

# ***Vulnérabilité de la ressource en eau – Diagnostic et suivi de la qualité des eaux souterraines***

## ***Site de Jardouy – Douchy (45)***

*Première partie – Etude de vulnérabilité du captage AEP et investigations des eaux souterraines – rapport final*

*Août 2013*

*Rapport A 71043 - Version D*

Direction Régionale Centre  
22, rue Alsace Lorraine  
45058 ORLEANS Cedex 1

Interlocuteur : Isabelle COLLIN-FEVRE  
Tél. : 02.38.24.00.00  
E-mail : [isabelle.collin-fevre@ademe.fr](mailto:isabelle.collin-fevre@ademe.fr)



*Agence Paris Centre Normandie  
Implantation d'Orléans  
ZA du Moulin – 803, boulevard Duhamel du Monceau – CS30602  
Tél. : 01 57 63 14 00  
Fax. : 01 57 63 14 01*

## Sommaire

	Pages
<b>1</b>	<b>Contexte ..... 6</b>
1.1	Contexte général de l'étude ..... 6
1.2	Contexte et objectifs de la première partie..... 7
<b>2</b>	<b>Etude documentaire : Vulnérabilité des eaux souterraines dans le secteur d'étude ..... 8</b>
2.1	Documents consultés..... 8
2.2	Contexte géographique et hydrologique..... 11
2.2.1	<i>Contexte géographique</i> ..... 11
2.2.2	<i>Contexte hydrologique</i> ..... 12
2.3	Contexte géologique ..... 13
2.3.1	<i>Contexte géologique général</i> ..... 13
2.3.2	<i>Lithologie au droit du site Jardouy</i> ..... 14
2.4	Contexte hydrogéologique ..... 18
2.4.1	<i>Nappe des alluvions de l'Ouanne</i> ..... 18
2.4.2	<i>Nappe de la Craie</i> ..... 22
2.4.3	<i>Vulnérabilité intrinsèque des aquifères dans le secteur d'étude</i> ..... 32
2.5	Caractérisation du captage AEP de la Métairie ..... 36
2.5.1	<i>Description du captage</i> ..... 36
2.5.2	<i>Aire d'alimentation du captage et périmètres de protection</i> ..... 37
2.5.3	<i>Qualité des eaux captées</i> ..... 40
<b>3</b>	<b>Caractérisation des ouvrages du site ..... 43</b>
3.1	Recherche des ouvrages existants..... 43
3.2	Caractérisation des ouvrages retrouvés ..... 47
<b>4</b>	<b>Premières conclusions..... 55</b>
4.1	Schéma conceptuel des transferts depuis le site Jardouy vers le captage AEP..... 55
4.2	Ouvrages pouvant être intégrés à la campagne qualité initiale..... 59
<b>5</b>	<b>Caractérisation de l'état des eaux souterraines au droit du site ..... 60</b>
5.1	Méthode utilisée pour les investigations réalisées sur les eaux souterraines ..... 60
5.1.1	<i>Sécurisation préalable des ouvrages</i> ..... 61
5.1.2	<i>Les pompes utilisées</i> ..... 64
5.1.3	<i>Les modalités de prélèvements d'eau</i> ..... 65
5.2	Résultats et analyses ..... 68
5.2.1	<i>Les paramètres recherchés</i> ..... 68
5.2.2	<i>Les résultats obtenus</i> ..... 69



5.3	Interprétation des résultats d'analyses .....	71
5.3.1	<i>Interprétation des résultats d'analyses par comparaison avec les valeurs seuils réglementaires.....</i>	<i>71</i>
5.3.2	<i>Etude de la différence des résultats d'analyses entre les échantillons prélevés sur des niveaux différents du sous-sol .....</i>	<i>71</i>
5.3.3	<i>Historique des concentrations .....</i>	<i>74</i>
5.3.4	<i>Répartition spatiale des concentrations en COHV .....</i>	<i>87</i>
5.3.5	<i>Premières conclusions.....</i>	<i>92</i>
5.3.6	<i>Evaluation qualitative de la biodégradation dans le processus d'atténuation naturelle.....</i>	<i>94</i>
5.4	Conclusion de la caractérisation de l'état des eaux souterraines au droit du site .....	96

### Liste des annexes

**Annexe 1** – Fiches techniques des ouvrages du site

**Annexe 2** – Programme de mise en sécurité détaillée par ouvrage

**Annexe 3** – Tableau de synthèse et bordereaux d'analyses du laboratoire

**Annexe 4** – Photographie d'un exemple de prélèvement d'eau

**Annexe 5** – Fiches de prélèvement d'eau

**Annexe 6** – Fiches de suivi des échantillons et bordereaux de réception des échantillons par Wessling

## Liste des figures et tableaux

Tableau 1 : Liste des documents consultés.....	9
Figure 1 : Localisation du site de projet sur fond IGN ( <i>source : extrait Géoportail</i> )....	11
Figure 2 : contexte hydrographique du site Jardouy ( <i>source : extrait de la carte IGN avec limites cadastrales de l'Arrêté Préfectoral d'Occupation temporaire des Sols - APOS</i> ) .....	12
Figure 3 : Extrait carte géologique de la France à 1/1 000 000 <sup>ème</sup> avec localisation du site Jardouy.....	13
Tableau 2 : Succession lithologique probable au droit du site (Zsol = + 129 m NGF).....	14
Figure 4 : Coupe géologique NNE – SSO passant au droit du site Jardouy .....	16
Figure 5 : Contexte géologique du site Jardouy ( <i>source : extrait de la carte géologique de Courtenay - échelle 1/50 000</i> ).....	17
Figure 6 : Campagne piézométrique initiale - niveaux d'eau mesurés au droit du site le 4 mars 2013.....	21
Figure 7 : Carte piézométrique de la nappe de la Craie en période d'étiage 1983 (Source : Service Régional de l'Aménagement des Eaux Région Centre.....	25
Figure 8 : Suivi piézométrique de la nappe de la Craie au droit de l'ouvrage BSS n°366-2X-0222 sur la commune de Chuelles ( <i>source : ADES</i> ) .....	26
Figure 9 : Piézomètres réalisés sur le site entre 2004 et 2006.....	29
Figure 10 : Carte de vulnérabilité des aquifères du secteur d'étude (source BRGM/Agence de l'Eau Seine Normandie).....	33
Tableau 3 : Caractéristiques des ouvrages situés autour du site et pour lesquels des données sont renseignées, d'après la BSS.....	34
Figure 11 : Localisation des ouvrages autour du site sur fond de carte IGN (source : BSS).....	35
Figure 12 : Aire d'Alimentation du Captage AEP de la Métairie (source : Université d'Orléans) .....	38
Figure 13 : Périmètres de protection du captage AEP de la Métairie (source : ARS Centre).....	39
Figure 14 : Evolution de la conductivité de l'eau captée à la source de la Métairie ( <i>source : ARS Centre</i> ) .....	40
Figure 15 : Evolution de la concentration en nitrates de l'eau captée à la source de la Métairie ( <i>source : ARS Centre</i> ).....	41
Figure 16 : Evolution de la concentration en atrazine de l'eau captée à la source de la Métairie ( <i>source : ARS Centre</i> ).....	41
Figure 17 : Localisation des ouvrages réalisés par la société LISEC retrouvés en mars 2013 (fond de plan LISEC).....	45
Figure 18 : Repérage des points sur le site en mars 2013 (fond de plan IGN) .....	46
Figure 19 : Résultats de la diagraphie au micro-moulinet réalisée sur P9 le 4 mars 2013.....	52
Figure 20 : Actions de mise en sécurité à mettre en œuvre par catégorie d'ouvrages .....	53
Figure 21 : Programme d'installation d'un tube métallique de protection autour des tubes piézométriques PVC.....	54
Figure 22 : Schéma conceptuel des transferts de polluants de la source à la cible .....	58



Figure 23 : Photographies des travaux de mise en sécurité des ouvrages réalisés en avril 2013 .....	62
Tableau 4 : Ouvrages retenus pour les investigations sur les eaux souterraines au droit du site .....	63
Tableau 4 : Limites de quantifications et détection du laboratoire Wessling .....	68
Tableau 5 : Synthèse des résultats de conductivité détectés sur les ouvrages .....	72
Figure 24 : Comparaison des concentrations en COHV détectées entre la partie moyenne et la partie basse de l'ouvrage P4 entre 2004 et 2013.....	73
Figure 25 : Comparaison des concentrations en COHV détectées sur les échantillons prélevés en partie moyenne et en partie basse des ouvrages captant la nappe de la craie (15 avril 2013).....	74
Figure 26 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P2 .....	75
Figure 27 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur T5 .....	76
Figure 28 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur T6 .....	77
Figure 29 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur T9 .....	78
Figure 30 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P3 .....	79
Figure 31 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P5 .....	80
Figure 32 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P6 .....	81
Figure 33 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P8 .....	82
Figure 34 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P9 .....	83
Tableau 6 : Historique des résultats d'analyses au droit de P1 .....	84
Tableau 7 : Historique des résultats d'analyses au droit de P4 .....	84
Tableau 8 : Historique des résultats d'analyses au droit de T1 .....	85
Tableau 9 : Historique des résultats d'analyses au droit de T3 .....	85
Tableau 10 : Historique des résultats d'analyses détectés au droit de T6.....	86
Tableau 11 : Historique des résultats d'analyses détectés au droit de T10.....	86
Tableau 12 : Historique des résultats d'analyses détectés au droit de T13.....	86
Tableau 13 : Historique des résultats d'analyses au droit de T16 .....	87
Figure 35 : Cartographie des concentrations en tétrachloroéthylène détectées sur les piézomètres investigués.....	88
Figure 36 : Cartographie des concentrations en trichloroéthylène détectées sur les piézomètres investigués.....	89
Figure 37 : Cartographie des concentrations en cis-dichloroéthylène détectées sur les piézomètres investigués.....	90
Figure 38 : Cartographie des concentrations en chlorure de vinyle détectées sur les piézomètres investigués.....	91
Tableau 14 : Comparaison des paramètres mesurés avec les valeurs seuils MACAOH....	94

# 1 Contexte

## 1.1 Contexte général de l'étude

Le site de Jardouy est localisé au lieu-dit « le Moulin de l'Aunay » sur la commune de Douchy (45). La Figure 1 (chapitre 2.2) présente la localisation de ce site sur fond de plan IGN.

Le sous-sol présente, au droit de ce site :

- des alluvions du Quaternaire de 5 m d'épaisseur environ, au sein desquelles évolue une nappe alluviale ;
- de la craie du Sénonien de plus de 60 m d'épaisseur, au sein de laquelle circule une nappe, appelée nappe de la Craie.

Ce site a fait l'objet d'une occupation industrielle depuis 1938, par :

- la société Jardillier, ayant exercé une activité de traitement de surface et d'application de peinture par pulvérisation, jusqu'en 1989 ;
- la société Jardouy, avec une activité de traitement de surface et démoulage de matières plastiques jusqu'en mars 1998.

Les études menées sur le site par la société LISEC (rapport d'Etude Simplifiée des Risques de septembre 2004 et rapport d'Evaluation Détaillé des Risques de mars 2005) ont montré :

- la présence dans le sol, sur le site, de composés hydrocarbonés (HCT jusqu'à 6 000 mg/kg – Tétrachloroéthylène jusqu'à 5,73 mg/kg d'après les analyses réalisées 2004),
- la présence de COHV dans la nappe alluviale (jusqu'à 91 mg/l de Tétrachloroéthylène et 23 mg/l de Trichloroéthylène d'après les analyses réalisées en 2004),
- la présence de COHV dans la nappe de la Craie (jusqu'à 1,1 mg/l de Tétrachloroéthylène et 3,3 mg/l de Cis dichloroéthylène d'après les analyses réalisées en 2004)



Après la mise en évidence de zones impactées, des opérations de dépollution ont été menées par la société LISEC :

- sur le sol avec excavation et biotraitement des zones les plus impactées,
- sur la nappe alluviale de surface avec pompage-stripping,
- sur la nappe de la Craie sous-jacente avec mise en place d'une barrière hydraulique de pompage, afin de protéger le captage AEP de la Métairie situé à 2,5 km en aval hydraulique du site sur la commune de Douchy et captant également la nappe de la Craie.

Un suivi de la qualité des eaux souterraines réalisé en août 2008 par la société LISEC a par ailleurs montré :

- une baisse des concentrations en COHV au sein de la nappe alluviale, sur certaines zones du site et en aval éloigné du site ;
- et une augmentation de ces concentrations au sein de la nappe de la craie sous-jacente, en aval hydraulique des zones sources de pollution du site.

**L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la vulnérabilité du captage AEP de la Métairie vis-à-vis de l'ancienne activité du site et vis-à-vis de l'évolution du panache de pollution observé dans la nappe de la Craie au droit du site Jardouy.**

## **1.2 Contexte et objectifs de la première partie**

La première partie de la mission est composée de deux sous parties :

- une étude documentaire : les rapports d'étude existants sur le fonctionnement hydrogéologique de la zone ont été recensés et les rapports des investigations préalables réalisées sur le site par la société LISEC et la société Valgo ont été collectés et utilisés ;
- des investigations sur les ouvrages piézométriques du site Jardouy et sur les eaux souterraines au droit de ce dernier : les piézomètres existants sur le site ont été caractérisés et des investigations sur la qualité des eaux des nappes en présence ont été réalisées.

**Cette première partie a pour but de fournir une première caractérisation de la vulnérabilité du captage AEP vis-à-vis du site Jardouy.**

## 2 Etude documentaire : Vulnérabilité des eaux souterraines dans le secteur d'étude

### 2.1 Documents consultés

L'ensemble des rapports disponibles portant sur les connaissances acquises sur la nappe de la Craie dans le secteur du site Jardouy ont été recensés auprès des organismes suivants :

- Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable (SIAEP) de Douchy-Montcorbon,
- Agence Régionale de Santé (ARS) du Centre – Délégation Territoriale du Loiret,
- Direction Départementale des Territoires (DDT) du Loiret,
- Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) – Direction Seine Amont,
- Société Géo-Hyd,
- ADEME – Direction Régionale Centre.

Le Tableau 1 ci-après présente la liste de ces documents.

Les paragraphes suivants reprennent les principaux éléments de ces documents et permettent de caractériser les eaux souterraines dans le secteur d'étude, en particulier :

- les relations nappe alluviale / nappe de la Craie et nappes / rivière de l'Ouanne,
- le sens d'écoulement des nappes aux abords immédiats et éloignés du site Jardouy et du captage AEP La Métairie,
- l'alimentation du captage AEP La Métairie et la qualité des eaux captées.

Lors de la caractérisation des piézomètres existants sur le site Jardouy (cf. chapitre 3 Caractérisation des ouvrages du site), une campagne piézométrique synchrone a été réalisée. Les résultats de ces mesures ont été utilisés pour caractériser les relations entre la nappe alluviale et la nappe de la Craie au droit du site Jardouy, présentés dans les paragraphes suivants de l'étude documentaire.

Tableau 1 : Liste des documents consultés

Rapport	Echelle	Date	Auteur	Transmis par
Etude de l'organisation et des modalités des circulations souterraines par traçage	Douchy	Janvier 1994	Laboratoire d'Hydrogéologie – Université d'Orléans	Laboratoire d'Hydrogéologie – Université d'Orléans
Etude hydrogéologique, vulnérabilité de la nappe à Douchy	Douchy	Mars 1995	Antea Group	ADEME
Avis hydrogéologique définitif sur les périmètres de protection du captage « La Métairie »	Douchy	Décembre 2000	Daniel Rousselot – hydrogéologue agréé en matière d'eau et d'hygiène publique pour le département du Loiret	SIAEP Douchy - Montcorbon
Etude hydrogéologique et environnementale préalable à la définition des périmètres de protection du captage AEP de la source de la Métairie	Douchy	Juin 2006	Géo-Hyd	SIAEP Douchy – Montcorbon / Géo-Hyd
Cartes de vulnérabilité des milieux aquatiques aux transferts de produits phytosanitaires et nitrates – BAC de Douchy (Loiret 45)	Douchy	Décembre 2006	Aude Raoul – Stagiaire à la Chambre d'Agriculture du Loiret	SIAEP Douchy – Montcorbon / DDT 45 / Agence de l'Eau Seine Normandie
Mémoire explicatif – Protection des points de prélèvements d'eau destinée à la consommation humaine - Forage de « La Métairie » - Lieu-dit « Pièce de Fontaine » - Commune de Douchy	Douchy	Décembre 2010	SAFEGE Ingénieurs Conseils	ARS Centre



Rapport	Echelle	Date	Auteur	Transmis par
Avis hydrogéologique portant sur la délimitation des périmètres de protection du captage de la Métairie	Douchy	Décembre 2010	Dominique Chigot - hydrogéologue agréé en matière d'eau et d'hygiène publique pour le département du Loiret	ADEME / SIAEP Douchy – Montcorbon
Rapport d'Etude Simplifiée des Risques (ESR)	Site Jardouy	Septembre 2004	LISEC France	ADEME
Rapport d'Evaluation Détaillée des Risques (EDR)	Site Jardouy	Mars 2005	LISEC France	ADEME
Rapport de suivi n°1 de l'installation de dépollution mise en œuvre concernant l'excavation des terres souillées au droit de S10, la mise en œuvre de la barrière hydraulique et le traitement de l'eau souterraine par pompage – stripping	Site Jardouy	Juin 2005	LISEC France	ADEME
Rapport de suivi n°2 de l'installation de dépollution concernant la dépollution in situ par pompage-stripping	Site Jardouy	Janvier 2006	LISEC France	ADEME
Rapport intitulé « Dépollution in situ – Proposition technique de traitement de la nappe de la Craie par oxydation chimique »	Site Jardouy	Mars 2006	LISEC France	ADEME
« Proposition d'une démarche de réhabilitation »	Site Jardouy	Août 2008	VALGO	ADEME



## 2.2 Contexte géographique et hydrologique

### 2.2.1 Contexte géographique

L'ancien site de production Jardouy est localisé au lieu dit « Le Moulin de Launay » sur la commune de Douchy dans le Loiret (45).

Il est délimité par :

- l'Ouanne au sud-ouest,
- un champ cultivé au sud-est,
- une zone forestière au nord.

La côte moyenne du terrain au droit du site est de +129 m NGF.

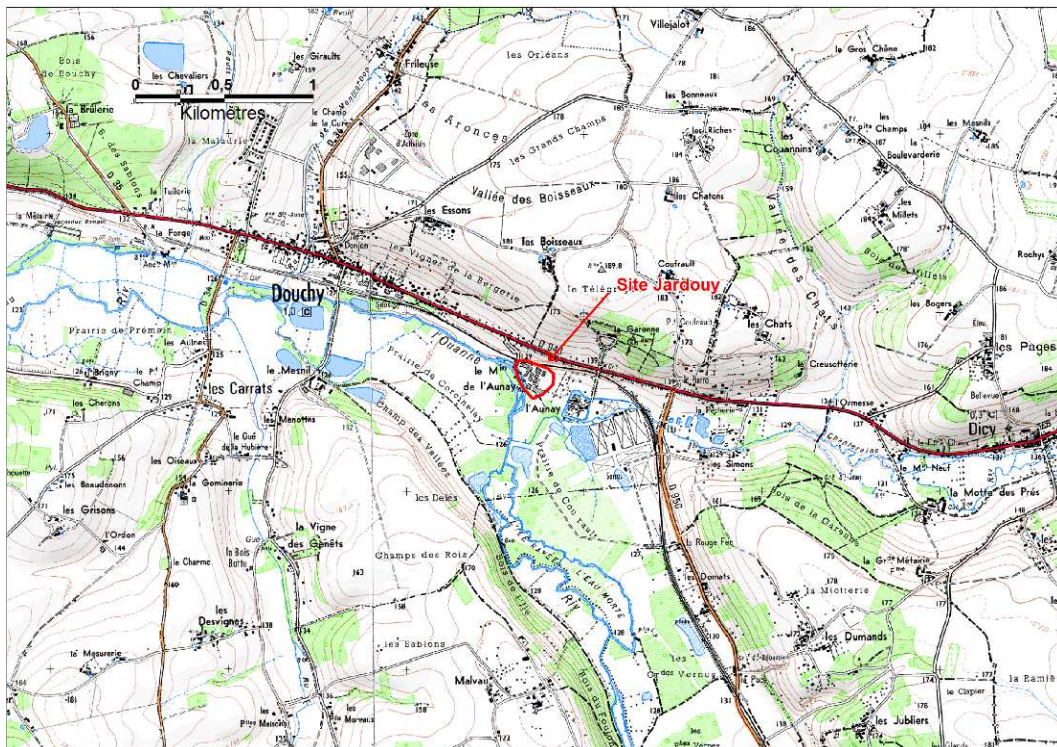


Figure 1 : Localisation du site de projet sur fond IGN (source : extrait Géoportail)

## 2.2.2 Contexte hydrologique

Le site Jardouy, situé en rive droite, est contigu à l'Ouanne qui s'écoule selon une direction générale ouest-nord-ouest (cf. Figure 2).

Dans le secteur d'étude, l'Ouanne se compose de trois bras et forme un coude en passant d'une direction nord à ouest-nord-ouest. Le site Jardouy est implanté à proximité immédiate de l'ancien moulin de Launay, désormais abandonné. Dans ce secteur, plusieurs aménagements ont été réalisés sur l'Ouanne, probablement pour les besoins de l'ancienne activité du moulin. En particulier, un bras du ru de la Chantereine, affluent de l'Ouanne en amont du site, a été repéré dans la partie sud du site. Il est représenté en pointillés bleus sur la Figure 2. Enfin, le bras le plus oriental de l'Ouanne en bordure des bâtiments du site connaît une différence significative de son niveau entre l'amont du Moulin et l'aval, d'environ 60 cm, du fait de la présence d'un barrage (cf. Figure 2).

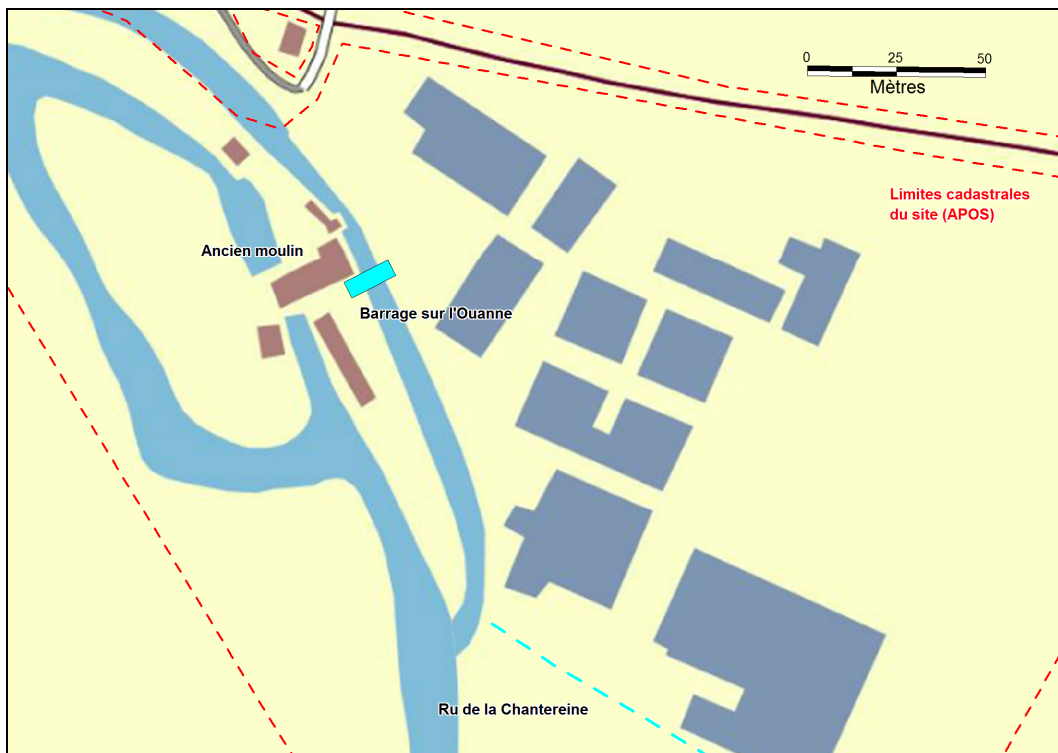


Figure 2 : contexte hydrographique du site Jardouy (source : extrait de la carte IGN avec limites cadastrales de l'Arrêté Préfectoral d'Occupation temporaire des Sols - APOS)

## 2.3 Contexte géologique

### 2.3.1 Contexte géologique général

Le secteur d'étude est situé dans les auréoles d'âge Crétacé du Bassin Parisien constitué d'un substratum de craie à silex du Sénonien. Ce substratum, très fortement diaclasé et parcouru de réseaux karstiques, est entaillé par les cours d'eau de la région et est visible à l'affleurement sur les bancs des coteaux.

Sur les plateaux, la craie surmontée d'une épaisse couverture argilo-sableuse à silex issue, à la fois de l'altération de la craie sous-jacente et des formations sableuses ou argileuses. Dans les zones de piémont, ces formations sont recouvertes d'une importante couverture limoneuse.

Le site Jardouy se situe dans la vallée de l'Ouanne (cf. Figure 3). Le long de la vallée de l'Ouanne, des apports détritiques de sables parfois très grossiers et toujours associés à des galets de silex sont piégés dans des poches karstiques. En rive droite, près de Douchy, des silex se sont déposés pouvant atteindre par endroit des nappes d'extension limitée.

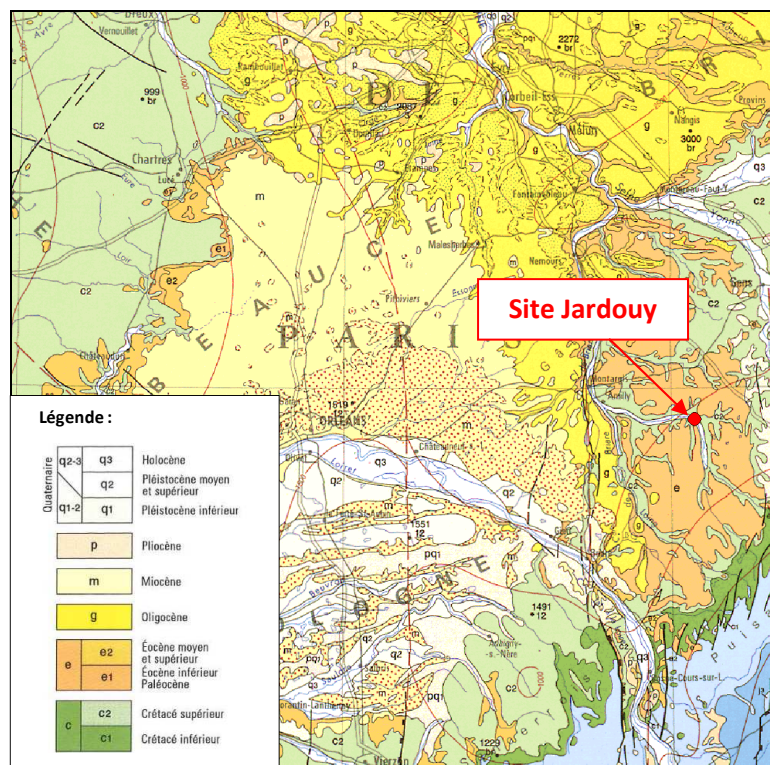


Figure 3 : Extrait carte géologique de la France à 1/1 000 000<sup>ème</sup> avec localisation du site Jardouy

### 2.3.2 Lithologie au droit du site Jardouy

Le contexte géologique du site a été établi à partir des sondages et piézomètres réalisés sur le site lors des investigations et des travaux de dépollution entre 2004 et 2006.

Les formations géologiques en présence au droit du site sont présentées dans le Tableau 2 (de haut en bas, soit des plus récentes aux plus anciennes) :

<b>Profondeur (épaisseur)</b>	<b>Formation et description</b>	<b>Altitude de la base de la formation (m NGF)</b>
0 à 1 m (0,6 m)	- <i>Terre végétale</i>	+ 128
1 à 6 m (5 m)	- <i>Alluvions</i> Argiles limoneuses avec intercalations sablo-graveleuses	+ 123
> 6 m (60 m)	- <i>Craie du Sénonien - Turonien</i> Craie blanche à silex	+ 69

Tableau 2 : Succession lithologique probable au droit du site (Zsol = + 129 m NGF)



## Alluvions

Les alluvions ont été déposées par l'Ouanne et sont constituées d'un complexe d'argiles sablo-limoneuses avec par endroits des apports détritiques plus grossiers de sables à silex.

Les alluvions de l'Ouanne sont essentiellement de nature argileuse avec des intercalations sablo-graveleuses.

