycée du Val de Cher. Ceux-ci sont listés dans le **Tableau 8** et cartographiés en **Figure 27**.

Le site BASIAS le plus proche du Lycée est un ancien garage/station-service situé à 160 m au nord-est du lycée, en position latéral hydraulique. Les autres sites dans un rayon de 450 m sont tous situés en aval hydraulique du Lycée.

Le voisinage immédiat du Lycée ne semble donc pas présenter de risque pour la ressource en eau souterraine.

Figure 26 : Localisation des installations classées pour la protection de l'environnement à proximité du projet (Base de données ICPE, Juillet 2014)

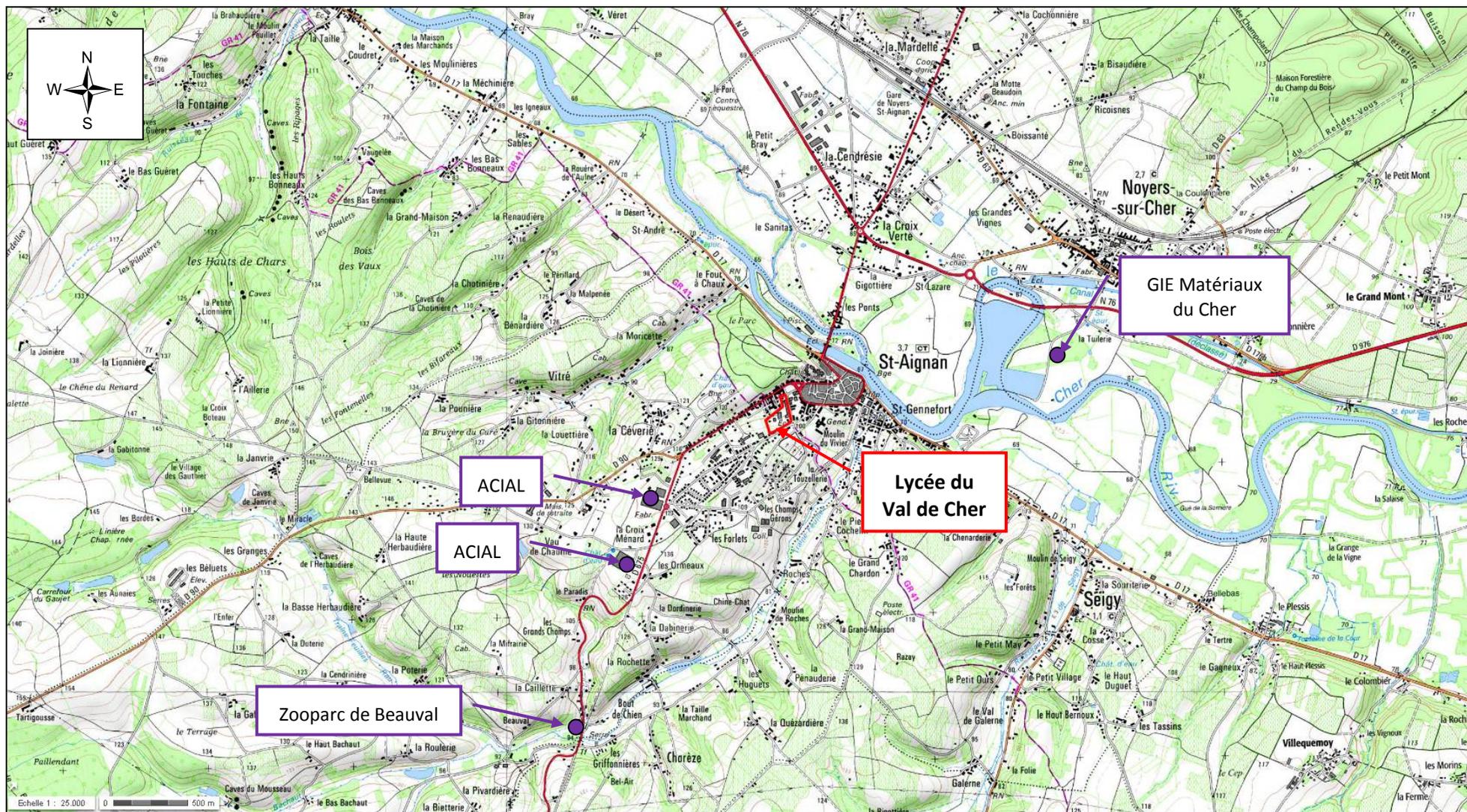
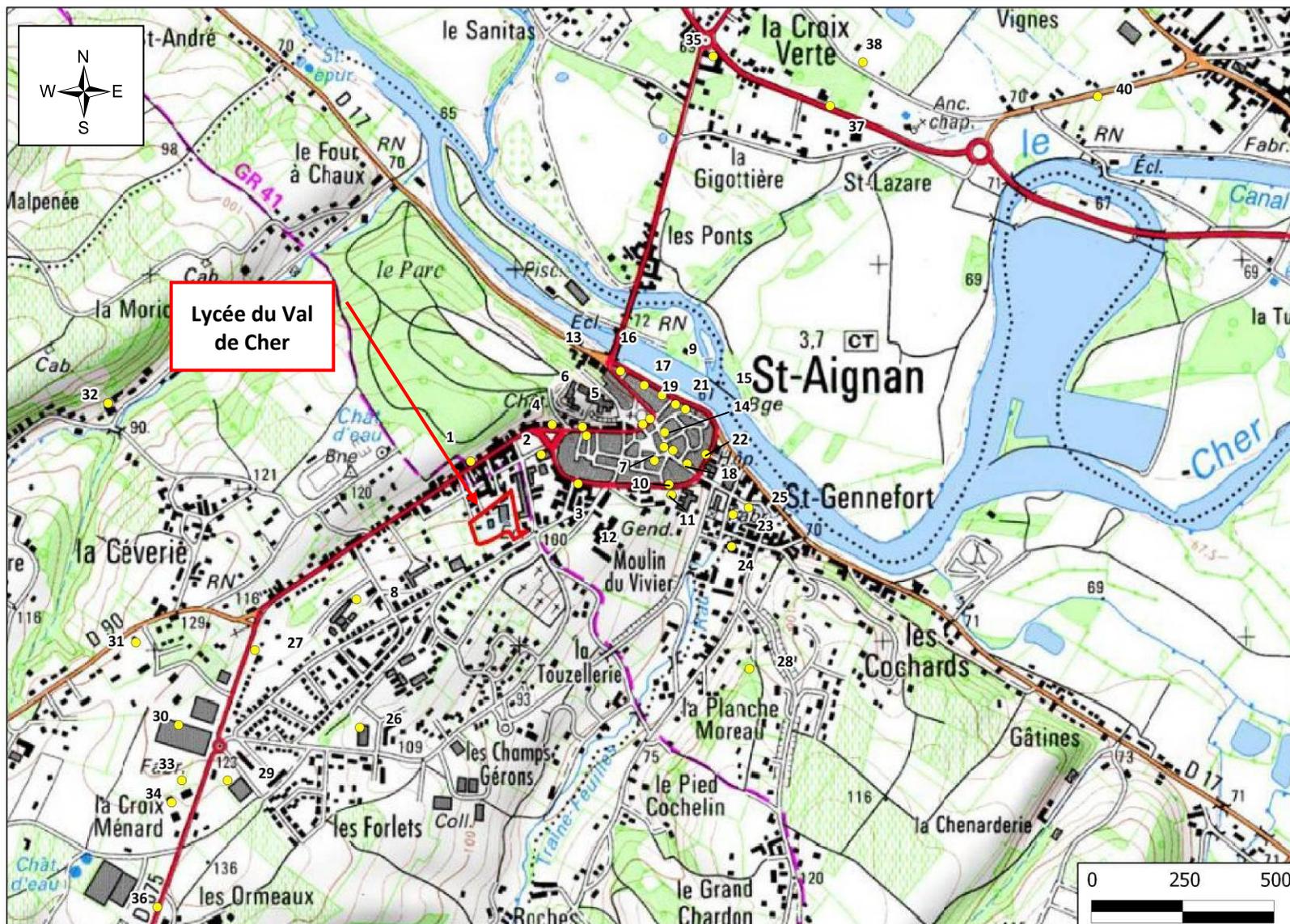
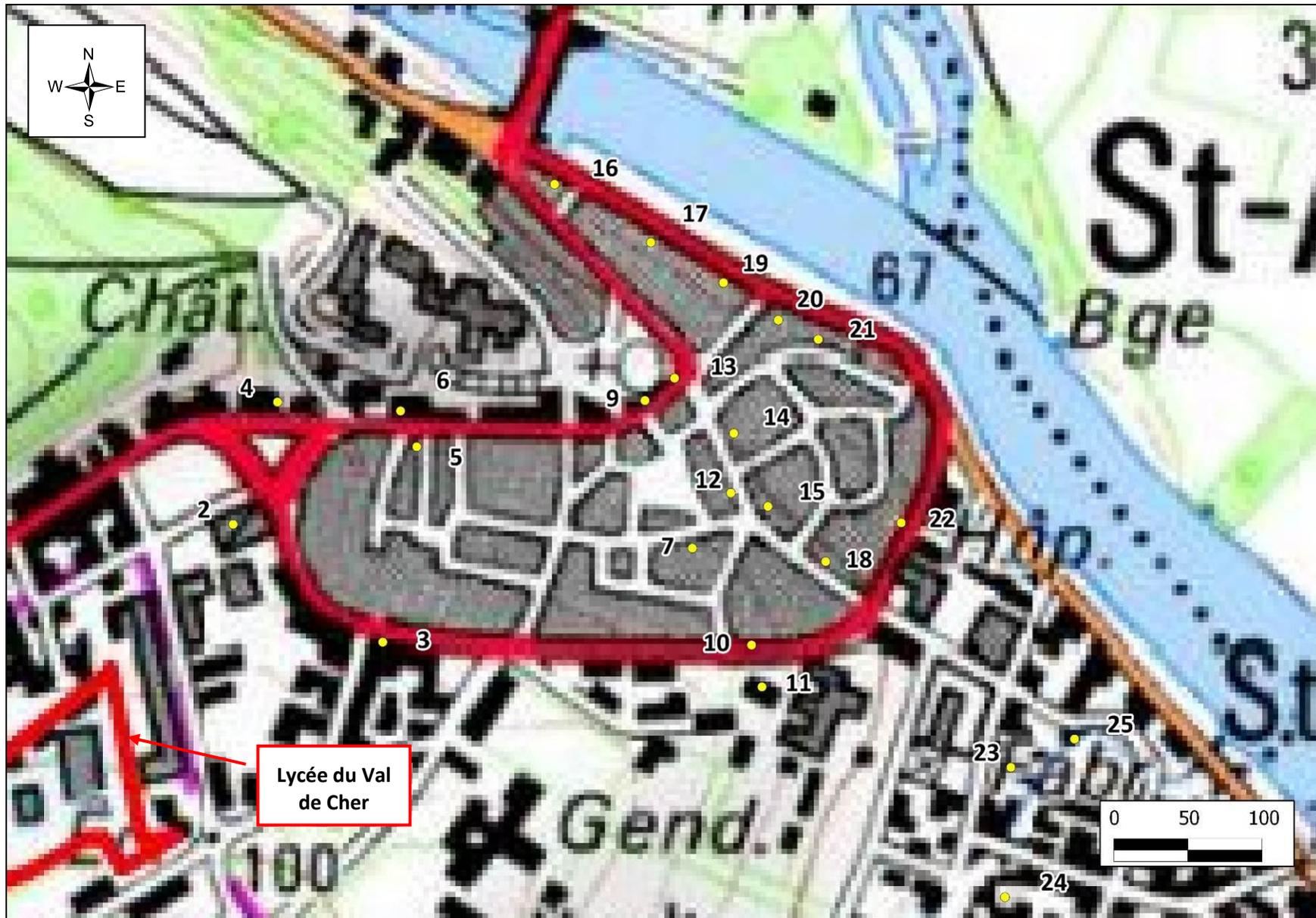


Tableau 8 : Inventaire des sites BASIAS dans un rayon de 2 kilomètres du lycée du Val de Cher (Source : Infoterre – Juillet 2014)

N° Figure	Identifiant	Distance au lycée (m)	Position hydraulique	X (Lambert 2) en m	Y (Lambert 2) en m	Etat du site	Raison sociale	Commune	Activités
1	CEN4103127	160 m au nord-ouest du projet	Latéral	526873	2252488	Activité terminée	Baillou entreprise	SAINT-AIGNAN	Autres transports terrestres de voyageurs n.c.a. (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation) ; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage); Dépôt de liq
2	CEN4103432	195 m au nord-est du projet	Aval	527066	2252506	Activité terminée	Mitré entreprise SA	SAINT-AIGNAN	Chaudronnerie, tonnellerie; Garages, ateliers, mécanique et soudure; Dépôt ou stockage de gaz (hors fabrication cf. C20.112 ou D35.2)
3	CEN4100850	230 m au nord-est du projet	Aval	527167	2252427	Activité terminée	QUERO Entreprise	SAINT-AIGNAN	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
4	CEN4104210	280 m au nord-est du projet	Aval	527096	2252588	Activité terminée	Barat entreprise	SAINT-AIGNAN	Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matriçage découpage ; métallurgie des poudres; Fabrication de coutellerie
5	CEN4103123	320 m au nord-est du projet	Aval	527190	2252558	Activité terminée	Bozetti entreprise, ex lucas entreprise, ex Robin entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
6	CEN4103426	325 m au nord-est du projet	Aval	527179	2252582	Activité terminée	Nau entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce et réparation de motocycles; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
7	CEN4103712	450 m au nord-est du projet	Aval	527376	2252490	Activité terminée	Courboulin entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication d'armes et de munitions
8	CEN4104409	460 m au sud-ouest du projet	Amont	526560	2252112	Activité terminée	MONDIAL PLAISANCE INDUSTRIE	SAINT-AIGNAN	Mécanique Industrielle
9	CEN4103720	460 m au nord-est du projet	Aval	527344	2252589	Activité terminée	Vannier entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication d'armes et de munitions
10	CEN4103113	470 m au nord-est du projet	Aval	527416	2252425	Activité terminée	Beschon-Venet entreprise	SAINT-AIGNAN	Apprêt et tannage des cuirs ; préparation et teinture des fourrures (tannerie, mégisserie, corroierie, peaux vertes ou bleues)
11	CEN4103117	470 m au nord-est du projet	Aval	527423	2252397	Activité terminée	Chauveau entreprise	SAINT-AIGNAN	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
12	CEN4104209	485 m au nord-est du projet	Aval	527402	2252527	Activité terminée	Gaugry entreprise	SAINT-AIGNAN	Commerce et réparation de motocycles
13	CEN4103114	485 m au nord-est du projet	Aval	527364	2252604	Activité terminée	Goislard entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication et/ou stockage de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants; Fabrication de coutellerie; Production et distribution de combustibles gazeux (générateur d'acétylène)
14	CEN4103719	500 m au nord-est du projet	Aval	527404	2252567	Activité terminée	Mauduit entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication et/ou stockage de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants; Blanchisserie-teinturerie (gros, ou détail lorsque les pressings de quartier sont retenus par le Comité de pilotage de l'HR); blanchissement et traitement des pailles, fibres
15	CEN4103588	505 m au nord-est du projet	Aval	527427	2252518	Activité terminée	Brisset entreprise	SAINT-AIGNAN	Autres transports terrestres de voyageurs n.c.a. (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation); à indiquer; Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
16	CEN4103124	510 m au nord-est du projet	Aval	527283	2252734	Activité terminée	Fourreau et Claire entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage); Commerce de voitures et de véhicules automobiles légers
17	CEN4103717	525 m au nord-est du projet	Aval	527348	2252695	Activité terminée	Taphinaud entreprise, ex Moreau entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
18	CEN4104410	530 m au nord-est du projet	Aval	527466	2252481	En activité	PRESSING COCHELIN	SAINT-AIGNAN	Blanchisserie-teinturerie (gros, ou détail lorsque les pressings de quartier sont retenus par le Comité de pilotage de l'HR); blanchissement et traitement des pailles, fibres textiles, chiffons
19	CEN4100824	550 m au nord-est du projet	Aval	527397	2252668	Activité terminée	MARQUET Entreprise, ex Sté l'Economique	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
20	CEN4103118	565 m au nord-est du projet	Aval	527434	2252643	Activité terminée	Leroy entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
21	CEN4103121	580 m au nord-est du projet	Aval	527461	2252630	Activité terminée	Couvra entreprise, ex Boilleu entreprise	SAINT-AIGNAN	Apprêt et tannage des cuirs ; préparation et teinture des fourrures (tannerie, mégisserie, corroierie, peaux vertes ou bleues); Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
22	CEN4103227	585 m au nord-est du projet	Aval	527517	2252507	Activité terminée	Barbou entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries
23	CEN4103417	640 m au sud-est du projet	Latéral	527591	2252343	Activité terminée	Gaugry entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
24	CEN4100805	640 m au sud-est du projet	Latéral	527587	2252256	Activité terminée	POIT Entreprise	SEIGY	Ennoblement textile (teinture, impression,...)
25	CEN4103125	680 m au nord-est du projet	Aval	527634	2252362	Activité terminée	Thomas entreprise	SAINT-AIGNAN	Mécanique industrielle; Garages, ateliers, mécanique et soudure; Production et distribution de combustibles gazeux (générateur d'acétylène); Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
26	CEN4103922	700 m au sud-ouest du projet	Amont	526569	2251763	Activité terminée	Sté DISCO-GROS	SAINT-AIGNAN	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
27	CEN4103591	770 m au sud-ouest du projet	Amont	526282	2251974	En activité	Danger entreprise	SAINT-AIGNAN	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
28	CEN4100804	805 m au sud-est du projet	Latéral	527636	2251923	Activité terminée	Service du Phylloxera	SEIGY	Activités de soutien à l'agriculture et traitement primaire des récoltes [coopérative agricole, entrepôt de produits agricoles; stockage de phyto-sanitaires, pesticides,...]
29	CEN4104012	1045 m au sud-ouest du projet	Amont	526207	2251619	En activité	DUSADIS S.A.	SAINT-AIGNAN	Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matriçage découpage ; métallurgie des poudres; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
30	CEN4103423	1050 m au sud-ouest du projet	Amont	526073	2251770	En activité	Ets ACIAL	SAINT-AIGNAN	Fabrication et/ou stockage de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants; Fabrication et/ou stockage de colles, gélatines, résines synthétiques, gomme, mastic; Fabrication d'éléments en métal pour la construction (portes, poutres, grillage, treillage)
31	CEN4103414	1060 m au sud-ouest du projet	Amont	525956	2251995	En activité	CALDEO, ex Soulet entreprise	SAINT-AIGNAN	Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication...); Dépôt ou stockage de gaz (hors fabrication cf. C20.112 ou D35.2); Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé
32	CEN4103589	1115 m au nord-ouest du projet	Latéral	525880	2252646	Activité terminée	Boudinski entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication de coutellerie
33	CEN4103419	1135 m au sud-ouest du projet	Amont	526082	2251619	En activité	Barras entreprise, ex Barbou entreprise	SAINT-AIGNAN	Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries
34	CEN4103429	1195 m au sud-ouest du projet	Amont	526054	2251559	Activité terminée	Mitré entreprise	SAINT-AIGNAN	Chaudronnerie, tonnellerie; Garages, ateliers, mécanique et soudure
35	CEN4100541	1375 m au nord-est du projet	Aval	527537	2253591	Activité terminée	GUILPAIN Entreprise, ex Société "Union des Consommateurs de la région St Aignanoise"	NOYERS-SUR-CHER	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
36	CEN4103590	1425 m au sud-ouest du projet	Amont	526015	2251274	En activité	PIOGER entreprise, ex BROSSY entreprise	SAINT-AIGNAN	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
37	CEN4103630	1430 m au nord-est du projet	Aval	527857	2253456	En activité	SORIA Martial	NOYERS-SUR-CHER	Garages, ateliers, mécanique et soudure; Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
38	CEN4103736	1580 m au nord-est du projet	Aval	527947	2253575	Activité terminée	Giron entreprise	NOYERS-SUR-CHER	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables (feraille, casse auto,...)
39	CEN4103718	1670 m au sud-ouest du projet	Amont	525361	2251846	En activité	PROVOT entreprise, ex BARAT SA (Sté Immobilière de Veau de Chaume)	SAINT-AIGNAN	Forge, marteaux mécaniques, emboutissage, estampage, matriçage découpage ; métallurgie des poudres; Fabrication de coutellerie; Fabrication et/ou stockage de peintures, vernis, encres et mastics ou solvants; Fabrication et/ou stockage de colles, gélatines
40	CEN4103424	1990 m au nord-est du projet	Aval	528590	2253482	Activité terminée	Lecat entreprise	NOYERS-SUR-CHER	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)