Au droit du site, l'épaisseur des alluvions est d'environ 5 m.

## Craie du Sénonien-Turonien

Il s'agit d'une épaisse masse crayeuse, diaclasée et parcourue de réseaux karstiques, parfois sableuse et marneuse, renfermant des silex.

L'épaisseur attendue de la Craie est de l'ordre de 60 m.

La Figure 4 présente une coupe géologique schématique passant au droit du site Jardouy. Les points A (Nord – Nord-Est) et B (Sud-Sud-Ouest) délimitant cette coupe sont reportés sur la Figure 5 qui présente le contexte géologique du site Jardouy (extrait de la carte géologique de Courtenay au 1/50 000).

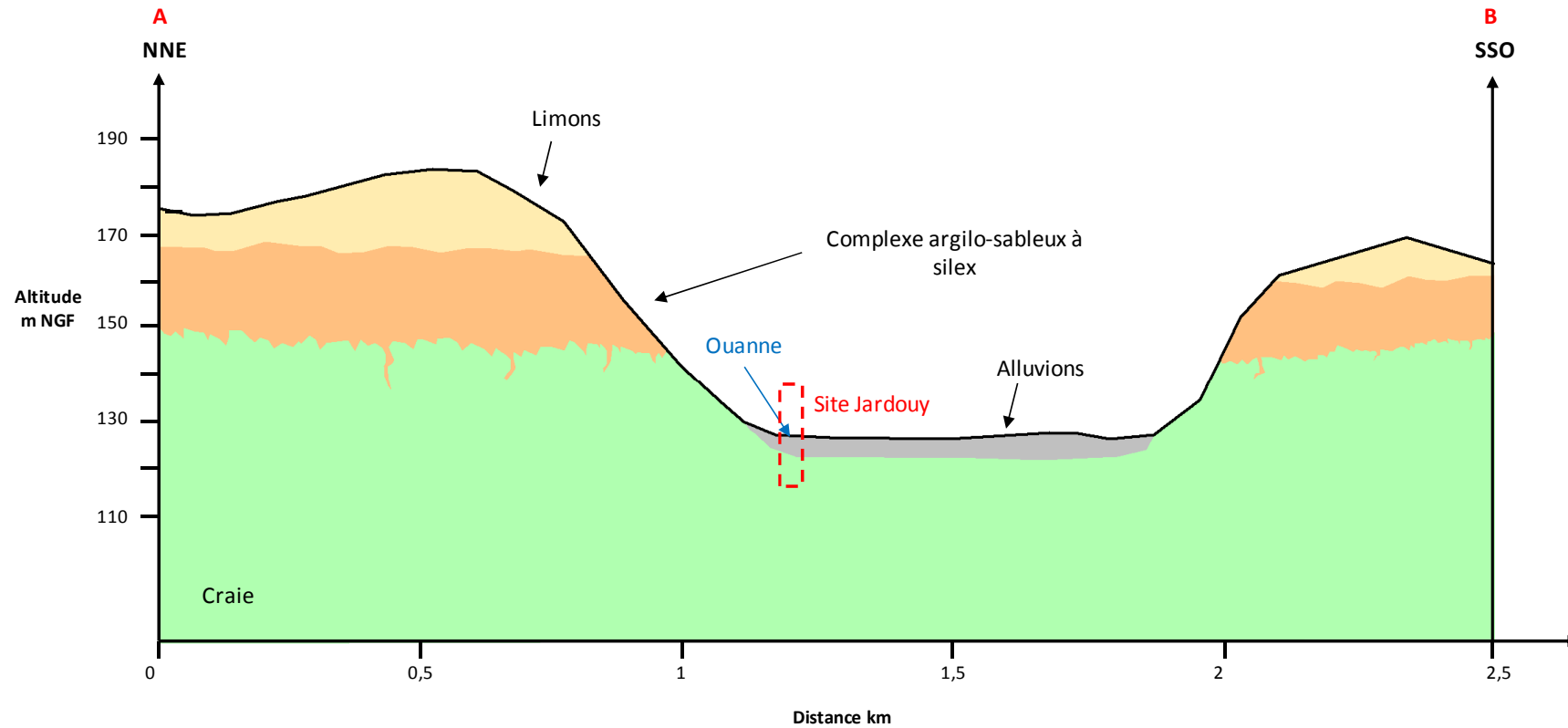


Figure 4 : Coupe géologique NNE – SSO passant au droit du site Jardouy



## 2.4 Contexte hydrogéologique

Parmi la succession des formations géologiques décrites précédemment, plusieurs sont aquifères et renferment une nappe d'eau souterraine :

- la nappe des alluvions de l'Ouanne,
- la nappe de la Craie.

Les ouvrages recensés dans la Banque du Sous-sol du BRGM (ouvrages souterrains de profondeur supérieure à dix mètres), présentant des données sur les aquifères captés et les niveaux d'eau, sont présentés sur la Figure 11 et dans le Tableau 3.

Remarque : les 5 piézomètres réalisés sur le site entre 2004 et 2006, d'une profondeur supérieure à 10 m (P4, P6, P7, P8 et P9), ne sont pas recensés dans la BSS.

### 2.4.1 Nappe des alluvions de l'Ouanne

La caractérisation de la nappe des alluvions de l'Ouanne a été établie à partir de l'ensemble des documents listés dans le Tableau 1 et plus particulièrement :

- l'étude hydrogéologique et de vulnérabilité de la nappe à Douchy réalisé par Antea Group en 1995,
- les résultats des sondages et piézomètres réalisés sur le site lors des investigations et des travaux de dépollution entre 2004 et 2006,
- l'étude hydrogéologique et environnementale préalable à la définition des périmètres de protection du captage AEP de la source de la Métairie réalisée par la société Géo-Hyd en 2006,
- les ouvrages recensés dans la BSS captant la nappe alluviale (cf. Figure 11 et Tableau 3).

#### Type, alimentation, sens d'écoulement général

L'aquifère alluvial est peu épais, limité à la formation des alluvions (inférieur à 6 m).

La nappe des alluvions de l'Ouanne est libre, de faible extension latérale, limitée à la vallée de l'Ouanne.

La nappe est en communication avec l'Ouanne qui constitue un front de réalimentation, au moins en période de crue.



Sur l'ensemble de la zone d'étude, entre le site Jardouy et le captage AEP de la Métairie, le sens naturel d'écoulement de la nappe alluviale se fait vers l'aval Ouanne, en direction de l'ouest – nord - ouest.

### Campagne piézométrique initiale – écoulements au droit du site

Au droit du site, la direction d'écoulement de la nappe a pu être précisée par des mesures du niveau d'eau effectuées le 4 mars 2013 sur les piézomètres du site réalisés lors des opérations de dépollution entre 2004 et 2006. Les caractéristiques de ces piézomètres sont présentées en Annexe 1.

Les résultats de cette campagne de mesures piézométriques qui correspondait à une situation de hautes eaux 2013 sont présentés en Figure 6. **Au droit du site Jardouy, la nappe alluviale est drainée par l'Ouanne, selon une direction générale Est – Ouest vers l'entrée du site.**

**A proximité immédiate de l'Ouanne, la direction d'écoulement de la nappe s'incline selon un axe Nord/Est – Sud/Ouest, en particulier aux abords des anciennes cabines de peinture du site.**

**Le niveau de la nappe se situe entre 2,5 et 4 m de profondeur. Il a été mesuré au maximum à 126,45 m NGF au droit de P2, piézomètre le plus à l'est du site et au minimum à 125,18 m NGF au droit de P3, piézomètre le plus à l'ouest du site (entrée site), soit un gradient faible de 8 ‰.**

### Ouvrages captant la nappe alluviale dans le secteur d'étude

Dans le secteur d'étude, en dehors du site Jardouy, très peu d'ouvrages captent la nappe alluviale (cf. Figure 11). Deux ouvrages recensés dans la BSS sont indiqués comme captant la nappe alluviale sur la commune de Douchy : un ancien puits de 4 m de profondeur situé à 2,8 km en aval du site Jardouy (BSS n°366-X-0065) ainsi qu'un forage de 9 m de profondeur situé à 1,5 km en aval du site Jardouy (BSS n°366-6X-0126).

L'état de ces ouvrages n'est pas connu.

### Qualité des eaux

Dans le secteur d'étude (hors site), aucune information n'est disponible sur la qualité des eaux des alluvions de l'Ouanne dans les documents consultés.

Au droit du site, la qualité des eaux de la nappe alluviale est connue par les analyses réalisées sur les échantillons d'eau prélevés au droit des piézomètres du site lors des études précédentes entre 2004 et 2008 (cf. Chapitre 3 Caractérisation des ouvrages du site).



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

La nappe alluviale est moyennement minéralisée avec une conductivité comprise entre 376  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (valeur mesurée au droit de l'ouvrage T10 du site en décembre 2004) et 660  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (valeur mesurée au droit de l'ouvrage T3 du site en décembre 2004).

Au droit du site, la nappe alluviale est notamment caractérisée par la présence de COHV issus de l'ancienne activité du site Jardouy. Néanmoins, les résultats des dernières analyses réalisées sur les échantillons d'eau prélevés en 2008 au droit des piézomètres du site ont montré une diminution des concentrations en COHV dans la nappe alluviale depuis les premières analyses réalisées en 2004.

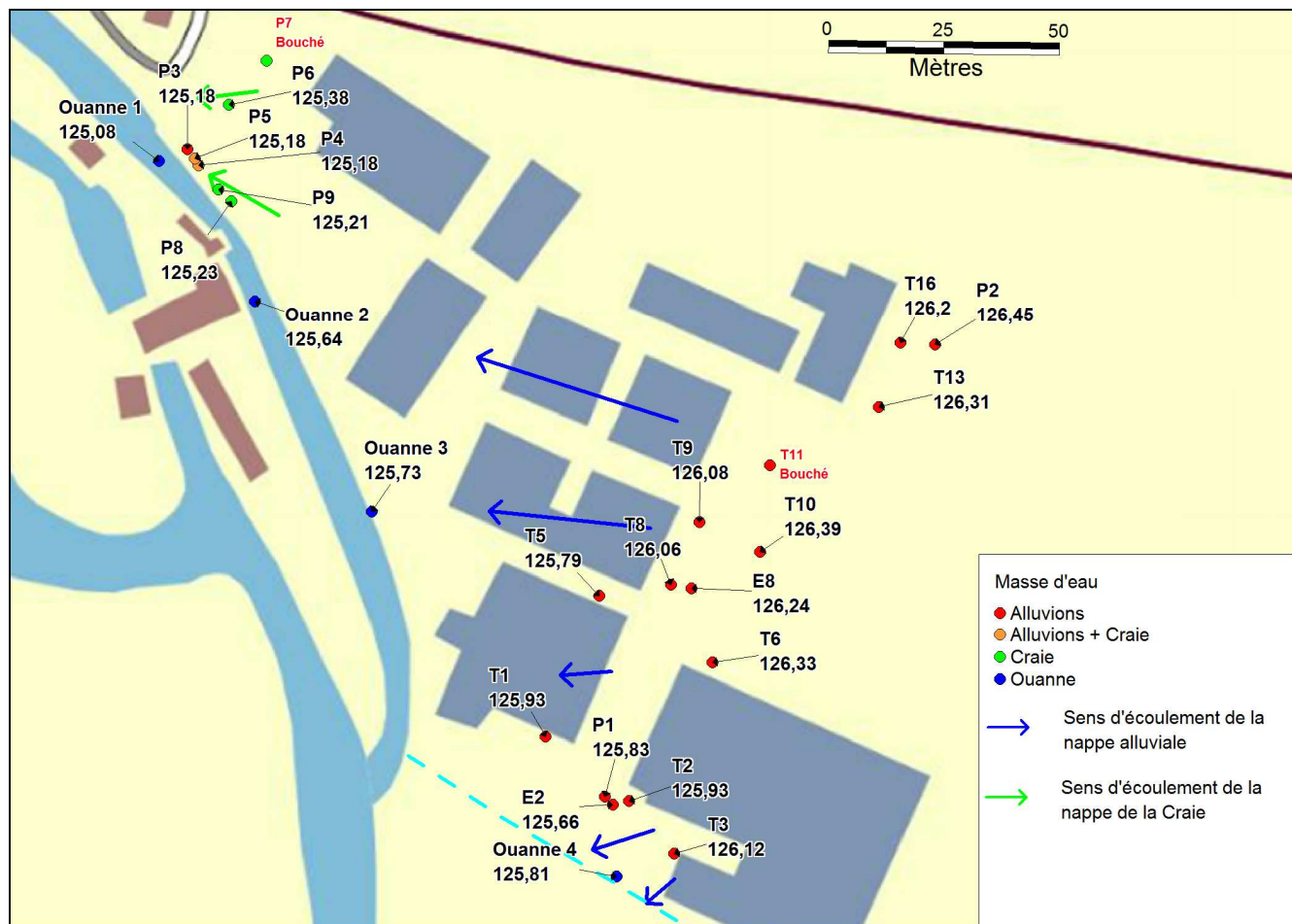


Figure 6 : Campagne piézométrique initiale - niveaux d'eau mesurés au droit du site le 4 mars 2013



### Vulnérabilité de la nappe

Sur un plan qualitatif, du fait de la faible profondeur de cette nappe, de la lithologie de la zone non saturée (sables et graviers) et des faibles pentes rencontrées au droit du site favorisant une infiltration des eaux de surface, **cette nappe est fortement vulnérable aux pollutions de surface comme l'a montré l'historique de la pollution, en particulier aux COHV, observée dans cette dernière au droit du site Jardouy (cf. rapports LISEC et Valgo).**

#### 2.4.2 Nappe de la Craie

L'aquifère crayeux constitue le principal aquifère de la région pour l'eau potable et l'irrigation.

La caractérisation de la nappe de la Craie a été établie à partir de l'ensemble des documents listés dans le Tableau 1 et plus particulièrement :

- L'étude de l'organisation des modalités des circulations souterraines par traçage, réalisée par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans en 1994,
- l'étude hydrogéologique et environnementale préalable à la définition des périmètres de protection du captage AEP de la source de la Métairie réalisée par la société Géo-Hyd en 2006,
- l'avis hydrogéologique portant délimitation des périmètres de protection du captage de la Métairie de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département du Loiret de 2010,
- les ouvrages recensés dans la BSS captant la nappe alluviale (cf. Figure 11 et Tableau 3).

## Type, alimentation, écoulement

**Dans le secteur d'étude, la nappe de la Craie est libre sous le plateau puis devient captive sous les alluvions de l'Ouanne du fait de la nature argileuse de ces dernières.**

La nappe de la Craie est drainée par un réseau karstique en relation avec les accidents structuraux qui apparaissent comme des axes de drainage privilégiés suivant des directions Nord-Sud. En particulier la faille de Douchy<sup>1</sup> passant à l'ouest de la commune a probablement guidé le creusement du thalweg de la Fontaine des Pauts (cf. Figure 7). Le régime d'écoulement de la nappe est ainsi double : un écoulement de type milieu poreux (perméabilité en petit) et un écoulement de type milieu karstique (écoulement en grand).

La Figure 7 présente la carte piézométrique de la nappe de la Craie réalisée en période d'étiage en 1983 par le Service Régional de l'Aménagement des Eaux de la Région Centre<sup>2</sup>. On peut y voir le fort drainage de l'Ouanne ainsi qu'une crête piézométrique séparant deux systèmes hydrogéologiques d'orientation Nord-Sud :

- le système oriental drainé par le ru de Montcorbon avec comme exutoire principal la Fontaines Sainte-Anne,
- le système occidental drainé par le ru de la Fontaine des Pauts avec comme exutoire principal la source de la Métairie (exploitée par le captage AEP objet de la présente étude).

Les compléments piézométriques réalisés par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans en 1993 ont confirmé l'existence de ces deux systèmes individualisés en amont hydraulique de la source de la Métairie (selon la direction d'écoulement principale nord – sud de la nappe de la Craie). Le Laboratoire d'Hydrogéologie a montré que vers l'aval, et la vallée de l'Ouanne, la présence de la crête piézométrique n'est plus marquée et montre l'existence d'échanges possibles entre les deux systèmes, ce qui agrandit l'aire d'alimentation de la source de la Métairie.

Le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans a par ailleurs mis en évidence l'existence de pertes du système hydrologique superficiel vers le milieu souterrain (1 zone de perte dans le système du ru de la Fontaine des Pauts ainsi que 2 zones de pertes dans le système du ru de Montcorbon). Les traçages réalisés dans ces pertes ont mis en évidence des réponses rapides à la source de la Métairie (exploitée par le captage AEP étudié ici) avec des vitesses de circulations comprises entre 50 m/h et 100 m/h.

**Sur les coteaux, l'écoulement de la nappe de la Craie se fait selon une direction Nord-Sud, perpendiculaire à la vallée de l'Ouanne.**

---

<sup>1</sup> Source : Figure 5 de la notice de la carte géologique de Courtenay –Coupe transversale de la couverture mésozoïque des feuilles de Bléneau et de Courtenay indiquant les principales failles subméridiennes repérées aux niveaux d'horizons sismiques : toit du Turonien, base de la Craie, toit du Néocomien et toit du Kimméridgien et au niveau du Sénonien

<sup>2</sup> Source : Etude de l'organisation des modalités de circulations souterraines par traçage, Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans, janvier 1994



Comme indiqué sur la Figure 7, le site Jardouy se trouve en limite extérieure de ces deux systèmes de coteaux. Il est en effet situé en amont dans la vallée de l'Ouanne. A Douchy, dans la vallée, l'Ouanne draine la nappe de la Craie selon une direction générale d'écoulement Est-Ouest. L'écoulement de la nappe de la Craie y serait préférentiellement de type poreux par rapport aux écoulements karstiques observés sur les coteaux par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans. Néanmoins, le recouvrement alluvionnaire de la Craie dans la vallée pourrait cacher une karstification de cette dernière.

De façon à essayer de préciser les éventuels transferts de polluants au sein de la nappe de la Craie entre le site Jardouy et le captage AEP « la Métairie », un essai de traçage sera réalisé dans la seconde partie de la présente étude. Les résultats de cet essai apporteront des éléments sur la karstification de la Craie dans la vallée de l'Ouanne.

#### Relations Ouanne – nappe alluviale - nappe de la Craie dans le secteur d'étude

Le site Jardouy se trouve dans la vallée de l'Ouanne, en amont hydrogéologique de la source de la Métairie par rapport aux écoulements de la nappe de la Craie.

Dans son étude hydrogéologique et environnementale préalable à la définition des périmètres de protection du captage AEP de la source de la Métairie de juin 2006, Géo-Hyd précise que « aucune étude n'a quantifié les relations entre l'Ouanne et le captage de la Métairie. Actuellement, elles sont a priori faibles. Le captage de la source peut solliciter les eaux des alluvions par drainance, elles-mêmes en relations avec les eaux de l'Ouanne. Mais le niveau et la qualité de l'Ouanne sont intimement liés à ceux de ses alluvions et des modifications non maîtrisées de l'Ouanne et de sa nappe d'accompagnement seraient donc susceptibles de se répercuter quantitativement et qualitativement sur les eaux de la source. »

Par ailleurs dans son avis hydrogéologique d'avril 2010 sur la délimitation des périmètres de protection du captage de la Métairie, Dominique Chigot, hydrogéologue agréé, précise également qu'« aucune étude n'a été menée sur l'Ouanne en amont de la source » mais qu'« il y a fort à penser que des systèmes équivalents [les pertes] puissent exister ».

Comme présenté précédemment, bien que le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans n'ait observé aucune perte dans la vallée, similaire à celles observées sur les coteaux, le recouvrement alluvionnaire de la Craie pourrait cacher une karstification de cette dernière ce qui pourrait favoriser les échanges entre la nappe de la Craie et l'Ouanne.

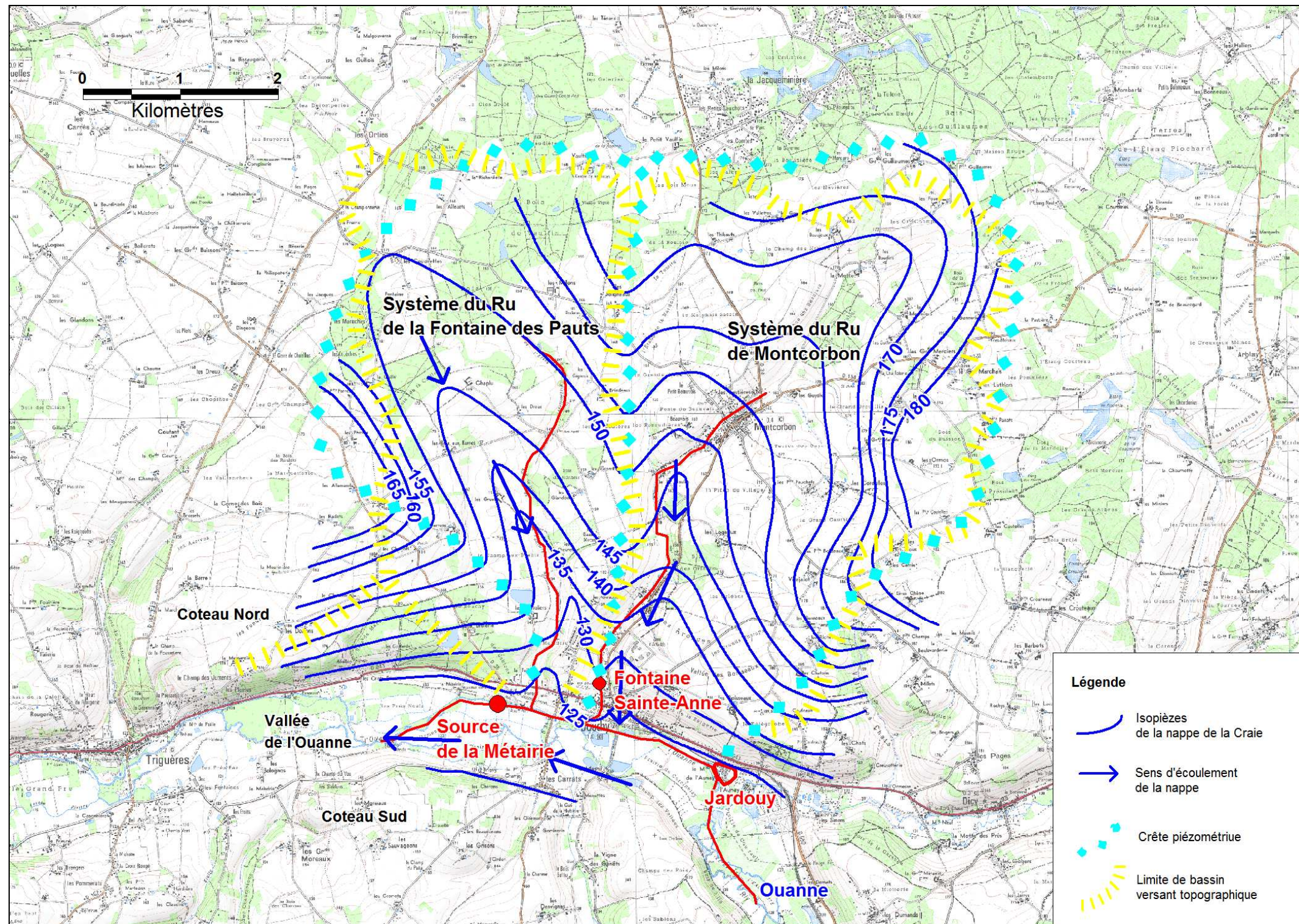


Figure 7 : Carte piézométrique de la nappe de la Craie en période d'été 1983 (Source : Service Régional de l'Aménagement des Eaux Région Centre)

### Relations Ouanne – nappe alluviale - nappe de la Craie au droit du site Jardouy

En 1995, Antea Group a réalisé une étude hydrogéologique pour le compte des établissements Jardouy visant à apprécier la vulnérabilité des eaux souterraines à une éventuelle pollution accidentelle issue de leur site.

Dans son rapport A02578 de mars 1995, la société Antea Group précise que **compte-tenu de la nature captive de la nappe de la Craie sous les alluvions de l'Ouanne, les transferts d'eau ont tendance à se faire du bas vers le haut, empêchant ainsi la pénétration en profondeur d'une pollution superficielle. Dans de telles conditions la nappe de la Craie n'apparaît donc pas menacée.**

Toutefois, si sous l'effet conjugué d'une période de sécheresse prolongée et de pompages intenses la nappe devait perdre son caractère captif, les risques de contamination de cette dernière seraient alors réels.

### Variations piézométriques dans le secteur d'étude

**Il n'existe pas de suivi piézométrique de la nappe de la Craie au droit du site de projet.**

La Figure 8 présente l'évolution du niveau piézométrique de la nappe de la Craie au droit de l'ouvrage BSS n°366-2X-0222, situé à environ 5 km au nord du site étudié sur la commune de Chuelles. On peut voir que le niveau de la nappe connaît une baisse continue depuis 2003, malgré des variations saisonnières, et atteint désormais son niveau le plus bas connu depuis 1988 (atteint en 1994). Au droit de cet ouvrage, le niveau de la nappe est en particulier plus bas que celui observé en 1995, date à laquelle l'étude hydrogéologique sur la vulnérabilité du captage AEP « la Métairie » a été réalisée par Antea Group. **Ainsi cette évolution piézométrique de la nappe de la Craie pourrait avoir modifié le fonctionnement du système Alluvions-Craie-Ouanne de Douchy étudié à cette époque.**

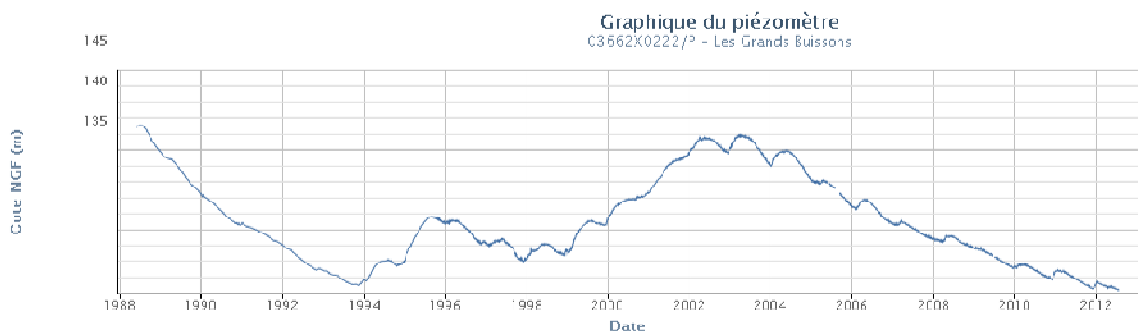


Figure 8 : Suivi piézométrique de la nappe de la Craie au droit de l'ouvrage BSS n°366-2X-0222 sur la commune de Chuelles (source : ADES)



### Campagne piézométrique initiale sur le site et résultats des analyses antérieures

Au droit du site, le niveau de la nappe de la Craie est connu au travers des mesures effectuées sur les ouvrages captant la nappe et réalisés entre 2004 et 2006 par la société LISEC (cf. chapitre 3 Caractérisation des ouvrages du site). Comme le montre la Figure 6, ces ouvrages sont tous situés en aval hydrogéologique du site (entrée site) et ne permettent d'obtenir qu'une information très localisée sur les relations Craie-alluvions-Ouane au droit du site. Les niveaux observés en périodes de hautes eaux le 4 mars 2013 dans ces ouvrages (compris entre 125,21 m NGF et 125,38 m NGF) sont légèrement supérieurs à ceux observés dans les ouvrages captant la nappe alluviale à proximité immédiate (125,18 m NGF). **Localement, la nappe de la Craie semble donc avoir une charge supérieure à la nappe alluviale. Sur la base de ce constat, les échanges entre les deux aquifères semblent se faire du bas vers le haut comme l'a mentionné Antea Group en 1995.**

Remarque : les résultats tirés des observations piézométriques réalisées le 4 mars 2013 sont à nuancer par les écarts de charges de l'ordre du centimètre observés entre les ouvrages proches captant les alluvions et la Craie (+/- 6 cm entre P3, P4, P5, P8 et P9) ainsi que par le caractère ponctuel de la mesure. Un suivi des niveaux d'eau sur une longue période incluant plusieurs périodes de basses et hautes eaux permettra d'étayer ces hypothèses. Il n'est pas impossible que localement, à proximité de l'Ouane, les nappes de la Craie et des alluvions aient une charge quasi-identique, voir que les deux nappes soient en équilibre hydrostatique. Les informations dont nous disposons ne permettent pas de trancher avec certitude sur ces points.

**Or, la société LISEC a montré la présence de COHV dans la nappe de la Craie au droit du piézomètre P4 situé à l'entrée du site en décembre 2004.** Par la suite, plusieurs ouvrages à la Craie ont été réalisés dans cette zone pour constituer une barrière hydraulique de pompage afin de protéger l'évolution du panache de pollution dans la Craie en direction du captage AEP de la Métairie : ces ouvrages sont appelés P5, P6, P7, P8 et P9 (cf. Figure 9). La barrière hydraulique réalisée par la société LISEC a fonctionné pendant 7 mois, de mai à décembre 2005. Les commentaires relatifs à la conception des ouvrages qui la constituent et aux aquifères qu'ils recoupent sont présentés au chapitre 3 Caractérisation des ouvrages du site.



Lors des dernières investigations réalisées sur les eaux souterraines au droit du site en août 2008, la société Valgo a montré que les teneurs en COHV avaient augmenté particulièrement dans les ouvrages P8 et P9 captant la nappe de la Craie tandis que les concentrations mesurées dans les ouvrages captant la nappe alluviale avaient nettement diminué depuis 2005. **Sur la base de ces résultats, la société Valgo indique donc l'existence d'une migration de la pollution depuis la nappe alluviale vers la nappe de la Craie.** Dans son rapport de mars 2006, la société LISEC indiquait que *« l'essentiel de la contamination provient d'un incident ancien (il y a près de 30 ans) sur l'ancienne zone de cuve de stockage de PCE (près de T16). Cette contamination plongeante a pu s'infiltrer en partie dans les terrains de nature argilo-limoneuse puis s'accumuler en partie au toit d'une couche peu perméable (substratum crayeux non altéré, couche argileuse). Cette contamination a semble-t-il suivi la topographie inclinée de la craie (creusée par l'Ouanne) en direction de l'Ouanne et probablement l'écoulement de la nappe de la craie orienté NNE vers le SSW, et qui s'infléchit, aux abords de l'Ouanne, en direction de cette rivière. Le lit généralement peu perméable des rivières et dans ce cas de l'Ouanne peut appuyer l'hypothèse que les contaminants se soient accumulés en bordure de rivière, à proximité de P1. Une fissuration locale du substratum crayeux et les écoulements de la nappe (de l'Ouanne et de la Craie) dans la direction d'écoulement de la rivière peuvent expliquer la migration des contaminants vers l'aval hydraulique du site (en entrée du site). L'absence de traitement de la contamination en chlorés, depuis près de 30 ans que le site n'exploite plus de PCE, explique visiblement l'étendue de la pollution. »*

**Des échanges entre les alluvions et la Craie semblent donc avoir eu lieu, plus particulièrement en amont du site. Ces échanges pourraient s'expliquer par l'existence d'hétérogénéités dans la perméabilité de la formation alluviale du fait des variations des teneurs en argiles et sables des matériaux qui la composent. L'existence de ces hétérogénéités pourrait mettre les deux nappes en communication localement.**

Les pompages réalisés dans la barrière hydraulique à l'entrée du site entre mai et décembre 2005 ont par ailleurs entraîné la création d'un cône de rabattement de la nappe de la Craie à l'entrée, dont l'extension est directement proportionnelle à la perméabilité de cette dernière. Après l'arrêt des pompages, la charge de la nappe de la Craie est restée temporairement sous le niveau de celle de la nappe alluviale pendant une durée équivalente au temps de retour à l'équilibre, favorisant alors la migration de la pollution du haut vers le bas au droit où localement les deux nappes sont en communication.

**La réalisation de prélèvements et d'analyses sur les eaux de la nappe de la craie, dans un ouvrage existant en amont de l'ancienne zone des cuves par exemple, permettrait d'obtenir des éléments complémentaires sur la nappe de la Craie dans cette zone.**

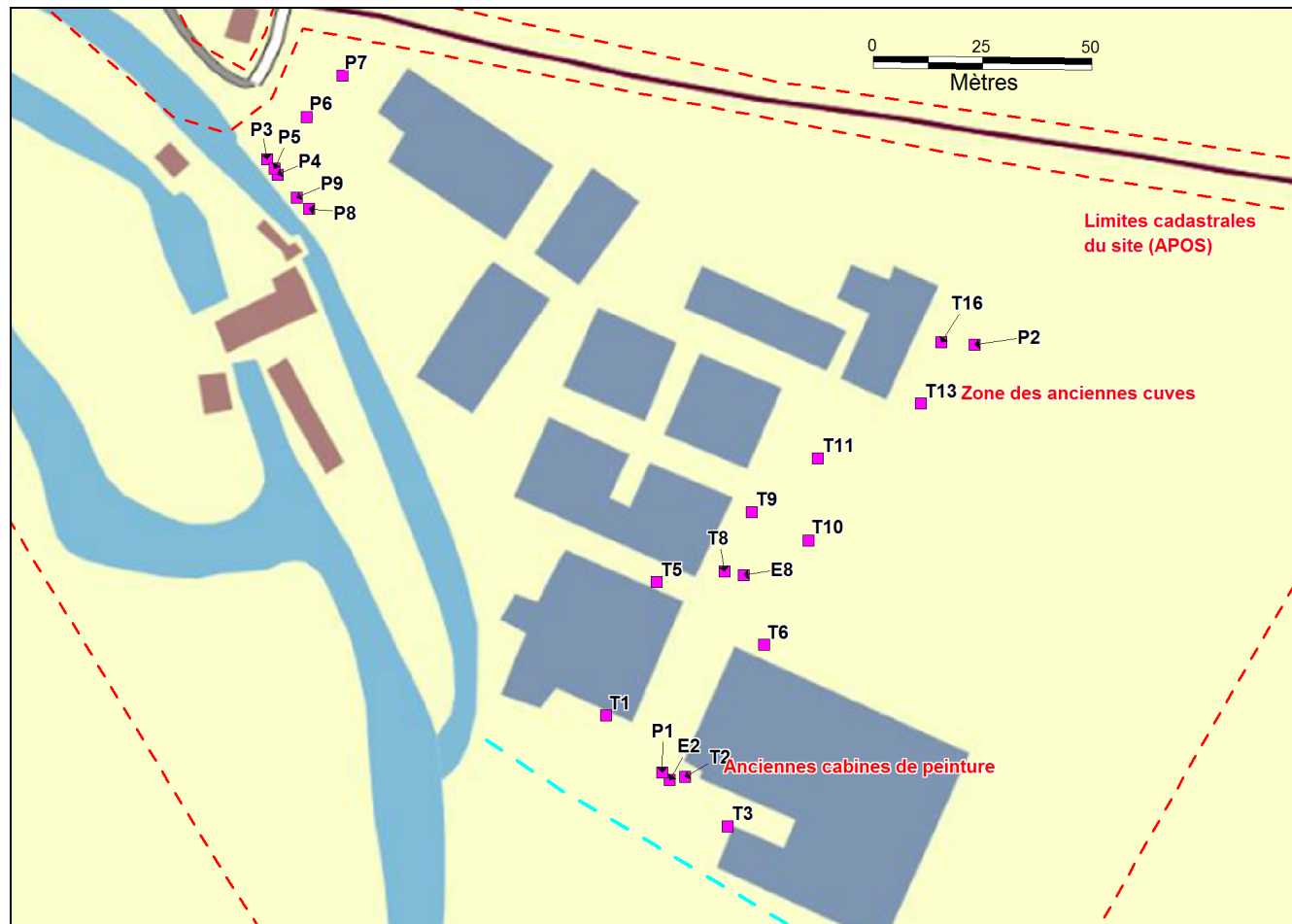


Figure 9 : Piézomètres réalisés sur le site entre 2004 et 2006

### Ouvrages captant la nappe dans le secteur d'étude

De nombreux ouvrages captent la nappe de la Craie dans le secteur d'étude, à commencer par le captage AEP de la Métairie.

Plusieurs ouvrages recensés dans la BSS en amont et en aval hydraulique du site Jardouy captent la nappe de la Craie. Ils pourront éventuellement être intégrés dans le réseau de surveillance qui sera constitué en deuxième partie de la présente étude afin d'évaluer l'évolution du panache de pollution dans la nappe. Ces ouvrages existants sont les suivants (cf. Figure 11 et Tableau 3) :

- 1 ouvrage est situé à 450 m en amont hydrogéologique du site : l'ouvrage **366-7X-0016**, de 26 m de profondeur,
- 2 ouvrages sont situés en aval hydrogéologique du site. Un premier ouvrage **366-6X-099**, de profondeur 13 m, est situé à une distance de 1 400 m en aval hydrogéologique du site à la confluence de la vallée du ru de Montcorbon et de l'Ouanne. Le second ouvrage **366-6X-0084** est situé à une distance de 2 400 m en aval hydrogéologique du site. Cet ouvrage est cependant proche du captage AEP.

On recense également 2 ouvrages captant la nappe de la Craie en position hydrogéologique latérale à l'axe de drainage que constitue la vallée de l'Ouanne (à une distance de plusieurs centaines de mètres). L'ouvrage **366-7X-0019** profond de 55 m, est situé au lieu-dit les Essons, en rive droite de l'Ouanne. Cet ouvrage est alimenté principalement par la portion de nappe de la Craie du val du ru de Montcorbon. Le second ouvrage **366-6X-0064** profond de 35 m, est situé au lieu-dit Le Mesnil, en rive gauche de l'Ouanne à la limite entre la vallée de l'Ouanne et le coteau sud. Ainsi ces ouvrages ne sont vraisemblablement pas en relation hydrogéologique avec le site Jardouy. Néanmoins, ils pourraient être également recherchés afin de définir l'extension latérale du panache de pollution dans la Craie.

### Qualité des eaux

La qualité des eaux de la nappe de la Craie Séno-Turonienne est connue à travers les résultats des analyses d'eau effectuées sur le captage AEP de la Métairie, présentés au paragraphe 2.5 Caractérisation du captage AEP de la Métairie.

Au droit du site, la qualité des eaux de la nappe de la Craie est connue au travers des analyses réalisées entre 2004 et 2008 sur les échantillons d'eau prélevés dans les ouvrages captant la nappe. **Comme montré précédemment, dès 2004, la société LISEC a mis en évidence une pollution de la nappe de la Craie au COHV en aval hydraulique du site Jardouy.** Les dernières analyses réalisées en 2008 ont montré une augmentation des teneurs en COHV dans certains ouvrages captant la nappe de la Craie, en particulier P8 et P9, ce qui tendrait à montrer la migration du panache de pollution depuis la nappe alluviale vers la nappe de la Craie.



### Vulnérabilité de la nappe

La Craie est recouverte dans la vallée de l'Ouanne par 5 à 6 m d'alluvions récentes argilo-sableuses dont la base est peu perméable et met en charge la nappe de la Craie sous-jacente. La nappe semble donc relativement protégée des pollutions de surface. Néanmoins, des hétérogénéités dans la formation alluviale réduisant localement la présence de cet écran peu perméable pourraient favoriser les communications entre les deux nappes et augmenter la vulnérabilité de la nappe de la Craie, comme cela a pu être constaté au droit du site Jardouy avec la pollution par les COHV.

Sur les plateaux la Craie est recouverte par quelques mètres de formations argilo-sableuses ou limoneuses quaternaires ou tertiaires moyennement perméables. Cette faible couverture ne représente pas une protection suffisante pour limiter la pollution diffuse liée notamment à l'activité agricole. Les zones les plus sensibles sont les vallées des rus de la Fontaine des Pauts et de Montcorbon, où le recouvrement est absent ou très limité, et où les pertes mises en évidence par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans constituent de véritables passages de la surface jusqu'à la nappe.

**La protection de l'aquifère crayeux est donc limitée dans le secteur d'étude, en particulier sur les coteaux. Elle serait a priori plus élevée dans la vallée même si l'existence de pertes identiques à celles observées sur les coteaux par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans n'est pas totalement à exclure dans la vallée de l'Ouanne, augmentant d'autant plus la vulnérabilité de la nappe.**

### 2.4.3 *Vulnérabilité intrinsèque des aquifères dans le secteur d'étude*

Pour compléter cette approche de la vulnérabilité des aquifères présents dans le secteur d'étude, la Figure 10 présente la carte de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines établies par le BRGM et l'Agence de l'Eau Seine Normandie sur l'ensemble du bassin Seine-Normandie, à partir de la méthodologie simplifiée établie par le BRGM dans son rapport RP-55874-FR. La cartographie de la vulnérabilité intrinsèque simplifiée des aquifères du bassin Seine-Normandie est accessible sur le site internet suivant : <http://sigessn.brgm.fr>.

Cette méthode est basée sur l'utilisation de deux critères de vulnérabilité :

1. **le critère Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR)** calcule l'écart entre le réseau hydrographique théorique (les axes de thalwegs calculés à partir du Modèle Numérique de Terrain - MNT) et le réseau hydrographique réel observé (d'après le tracé des cours d'eau et zones hydrologiques de la BD Carthage) : ce critère permet de mesurer le caractère infiltrant des sols,
2. **le critère Zone Non Saturée (ZNS)** calcule l'épaisseur de la ZNS par unité fonctionnelle (intersection des masses d'eau souterraines formations sédimentaires issues des cartes géologiques, entités hydrogéologiques du référentiel national BDRHG V1 et bassins versants hydrologiques issus de la BD Carthage). Une densification des points d'eau recensés dans la BSS et présentant un niveau d'eau est effectuée puis comparée au MNT par unité fonctionnelle. Ce critère permet de prendre en compte la lithologie de la ZNS ainsi que la profondeur de la première nappe rencontrée.

**Ainsi on peut voir sur la Figure 10 que l'ensemble de la zone d'étude entre le site Jardouy et le captage AEP de la Métairie apparaît avec une vulnérabilité intrinsèque forte :**

- la vallée de l'Ouane se trouve dans une zone de vulnérabilité intrinsèque forte du fait de la faible épaisseur de la ZNS dans cette zone (quelques mètres) : la nappe des alluvions, première nappe rencontrée, y est fortement vulnérable à une pollution de surface.
- les coteaux et les vallées des rus de la Fontaine des Pauts et de Montcorbon, alimentant la source de la Métairie sont également en vulnérabilité intrinsèque forte : le critère IDPR est faible traduisant une infiltration majoritaire par rapport au ruissellement superficiel. Ainsi dans ce secteur, l'infiltration efficace est importante et le risque d'une contamination de la nappe par une pollution de surface également, ce qui est cohérent avec le fonctionnement qui y est observé entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

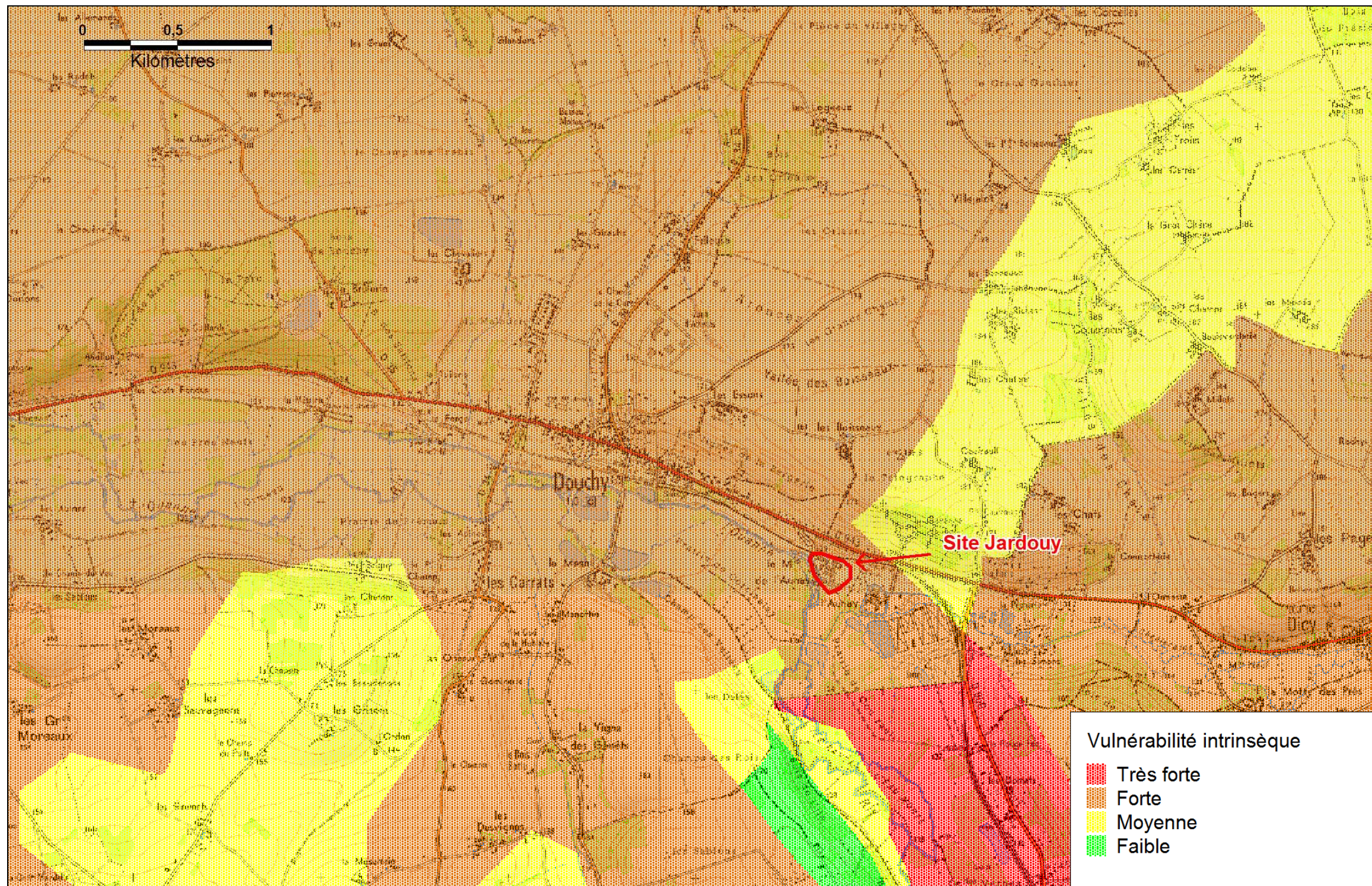


Figure 10 : Carte de vulnérabilité des aquifères du secteur d'étude (source BRGM/Agence de l'Eau Seine Normandie)

Tableau 3 : Caractéristiques des ouvrages situés autour du site et pour lesquels des données sont renseignées, d'après la BSS

Référence	Distance/site (km)	XLII	YLII	Commune	Nature	Prof. (m)	Zsol (m)	Utilisation	Prof. niveau d'eau (m)	Niveau statique (m NGF)	Date ouvrage	Aquifère capté
03667X0016	0.5	655201	2326445	Douchy	FORAGE	26	127.5	EAU-AGRICOLE.	1.2	126	14/10/1983	Craie
03667X0017	0.7	655250	2326174	Douchy	FORAGE	50	127.5	EAU-AGRICOLE.	2.5	125	08/01/1992	Craie
03667X0019	1.1	653991	2327499	Douchy	FORAGE	55	167	EAU-ASPERSION.	45	122	18/08/1999	Craie
03666X0064	1.2	653496	2326624	Douchy	FORAGE	35	126	EAU-AGRICOLE.	4	122	13/09/1995	Craie
03666X0099	1.4	653511	2327339	Douchy	FORAGE	13	129	NC	1.27	128	15/01/1999	Craie
03666X0022	1.4	653451	2327350	Douchy	SOURCE-CAPTEE		128	NC	0	128	19/08/1970	Craie
03666X0126	1.5	653316	2327224	Douchy	FORAGE	9	132	NC	NC	NC	30/09/1992	Alluvions
03667X0008	1.6	655625	2327969	Douchy	PUITS	NC	183	NC	23.05	160	11/10/1983	Craie
03666X0134	2.1	652761	2326010	Douchy	FORAGE	55	155	NC	36	119	15/03/2006	Craie
03666X0084	2.4	652426	2327474	Douchy	SOURCE-CAPTEE	20	130	NC	4.6	125	23/09/1986	Craie
03666X0019	2.4	652375	2327340	Douchy	SOURCE-CAPTEE	9	123.4	AEP	1.25	122.15	20455	Craie
03667X1007	2.5	655685	2324319	Dicy	FORAGE	5.5	129.5	NC	1.7	128	20/08/1974	Alluvions + craie
03667X1005	2.5	655685	2324314	Dicy	FORAGE	4	129.5	NC	1.7	128	20/08/1974	Alluvions
03667X1004	2.5	655481	2324219	Dicy	FORAGE	5.5	129	NC	1.7	127	20/08/1974	Alluvions
03666X0065	2.8	652001	2327475	Douchy	PUITS	4	126	NC	2.9	123	11/10/1983	Alluvions
03667X0033	3.2	654851	2329849	Montcorbon	FORAGE	24	167.5	NC	12	156	18/04/2003	Craie
03666X0048	3.5	651626	2324969	Douchy	FORAGE	35	170	NC		170	20/07/1974	Craie
03666X0133	3.6	651230	2325935	Douchy	FORAGE	70	155	NC	15	140	01/01/2004	Craie
03666X0086	3.8	652801	2329959	Douchy	FORAGE	40.5	145	EAU-ASPERSION.	7.4	138	05/05/1987	Craie
03666X0018	3.9	653011	2330139	Douchy	Puits	10	150	NC	NC	NC	NC	Alluvions
03666X0070	4.3	650476	2325879	Triguères	PUITS	30	149	NC	24.41	125	11/10/1983	Craie
03666X0135	5.9	648825	2326190	Triguères	FORAGE	16	124	EAU-ASPERSION.	5	119	20/03/2007	Craie
03666X0136	6.1	648634	2326865	Triguères	FORAGE	26	120	EAU-ASPERSION.	2.5	118	02/05/2007	Craie

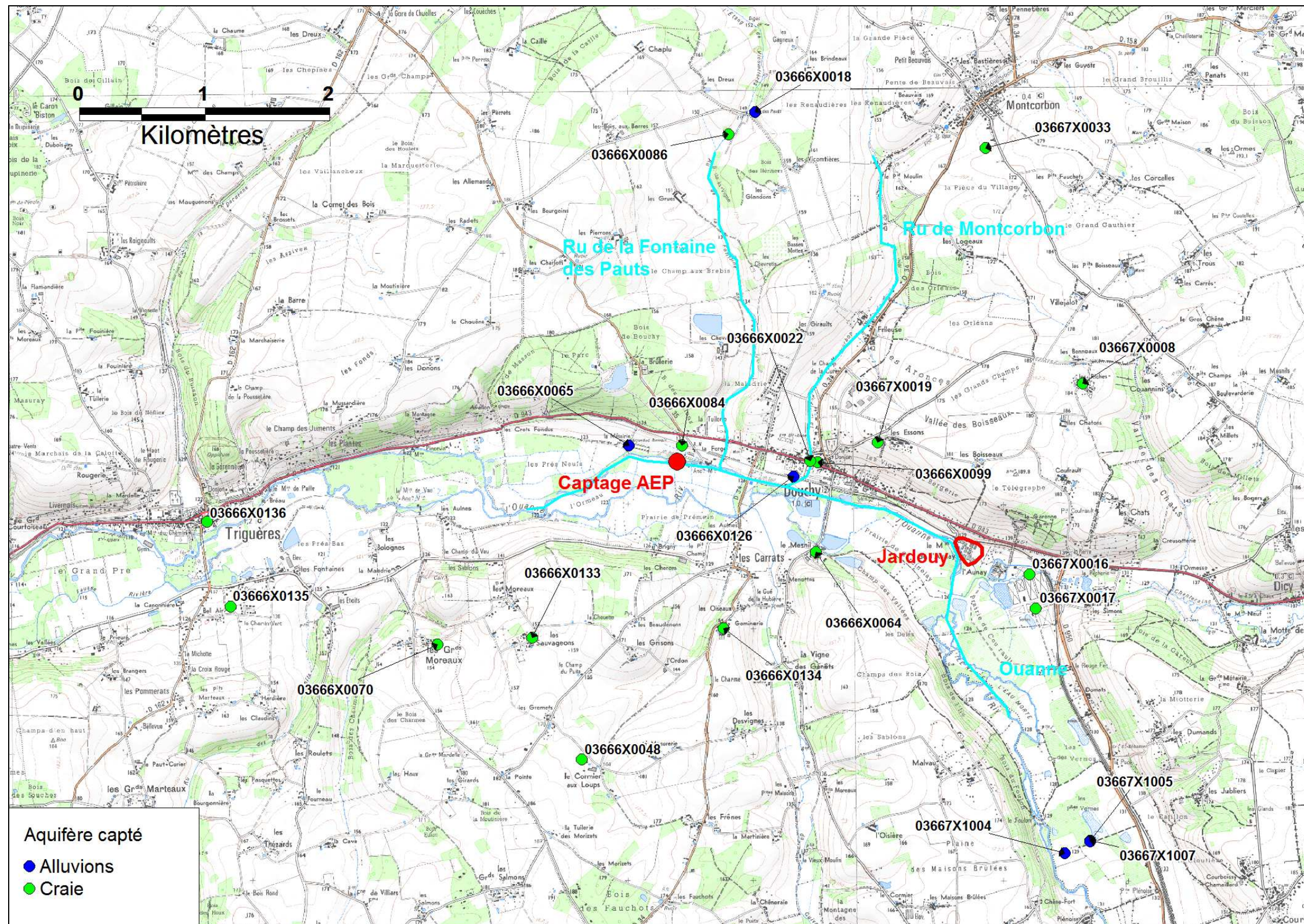


Figure 11 : Localisation des ouvrages autour du site sur fond de carte IGN (source : BSS)



## 2.5 Caractérisation du captage AEP de la Métairie

La caractérisation du captage AEP de la Métairie Craie a été établie à partir de l'ensemble des documents listés dans le Tableau 1 et plus particulièrement :

- l'avis hydrogéologique portant délimitation des périmètres de protection du captage de la Métairie de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département du Loiret de 2010,
- le mémoire explicatif sur la protection des points de prélèvements d'eau destinée à la consommation humaine – Forage de « la Métairie » - Lieu-dit « Pièce de Fontaine » sur la commune de Douchy réalisé par SAFEGE Ingénieurs Conseils en 2010
- les données de qualité des eaux brutes captées au droit de la source de la Métairie de la banque ADES sur les eaux souterraines, données issues des résultats d'analyses transmis par l'ARS Centre

### 2.5.1 Description du captage

Le captage de la Métairie correspond à une source de la nappe de la Craie située sur la commune de Douchy sur la parcelle 2 section YB. En 2010, 890 abonnés étaient reliés à ce captage AEP (code BSS n°366 -6X-0019).

Le contexte géologique de la source est le suivant :

- De 0 à 6m : Alluvions sablo-tourbeuses (Quaternaire) ;
- De 6 à 6.5m : Craie (Séno-turonien).

L'ouvrage de captage de la source est constitué d'un cuvelage béton de deux mètres de diamètre sur 6,5m de profondeur. La tête du captage est cimentée et est située à l'intérieur d'un local fermé à clé. Un trop-plein à 1,4m de profondeur permet d'évacuer les eaux de débordement vers l'Ouanne.

L'exploitation du captage est assurée par quatre pompes immergées fonctionnant alternativement par groupe de deux :

- 2 pompes de 25 m<sup>3</sup>/h ;
- 2 pompes de 32 m<sup>3</sup>/h.

Le volume annuel prélevé est d'environ 150 000 m<sup>3</sup> à un débit moyen de 500 m<sup>3</sup>/jour pouvant aller jusqu'à 750 m<sup>3</sup>/jour.