Figure 27 : Localisation des sites BASIAS situés dans un rayon de 2 kilomètres du lycée du Val de Cher (Infoterre, Juillet 2014)





IV.2.4. Transport de matières dangereuses

D'après la base de données Cartélie, aucun réseau de transport de matière dangereuse ne passe à moins de 2 km du lycée.

IV.3. Site du Lycée du Val de Cher

Le lycée du Val de Cher est relié au réseau d'assainissement collectif de la ville.

Par ailleurs, le chauffage est actuellement assuré par électricité, un transformateur est notamment présent sur le site.

Les ateliers et les cuisines bénéficient d'un raccord à une citerne de gaz située à l'arrière des bâtiments et sécurisée par un grillage et un portail fermé à clé.

Pour les besoins du Lycée, des bouteilles d'acétylène sont conditionnées sur cuves de rétention à l'arrière du lycée.

Le local de stockage des poubelles est situé en zone étanche dans une pièce non accessible.

Aucun forage n'est présent dans l'enceinte du lycée.

Aucun stockage de produit potentiellement polluant (cuve à fuel, pesticides, etc) n'a été signalé lors de la visite de site.

Figure 28 : Cartographie des canalisations de transport de matières dangereuse (gaz, hydrocarbures, produits chimiques)
(Source : Cartélie, Juillet 2014)

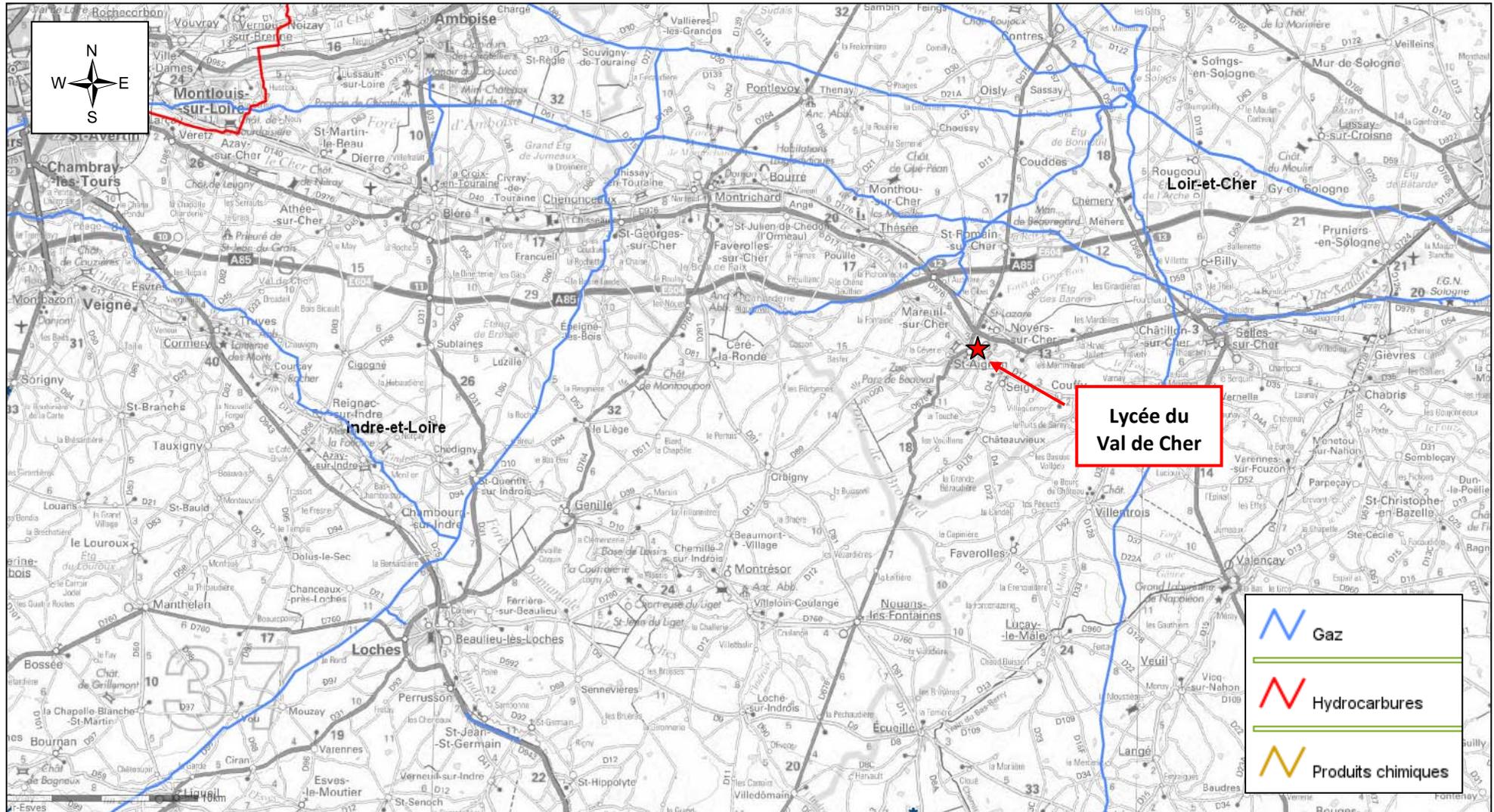
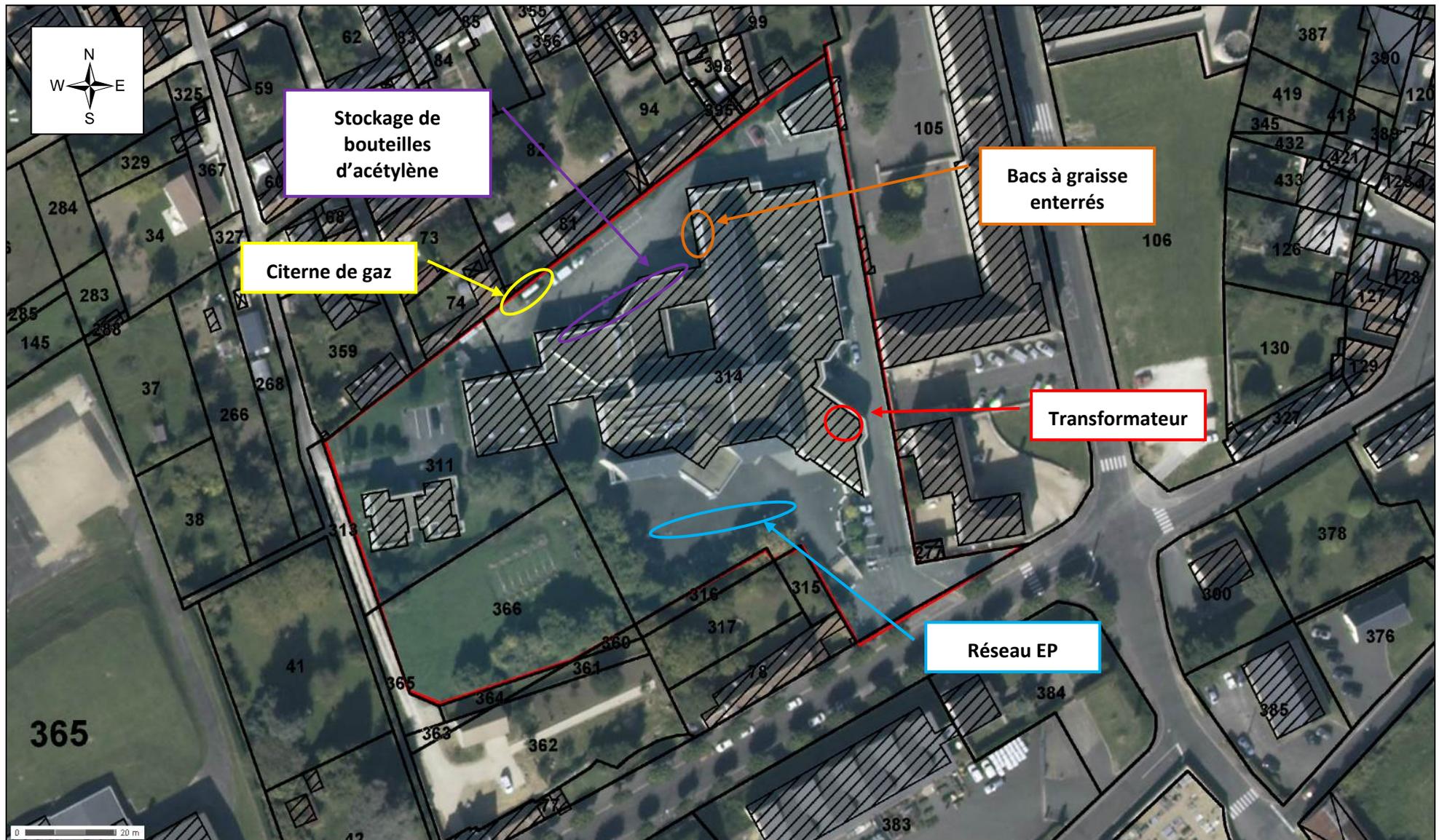


Figure 29 : Sources de pollution sur le site du lycée du Val de Cher



IV.4. Conclusion - préconisations

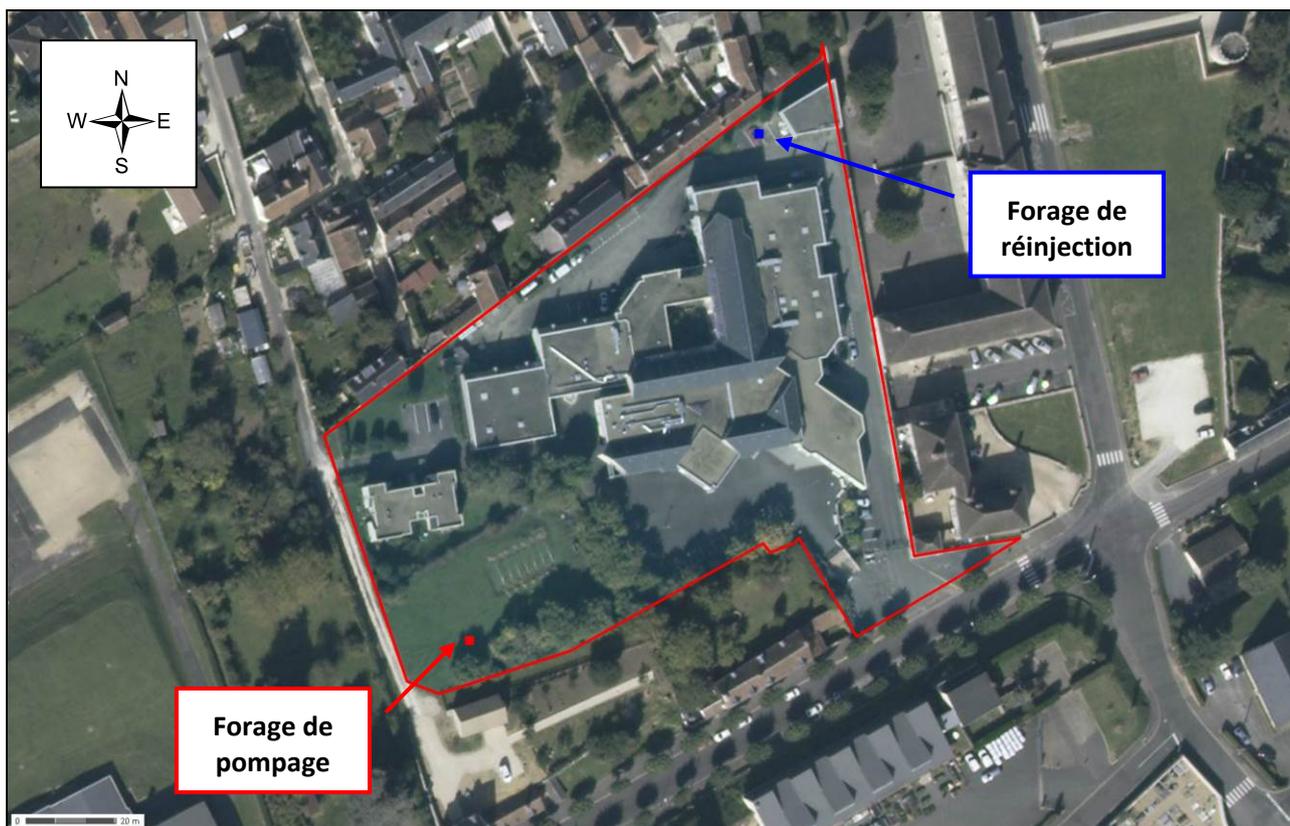
Au vu du contexte environnemental, aucune contre-indication ne s'oppose à la réalisation du doublet géothermique dans la nappe de la craie du Séno-turonien. En revanche, du fait de l'usage AEP de la nappe du Cénomaniens et de son classement en ZRE et en NAEP ainsi que de sa mauvaise qualité pour un usage géothermique (fort risque de corrosion et fortes teneurs en Fer et Manganèse), cette nappe ne peut constituer un objectif. Les investigations porteront donc uniquement sur l'étude de la nappe de la craie séno-turonienne.

D'un point de vue hydrogéologique, un réel risque d'échec doit être signalé sur la nappe du séno-turonien. Les forages recensés autour du site montrent tous de faibles capacités hydrogéologiques. Par ailleurs, les caractéristiques physico-chimiques de la nappe devront être validées pour l'usage géothermique souhaité.

Conformément aux prescriptions de l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003, les forages composant le doublet géothermique devront être implantés à une distance minimale de 35 mètres du dispositif d'assainissement collectif.

Du fait de sa localisation en milieu urbain, la réalisation d'une cimentation sur les 30 premiers mètres sera réalisée. Le forage de réinjection, notamment, sera situé en aval immédiat du Lycée.

Figure 31 : Proposition d'implantation des forages



V. MODELISATION DE L'INFLUENCE DU DOUBLET GEOTHERMIQUE

La modélisation hydro-thermique du doublet géothermique a été réalisée à partir du logiciel GED (Groundwater Energy Designer) développé par Colenco Power Engineering SA.