### *2.5.2 Aire d'alimentation du captage et périmètres de protection*

La Figure 12 présente l'Aire d'Alimentation du Captage (AAC) de la Métairie établie par l'Université d'Orléans (1994), qui correspond aux deux systèmes hydrogéologiques participant à l'alimentation de la source de la Métairie (cf. 2.4.2). Cette limite est également présentée en Annexe 2 de l'avis de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique d'avril 2010 sur la délimitation des périmètres de protection du captage. **Le site Jardouy se situe en dehors de cette AAC.**

La Figure 13 présente quant à elle les périmètres de protection du captage du captage définis par arrêté préfectoral du 27/02/2013. Le périmètre de protection éloigné établi par l'hydrogéologue agréé dans son avis d'avril 2010 reprend celui défini par arrêté préfectoral du 01/09/1992 auquel a été ajouté la plaine alluviale de l'Ouanne en amont de la source de la Métairie. **Le site Jardouy se trouve donc désormais en limite intérieure sud-est du périmètre de protection éloigné. L'hydrogéologue agréé précise dans son avis qu'il « conviendra de veiller à la dépollution et au suivi de la qualité de la nappe sous l'établissement Jardouy ».**

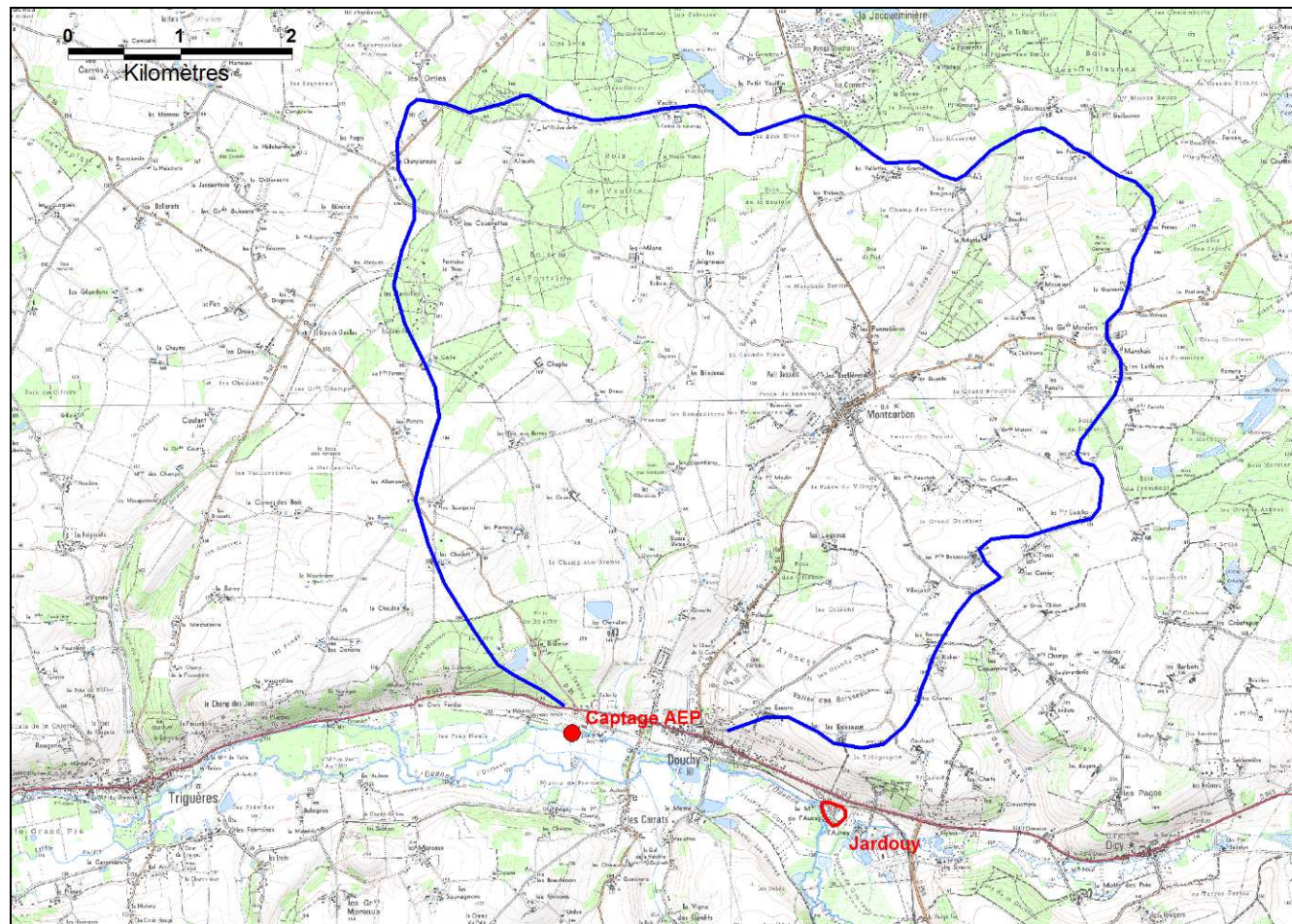


Figure 12 : Aire d’Alimentation du Captage AEP de la Métairie (source : Université d’Orléans, 1994)

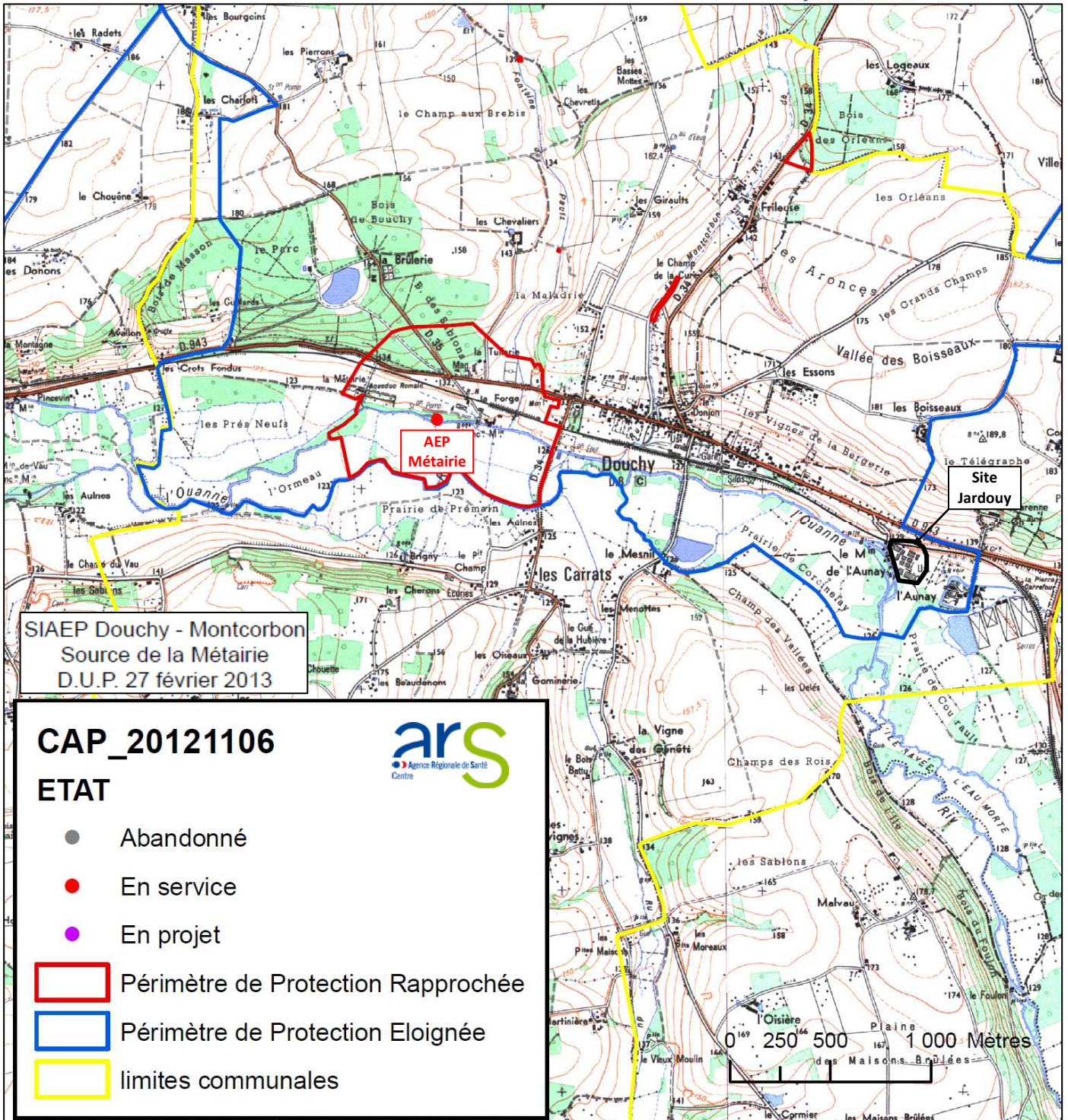


Figure 13 : Périmètres de protection du captage AEP de la Métairie (source : ARS Centre)

### 2.5.3 Qualité des eaux captées

Les données sur la qualité des eaux brutes captées au droit du captage AEP de la Métairie présentées ci-après sont issues de la base ADES, portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines. Cette base est alimentée par les résultats d'analyses transmis par l'ARS Centre dans le cadre du contrôle sanitaire du captage AEP.

La Figure 14 présente l'évolution de la conductivité de l'eau captée à la source de la Métairie. Cette dernière est comprise entre 450 et 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , traduisant une eau moyennement minéralisée. Cette minéralisation est d'ailleurs similaire à celle de la nappe alluviale au droit du site Jardouy (cf. 2.4.1).

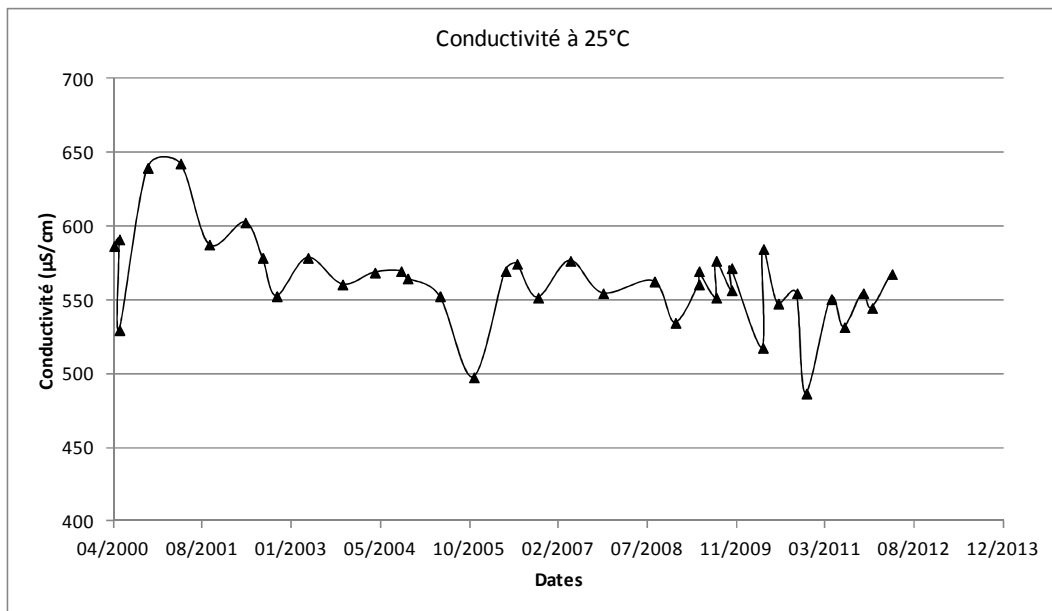


Figure 14 : Evolution de la conductivité de l'eau captée à la source de la Métairie (source : ARS Centre)

La Figure 15 et la Figure 16 présentent respectivement l'évolution des concentrations en nitrates et en atrazine de l'eau captée à la source de la Métairie. Du fait des fortes teneurs en nitrates dans les eaux brutes, ces dernières sont traitées avant distribution (élimination biologique, ultrafiltration). Depuis 1997, les pics de concentration en nitrates ont disparu suite à la mise en place d'un plan d'actions sur le bassin versant agricole (démarche Azote-Mieux). Le captage de la Métairie fait par ailleurs partie de la liste des 500 captages dits « Grenelle » définie par lettre interministérielle du 26 mai 2009.

Concernant les pesticides, on observe également des pics de concentrations en atrazine dans l'eau captée jusqu'au début des années 2000 qui ont disparu par la suite. La station



de traitement est également équipée d'une unité de traitement par charbon actif pour l'adsorption des composés organiques solubles tels que les pesticides.

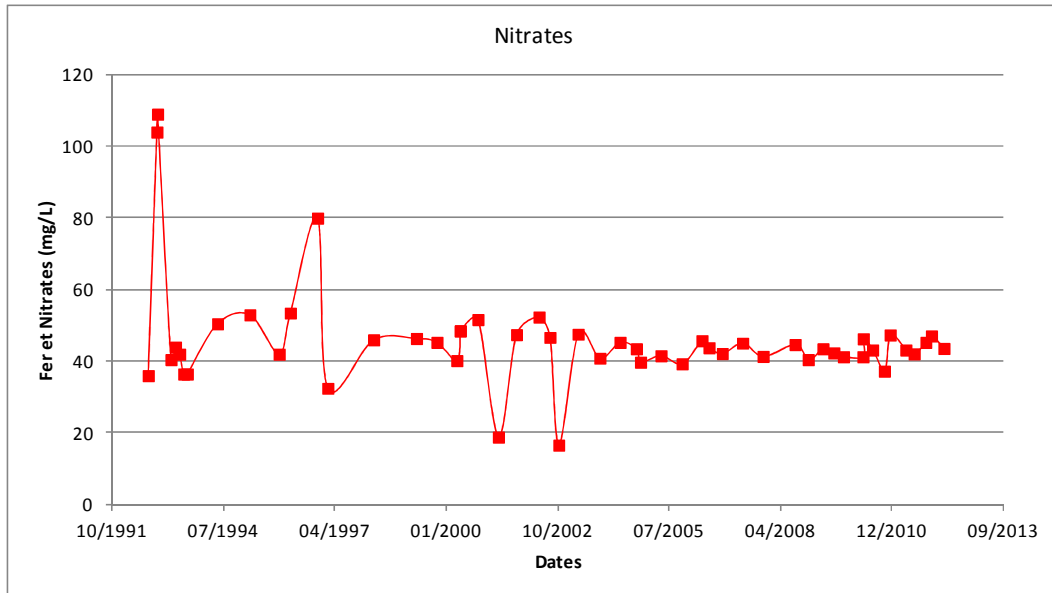


Figure 15 : Evolution de la concentration en nitrates de l'eau captée à la source de la Métairie (source : ARS Centre)

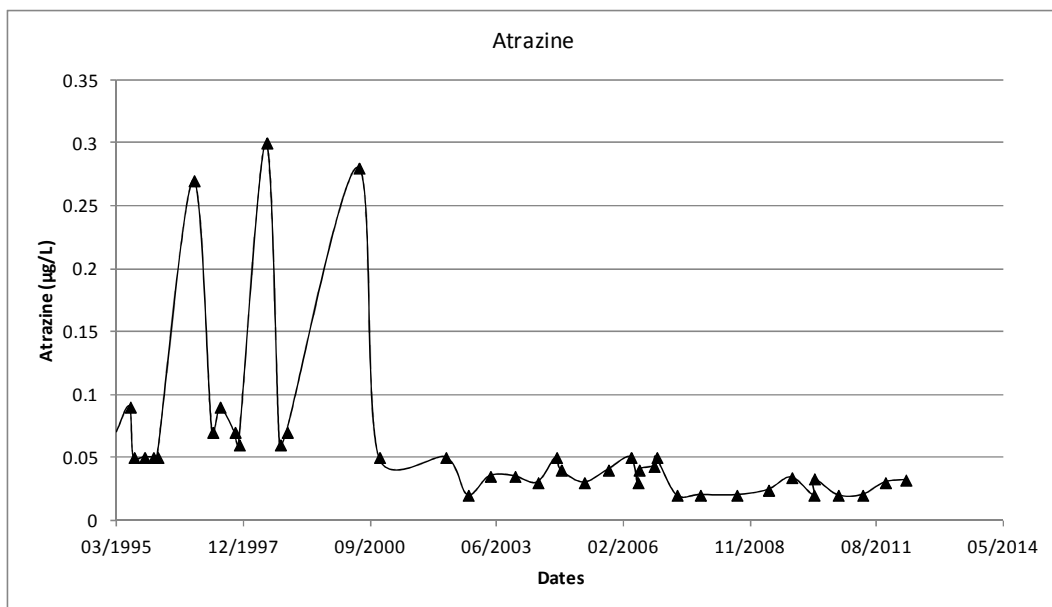


Figure 16 : Evolution de la concentration en atrazine de l'eau captée à la source de la Métairie (source : ARS Centre)



Plusieurs analyses réalisées sur les eaux brutes captées au droit de la source de la Métairie ont montré la présence de trichloréthylène à des concentrations supérieures à la limite de détection, mais restant inférieures à la limite de quantification (1 µg/l). La plus ancienne est datée du 16 mars 1995 et la plus récente du 12 avril 2010<sup>3</sup>.

Une analyse réalisée par l'ARS Centre en octobre 2008 sur les eaux en sortie de station de traitement du captage AEP de la Métairie a montré la présence de tétrachlorure de carbone à une concentration de 2,2 µg/l. Néanmoins, aucune analyse synchrone sur les eaux brutes n'a été réalisée.

**Dans le cadre du suivi de la qualité des eaux destinées à l'alimentation en eau potable de la commune de Douchy au droit du captage AEP de « la Métairie », l'Agence Régionale de Santé n'a pas mis en évidence la présence dans les eaux brutes captées de COHV retrouvés dans la nappe de la Craie au droit du site Jardouy, à des concentrations supérieures aux limites de quantification.**

---

<sup>3</sup> Source : Extraction de la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) des analyses sur les eaux brutes réalisées par l'ARS Centre

## 3 Caractérisation des ouvrages du site

### 3.1 Recherche des ouvrages existants

#### Source d'informations

Lors des investigations et travaux réalisées sur le site Jardouy entre 2004 et 2008 par la société LISEC et la société Valgo, plusieurs piézomètres ont été réalisés captant la nappe alluviale et la nappe de la Craie. Dans le cadre de la présente étude, un travail de recherche de ces ouvrages sur le site a été entrepris en février et mars 2013. Les sources d'informations utilisées pour retrouver ces ouvrages sont les rapports produits par la société LISEC et la société Valgo, à savoir :

- le rapport d'Etude Simplifiée des Risques (ESR) de septembre 2004 : au cours de cette étude, 3 piézomètres à la nappe alluviale de 6 m de profondeur théorique ont été réalisés (P1, P2 et P3),
- le rapport d'Evaluation Détaillée des Risques (EDR) de mars 2005 : au cours de cette étude, 16 piézomètres à la nappe alluviale de 6 m de profondeur théorique ont été réalisés (T1 à T16) ainsi qu'un piézomètre d'une profondeur théorique de 18 m (P4) afin de recouper la nappe de la Craie,
- le rapport de suivi n°1 de l'installation de dépollution mise en œuvre concernant l'excavation des terres souillées au droit de S10, la mise en œuvre de la barrière hydraulique et le traitement de l'eau souterraine par pompage – stripping, de juin 2005 : au cours de cette étude, 5 piézomètres ont été réalisés afin de constituer une barrière hydraulique dans la nappe de la Craie à des profondeurs différentes (P5 à 8m, P7 et P9 à 12 m, P6 et P8 à 18 m),
- le rapport de suivi n°2 de l'installation de dépollution concernant la dépollution in situ par pompage-stripping, de janvier 2006 : ce rapport indique des puits supplémentaires ont été installés à la pelle mécanique dans les alluvions jusque 4,5 m de profondeur (E2, E5, E8 et E9 ayant vocation à remplacer T2, T5, T8 et T9 dans l'installation de traitement),
- le rapport intitulé « Dépollution in situ – Proposition technique de traitement de la nappe de la Craie par oxydation chimique » de mars 2006,

Ces 6 rapports ont été rédigés par la société LISEC

- le rapport intitulé « Proposition d'une démarche de réhabilitation » d'août 2008 de la société Valgo. Ce rapport indique que de nombreux piézomètres n'étaient plus fonctionnels à l'époque des investigations.

## Travaux réalisés et résultats

Sur site, les ouvrages ont été recherchés sur la base du plan extrait des rapports antérieurs listés précédemment. Des travaux de débroussaillage ont été réalisés.

Ainsi la Figure 17 présente les ouvrages ayant été retrouvés sur la base de l'implantation de la société LISEC. Ces ouvrages ont par la suite fait l'objet d'un nivellement ainsi que d'un repérage par un géomètre (X, Y, Z). La Figure 18 permet ainsi de localiser les ouvrages retrouvés à partir de leurs coordonnées sur fond de plan IGN. En comparant les deux figures, on peut donc voir que :

- l'intégralité des ouvrages en entrée du site a été retrouvée,
- des ouvrages non présentés sur les plans des rapports antérieurs ont été repérés : ce sont les ouvrages E2 et E8. Lors de la mise en œuvre de l'installation de dépollution par pompage en 2005, ces piézomètres supplémentaires avaient été installés dans des fouilles de 1 m x 1 m réalisées à la pelle mécanique sur 4,5 m de profondeur. Ils captent donc a priori la nappe alluviale (cf. page 16 du rapport de janvier 2006),
- Parmi les ouvrages représentés par les points T13, T15 et T16 sur la Figure 17, seulement deux ouvrages ont été retrouvés :
  - o le repérage de ces ouvrages sur la Figure 18 laisse à penser que l'ouvrage entre P2 et le bâtiment serait T15. Or il est indiqué dans le rapport sur l'installation de dépollution (juin 2005), page 10, que seuls les piézomètres T1, T6, T8, T9, T13, T14 et T16 ont été raccordés au système. Lors des investigations réalisées en février/mars 2013, l'ouvrage considéré a été retrouvé avec des tuyaux de pompage encore en place (cf. fiche de l'ouvrage en Annexe 1) : cet ouvrage a donc été considéré comme étant T16,
  - o sans aucun indice similaire à celui présenté ci-dessus, le second ouvrage retrouvé sera considéré comme T13,
- L'ouvrage T4 n'a pas été retrouvé : or sa position théorique se trouve sur une dalle béton. Cet ouvrage n'apparaît jamais dans les résultats des analyses d'eaux souterraines effectuées sur le site dans les rapports antérieurs,
- Malgré plusieurs passages les ouvrages T12 et T7 n'ont pu être retrouvés : ces ouvrages n'ont par ailleurs pas été inclus dans la programme de surveillance des eaux souterraines réalisés en 2008 par la société Valgo,
- Enfin l'ouvrage T14 n'a pu également être retrouvé malgré des recherches approfondies. Néanmoins les analyses d'eau réalisées sur cet ouvrage en 2008 ont montré de faibles concentrations en COHV comparativement aux autres piézomètres du site situés près des anciennes installations de traitement, en particulier P2, T5, et T6, qui eux ont pu être repérés.

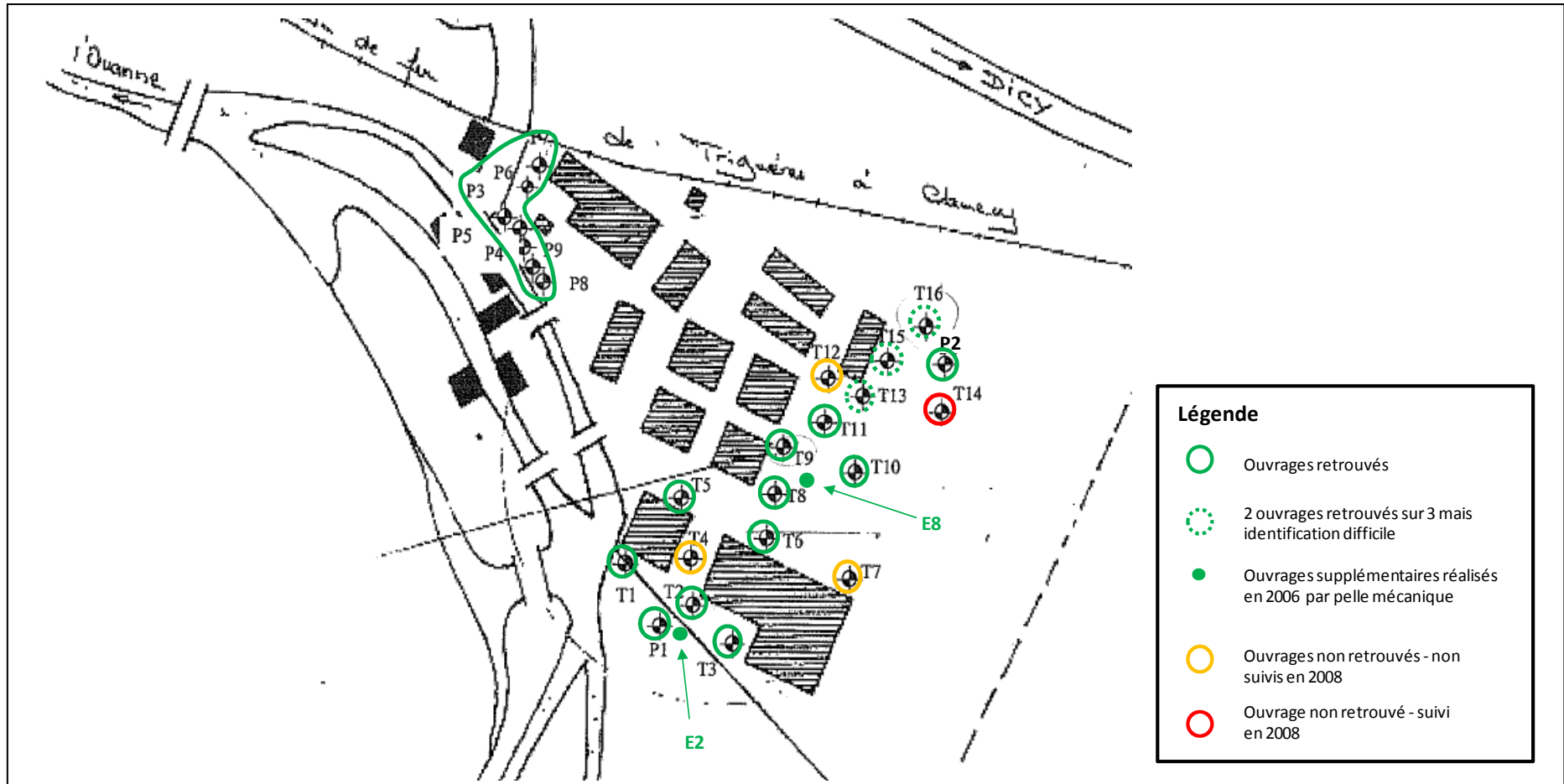


Figure 17 : Localisation des ouvrages réalisés par la société LISEC retrouvés en mars 2013 (fond de plan LISEC)

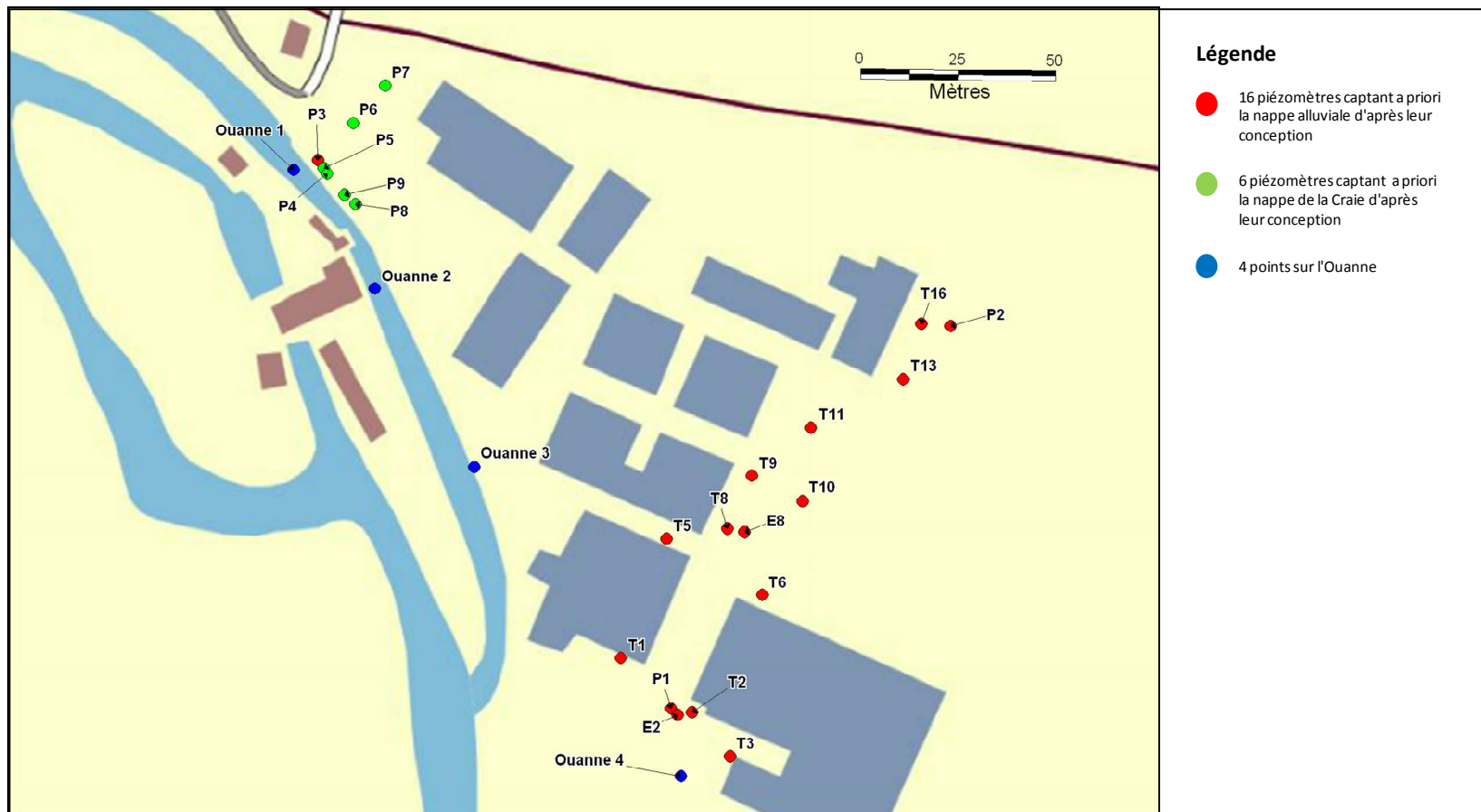


Figure 18 : Repérage des points sur le site en mars 2013 (fond de plan IGN)

### 3.2 Caractérisation des ouvrages retrouvés

Une fois les ouvrages retrouvés, une caractérisation de leur état a été réalisée afin d'établir un programme de mise en sécurité de ces derniers par rapport à la norme FD X-31-614. Les 3 aspects suivants de la norme ont été particulièrement étudiés :

- la protection physique de l'ouvrage,
- la présence d'un capot et d'un cadenas,
- la protection de l'ouvrage vis-à-vis des eaux superficielles.

Pour chacun des ouvrages, une fiche de caractérisation a été réalisée. Elle présente également la coupe géologique et technique théorique de l'ouvrage d'après les données des rapports antérieurs et des investigations réalisées sur site. Ces fiches sont présentées en Annexe 1.

#### Etat des ouvrages et programme de mise en sécurité

Les ouvrages retrouvés peuvent-être classés en 4 catégories vis-à-vis des actions de mise en sécurité à mettre en œuvre :

1. Les ouvrages présentant un tube métallique enfoncé dans le sol avec capot sans cadenas, protégeant le tube piézométrique PVC,
2. Les ouvrages présentant un tube métallique enfoncé dans le sol avec bouche à clé manquante, protégeant le tube piézométrique PVC,
3. Les ouvrages présentant un tube métallique enfoncé dans le sol de gros diamètre sans capot, protégeant le tube piézométrique PVC. Ce sont les ouvrages situés à l'entrée du site (hors P3 et P4),
4. Les ouvrages ne présentant qu'un tube piézométrique PVC enfoncé dans le sol, sans aucune protection. Ce sont une grande partie des ouvrages Tx.

La Figure 20 et la Figure 21 présentent les actions de mise en sécurité à mettre en œuvre pour chacune des catégories d'ouvrages. L'Annexe 2 présente quant à lui le programme de mise en sécurité détaillé par ouvrage.

#### **Remarque :**

- le rapport d'Évaluation Simplifiée des Risques de septembre 2004 indique que les piézomètres alors réalisés en diamètre 52/60, soit P1, P2 et P3, ont été équipés de bouches à clé sol. Or ces ouvrages sont tous équipés de tube métallique de protection dépassant du sol avec capot sans cadenas (cf. Annexe 1),
- le rapport « Proposition d'une démarche de réhabilitation » d'août 2008 indique que la profondeur des ouvrages Tx est de 5 m contre 6 m initialement d'après le rapport d'EDR de mars 2005.

## Caractérisation des venues d'eau dans P5 et P9

Suite à la constatation lors de l'Évaluation Détaillée des Risques (rapport de mars 2005) de la présence de COHV en aval hydraulique du site au droit du piézomètre P4, captant a priori la nappe de la Craie, il a été préconisé la réalisation de puits de pompage à la Craie en aval hydraulique afin de constituer une barrière de protection en direction du captage AEP de la Métairie. Ainsi les ouvrages P5, P6, P7, P8 et P9 ont été réalisés en avril 2005, à des profondeurs différentes :

- P5 à 8 m,
- P7 et P9 à 12 m,
- P6 et P8 à 18 m.

D'après les coupes techniques de ces ouvrages reproduites en Annexe 1 sur la base du programme de réalisation présenté en annexe du rapport LISEC de juin 2005 (rapport « d'installation »), **ces ouvrages n'ont pas été cimentés au terrain naturel**. En guise d'isolation du terrain, un tube acier plein a été installé sur toute la hauteur des ouvrages sauf sur les 2 derniers mètres de profondeur au droit desquels un tube acier crépiné a été installé. Les ouvrages ont ensuite été équipés avec des tubes piézomètres PVC de plus faible diamètre, crépinés sur les 4 derniers mètres de profondeur et pleins sur le reste de la hauteur de l'ouvrage. Aucune mention n'est par ailleurs faite sur l'installation d'un massif filtrant et/ou d'une cimentation dans l'espace interannulaire.

Sur la base de ces informations un doute subsiste donc sur la nature de la formation captée par les ouvrages les moins profonds (P5, P7 et P9). Dans le cadre de la présente étude, afin de s'assurer que ces 3 ouvrages captent véritablement la nappe de la Craie, une caractérisation des niveaux d'arrivée d'eau par la réalisation de diagraphies au micro-moulinet a été envisagée.

Au 4 mars 2013, l'ouvrage P7 étant bouché (profondeur constaté de l'ouvrage de 4 m au lieu de 12 m), deux passages au micro-moulinet à l'aide d'une pompe de surface ont été réalisés sur P5 et P9 :

- Concernant l'ouvrage P9, dont la profondeur théorique est de 12 m et le débit de pompage a été testé à 6 m<sup>3</sup>/h en 2005 lors de sa réalisation :
  - la profondeur constatée de l'ouvrage est de 11,86 m/arase du tube de protection en acier,
  - pour un débit de pompage de 1,33 m<sup>3</sup>/h, on observe un niveau dynamique de l'eau à 4,48 m de profondeur, puis un dénoyage rapide de la crépine d'aspiration de la pompe de surface, crépine placée à 5,4 m de profondeur dans l'ouvrage. Ainsi il n'a pas été possible de tester l'ouvrage à un débit supérieur, et sur une hauteur plus importante (en plaçant par exemple la crépine du tuyau d'aspiration de la pompe de surface à un niveau moins profond dans l'ouvrage). **L'ouvrage est colmaté.**
  - dans les conditions de pompage précédentes, une arrivée d'eau principale est observée entre 9,5 m et 10,5 m de profondeur dans l'ouvrage. Les résultats de la diagraphie réalisée sur P9 sont présentés sur la Figure 19. **Cet ouvrage capte donc bien la nappe de la Craie.**



- Concernant l'ouvrage P5, dont la profondeur théorique est de 8 m et le débit de pompage a été testé à 1,5 m<sup>3</sup>/h en 2005 lors de sa réalisation :
  - la profondeur constatée de l'ouvrage est de 8,09 m/arase du tube de protection en acier,
  - pour un faible débit de pompage de 0,6 m<sup>3</sup>/h, on observe un niveau dynamique de l'eau à 4,58 m de profondeur, puis un dénoyage rapide de la crépine d'aspiration de la pompe de surface, crépine placée à 5,4 m de profondeur dans l'ouvrage. Ainsi il n'a pas été possible de tester l'ouvrage à un débit supérieur, et sur une hauteur plus importante (en plaçant la crépine moins profond dans l'ouvrage). **L'ouvrage est très colmaté.**
  - **A ce faible débit, la diagraphie au micro-moulinet est inefficace.**

Afin de compléter ces deux diagraphies, une inspection de ces deux ouvrages à la caméra vidéo a également été réalisée. Elle montre bien que les crépines des tubes piézométriques ont été installées sur les 4 derniers mètres de profondeur des ouvrages. Toutefois, elle ne permet pas d'apporter d'élément complémentaire sur la cimentation interannulaire. **Néanmoins lors des investigations réalisées sur les ouvrages, il a été observé par sondage un bouchon à faible profondeur dans l'espace annulaire de ces ouvrages entre le tube piézométrique PVC et le tube acier de protection.**

**Par ailleurs, lors de la campagne piézométrique synchrone réalisée le 4 mars 2013 sur les ouvrages du site, le même niveau d'eau a été observé sur les ouvrages P3 et P5, distants seulement de 3 m environ, soit 125,18 m NGF. P3 est profond de 6 m et capte exclusivement la nappe alluviale.** Par ailleurs, dans le rapport LISEC d'août 2008, les niveaux d'eau dans P3 et dans P5 ont également été mesurés à la même profondeur le 21 août 2008, soit à 3,48 m de profondeur par rapport au repère. Sans indication dans le rapport LISEC, on peut supposer que le repère des ouvrages est l'arase du tube métallique de protection. Ce repère a été nivelé le 4 mars 2013 par un géomètre à 128,31 m NGF pour P3 et 128,30 m NGF pour P5. **On peut donc considérer que les niveaux mesurés le 21 août 2008 étaient les mêmes dans P3 et P5.**

**Ainsi le niveau mesuré dans P5 le 21 août 2008 et le 4 mars 2013 est celui de la nappe alluviale également mesuré dans P3.**

**Enfin, le rapport LISEC d'août 2008 (page 8) indique que l'ouvrage P5 intercepte les eaux souterraines jusque 6 m de profondeur de manière identique à P3.**

**Cet ouvrage capte donc la nappe alluviale et probablement la nappe de la Craie en fond d'ouvrage.**

## Cas de l'ouvrage P4

L'ouvrage P4, profond de 18 m, a été réalisé dans le cadre de l'Etude Détaillée des Risques afin d'évaluer la présence de COHV dans la nappe de la Craie en aval hydraulique du site en direction du captage AEP La Métairie.

Des prélèvements d'eau ont été réalisés en surface et en profondeur sur cet ouvrage en décembre 2004 et ont montré :

- La présence de COHV avec des différences notables entre les prélèvements de surface et les prélèvements en profondeur :
  - une forte teneur en Cis – 1,2 – Dichloroéthylène avec 1 190 µg/l dans l'échantillon prélevé en surface et 3 290 µg/l dans l'échantillon prélevé en profondeur,
  - une forte teneur en tétrachloroéthylène avec 1 060 µg/l en surface contre 346 µg/l en profondeur,
  - une teneur élevée en chlorure de vinyle uniquement dans l'échantillon prélevé en profondeur, de 1 000 µg/l, contre 15 µg/l dans l'échantillon prélevé en surface.
- Une différence de conductivité mesurée entre l'échantillon prélevé en surface (594 µS/cm) et celui prélevé en profondeur (618 µS/cm). Sur la base de ce résultat, LISEC indique dans son rapport de juin 2005 (rapport « d'installation ») que *« les prélèvements réalisés séparément en surface et en profondeur, indiquent que nous pouvons considérer qu'une seule nappe a été recoupée par l'échantillonnage pour tous les sondages excepté en P4. A ce titre, des mesures de conductivité assez différente entre des prélèvements d'eau souterraine de surface et de profondeur indiquent qu'il y a probablement une recharge en profondeur par des eaux issues d'une nappe différente de celle en surface. Ainsi, d'une manière générale, nous pouvons considérer qu'une seule nappe est explorée dans les piézomètres T1 à T16 (de 5-6m de profondeur). Ce n'est probablement pas le cas dans le piézomètre P4 – de 18 m de profondeur, car l'écart de conductivité entre les eaux de surface et de profondeur est de 25 µS/cm. »*

La société LISEC indique donc que l'ouvrage P4 capte à la fois la nappe alluviale et la nappe de la Craie. **Aucune information sur la conception de cet ouvrage n'est disponible, en particulier sur l'isolation de la formation alluviale superficielle.** On pourrait s'interroger sur les risques d'échanges de pollution entre la nappe alluviale et la nappe de la Craie alors créés par la réalisation de cet ouvrage. Néanmoins la nappe de la Craie ayant une charge plus élevée que la nappe alluviale, les échanges d'eau dans P4 se feraient préférentiellement depuis la nappe de la Craie vers la nappe alluviale.



Le 4 mars 2013, le niveau d'eau mesuré dans P4 est de 125,18 m NGF, soit identique aux niveaux d'eau mesurés dans P3 et P5 le même jour, piézomètres captant la nappe alluviale. Ces mesures piézométriques confirment donc que P4 capte la nappe alluviale et la nappe de la Craie. Ces résultats sont à nuancer au vu des faibles écarts de charges observés entre les ouvrages (+/- 6 cm).

Remarque : aucun prélèvement n'a été effectué dans l'ouvrage P4 en dehors de ceux de décembre 2004, en particulier en 2008, alors que cet ouvrage avait servi initialement à caractériser la présence de COHV dans la nappe de la Craie.

**Les résultats des analyses effectuées sur les prélèvements qui seront réalisés lors de la campagne initiale sur la qualité des eaux souterraines au droit de l'ensemble des ouvrages du site, dont P4, permettront de valider/infirmer ces hypothèses.**

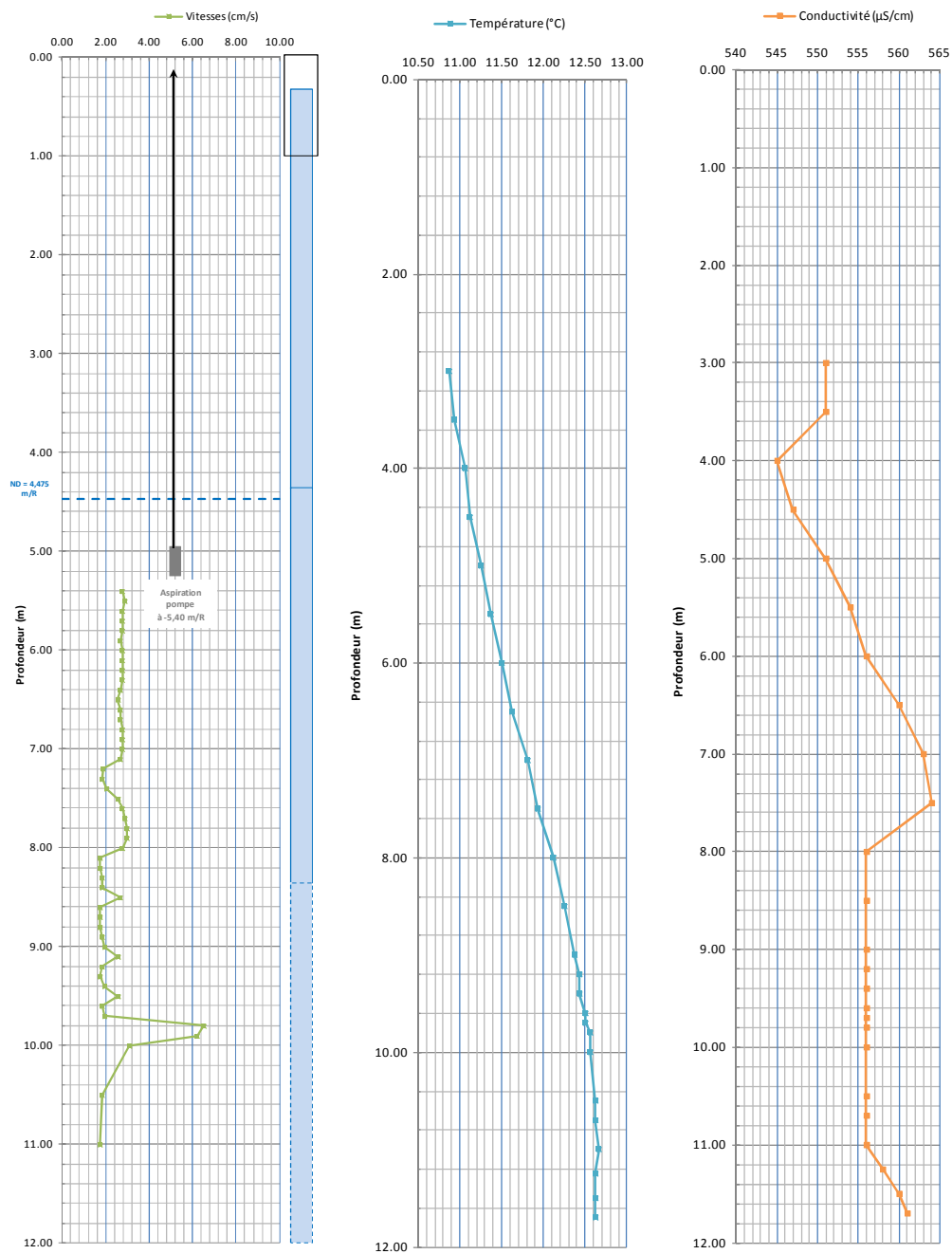


Figure 19 : Résultats de la diagraphie au micro-moulinet réalisée sur P9 le 4 mars 2013

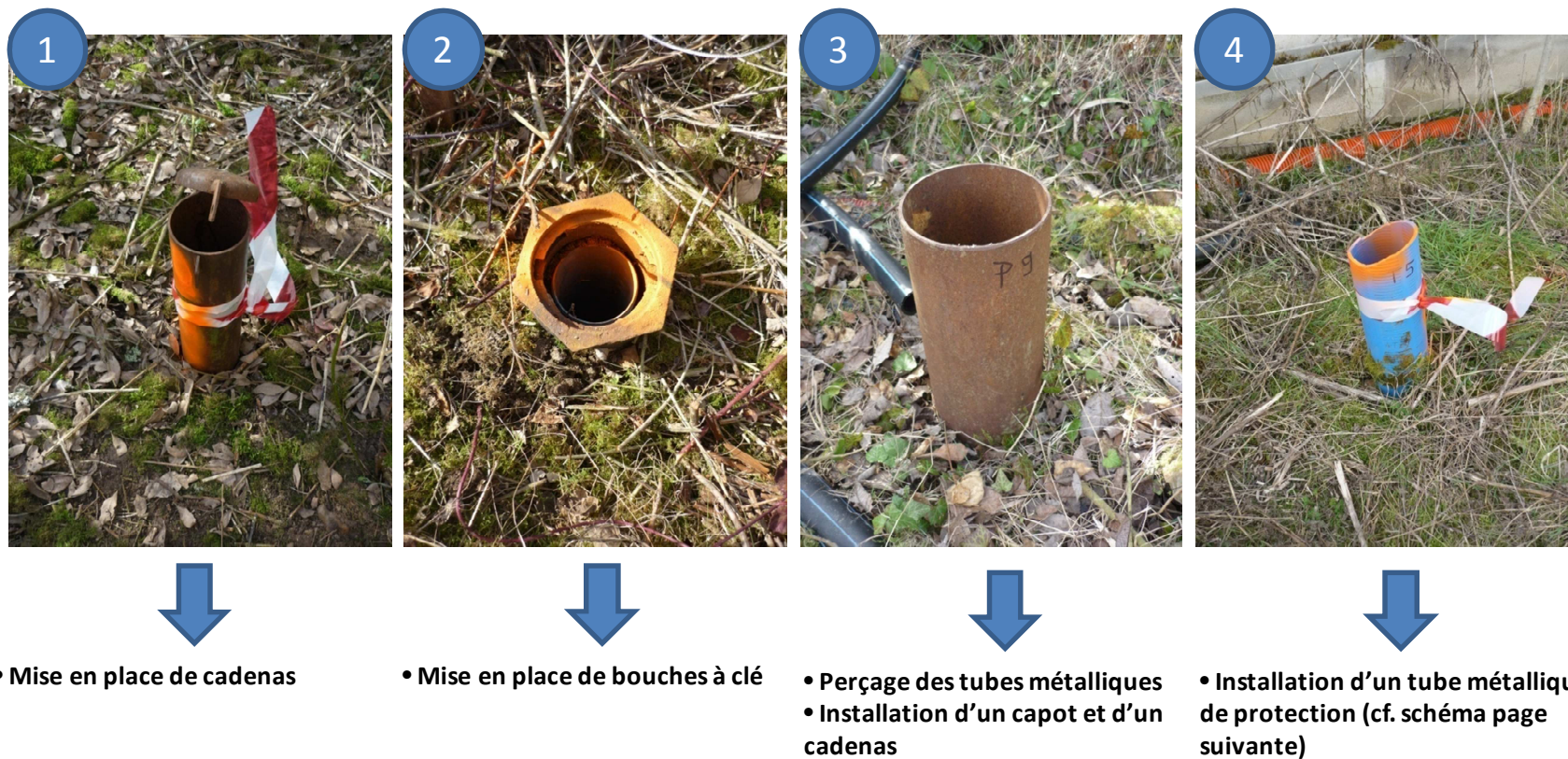


Figure 20 : Actions de mise en sécurité à mettre en œuvre par catégorie d'ouvrages

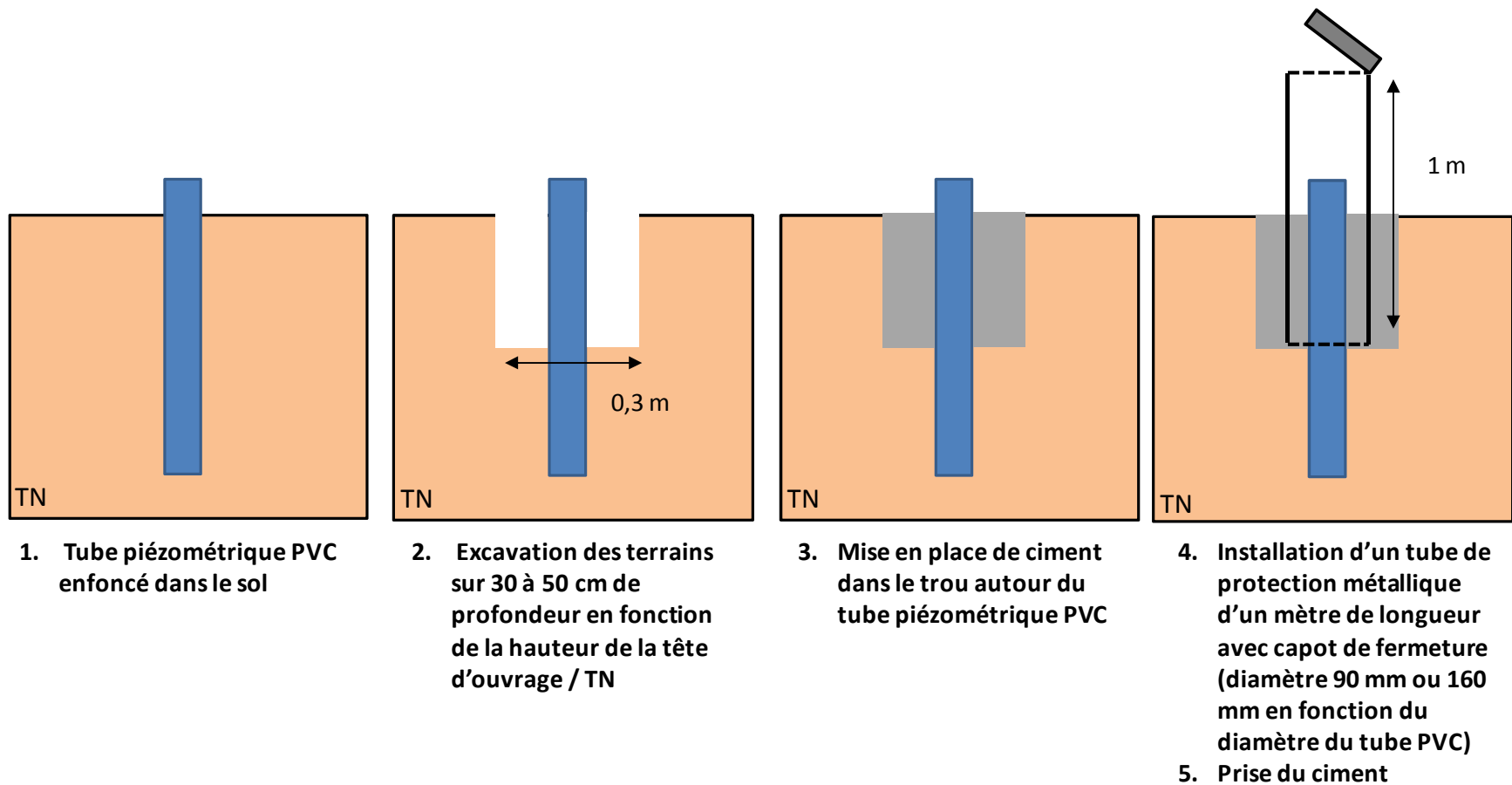


Figure 21 : Programme d'installation d'un tube métallique de protection autour des tubes piézométriques PVC

## 4 Premières conclusions

### 4.1 Schéma conceptuel des transferts depuis le site Jardouy vers le captage AEP

Le schéma conceptuel Source – Transfert – Cible entre le site Jardouy et le captage AEP de la Métairie est présenté en Figure 22. Les principaux points d'interrogation sur les transferts de pollution entre la source et la cible y sont représentés.