L'objectif de la simulation numérique est le calcul de l'impact thermique sur la nappe lors de la réinjection de l'eau exploitée thermiquement. Elle doit permettre d'appréhender :

- Le rayon d'action thermique (évaluation des incidences sur les usages locaux)
- l'occurrence d'un court-circuit thermo-hydraulique (pompage d'eau réinjectée, déjà utilisée thermiquement) de manière à, par un agencement adéquat des puits, minimiser le rayon d'action thermique et éviter le court-circuit thermo-hydraulique.

La simulation repose sur :

- les débits moyens estimés grâce au besoin d'énergie et les différences moyennes de température prises en compte
- le nombre de puits déterminé (par simplification on considère le même nombre de puits de réinjection que de pompage, et la même valeur absolue des débits)
- les conditions hydrogéologiques locales (sens d'écoulement et gradient de la nappe, épaisseur saturée, conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement).

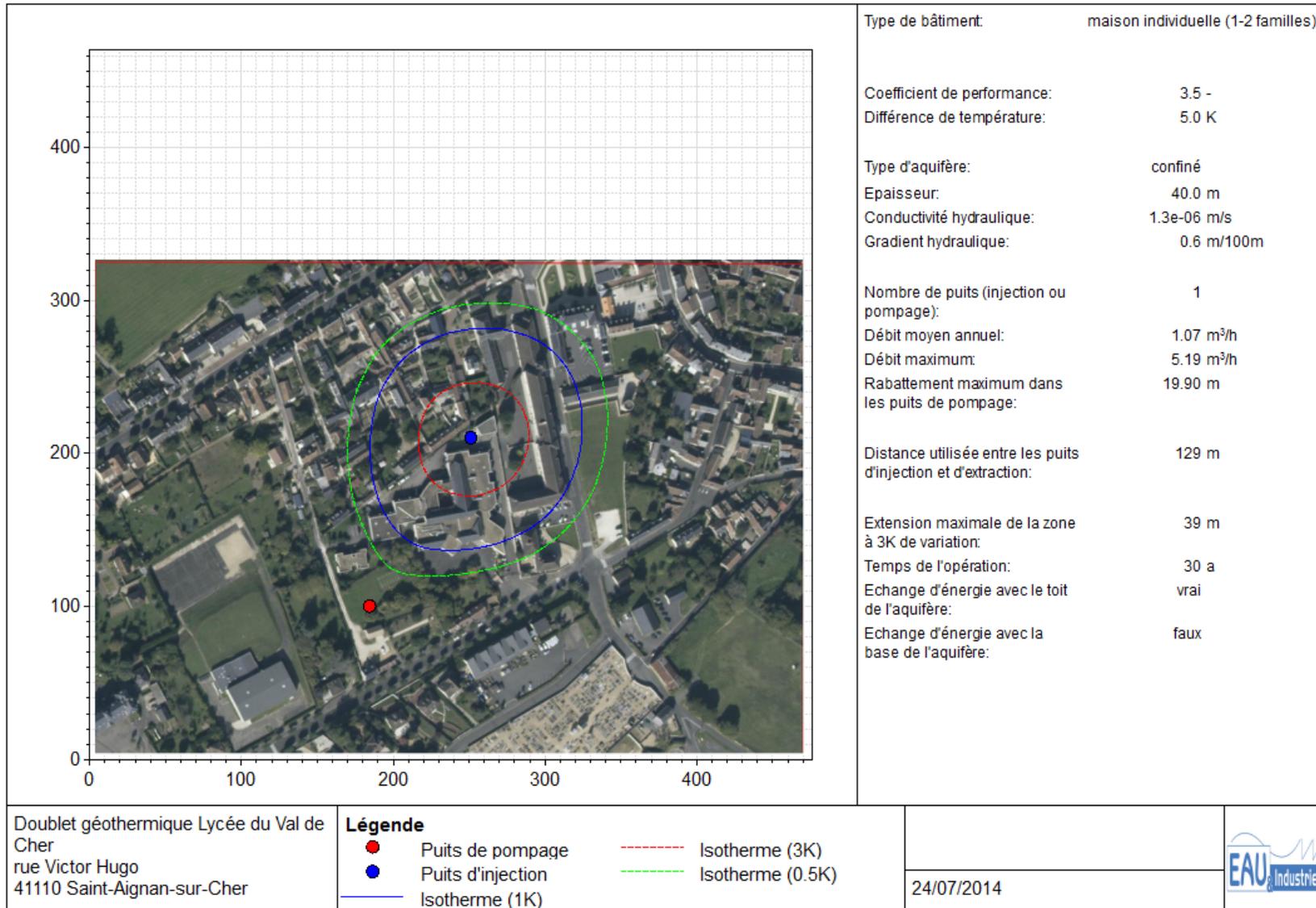
Pour le calcul de l'écoulement et du transfert de chaleur dans la nappe, le logiciel fait le choix interne d'un domaine de calcul qui est subdivisé en volumes finis. Les températures de la nappe calculées sur ce maillage sont alors visualisées par des courbes iso-valeurs (isothermes), à la fin de la période de temps de simulation spécifiée ΔtS .

Les valeurs prises en hypothèse pour la simulation effectuée sont les suivantes :

- Utilisation en mode chauffage ;
- Alimentation d'une PAC de 30 kW en mode chauffage ;
- Différence de température de 5 °C en mode chauffage ;
- Débit d'environ 5.2 m³/h ;
- Coefficient de performance de l'installation de 3,5 ;
- Gradient hydraulique de 0,6% ;
- Transmissivité de la nappe de la craie de 5.10⁻⁵ m²/s ;
- Epaisseur de l'aquifère de 40 m.

La simulation réalisée tient compte d'une implantation des forages du doublet à 130 m de distance. Dans ce cas (forages distants de 130 m) le recyclage thermique n'est pas atteint au bout de 30 ans (voir **Figure 32**).

Figure 32 : Simulation – 30 ans



Groundwater Energy Designer 1.1.1: Eau & Industrie, 959 Rue de la Bergeresse, 45180 OLIVET

VI. DESCRIPTION DU PROJET DE DOUBLET GEOTHERMIQUE

VI.1. Coupes prévisionnelles et programme d'intervention

Les travaux débuteront par la réalisation d'un forage de reconnaissance en amont (dans le champ à l'arrière du Lycée) visant à déterminer la coupe géologique au droit du site et le débit pouvant être obtenu ainsi que les caractéristiques physico-chimiques de la nappe de la craie. Cette phase de reconnaissance comprendra un essai de pompage par paliers de 4h pour déterminer les caractéristiques de l'ouvrage, puis un essai de pompage de 12h pour tester le potentiel aquifère de la nappe visée (craie du Séno-Turonien) et procéder à un prélèvement d'eau pour analyses physico-chimiques et enfin un essai de réinjection de 12h s'il est possible de se raccorder à une borne à incendie. Si les résultats du forage de reconnaissance s'avèrent satisfaisants, celui-ci servira de forage de pompage et un forage de réinjection sera réalisé à l'identique du forage de pompage en partie aval du lycée.

Le programme prévisionnel de travaux est détaillé dans les paragraphes ci-dessous. La coupe technique et géologique prévisionnelle est présentée par la **Figure 33**.

VI.1.1. Première étape : réalisation d'un sondage de reconnaissance (forage de pompage)

Ce programme pourra être légèrement adapté à la lithologie réellement rencontrée sur le terrain.

VI.1.1.1 Foration

- Foration \varnothing 374 mm de 0 à -31 mètres et mise en place d'un tubage acier \varnothing 273 mm de 0 à -31 mètres ;
- Foration \varnothing 254 mm de 30 à 70 mm et mise en place d'un tube PVC 126-140 mm entre 30 et 70 m :
 - Plein de 0 à 35 m/sol ;
 - Crépiné de -35 à -67 m/sol à ouverture horizontale, slot 1 mm
 - Plein de -67 à -70 m/sol.
- Gravillonnage de l'espace annulaire du fond à -0 m/sol
- Cimentation de l'espace annulaire entre -31 m/sol à la surface, à l'extrados du tube de diamètre 273 mm.

VI.1.1.2 Nettoyage/ Développement

- Développement par nettoyage de l'ouvrage à l'émulseur (Air lift durant 4 heures) et à la pompe électrique immergée (durant 8 heures).

VI.1.1.3 Essais de pompage

- Pompage par paliers de débits durant 4 h (les débits seront précisés à l'issue des phases de développement).
- Pompage en continu et à débit constant de 5,2 m³/h (12 heures minimum) ;
- Essai de réinjection d'une durée de 12h.

Les eaux d'exhaure générées dans le cadre des opérations de nettoyage/développement et d'essais de pompage seront évacuées vers le réseau d'eaux pluviales du Lycée.

Enfin d'étudier la compatibilité de l'eau de la nappe étudiée, au droit du Lycée, avec l'usage de géothermie sur aquifère, il conviendra de prélever un échantillon d'eau, lors de l'essai de pompage par paliers pour analyse des paramètres ci-dessous :

- **CO2**
- **O2**
- **Conductivité**
- **pH / pHs**
- **Chlorures**
- **Sulfates**
- **Ferro-bactéries**
- **bactéries sulfato-réductrices**
- **Sulfures**
- **Potentiel d'oxydo-réduction**
- **H2S**
- **Titre hydrotimétrique**
- **Fer**
- **Manganèse**
- **Turbidité**

VI.1.2. Deuxième étape : réalisation du forage de réinjection

VI.1.2.1 Foration

- Foration Ø 374 mm de 0 à -30 mètres et mise en place d'un tubage acier Ø 273 mm de 0 à -31 mètres ;
- Foration Ø 254 mm de 30 à 70 mm et mise en place d'un tube PVC 126-140 mm entre 30 et 70 m :
 - Plein de 0 à 31 m/sol ;
 - Crépiné de -31 à -67 m/sol à ouverture horizontale, slot 3 mm
 - Plein de -67 à -70 m/sol.
- Gravillonnage de l'espace annulaire du fond à -0 m/sol
- Cimentation de l'espace annulaire entre -31 m/sol à la surface, à l'extrados du tube de diamètre 273 mm.

VI.1.2.2 Nettoyage/ Développement

A l'identique du forage de pompage.

VI.1.2.3 Essais de pompage

Un essai de pompage-réinjection sur le doublet de 8 heures à débit constant de 5,2 m³/h pourra être réalisé.

En cas d'échec, les ouvrages seront rebouchés dans les règles de l'Art.

Figure 33 : Coupe géologique et technique prévisionnelle de l'ouvrage de pompage

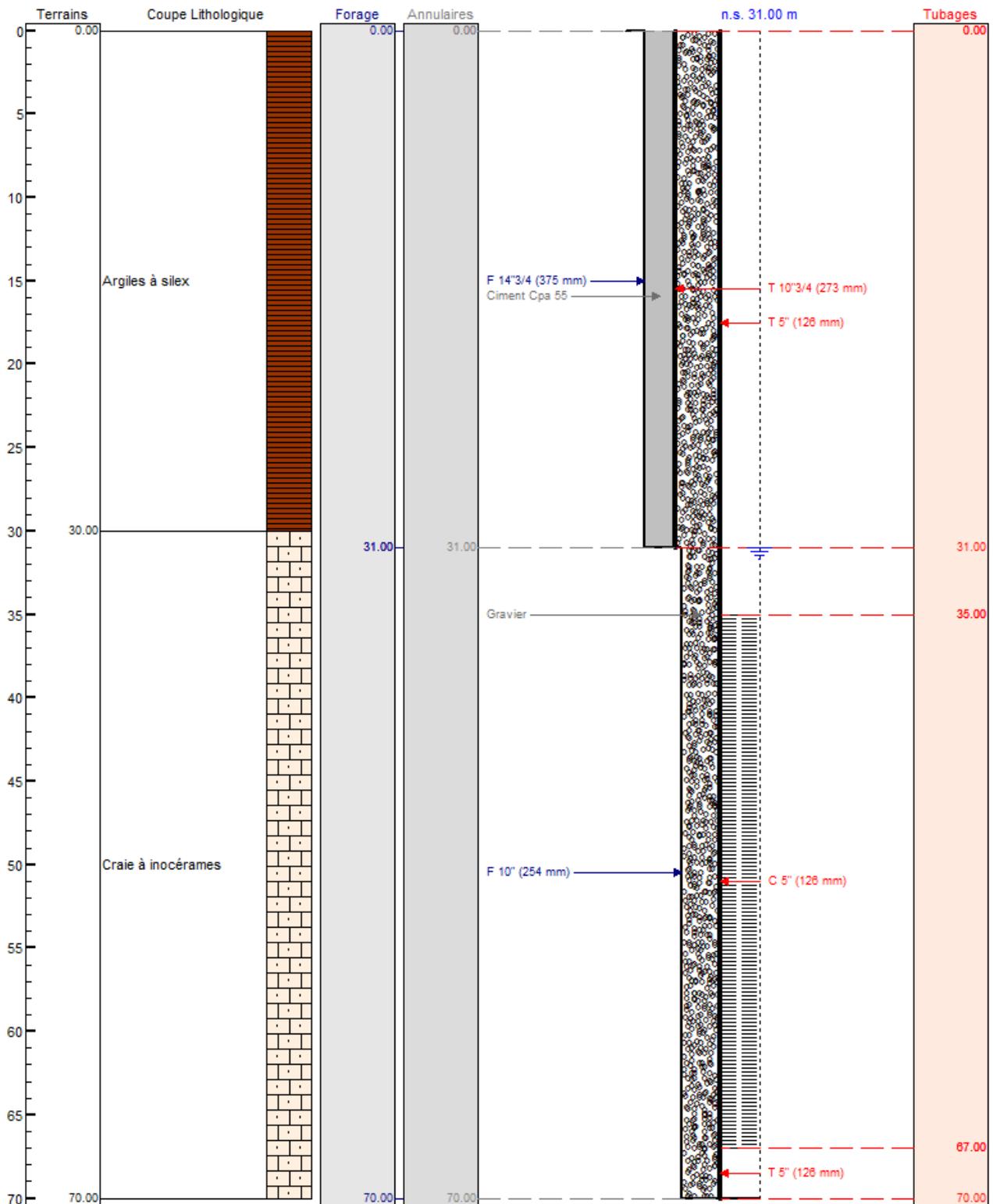
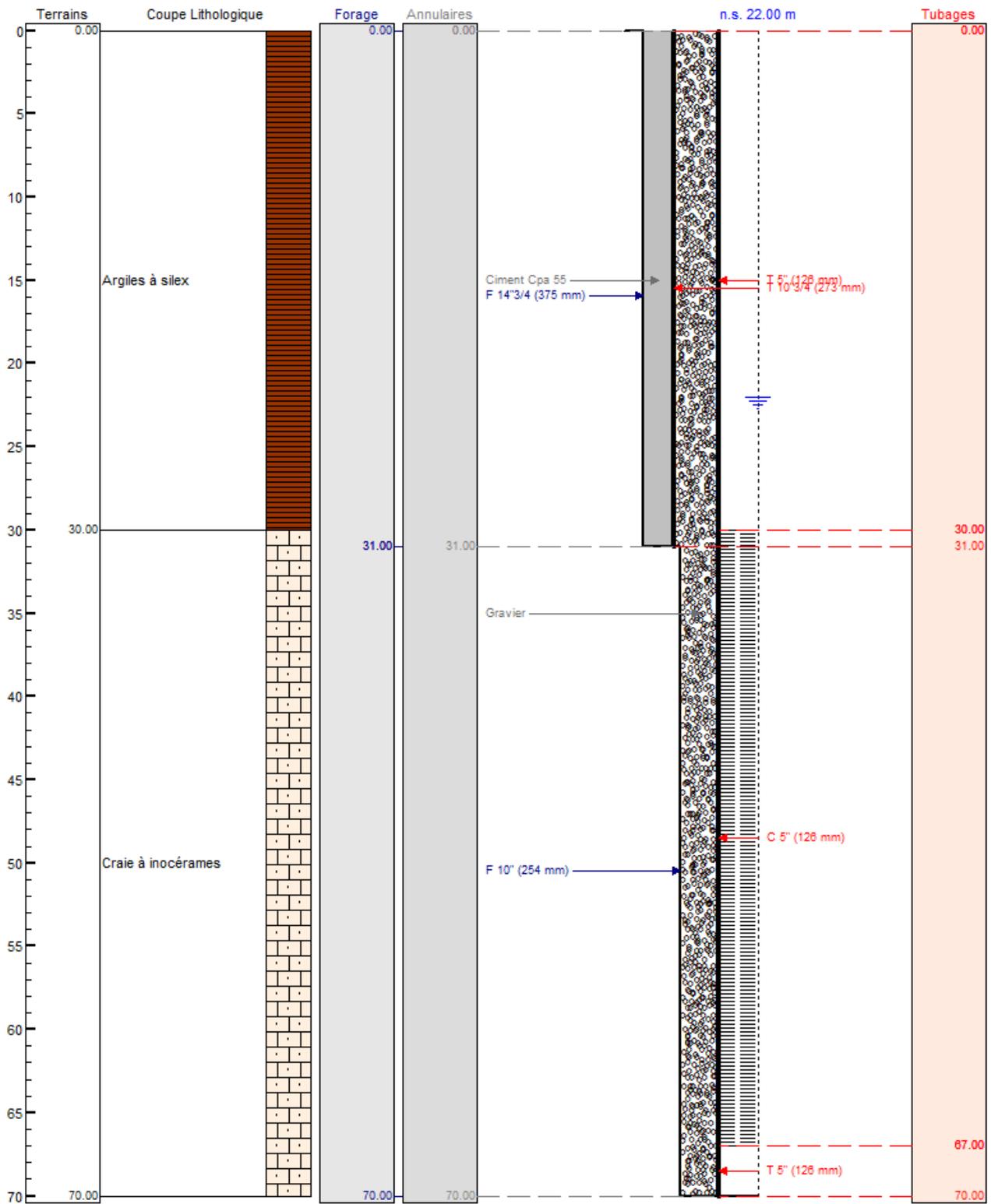