- **Concernant la source :** elle est constituée par les spots de composés hydrocarbonés (HCT et COHV) détectés dans les sols au droit du site de Jardouy. Ces spots ont fait l'objet d'un retrait par excavation. **L'étude de l'exhaustivité de ce retrait d'une part et l'étude d'un phénomène potentiel de dégazage de ce spot au droit même du site, ne font pas l'objet de la présente étude,**
  
- **Concernant le transfert :**
  - Transfert vertical nappe alluviale – nappe de la Craie : les COHV ont été retrouvés dans la nappe alluviale ainsi que dans la nappe de la Craie, en aval hydraulique du site. Une dépollution a été mise en œuvre par pompage – stripping des eaux des deux nappes en présence. Les dernières analyses réalisées sur les eaux des nappes au droit du site en août 2008 ont montré une forte diminution des teneurs en COHV dans la nappe alluviale. A contrario, entre 2005 et 2008 les teneurs en COHV dans la nappe de la Craie ont augmenté, particulièrement au droit des ouvrages P8 et P9 à l'entrée du site. **D'après les conclusions de la société LISEC suite aux travaux et investigations réalisés en 2004 et 2005, il y aurait donc eu une migration verticale de la pollution du haut vers le bas, qui semble avoir eu lieu plus particulièrement à l'amont site près des anciennes cuves d'après les conclusions de la société LISEC, et qui semble démontrer l'existence d'hétérogénéité dans la matrice argileuse de la formation alluviale protégeant la nappe de la Craie.**
  - Transfert nappe alluviale – Ouanne : lors de l'ESR réalisée en 2004, malgré de fortes teneurs en tétrachloroéthylène mesurée au droit du piézomètre P1, aucune pollution n'a été détectée dans l'Ouanne en aval immédiat de ce dernier ouvrage, probablement du fait de la dilution de la pollution dans le cours d'eau. **Néanmoins le risque de transport des polluants via les eaux de l'Ouanne en direction du captage de la Métairie n'est pas à exclure.**



- Transfert horizontal nappe alluviale : il a été vu précédemment que les teneurs en COHV dans la nappe alluviale avaient connu une baisse significative entre 2004 et 2008. **La nappe alluviale semble donc constituer un vecteur plus secondaire du transfert des substances polluantes. L'actualisation des suivis qualité réalisés au droit des piézomètres du site permettra de compléter ces informations. Par ailleurs, la réalisation d'un piézomètre captant exclusivement les alluvions, mis en place entre le site Jardouy et le captage de la Métairie permettrait de vérifier cette hypothèse.**
- Transfert horizontal nappe de la Craie : comme il a été vu précédemment, la pollution a migré verticalement au droit du site Jardouy depuis la nappe alluviale vers la nappe de la Craie, à l'aval hydraulique du site. Le site se trouve toutefois à l'extérieur des deux systèmes hydrogéologiques alimentant la source de la Métairie. Sur la base de ce constat, un transfert de la pollution au droit du captage AEP via les écoulements de la nappe de la Craie semble donc limité. Néanmoins, même si aucune information n'est disponible sur la karstification de la Craie dans la vallée de l'Ouanne, les études antérieures réalisées sur le fonctionnement de l'aquifère crayeux dans le secteur n'excluent pas cette éventualité. **Cette karstification pourrait donc mettre en relation le site avec l'aire d'alimentation du captage et favoriser le transfert de la pollution.**
- **Concernant la cible** : la cible concernée est le captage AEP de la Métairie. Il a été vu précédemment que l'alimentation de la source captée se fait principalement par la nappe de la Craie via les deux systèmes du ru de la Fontaine des Pauts et du ru de Montcorbon. Aucune étude n'existe sur les relations entre l'Ouanne et le captage de la Métairie. Néanmoins, **la société Géo-Hyd précise** dans son étude hydrogéologique et environnementale préalable à la définition des périmètres de protection du captage AEP de décembre 2006 **que le captage de la source peut solliciter les eaux des alluvions par drainance, elle-mêmes en relation avec les eaux de l'Ouanne.**



**Ainsi le captage AEP de la Métairie est vulnérable vis-à-vis du site Jardouy par :**

- **la nappe de la Craie de par l'existence d'éventuelles connexions entre le site et l'aire d'alimentation du captage,**
- **dans une moindre mesure, l'Ouanne, qui pourrait apporter une pollution ponctuelle issue du site en fonction des conditions hydrologiques, pollution captée localement par la source de la Métairie par drainance au travers des alluvions. Néanmoins, comme montré précédemment, aucune relation entre l'Ouanne et le captage de la Métairie n'a été caractérisée à ce jour,**
- **dans une moindre mesure, la nappe alluviale, par un écoulement continu, moins rapide.**

**Toutefois, la station de traitement du captage AEP est déjà équipée d'une unité de traitement par charbon actif permettant l'adsorption des composés organiques solubles, réduisant ainsi le risque d'une contamination de l'eau distribuée pour l'alimentation en eau potable.**

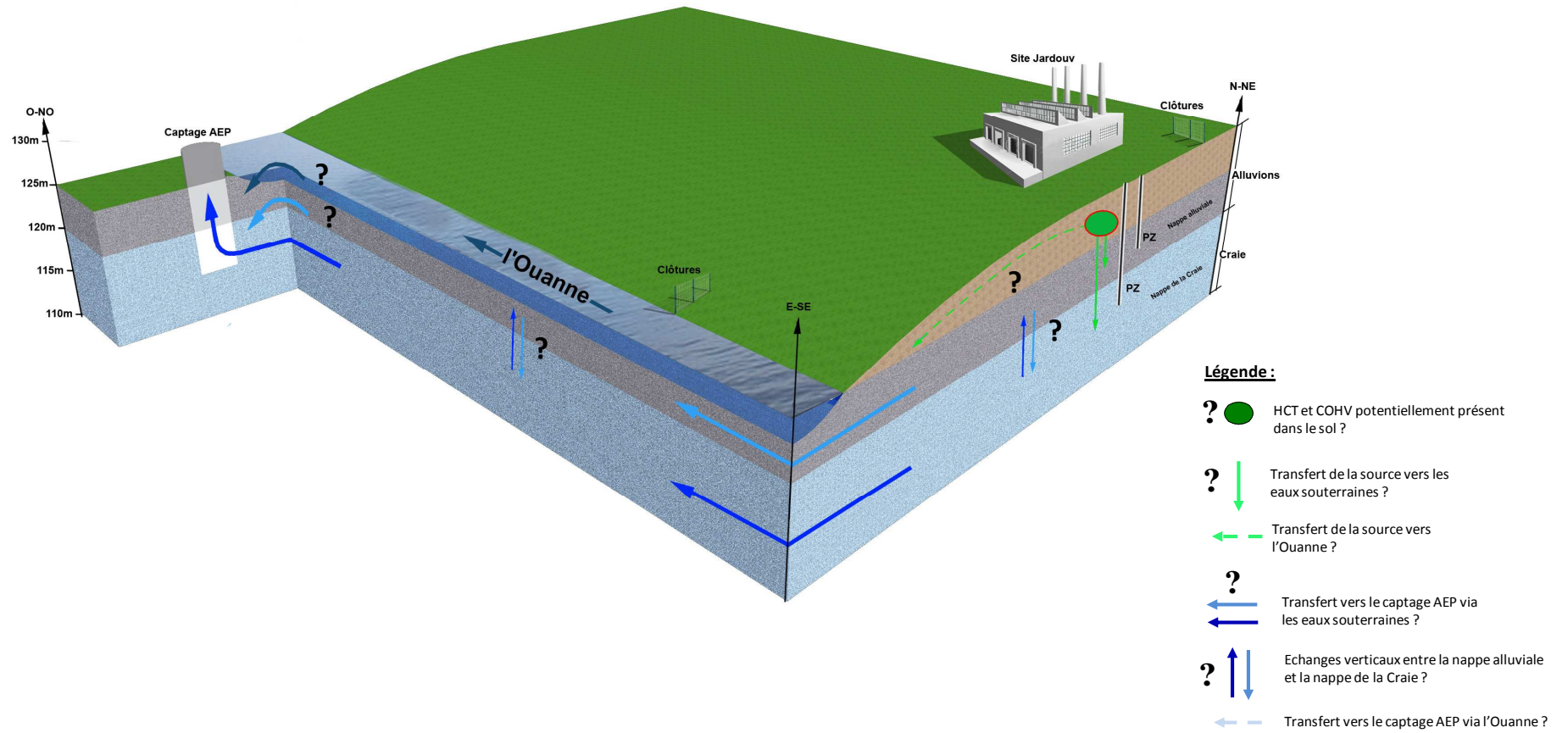


Figure 22 : Schéma conceptuel des transferts de polluants de la source à la cible



## **4.2 Ouvrages pouvant être intégrés à la campagne qualité initiale**

Sur la base de la caractérisation des ouvrages existants sur le site, l'ensemble des ouvrages Px, Tx et Ex retrouvés captant la nappe alluviale sont disponibles pour une utilisation dans une campagne qualité initiale sur les eaux souterraines du site, sauf :

- T8 : la tête de l'ouvrage est particulièrement dégradée, il est ainsi proposé de ne pas utiliser cet ouvrage et de le « remplacer » en utilisant l'ouvrage proche E8,
- T11 : l'ouvrage est bouché.

Concernant les ouvrages captant la nappe de la Craie, l'ensemble des ouvrages sont disponibles pour la campagne qualité initiale sur les eaux souterraines du site, sauf P7 car cet ouvrage est bouché.

**Les investigations qualité qui seront réalisés sur les ouvrages du site permettront de compléter les résultats obtenus sur P4 et P5.**

## **5 Caractérisation de l'état des eaux souterraines au droit du site**

L'objectif de ce chapitre est de présenter les investigations menées sur les ouvrages du site Jardouy en avril 2013.

Ce chapitre présente tout d'abord la méthode utilisée pour réaliser ces investigations puis les résultats d'analyses et leur interprétation.

### **5.1 Méthode utilisée pour les investigations réalisées sur les eaux souterraines**

Cette section présente :

- les pompes utilisées pour les purges et prélèvements d'eau sur les ouvrages ;
- la méthodologie de prélèvement (purge et prélèvement conformément à la norme FXD31-615 ainsi qu'au fascicule de documentation FD T90-523-3 de janvier 2009) ;
- les modalités de conditionnement, conservation et transport des échantillons d'eau prélevés, ainsi que le délai de transport au laboratoire d'analyses.

### 5.1.1 Sécurisation préalable des ouvrages

Les travaux de sécurisation des ouvrages ont été réalisés fin avril 2013 conformément au plan d'actions présenté en chapitre 3.2 et détaillé en Annexe 3.

Ainsi :

- les ouvrages présentant un tube métallique enfoncé dans le sol avec capot ont été sécurisés par la mise en place d'un cadenas et d'une plateforme en béton (exemple avec l'ouvrage P1 en Figure 23) ;
- Mis à part T16, les ouvrages présentant un tube métallique enfoncé dans le sol avec bouche à clé manquante ont été sécurisés par la mise en place de la bouche à clé adaptée (la pièce d'origine a été finalement retrouvée dans le sol par creusement à proximité de l'ouvrage) ;
- les ouvrages présentant un tube métallique enfoncé dans le sol de gros diamètre sans capot, protégeant le tube piézométrique PVC, ont fait l'objet d'un perçage du tube métallique, suivi de l'installation d'un capot et d'un cadenas puis de la mise en place d'une plateforme en béton (exemple avec l'ouvrage P5 en Figure 22) ;
- les ouvrages ne présentant qu'un tube piézométrique PVC enfoncé dans le sol, sans aucune protection, ont fait l'objet de l'installation d'un tube de protection métallique avec capot et cadenas, puis de la mise en place d'une plateforme en béton (exemple avec les ouvrages P4 et T5 en Figure 23) ;
- l'ouvrage T8, présentant une tête d'ouvrage particulièrement dégradé, a été rebouché selon les règles de l'art (remplissage par du sable jusqu'à 50 cm de profondeur, mise en place d'une cimentation jusqu'en surface) – (Figure 23).



Sécurisation de l'ouvrage P1



Sécurisation des ouvrages P4, P5 et P3 (de gauche à droite)



Sécurisation de l'ouvrage T5



Ouvrage T8 avant rebouchage



Ouvrage T8 rebouché

Figure 23 : Photographies des travaux de mise en sécurité des ouvrages réalisés en avril  
2013

Finalement, le Tableau 4 présente la liste des piézomètres retenus pour la mise en œuvre des investigations sur les eaux souterraines au droit du site, avec leurs profondeurs et la (ou les) nappe(s) captée(s). Les piézomètres P7 et T11 étant bouchés, ils n'ont pas été investigués. De même l'ouvrage T8, finalement rebouché, n'a pas été investigué.

Tableau 4 : Ouvrages retenus pour les investigations sur les eaux souterraines au droit du site

Nom de l'ouvrage	Profondeur mesurée / TN	Nappe(s) captée(s)	Actions de sécurisation mises en œuvre
E2	3,5 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
E8	5 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
P1	3,60 m	Alluvions	Cadenas + plateforme béton
P2	5,70 m	Alluvions	Cadenas + plateforme béton
P3	5,90 m	Alluvions	Cadenas + plateforme béton
P4	15,90 m	Craie + Alluvions potentiellement	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
P5	7,40 m	Craie + Alluvions potentiellement	Capot métallique + cadenas + plateforme béton
P6	17,40 m	Craie	Capot métallique + cadenas + plateforme béton
P8	17,50 m	Craie	Capot métallique + cadenas + plateforme béton
P9	11,50 m	Craie	Capot métallique + cadenas + plateforme béton
T1	4,20 m	Alluvions	Cadenas + plateforme béton
T2	3,3 m	Alluvions	Bouche à clé + plateforme béton
T3	4 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
T5	4,1 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
T6	4,2 m	Alluvions	Bouche à clé + plateforme béton
T9	4,5 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
T10	4,1 m	Alluvions	Bouche à clé + plateforme béton



Nom de l'ouvrage	Profondeur mesurée / TN	Nappe(s) captée(s)	Actions de sécurisation mises en œuvre
T13	4 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton
T16	3,6 m	Alluvions	Tube métallique de protection cimenté + capot métallique + cadenas + plateforme béton

### 5.1.2 Les pompes utilisées

Les pompes utilisées ont été adaptées aux ouvrages à investiguer :

- les ouvrages les plus profonds atteignant la nappe de la craie ont été investigués avec deux pompes PP36 placées en parallèle dans chaque ouvrage et permettant l'obtention d'un débit de pompage compris entre 20 et 25 l/min ;
- les ouvrages les moins profonds atteignant la nappe superficielle des alluvions, ont été investigués à l'aide d'une pompe 12 volts, permettant l'obtention d'un débit compris entre 7 et 11 l/min.



Les 2 pompes 12 volts utilisées étaient neuves. Elles ont fait l'objet d'un simple rinçage avant le déplacement sur le site. Les deux pompes PP36 utilisées ont fait l'objet d'un nettoyage à l'aide d'un détergent avant le déplacement sur le site. Des prélèvements d'eau en local technique ont été réalisés avec chacune des 2 pompes, sur l'eau du robinet. Un échantillon composite des eaux ainsi pompées a été constitué et transmis au laboratoire.

Les résultats d'analyses sont présentés en page 3 de l'Annexe 3, au sein d'un tableau de synthèse d'une part et en page 5 des bordereaux d'analyses du laboratoire, d'autre part. Ils montrent des concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire pour les HCT et les CAV (0,05 mg/l et 0,5 µg/l respectivement). Concernant les COHV, une concentration de 8 µg/l est détectée pour le Trichlorométhane. Les autres composés des COHV présentent tous des concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire (0,5 µg/l).

Néanmoins, le premier échantillon prélevé et analysé avec ces 2 pompes (dénommé P5 F) montre des concentrations en Trichlorométhane inférieures à la limite de quantification du laboratoire (5 µg/l). La purge réalisée avant le prélèvement d'eau sur cet ouvrage a donc permis de supprimer ce composé dans ces 2 pompes.

### 5.1.3 Les modalités de prélèvements d'eau

#### a- Filtration des eaux pompées

Les eaux prélevées sur les ouvrages ont été filtrées sur un système de charbon actif, avant leur rejet en surface, sur le sol (cf. photographies en Annexe 4).

#### b- Les prélèvements d'eau

Les prélèvements d'eau sur les piézomètres ont tous été réalisés le 15 avril 2013.

Ils ont été menés en deux étapes, afin de satisfaire à la norme FXD31-615 et au fascicule de documentation FD T90-523-3 de janvier 2009 – Partie 3 - Prélèvement d'eau souterraine :

1. une première étape pour la purge de l'ouvrage investigué ;
2. une deuxième étape pour le prélèvement d'eau de la nappe.

La purge est précédée d'une mesure de la profondeur de la nappe au repos, ainsi que du contrôle de l'absence de phase pure, par le biais d'une sonde interface.

Elle est réalisée à l'aide de pompes décrites ci-dessus, afin de satisfaire les critères suivants de renouvellement de l'eau dans les ouvrages :



- lorsque la productivité de l'ouvrage est suffisante pour assurer une réalimentation d'eau en continu durant les opérations de pompage, la purge est menée jusqu'à stabilisation des paramètres mesurés in situ : température, pH, conductivité, potentiel rédox, oxygène dissous ;
- lorsque la productivité de l'ouvrage est trop faible pour permettre une réalimentation d'eau durant la période de pompage, l'ouvrage est alors vidangé. Un renouvellement complet de l'eau dans l'ouvrage est alors assuré.

Le prélèvement d'eau est effectué, pour chacun des ouvrages, à l'aide de la pompe utilisée pour la purge.

Sur les ouvrages ayant montré un renouvellement de l'eau par stabilisation des paramètres mesurés in-situ, le prélèvement est réalisé dans la suite de la purge, sans interruption des opérations de pompage.

Sur les ouvrages ayant montré une vidange complète de l'eau de la nappe, le prélèvement d'eau est effectué durant la remontée de la nappe dans l'ouvrage.

Les ouvrages les plus profonds, captant la nappe de la craie, ont fait l'objet de deux opérations de purge et de prélèvement :

- une première opération en milieu de colonne d'eau ;
- une seconde opération en fond de colonne d'eau, la pompe étant positionnée à une distance de 1 m du fond de l'ouvrage.

Les dénominations « Pi M » correspondent aux dénominations « Pi Alluvions » sur les bordereaux d'analyses et les dénominations « Pi F » correspondent aux dénominations « Pi Craie » sur les bordereaux d'analyses. Ces dénominations ont été respectivement attribuées à chaque échantillon prélevé respectivement en milieu et en fond d'ouvrage profond.

Le débit de pompage utilisé pour le prélèvement est :

- le même que celui de la purge pour les ouvrages limités aux niveaux des alluvions ;
- la moitié de celui utilisé pour la purge pour les ouvrages atteignant l'aquifère de la craie (2 pompes PP36 utilisées pour la purge, une pompe PP36 utilisées pour le prélèvement d'eau).

Ce débit de prélèvement varie entre 7 et 12 l/min, selon les ouvrages.

Chaque opération de purge et de prélèvement d'eau a fait l'objet d'une fiche de prélèvement. L'ensemble des fiches de prélèvements sont présentées en Annexe 5.



### **c- Précautions prises pour éviter les contaminations croisées**

Afin d'éviter les contaminations croisées, les ouvrages captant la nappe de la craie ayant montré dans l'historique des études les concentrations en COHV les moins élevées ont fait l'objet des premiers prélèvements, les derniers ouvrages prélevés correspondant à ceux ayant montré les concentrations en COHV les plus élevées.

Concernant les ouvrages captant les alluvions, les ouvrages présentant les concentrations en COHV les plus faibles, dans l'historique des études, ont été investigués en premier. Puis l'une des deux pompes 12 volts a été spécifiquement réservée aux investigations sur les ouvrages ayant montré les concentrations en COHV les plus élevées.

### **d- Conditionnement et transport des échantillons d'eau prélevés**

Les échantillons d'eau ont été directement conditionnés dans du flaconnage adapté et fourni par le laboratoire d'analyses Wessling, chargé de la réalisation des analyses.

Dès leur conditionnement en flaconnage, les échantillons ont été placés en glacières réfrigérées. Les glacières et les packs à glacer étaient fournis par le laboratoire Wessling. Les packs, congelés, ont été retirés du congélateur le matin même du 15 avril 2013 et placés dans les glacières.

La totalité des échantillons d'eau a été envoyée par transporteur au laboratoire Wessling le 16 avril 2013 avec un jeu de pack de glace renouvelé. Ils ont été livrés au laboratoire le 17 avril 2013.

Pour chaque opération de prélèvement d'eau, une fiche de suivi des échantillons est présentée en Annexe 6. Le bordereau de réception des échantillons, édité par le laboratoire, est également présenté en Annexe 6.

## 5.2 Résultats et analyses

### 5.2.1 Les paramètres recherchés

Les composés recherchés sont les suivants :

- Hydrocarbures totaux (HCT) ;
- Composés aromatiques volatils (CAV) ;
- Composés organo-halogénés volatils (COHV) ;
- Composés des packs MACAOH « électrochimie » (oxygène dissous, pH, potentiel d'oxydo-réduction, température, conductivité – mesurés in-situ), « anions » (chlorures, nitrates, sulfates), « M-E-E » (méthane, éthane, éthène), « COD-NPOC » (carbone organique dissous, sans prise en compte des COV).

Le Tableau 5 ci-dessous présente les limites de quantification et de détection, utilisées par le laboratoire Wessling pour l'analyse de ces composés.

Tableau 5 : Limites de quantifications et détection du laboratoire Wessling

Composé	Limite de quantification	Limite de détection
HCT	0,05 mg/l	0,03 mg/l
CAV	0,5 µg/l	0,2 µg/l
COHV	0,5 ou 5 µg/l	0,02 µg/l
Chlorures	1 mg/l	0,05 mg/l
Nitrates	1 mg/l	0,05 mg/l
Sulfates	1 mg/l	0,05 mg/l
Méthane	0,01 mg/l	-
Ethane	0,01 mg/l	-
Ethène	0,01 mg/l	-
Carbone organique dissous	0,5 mg/l	-

## 5.2.2 Les résultats obtenus

Une synthèse des résultats d'analyses est présentée en Annexe 3, les bordereaux d'analyses d'eau sont présentés en Annexe 3.

### a- Les hydrocarbures totaux (HCT)

Les résultats d'analyses montrent pour l'ensemble des 24 échantillons analysés, des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire (0,05 mg/l).

Seul l'échantillon prélevé sur le piézomètre E8 présente une concentration (0,08 mg/l) très légèrement supérieure à la limite de quantification du laboratoire. Ce résultat n'est pas jugé significatif, car il reste très proche de la valeur constituant la limite de quantification du laboratoire.

### b- Les composés aromatiques volatils (CAV)

Sur les 24 échantillons analysés, 2 présentent des concentrations supérieures à limite de quantification du laboratoire (0,5 µg/l). Il s'agit des échantillons P9 M et T9, présentant des concentrations respectives de 2,4 et 1 µg/l.

### c- Les composés organo-halogénés volatils (COHV)

Sur les 24 échantillons analysés, tous présentent des concentrations supérieures aux limites de quantification du laboratoire. Les concentrations détectées sont comprises entre 20 et 16 000 µg/l.

### d- Les paramètres du pack MACAOH « électrochimie »

L'ensemble des paramètres du pack MACAOH « électrochimie » a fait l'objet d'une mesure in-situ. Ces composés ont été utilisés pour définir, lors de la purge, la période estimée de renouvellement de l'eau pour l'ouvrage investigué.

Les relevés obtenus en fin de purge montrent des valeurs comprises :

- entre 6.1 et 7.3 pour le pH ;
- entre 8.38 et 9.9 mg/l pour l'oxygène dissous ;
- entre 95 et 282 µS/cm pour la conductivité ;
- entre 10.7 et 15.5 °C pour la température.



#### **e- Les paramètres du pack MACAOH « Anions »**

L'ensemble des concentrations détectées sur les 24 échantillons montrent des valeurs comprises :

- entre 2 et 22 mg/l pour les chlorures ;
- entre 1 et 18 mg/l pour les nitrates ;
- entre 2 et 34 mg/l pour les sulfates.

#### **f- Les paramètres du pack MACAOH « COD »**

L'ensemble des concentrations détectées sur les 24 échantillons montrent des valeurs comprises entre 1.3 et 60 mg/l pour le carbone organique dissous.

#### **g- Les paramètres du pack MACAOH « M-E-E »**

L'ensemble des concentrations détectées sur les 24 échantillons montrent des valeurs comprises :

- entre 0,011 et 0,18 mg/l pour le méthane ;
- inférieure à la limite de quantification du laboratoire (0.01 mg/l) pour l'éthane ;
- entre inférieure à la limite de quantification du laboratoire et 0.37 mg/l pour l'éthène.

## 5.3 Interprétation des résultats d'analyses

### 5.3.1 *Interprétation des résultats d'analyses par comparaison avec les valeurs seuils réglementaires*

Remarque : les valeurs seuil réglementaires auxquelles sont comparés à titre indicatif les résultats d'analyses sur les eaux souterraines au droit du site sont les limites de références pour les eaux destinées à l'alimentation en eau potable d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (Directives pour la qualité de l'eau potable de l'OMS, quatrième mise à jour du 4 juin 2011). Ce ne sont pas des valeurs seuils pour les eaux brutes avant traitement et distribution.

#### a- **Interprétation des concentrations en HCT**

La concentration en HCT, supérieure à la limite de quantification du laboratoire, détectée au droit du piézomètre E8 (0,08 mg/l) est inférieure à la valeur seuil réglementaire (1 mg/l – Valeur du Guideline OMS).

#### b- **Interprétation des concentrations en CAV**

Les concentrations en CAV supérieures à la limite de quantification du laboratoire détectées au droit des ouvrages P9 et T9 (2,4 et 1 µg/l représentées exclusivement par du benzène) sont inférieures à la valeur seuil réglementaire (10 µg/l – valeur du Guideline OMS).

#### c- **Interprétation des concentrations en COHV**

Sur les 24 échantillons analysés 21 d'entre eux présentent des concentrations en COHV supérieures aux valeurs seuil réglementaires (valeurs du Guideline OMS). Les composés concernés par ces dépassements sont les chloroéthènes (chlorure de vinyle, le cis-1,2 dichloroéthylène, le trans-1,2 dichloroéthylène, le trichloroéthylène, le tétrachloroéthylène).

### 5.3.2 *Etude de la différence des résultats d'analyses entre les échantillons prélevés sur des niveaux différents du sous-sol*

#### a- **La conductivité**

Le Tableau 6 ci-dessous présente les valeurs minimum, maximum et moyennes mesurées sur les piézomètres captant la nappe de la craie, uniquement pour les prélèvements réalisés en fond d'ouvrage, ainsi que sur les piézomètres captant la nappe alluviale.

Tableau 6 : Synthèse des résultats de conductivité détectés sur les ouvrages

Ouvrages	Conductivité Minimum ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Conductivité Maximum ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Conductivité Moyenne ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Totalité des ouvrages captant la nappe de la craie (prélèvements en fond d'ouvrage)	484	584	538
Totalité des ouvrages captant la nappe alluviale	365	688	556

Les résultats de conductivités mesurées in situ sur les échantillons d'eau prélevés dans les ouvrages captant la nappe alluviale ne présentent donc pas de différence significative avec les valeurs de conductivités mesurées in situ sur les échantillons d'eau prélevés au fond des ouvrages captant a priori la nappe de la craie.

La gamme des valeurs de conductivité détectées dans la nappe alluviale est en fait plus grande que celle obtenue sur les niveaux crayeux.

De ces résultats, les hypothèses suivantes peuvent être déduites.

Hypothèse 1 : La nappe évoluant au sein des alluvions présente une variabilité spatiale des conductivités plus forte (365 à 688  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) que la nappe évoluant au sein de l'aquifère crayeux (484 à 584  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ceci peut être expliqué par une recharge plus importante de la nappe alluviale - après un fort épisode pluvieux - au droit de zones où l'aquifère est plus perméable (zone des ouvrages T5, E8, T9, T10 et T1 avec des conductivités comprises entre 460 et 551  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par rapport à d'autres zones a priori moins perméables (zone des anciennes cuves - P2, T13 et T16 et zone des anciennes cuves de peinture - P1, E2, T2 et T3 avec des conductivités comprises entre 531 et 688  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Hypothèse 2 : L'absence de différenciation nette de conductivité entre la nappe évoluant au sein des alluvions et celle évoluant au sein de la craie peut montrer une relation existante entre les 2 aquifères au droit du site.

**Sur la base de ces 2 hypothèses, les résultats de conductivité obtenus sur l'ensemble des ouvrages ne modifient en rien les hypothèses posées sur les niveaux aquifères captés notamment par les ouvrages P9, P5 et P4 au chapitre 3.**

**b- Différences de concentrations en COHV observées entre les échantillons prélevés en parties moyennes et basses des ouvrages captant a priori la nappe de la craie**

La Figure 24 montre que les écarts de concentration en COHV (PCE, DCE et chlorure de vinyle notamment) observés en 2004 au droit de l'ouvrage P4 entre les échantillons prélevés sur la partie moyenne et la partie basse de l'ouvrage, ne sont plus observés en 2013.

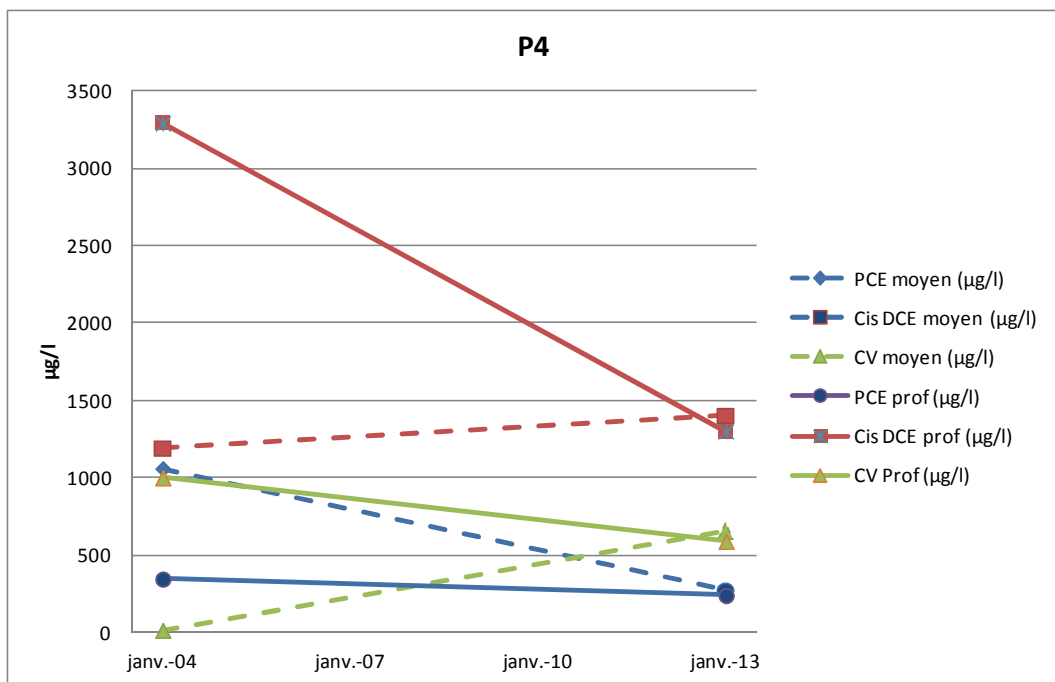


Figure 24 : Comparaison des concentrations en COHV détectées entre la partie moyenne et la partie basse de l'ouvrage P4 entre 2004 et 2013

De même pour les autres ouvrages captant la nappe de la craie, les différences de concentrations détectées entre les échantillons prélevés sur les parties moyennes et basses des ouvrages restent modérées (cf. Figure 25). De plus, elles ne présentent pas de profil similaire sur l'ensemble des ouvrages, puisque la valeur la plus élevée des deux concentrations en COHV détectées sur chaque ouvrage captant la nappe de la craie se situe pour certains en partie moyenne de l'ouvrage et pour d'autres en partie basse.

En outre, aucune information n'est disponible sur le mode opératoire suivi lors des prélèvements réalisés sur P4 en décembre 2004 (basses eaux), par ailleurs à une période de l'année différente de celle pendant laquelle ont été réalisés les prélèvements en avril 2013 (hautes eaux).

Il est donc difficile d'utiliser les résultats de cette campagne qualité pour statuer sur la possibilité que les ouvrages P4 et P5 captent à la fois la nappe alluviale et la nappe de la craie.

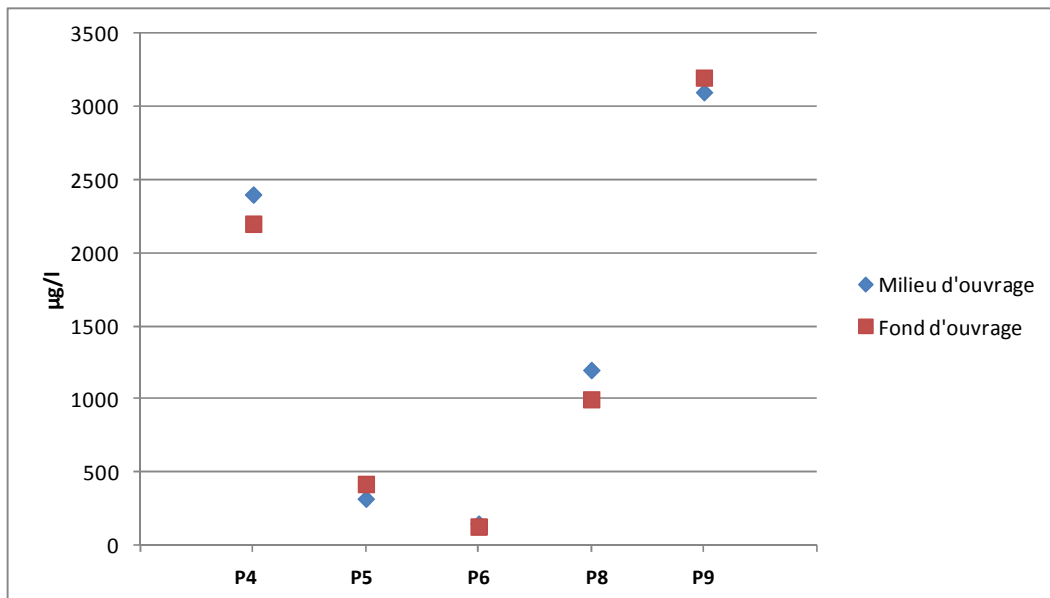


Figure 25 : Comparaison des concentrations en COHV détectées sur les échantillons prélevés en partie moyenne et en partie basse des ouvrages captant la nappe de la craie (15 avril 2013)

### 5.3.3 Historique des concentrations

Les figures et tableaux suivants présentent l'historique des concentrations au droit des piézomètres sur lesquels des prélèvements ont été effectués en avril 2013 et pour lesquels des données antérieures sont disponibles : P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P9, T1, T2, T3, T5, T6, T9, T10, T13, T16. Aucun résultat d'analyse antérieur n'est ainsi disponible pour les piézomètres E2 et E8.

#### a- Evolution des concentrations sur P2

La Figure 26 présente l'évolution des concentrations en tétrachloroéthylène (PCE), trichloroéthylène (TCE), cis-1,2 Dichloroéthylène (cis DCE) et chlorure de Vinyle, sur les analyses réalisées depuis l'année 2004 sur l'ouvrage P2 captant la nappe alluviale et situé le plus en amont hydraulique du site, à proximité des zones sources supposées de la pollution.

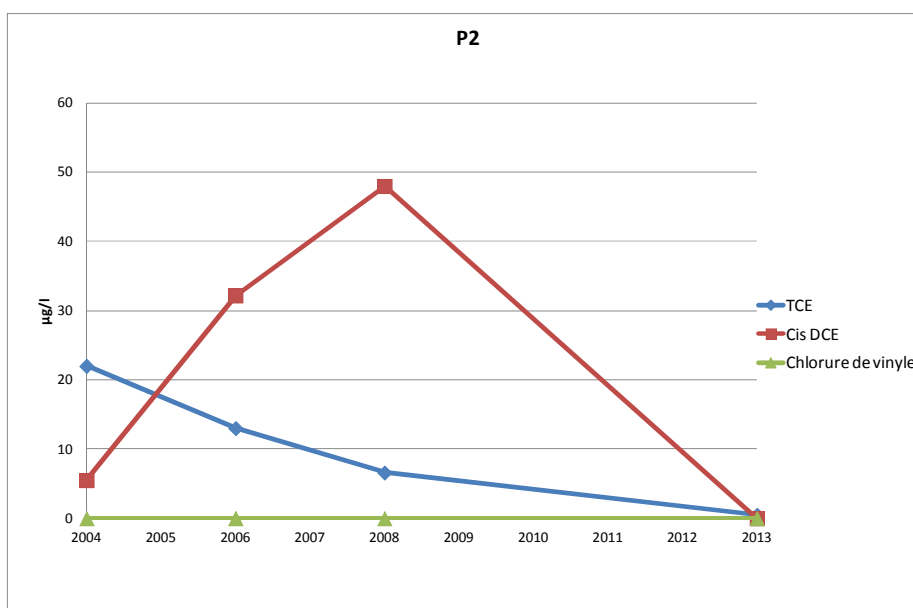
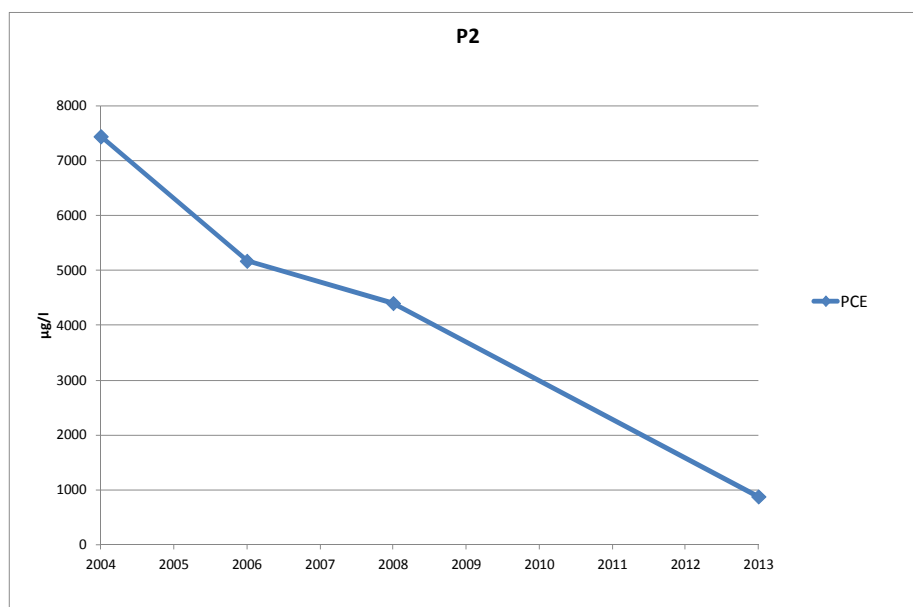


Figure 26 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P2

Elle montre de 2004 à avril 2013 :

- une diminution en continu des concentrations en PCE (passant de 7440 à 880 µg/l) ;
- une diminution en continu des concentrations en TCE (passant de 22 à 0,5 µg/l) ;

- une augmentation en continu des concentrations en cis DCE de 2004 à Août 2006 (passant de 5,5 µg/l à 48 µg/l, puis sur la campagne d'avril 2013, une concentration inférieure à la limite de quantification du laboratoire (LQ) (0,5 µg/l) ;
- une concentration en chlorure de vinyle systématiquement inférieure à la LQ.

Les molécules de la famille des tétrachloroéthylène montrent donc une diminution des concentrations pour les molécules les plus complexes (PCE, TCE), s'accompagnant d'une augmentation de la concentration des molécules plus simples (DCE) dans un premier temps, puis de leur diminution par la suite.

#### b- Evolution des concentrations sur T5

La Figure 27 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, de 2005 à 2013 au droit de T5 captant la nappe alluviale.

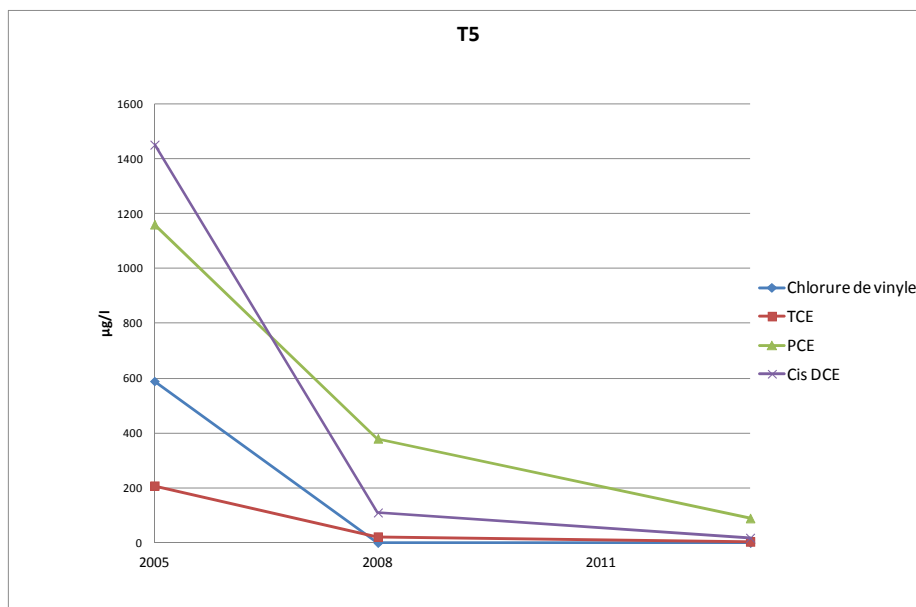


Figure 27 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur T5

Elle montre une diminution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de vinyle de façon très significative de septembre 2005 à Août 2008, niveau bas se confirmant par la suite sur la campagne d'avril 2013.

Au droit de T5, les molécules de la famille des tétrachloroéthylène montrent donc une diminution des concentrations pour les molécules les plus complexes (PCE, TCE), sans augmentation de la concentration des molécules plus simples (DCE et chlorure de vinyle).

### c- Evolution des concentrations sur T6

Les Figure 28 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, de décembre 2004 à avril 2013 au droit de T6 captant la nappe alluviale.

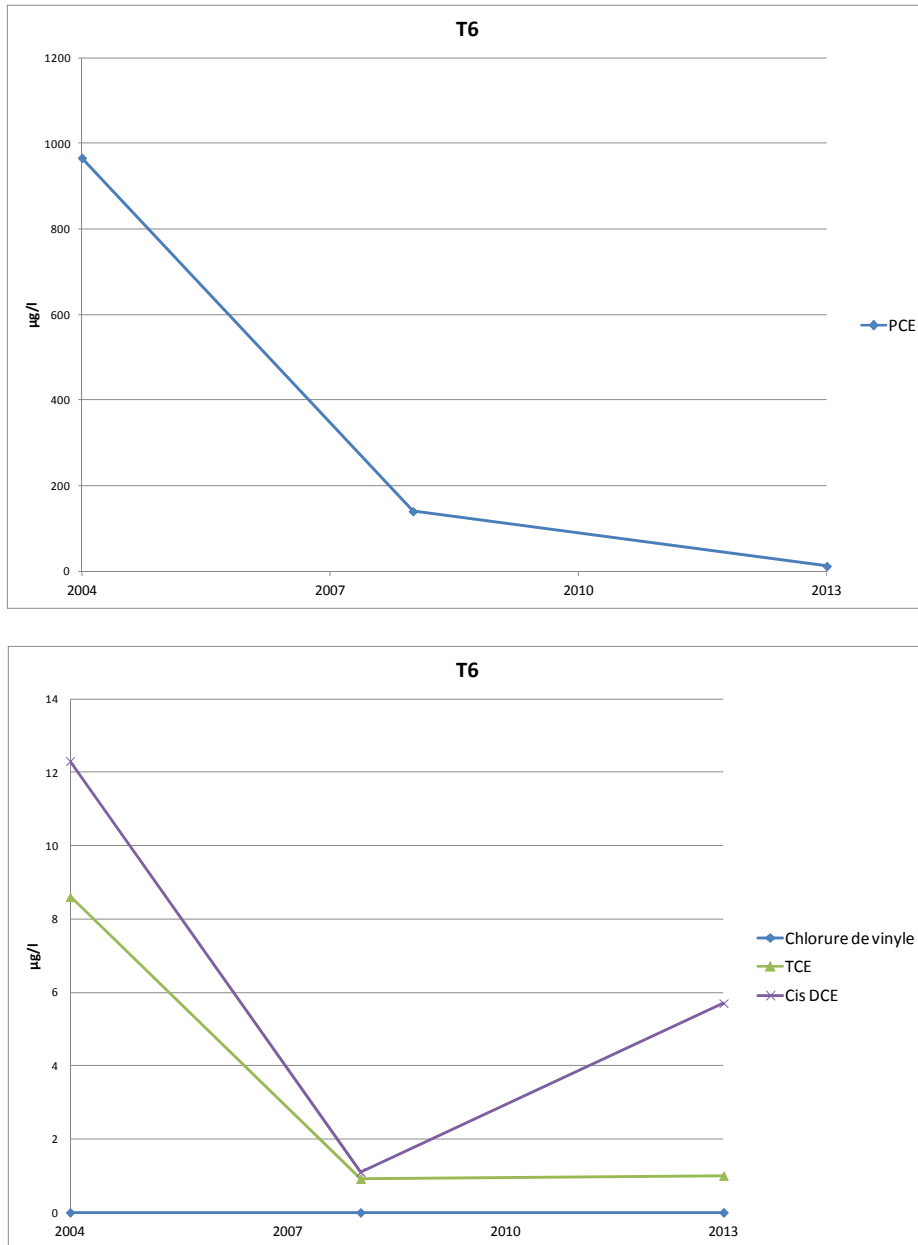


Figure 28 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur T6

Elle montre de décembre 2004 à avril 2013 :

- une diminution en continu des concentrations en PCE (passant de 966 à 12 µg/l) ;
- une diminution en continu des concentrations en TCE (passant de 8,6 à 1 µg/l) ;
- une diminution des concentrations en cis DCE de 2004 à 2008 (passant de 12,3 µg/l à 1,1 µg/l, puis sur la campagne d'avril 2013, une augmentation de la concentration passant à 5,7 µg/l) ;
- une concentration en chlorure de vinyle systématiquement inférieure à la LQ.

Les molécules de la famille des tétrachloroéthylène montrent donc une diminution des concentrations pour les molécules les plus complexes (PCE, TCE) sur T6, avec :

- une augmentation des molécules plus simples (cis DCE), sur la dernière période de suivi (Août 2008 à avril 2013).
- aucune augmentation de la concentration des molécules les plus simples (chlorure de vinyle).

#### d- Evolution des concentrations sur T9

La Figure 29 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, de décembre 2004 à avril 2013 au droit de T9 captant la nappe alluviale.

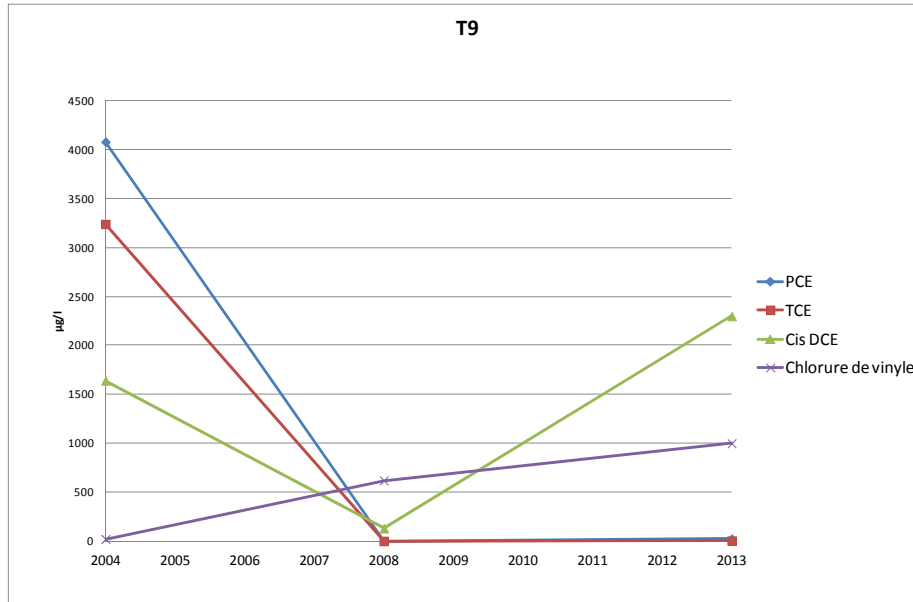


Figure 29 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur T9

Elle montre de décembre 2004 à avril 2013 :

- une diminution en continu des concentrations en PCE (passant de 4 080 à 27  $\mu\text{g/l}$ ) ;
- une diminution en continu des concentrations en TCE (passant de 3240 à 5,6  $\mu\text{g/l}$ ) ;
- une diminution des concentrations en cis DCE de 2004 à 2008 (passant de 1640  $\mu\text{g/l}$  à 130  $\mu\text{g/l}$ , puis sur la campagne d'avril 2013, une augmentation de la concentration, passant à 2300  $\mu\text{g/l}$ ) ;
- une augmentation en continu de la concentration en chlorure de vinyle (passant de 21,3 à 1000  $\mu\text{g/l}$ ).

Les molécules de la famille des tétrachloroéthylène montrent donc une diminution des concentrations pour les molécules les plus complexes au droit de T9 (PCE, TCE), avec une augmentation des concentrations pour les molécules plus simples (cis DCE et chlorure de vinyle).

#### e- Evolution des concentrations sur P3

La Figure 30 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, de 2004 à 2013 au droit de P3, captant la nappe alluviale et situé le plus en aval hydraulique du site.

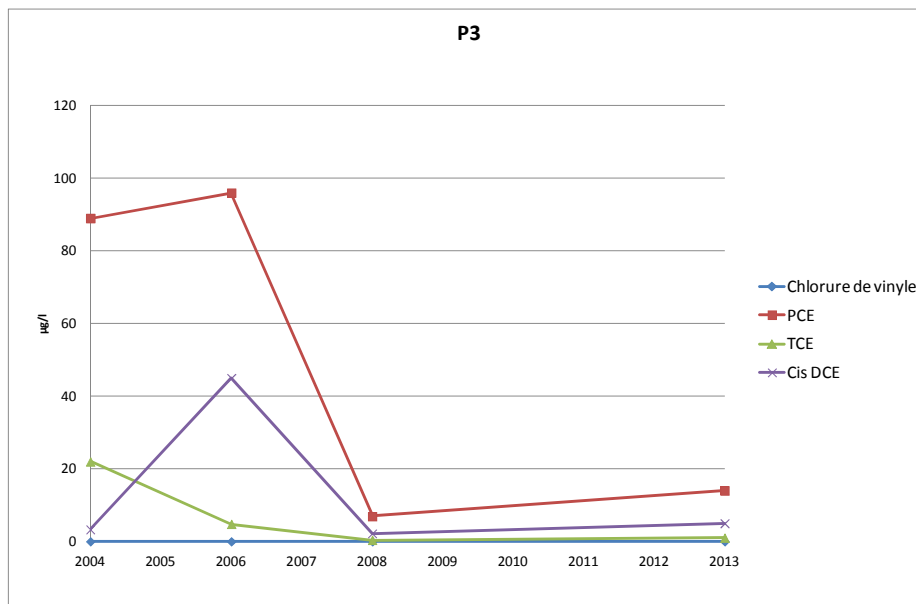


Figure 30 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P3

Elle montre une diminution des concentrations en PCE, TCE et cis DCE de façon très significative de 2004 à 2008, puis une légère augmentation sur la campagne d'avril 2013. Les concentrations en chlorure de vinyle restent inférieures aux limites de quantification depuis 2004 sur P3.

Sur P3, les molécules de la famille des tétrachloroéthylène montrent donc une tendance générale à la diminution des concentrations pour les molécules les plus complexes (PCE, TCE, DCE), sans augmentation de la concentration des molécules les plus simples (chlorure de vinyle).

#### f- Evolution des concentrations sur P5

La Figure 31 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de vinyle, d'août 2005 à avril 2013 au droit de l'ouvrage P5 captant a priori la nappe la craie mais il a été vu précédemment qu'il n'était pas exclu que cet ouvrage capte également la nappe alluviale. Les résultats d'analyses d'avril 2013 présentés sur cette figure sont ceux obtenus par prélèvement sur la partie profonde de l'ouvrage.

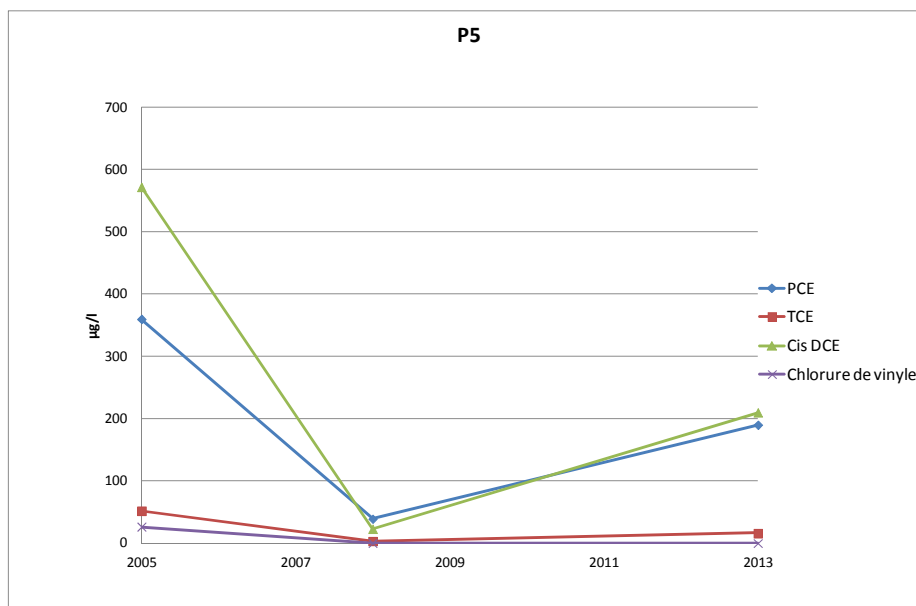


Figure 31 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P5

Elle montre une diminution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de vinyle de façon très significative d'août 2005 à août 2008, puis sur la campagne d'avril 2013, une augmentation notable des concentrations en PCE, TCE et cis DCE (concentrations mesurées en fond de piézomètre). Les concentrations en chlorure de vinyle restent inférieures aux limites de quantification depuis août 2008.

Les molécules de la famille des tétrachloroéthylène montrent donc, d'août 2005 à août 2008, une tendance générale à la diminution des concentrations pour les molécules les plus complexes (PCE, TCE, DCE), sans augmentation de la concentration des molécules les plus simples (chlorure de vinyle).

L'augmentation de la concentration des composés PCE, TCE et DCE en avril 2013 peut provenir d'un transfert de ces composés par la nappe, P5 étant situé en position aval hydrogéologique du site.

#### g- Evolution des concentrations sur P6

La Figure 32 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, de septembre 2005 à avril 2013 sur l'ouvrage P6 captant la nappe de la craie. Les résultats d'analyses obtenus en avril 2013 par prélèvement sur la partie profonde de l'ouvrage ont été utilisés pour cet historique.

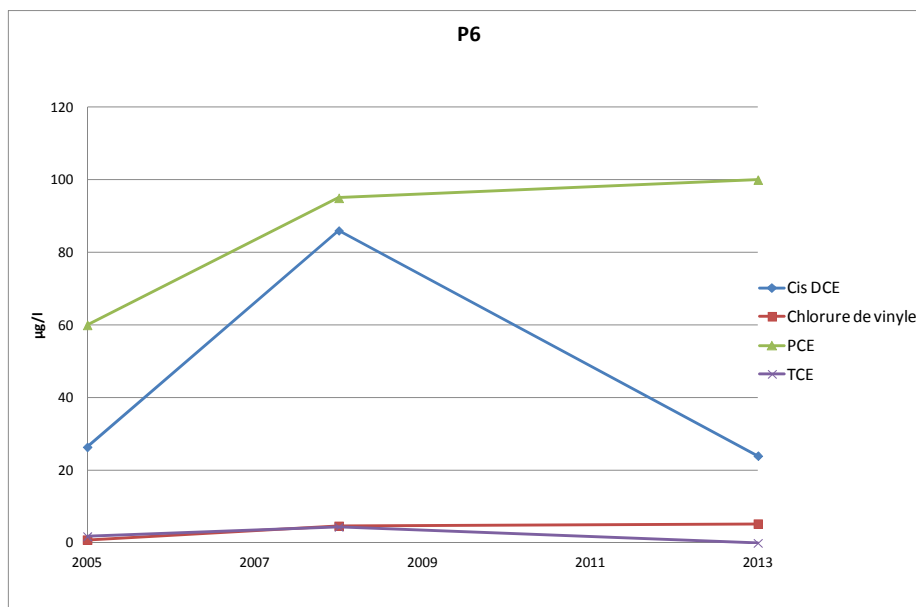


Figure 32 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P6

Elle montre :

- une augmentation globale des concentrations de l'ensemble des composés de la famille des tétrachloroéthylènes, de septembre 2005 à août 2008 ;
- une diminution des concentrations en cis DCE et TCE d'août 2008 à avril 2013.

Dans le cas où cet ouvrage serait intégré aux campagnes de prélèvements et d'analyses suivantes, de nouveaux résultats sont attendus pour proposer une explication à cette évolution.

#### h- Evolution des concentrations sur P8

La Figure 33 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, de septembre 2005 à avril 2013 au droit de l'ouvrage P8 captant la nappe de la Craie. Les résultats d'analyses obtenus en avril 2013 par prélèvement sur la partie profonde de l'ouvrage ont été utilisés pour cet historique.

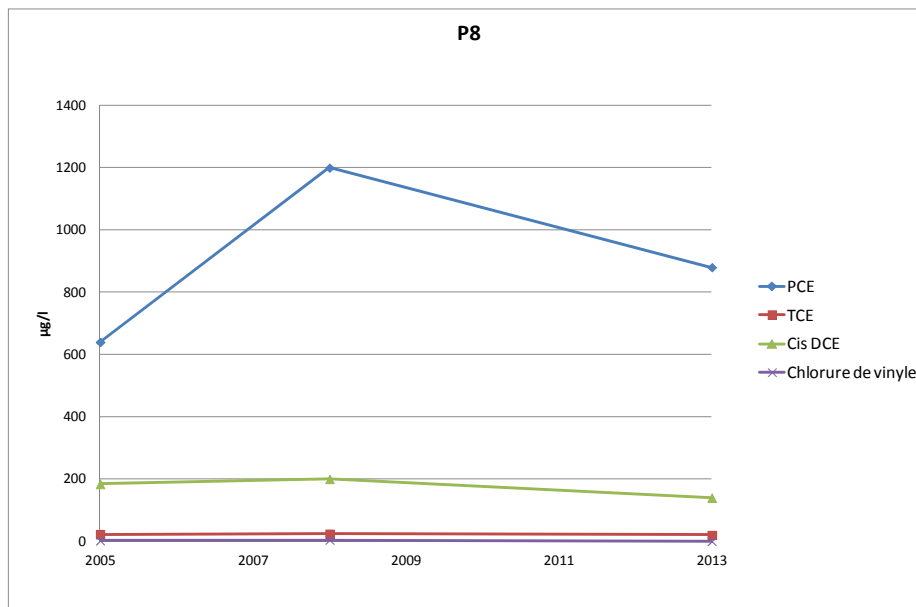


Figure 33 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P8

Elle montre :

- de septembre 2005 à août 2008, une augmentation des concentrations en TCE, cis DCE, chlorure de vinyle et de façon significative en PCE,
- d'août 2008 à avril 2013, une diminution des concentrations en TCE, cis DCE, chlorure de vinyle et de façon significative en PCE.

Cette évolution similaire des concentrations pour les 4 composés de la famille des Tétrachloroéthylènes peut correspondre :

- au passage, au droit de P8 en 2008, d'un spot de COHV dans les eaux souterraines, générant l'augmentation des concentrations détectées en 2008,
- puis à son évacuation partielle vers l'aval en 2013, générant la diminution des concentrations détectées en 2013.

Cette circulation est d'autant plus facilitée si elle a lieu au droit de l'aquifère de la craie.

### i- Evolution des concentrations sur P9

La Figure 34 présente l'évolution des concentrations en PCE, TCE, cis DCE et chlorure de Vinyle, d'Août 2005 à avril 2013 au droit de l'ouvrage P9 captant la nappe de la Craie. Les résultats d'analyses obtenus en avril 2013 par prélèvement sur la partie profonde de l'ouvrage ont été utilisés pour cet historique.