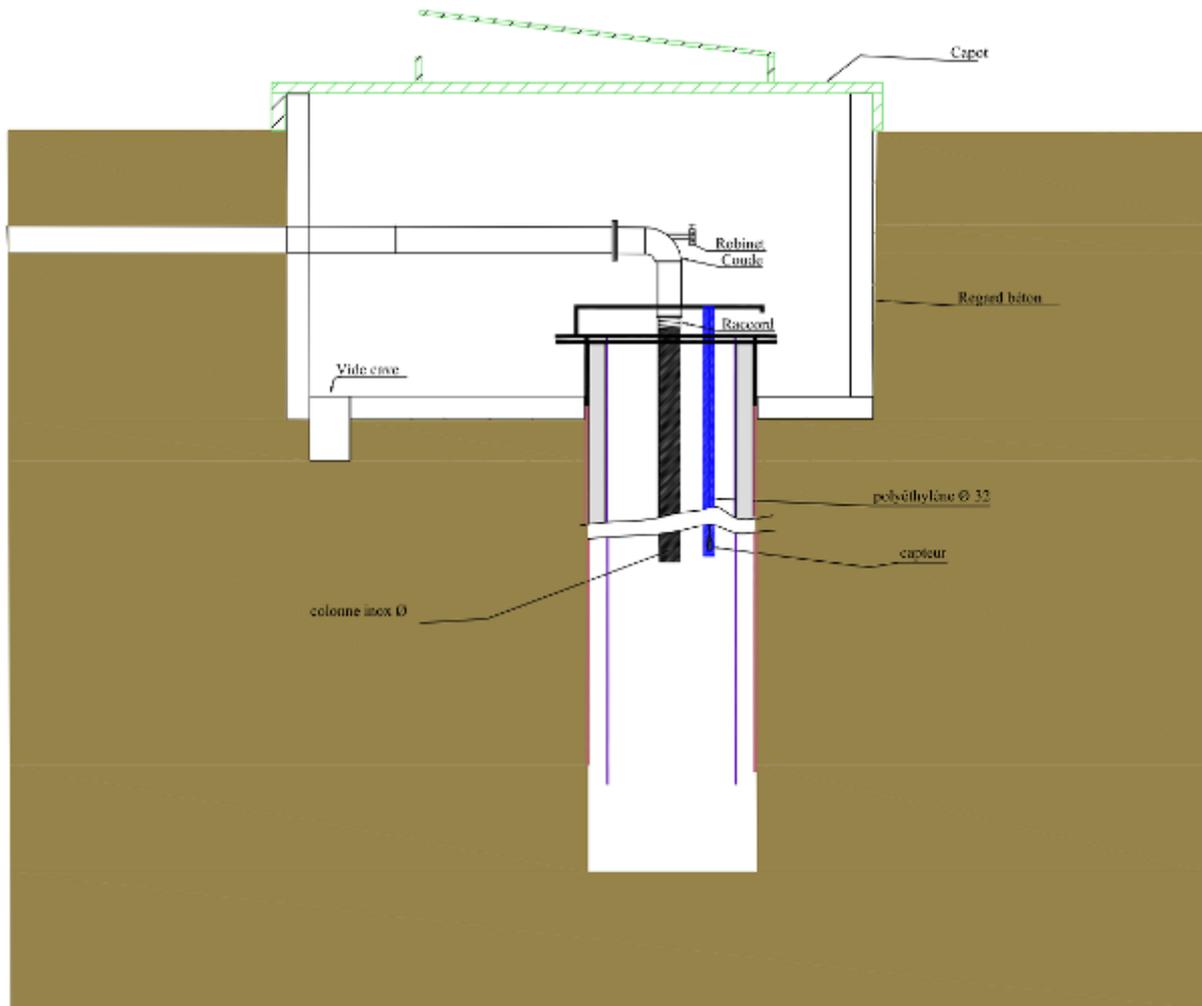
Figure 34 : Coupe géologique et technique prévisionnelle de l'ouvrage de réinjection



VI.2. Schéma de tête de forage

A titre d'exemple, un schéma de tête de forage est présenté ci-dessous.

Figure 35 : Schéma de tête de forage



VI.3. Estimatif des coûts

Le montant total des travaux de foration et d'équipement des ouvrages, hors coûts d'ingénierie et d'analyses, est estimé à 32 092,00 € HT

Une acidification pour un coût de 2 400 euros HT la tonne (à hauteur de 2 tonnes par forage) pourra être réalisée en cas de besoin.

Un essai de réinjection sur le doublet pendant 8h pourra être réalisé à un coût de 1500 euros HT

VII. RISQUE D'ÉCHEC

Eau & Industrie attire l'attention sur le risque d'échec relativement important de cette solution de chauffage. En effet, en l'état actuel des connaissances, le risque d'échec est présent à plusieurs niveaux :

- Quantitatif, avec le risque que le potentiel aquifère de la craie séno-turonienne soit inférieur au besoin exprimé. L'enquête de voisinage menée sur les forages avoisinants est notamment pessimiste sur ce point ;
- Qualitatif, avec le risque que les caractéristiques physico-chimiques de la nappe de la craie ne soient pas compatibles avec l'usage pompe à chaleur et notamment que les dépôts de précipités de fer et/ou de manganèse endommagent le dispositif de pompe à chaleur.

Ainsi, le forage de reconnaissance permettra d'infirmer ou confirmer le risque d'échec.

L'aspect technique devra en outre être validé avec l'installateur ou le bureau d'étude thermique.

VIII. CADRE REGLEMENTAIRE DU PROJET

Compte tenu de sa nature, le projet est concerné par le Code de l'Environnement (décret n°2006-880 2006-881 du 17 juillet 2006).

VIII.1. Position des ouvrages

La position des forages respecte l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996.

VIII.2. Déclaration de l'ouvrage au service des mines

Les forages seront déclarés au service des mines au titre de l'article 411.1 du Code Minier puisque leur profondeur sera supérieure à 10 mètres.

VIII.3. Zone de répartition des eaux

D'après l'arrêté 2006-272-3 du 29 septembre 2006 fixant dans le département du Loir et Cher la liste des communes incluses dans une zone de répartition des eaux, la commune de Saint-Aignan est classée en zone de répartition des eaux pour la nappe du Cénomaniens, à partir de 25 mNGF.

VIII.4. Nappes réservées à l'alimentation en eau potable (NAEP)

La nappe de la Craie séno-turonienne n'est pas classée NAEP dans le secteur d'étude.

La nappe du Cénomaniens est classée NAEP dans le secteur d'étude. Ce classement limite la création de nouveaux forages ainsi que les nouveaux prélèvements sur la nappe.

VIII.5. Code de l'Environnement (Nomenclature Eau)

Les rubriques de la nomenclature des opérations soumises à autorisation (en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 et le décret n° 94-354 du 29 avril 1994 relatif aux zones de répartition des eaux) concernées par le présent projet sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Rubriques de la nomenclature

N° Rubrique	Intitulé de la rubrique concernée par le projet	Application au projet	Régime de la rubrique
1.1.1.0	Sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau (D).	2 forages	Déclaration
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 : 1 Supérieur ou égal à 200 000 m ³ /an (A) ; 2 Supérieur à 10 000 m ³ /an mais inférieur à 200 000 m ³ /an (D)	Bilan neutre	Non concerné 26572 m ³ /an réinjectés intégralement dans la même nappe
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 : 1 -Supérieure ou égale à 80 m ³ /h (A) ; 2 - Supérieure à 8 m ³ /h, mais inférieur à 80 m ³ /h (D)	Bilan neutre	Non concerné 5,2 m ³ /h

Un dossier de déclaration devra donc être déposé aux services de l'Etat compétent en matière de police de l'eau (DDT) en 3 exemplaires. Ce dossier sera constitué conformément à l'article R214-32 du Code de l'Environnement.

IX. COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LA RÉGLEMENTATION

IX.1. SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) relatif au projet est celui des eaux du Bassin Loire-Bretagne adopté par le Comité de bassin le 18 novembre 2009.

Les orientations fondamentales du SDAGE concernées par le présent projet sont les suivantes :

- Orientation 5 : Maitriser les pollutions dues aux substances dangereuses
- Orientation 7 : Maitriser les prélèvements en eau

IX.1.1. Orientation 5 : Maitriser les pollutions dues aux substances dangereuses

Les ouvrages seront conçus et/ou équipés dans les règles de l'Art, de façon à empêcher toute introduction de polluants ou d'eau de ruissellement vers la nappe, conformément au Code de l'Environnement. A cet effet, les têtes de forages seront rendues étanches à toute introduction de fluide et seront surmontées d'un citerneau de protection en béton avec trappe fermée à clé.

De plus, une isolation par cimentation annulaire des premiers mètres des terrains traversés par les forages, sera réalisée conformément au Code de l'Environnement et aux normes techniques de conception.

L'ensemble de ces mesures permettra de préserver la qualité de la nappe du risque d'introduction de pollution au droit de ces forages.

IX.1.2. Orientation 7 : Maitriser les prélèvements en eau

Le système de doublet géothermique n'entraînera pas de modification quantitative de la ressource, étant donné la réinjection instantanée des eaux prélevées. A cet effet, le projet respecte cette disposition.

A noter que sur le secteur, la nappe de la Craie ne fait pas l'objet de mesures de restriction de type Zone de Répartition des Eaux (abaissement du seuil d'autorisation Loi sur l'eau pour un prélèvement supérieur à 8 m³/h).

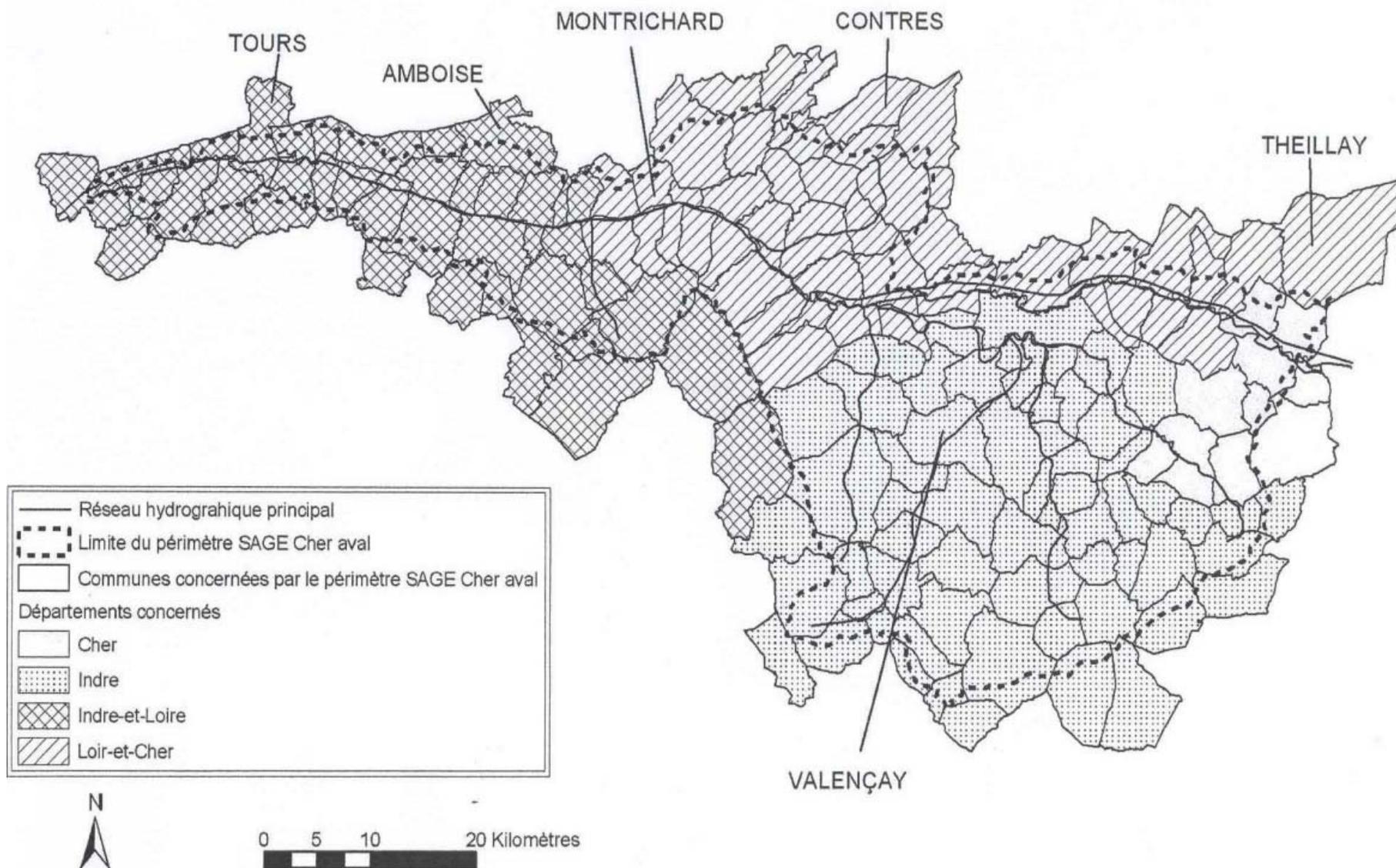
IX.2. SAGE

Le projet se situe dans l'emprise du SAGE Cher aval, actuellement en cours d'élaboration, dont les grands enjeux sont les suivants :

- Mettre en place une organisation territoriale cohérente
 - Accompagner le transfert de propriété du Cher et encourager une maîtrise d'ouvrage cohérente
 - Susciter des maîtrises d'ouvrage opérationnelles et assurer la cohérence hydrographique des interventions
- Restaurer, entretenir et valoriser les milieux aquatiques et humides
 - Assurer la continuité écologique des cours d'eau
 - Restaurer la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau
 - Améliorer la connaissance et préserver les zones humides *
 - Gérer et restaurer les zones humides, afin de maintenir leurs fonctionnalités
 - Améliorer les connaissances des peuplements piscicoles, en particulier des migrateurs
 - Surveiller la prolifération et organiser la gestion des espèces invasives
- Concilier qualité écologique des milieux et usages sur la masse d'eau du Cher canalisé
 - Définir un mode de gestion durable de la masse d'eau du Cher canalisé, conciliant l'atteinte des objectifs écologiques et les activités socio-économiques
- Améliorer la qualité de l'eau
 - Améliorer la qualité des masses d'eau souterraines et superficielles vis-à-vis des nitrates et des pesticides
 - Améliorer la qualité des masses d'eau superficielles vis-à-vis des matières organiques
 - Améliorer la connaissance sur la qualité du canal de Berry
 - Améliorer la connaissance sur les substances dangereuses et émergentes
 - Améliorer les connaissances et limiter l'impact * des eaux pluviales au niveau de l'agglomération Tourangelle
- Préserver les ressources en eau
 - Contribuer à l'atteinte des objectifs quantitatifs de la masse d'eau du Cénomani
 - Améliorer les connaissances et assurer l'équilibre entre les ressources et les besoins dans les secteurs déficitaires
 - Economiser l'eau
- Réduire le risque d'inondations
 - Accompagner les acteurs du bassin * versant * pour réduire la vulnérabilité dans les zones inondables
 - Améliorer la conscience et la culture du risque inondation
- Animer le SAGE et communiquer
 - Anticiper la mise en œuvre du SAGE et assurer la coordination des actions (structure porteuse, animation)
 - Mettre en œuvre une politique de communication du SAGE

Le projet prévoyant la réinjection de l'eau pompée dans la même nappe, son bilan qualitatif et quantitatif sera neutre. En outre, la nappe visée n'est concernée ni par une répartition des eaux ni pas une réservation à l'eau potable. Il est donc compatible avec les enjeux du SAGE.

Figure 36 : Communes et départements concernés par le SAGE Cher Aval



Source : IGN BD-Carthage - Etablissement Public Loire

ANNEXE 1 : Référentiel du SEQ - EAUX Souterraines – usage « énergie »

Le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-Eaux souterraines) a été développé par les Agences de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2003). Cet outil permet d'évaluer de manière simple et rigoureuse la qualité de l'eau pour un certain nombre d'usages, notamment l'usage « énergie ».

L'aptitude de l'eau pour l'usage « énergie » est établie suivant la classification suivante :

Figure 37 : Classes d'aptitudes 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

Cette classification est établie en fonction de trois « altérations » qui décrivent l'usage de l'eau souterraine à des fins énergétiques : la température, la corrosion et la formation de dépôts.

Figure 38 : Détails de la classification « énergie »

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.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau utilisée permettent ainsi d'évaluer l'aptitude de l'eau à l'usage « énergie ». Les tableaux d'évaluation sont présentés ci-après.

Figure 39 : Classification « énergie » suivant les altérations associées à l'usage