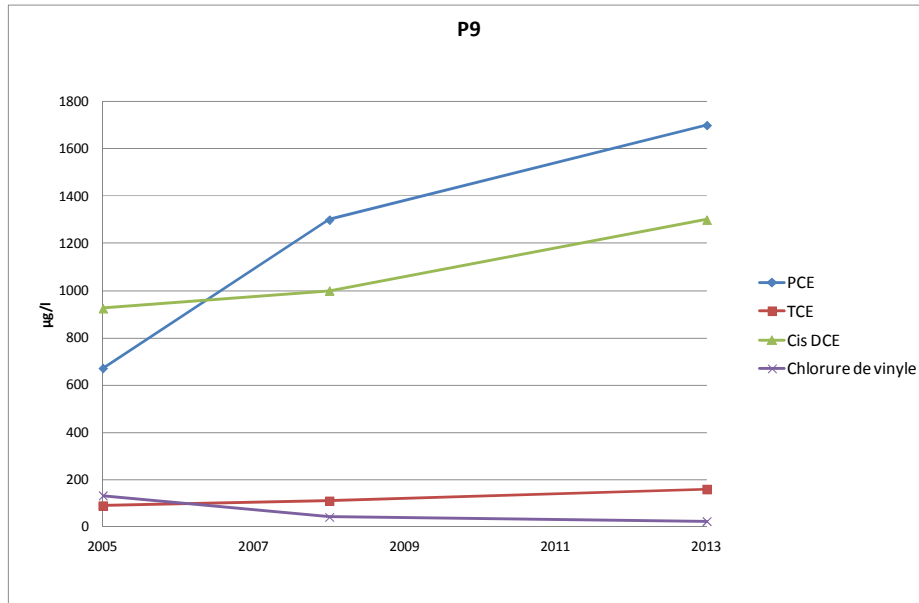


Figure 34 : Evolution des concentrations en PCE, TCE, cis-DCE et chlorure de vinyle sur P9

Elle montre une augmentation des concentrations en PCE (de 672 à 1700 µg/l), TCE (de 90 à 160 µg/l) et cis DCE (de 925 à 1300 µg/l) en continu depuis le début du suivi effectué sur cet ouvrage.

Seul le chlorure de vinyle présente une diminution de sa concentration (de 133 à 24 µg/l)

Cette évolution peut être expliquée par la présence permanente d'un spot de COHV au droit de P9, augmentation également observée au droit de P5 situé en aval hydrogéologique. A contrario, au droit de P8 situé en amont hydrogéologique, son évacuation partielle a débuté.

#### j- Evolution des concentrations sur P1

Le Tableau 7 suivant présente les concentrations en PCE, TCE, éthylbenzène et xylène détectés au droit de P1 captant la nappe alluviale, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 7 : Historique des résultats d'analyses au droit de P1

	Août 2004 (µg/l)	Avril 2013 (µg/l)
PCE	91 200	14 000
TCE	23 000	410
Ethylbenzène	11	<0,5
Xylène	9,1	<0,5

Ces résultats montrent une forte baisse des valeurs de concentrations en PCE, TCE, éthylbenzène et xylène au droit de P1, entre août 2004 et avril 2013.

#### k- Evolution des concentrations sur P4

Le Tableau 8 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle détectés au droit de P4, en août 2004 et en avril 2013. Comme vu précédemment, une incertitude existe sur la possibilité que cet ouvrage capte à la fois la nappe alluviale et la nappe de la craie.

Tableau 8 : Historique des résultats d'analyses au droit de P4

	Août 2004 (µg/l)		Avril 2013 (µg/l)	
	Surface	Profondeur	P4M	P4F
PCE	1060	346	270	240
TCE	137	123	75	70
Cis-DCE	1190	3290	1400	1300
Chlorure de vinyle	14,8	1000	650	590

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en PCE et TCE au droit de P4, entre août 2004 et avril 2013.

Les concentrations en Cis-DCE et chlorure de vinyle baissent également pour les prélèvements réalisés en partie profonde de l'ouvrage. Elles augmentent par contre pour les prélèvements réalisés en partie moyenne de l'ouvrage. Il faut noter que la profondeur des prélèvements réalisés en Août 2004 n'est pas précisée dans les rapports antérieurs de la société LISEC.

#### **I- Evolution des concentrations sur T1**

Le Tableau 9 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle, détectés au droit de T1 captant la nappe alluviale, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 9 : Historique des résultats d'analyses au droit de T1

	Août 2004 (µg/l)		Avril 2013 (µg/l)
	Surface	Profondeur	
PCE	146	136	82
TCE	37,2	34,9	5
Cis-DCE	435	406	34
Chlorure de vinyle	95,5	95,0	17

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle au droit de T1, entre août 2004 et avril 2013.

#### **m- Evolution des concentrations sur T3**

Le Tableau 10 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle, détectés au droit de T3 captant la nappe alluviale, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 10 : Historique des résultats d'analyses au droit de T3

	Août 2004 (µg/l)		Avril 2013 (µg/l)
	Surface	Profondeur	
PCE	4,8	5,7	7,1
TCE	13,3	14,7	1,1
Cis-DCE	47,1	52,5	7
Chlorure de vinyle	0,9	1,2	<0,5

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle au droit de T3, entre août 2004 et avril 2013.

Les concentrations en PCE présentent une légère augmentation entre août 2004 et avril 2013.

#### n- Evolution des concentrations sur T6

Le Tableau 11 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE et Cis-DCE détectés au droit de T6 captant la nappe alluviale, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 11 : Historique des résultats d'analyses détectés au droit de T6

	Août 2004 (µg/l)	Avril 2013 (µg/l)
PCE	966	12
TCE	8,1	1
Cis-DCE	12,3	5,7

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en PCE, TCE, et éthylbenzène au droit de T6, entre août 2004 et avril 2013.

#### o- Evolution des concentrations sur T10

Le Tableau 12 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle, détectés au droit de T10, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 12 : Historique des résultats d'analyses détectés au droit de T10

	Août 2004 (µg/l)		Avril 2013 (µg/l)
	Surface	Profondeur	
PCE	19,4	26	<0,5
TCE	4,2	4,2	<0,5
Cis-DCE	7,4	7,4	1,7
Chlorure de vinyle	-	0,9	<0,5

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle au droit de T10, entre août 2004 et avril 2013.

#### p- Evolution des concentrations sur T13

Le Tableau 13 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle, détectés au droit de T13, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 13 : Historique des résultats d'analyses détectés au droit de T13

	Août 2004 (µg/l)		Avril 2013 (µg/l)
	Surface	Profondeur	
PCE	1430	1300	57
TCE	30	23,3	<0,6
Cis-DCE	8,4	6,7	2,3
Chlorure de vinyle	0,8	-	<0,6

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en PCE, TCE, Cis-DCE et chlorure de vinyle au droit de T13, entre août 2004 et avril 2013.

#### q- Evolution des concentrations en T16

Le Tableau 14 suivant présente les résultats de concentrations en PCE, TCE et Cis-DCE, détectés au droit de T16, en août 2004 et en avril 2013.

Tableau 14 : Historique des résultats d'analyses au droit de T16

	Août 2004 (µg/l)	Avril 2013 (µg/l)
PCE	60 900	100
TCE	43,2	<0,5
Cis-DCE	22,3	0,6

Ces résultats montrent une baisse des valeurs de concentrations en PCE, TCE, et éthylbenzène au droit de T16, entre août 2004 et avril 2013.

#### 5.3.4 Répartition spatiale des concentrations en COHV

Les 4 figures suivantes présentent une cartographie des résultats d'analyses en :

- Tétrachloroéthylène (Figure 35) ;
- Trichloroéthylène (Figure 36) ;
- cis-1,2 dichloroéthylène (Figure 37) ;
- chlorure de vinyle (Figure 38).

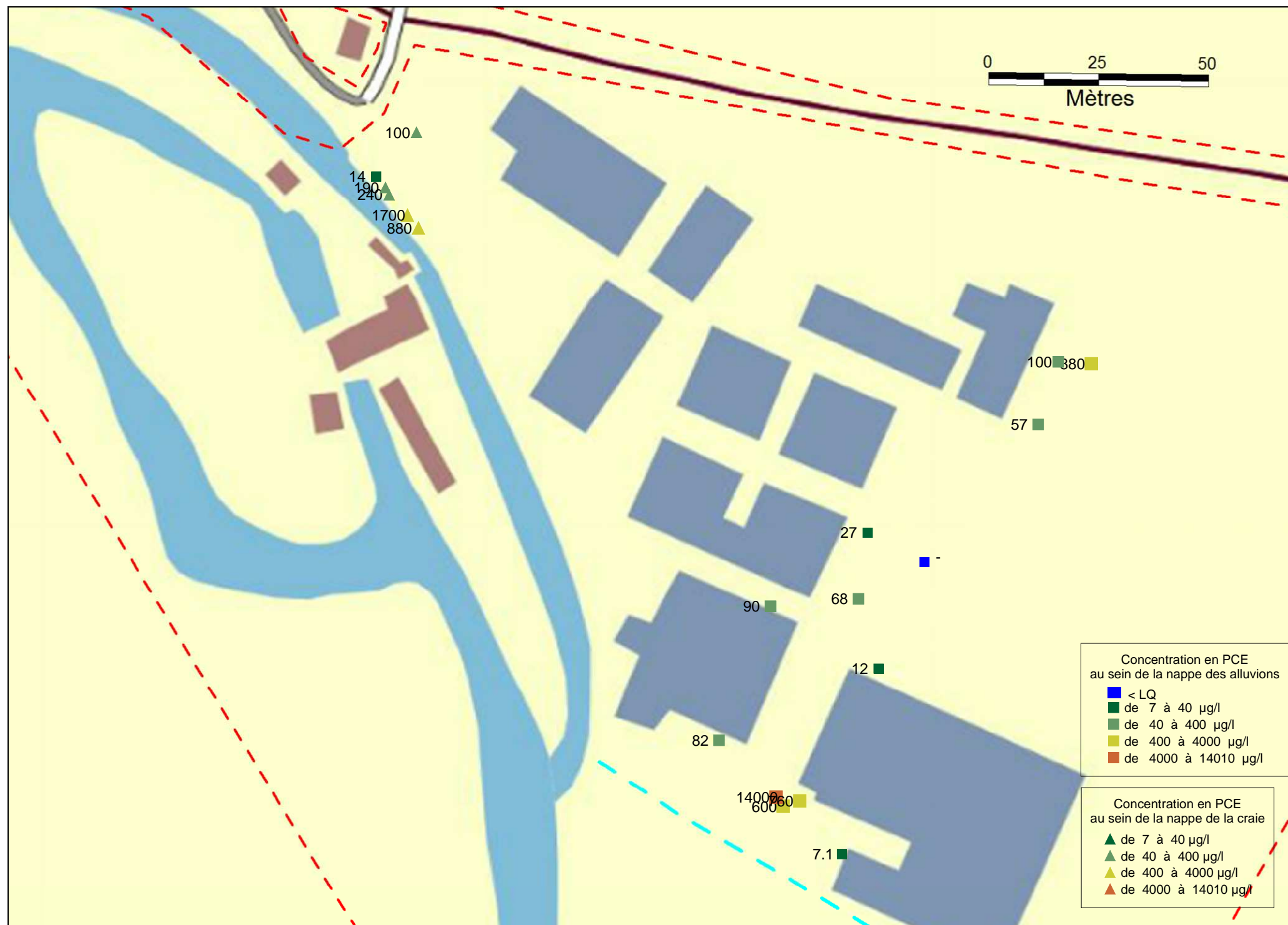


Figure 35 : Cartographie des concentrations en tétrachloroéthylène détectées sur les piézomètres investigués

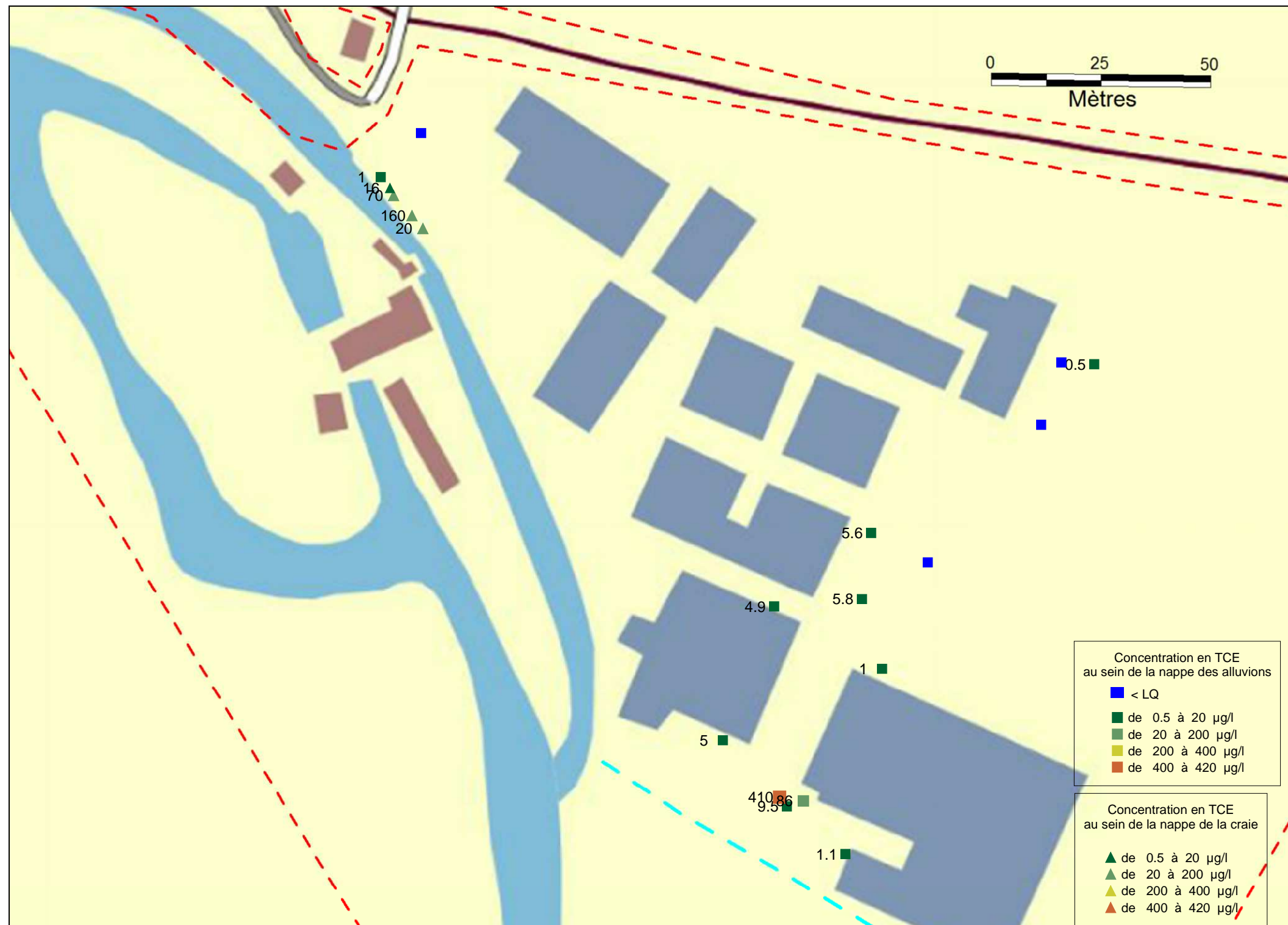


Figure 36 : Cartographie des concentrations en trichloroéthylène détectées sur les piézomètres investigués

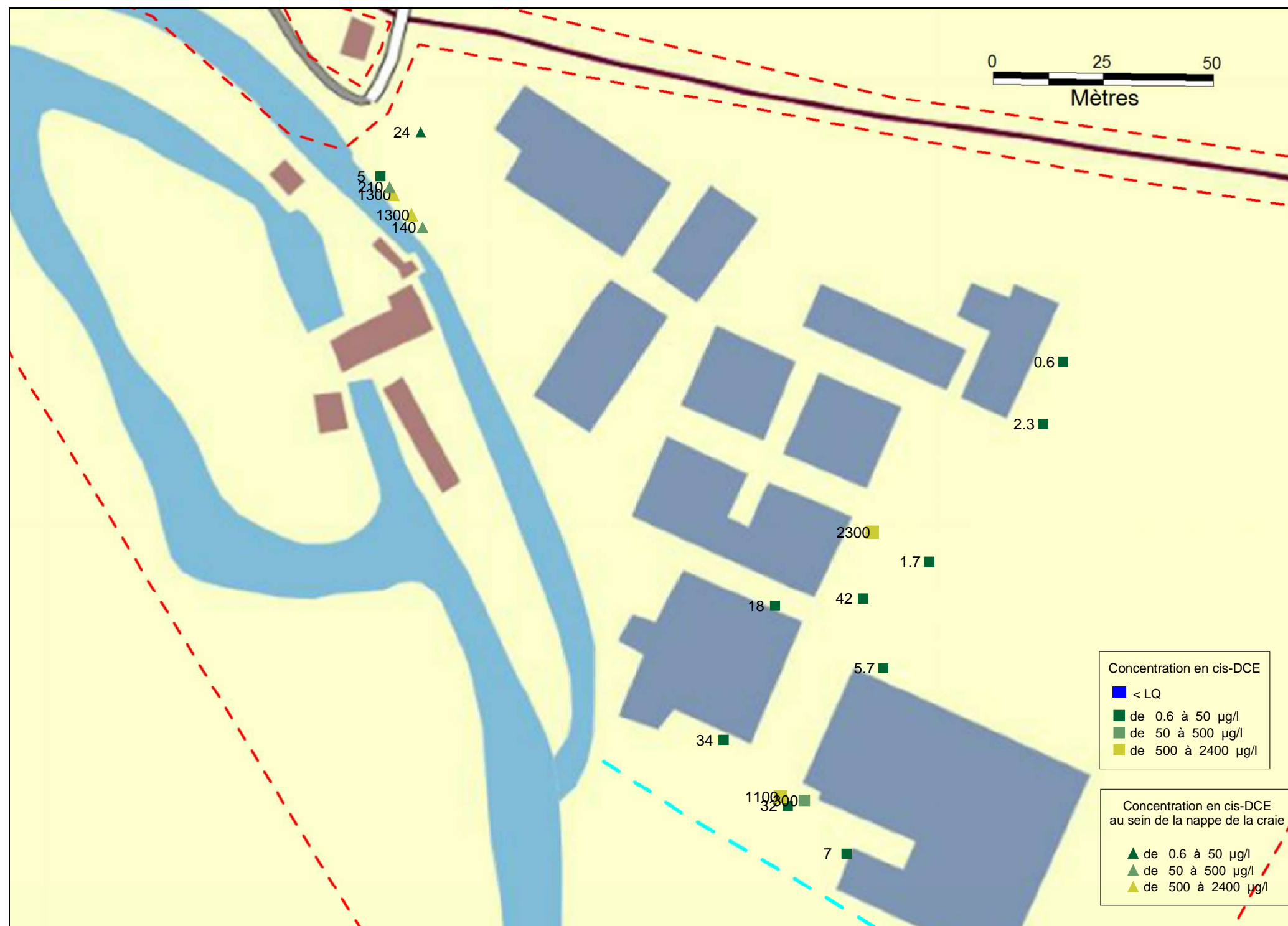


Figure 37 : Cartographie des concentrations en cis-dichloroéthylène détectées sur les piézomètres investigués

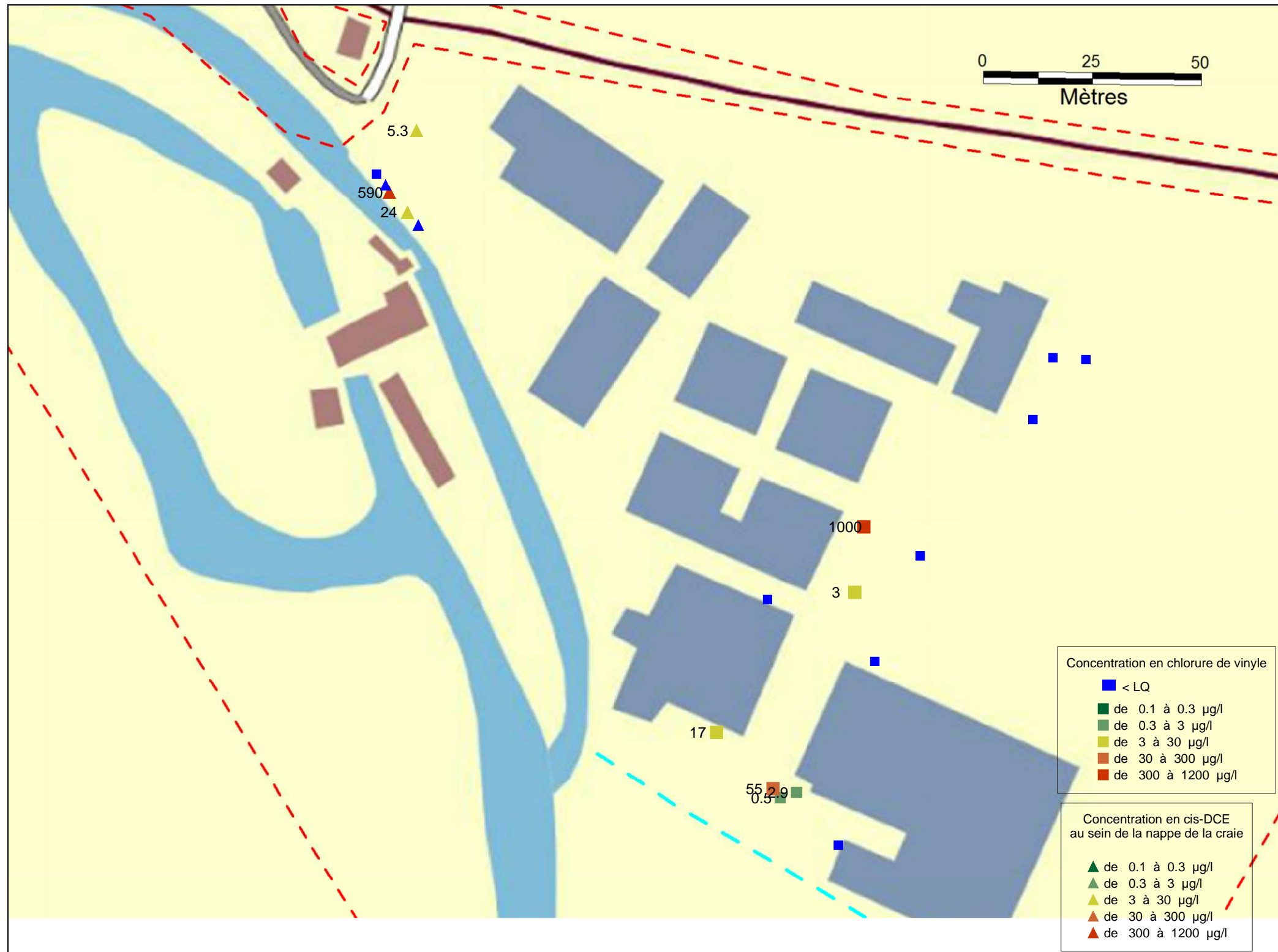


Figure 38 : Cartographie des concentrations en chlorure de vinyle détectées sur les piézomètres investigués

### 5.3.5 Premières conclusions

Ces cartographies ainsi que les historiques des concentrations en COHV montrent les résultats suivants.

Pour les piézomètres atteignant la nappe alluviale:

- les concentrations des composés de la famille des tétrachloroéthylènes présentent une diminution significative de leurs concentrations jusqu'en 2008, pour l'ensemble des ouvrages pour lesquels des analyses ont été réalisées antérieurement et ce, depuis le début de leur suivi.
- Cette baisse de concentration se poursuit après 2008 : elle est toujours observée en avril 2013, mais essentiellement pour les molécules les plus complexes de la famille des tétrachloroéthylènes.
- Les molécules plus simples (DCE et chlorure de vinyle) sont au contraire en augmentation pour certains ouvrages (P2, T6, T9).
- On observe la présence de 2 spots en COHV au sein de la nappe alluviale, situés à proximité des anciennes cabines de peinture (P1) pour l'un et au droit des anciennes cuves pour l'autre (P2).

Au stade de la présente étude, aucune interprétation consolidée des résultats d'analyses en COHV observés au droit des piézomètres captant a priori la nappe de la craie ne peut être proposée et ce pour les raisons suivantes

- Aucun prélèvement et analyse des eaux de la nappe de la craie n'ont été effectués à l'amont du site ;
- une incertitude persiste sur la qualité de l'isolation de la partie supérieure des piézomètres P4, P5, P6, P8 et P9, atteignant la nappe de la craie. L'hypothèse d'un transfert des composés de COHV de la nappe des alluvions vers la nappe de la craie, via ces ouvrages, ne peut donc être écartée ;
- la relation nappe de la craie / Ouanne existante au droit du site ne peut pas être définie à partir d'une seule campagne ; la campagne de basses eaux 2013 permettra de statuer sur la présence ou non d'une relation nappe de la craie / rivière et donc la présence ou non d'un colmatage de berges ; le risque de transfert des COHV de la nappe vers la rivière pourra ainsi être abordé ;
- la relation nappe de la craie / nappe alluviale au droit du site ne peut pas être définie au stade des données acquises à ce jour et la très faible différence de charge de 3 cm observée en mars 2013, en période de hautes eaux, entre les piézomètres P3 (captant la nappe alluviale) et P9 (captant a priori la nappe de la craie d'après sa conception), n'est pas suffisante pour statuer sur cette relation et sur une éventuelle mise en charge de la nappe de la craie au droit du site ;
- le manque de données sur la présence persistante d'une source de COHV et sur sa localisation au droit du site ;



- le peu d'informations sur les variations spatiales de la lithologie au droit du site, due à l'absence de coupes lithologiques précises et harmonisées au droit de chaque ouvrage. Le mode de progression d'une source potentielle de COHV depuis la surface puis au travers des alluvions et enfin dans l'aquifère crayeux (progression verticale ralentie par des zones imperméables et facilitée au droit de zones fissurées) ne peut donc pas être défini ;
- le manque de données sur la piézométrie et la qualité des eaux souterraines sur la zone centrale du site : en effet les piézomètres ont soit été réalisés en partie amont du site, soit en partie aval du site;
- les données historiques des concentrations en COHV proviennent de prélèvements réalisés sur des périodes de l'année différentes (hautes eaux, basses eaux), leur interprétation est donc difficilement réalisable.

**L'explication de l'évolution des COHV dans les eaux souterraines, en particulier à l'entrée du site dans la nappe de la craie, reste donc inconnue.**

**Néanmoins plusieurs hypothèses peuvent être émises :**

- **transfert des COHV de la nappe des alluvions vers la nappe de la craie, de façon naturelle et/ou au droit des ouvrages captant la nappe de la craie (de par une mauvaise isolation de l'aquifère crayeux) ;**
- **transfert des COHV de la nappe des alluvions ou de la nappe de la craie vers la rivière ou vers l'ouest, après passage sous la rivière ;**
- **évolution des concentrations en COHV par dilution, par exemple après débordement de la rivière dans le passé (lors d'un fort événement pluvieux ayant généré une inondation, puis une infiltration des eaux vers le sous-sol).**

### 5.3.6 *Evaluation qualitative de la biodégradation dans le processus d'atténuation naturelle*

La biodégradation des composés organo-chlorés est possible selon deux processus, dont la mise en œuvre dépend des conditions environnementales, du composés organo-chloré en présence et de la population bactérienne :

- l'oxydation : elle concerne les composés organo-chlorés les plus substitués ;
- la déchloration réductrice : elle concerne les composés organo-chlorés les moins substitués.

Selon le guide méthodologique de l'atténuation naturelle des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères (programme R et D MACAOH 2001-2006), l'expertise des données sur la nappe doit passer par les étapes suivantes :

- la vérification des conditions redox de l'aquifère ;
- la caractérisation de la déchloration réductrice ;
- l'efficacité de la déchloration réductrice.

#### Les conditions redox de l'aquifère

Les conditions redox de l'aquifère sont à rechercher par le biais de plusieurs paramètres. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous et ils sont associés aux seuils de concentrations proposés par le guide méthodologique et à la gamme des résultats d'analyses obtenus sur le site Jardouy.

Tableau 15 : Comparaison des paramètres mesurés avec les valeurs seuils MACAOH

Composé	Valeur seuil MACAOH	Gamme obtenue sur le site de Douchy
Méthane	<1 mg/l	<0,01 à 0,18
Oxygène dissous	<0,5 mg/l	entre 1,6 et 60 mg/l
Redox (Eh)	<100 mV	entre 95 et 282 mV
Sulfates	<20 mg/l	entre 2 et 34 mg/l
Nitrates	<1 mg/l	entre <1 et 18 mg/l

Le Tableau 14 montre la présence au droit des eaux souterraines du site Jardouy :

- d'un potentiel rédox systématiquement supérieur à la valeur seuil proposée par MACAOH (sauf pour un point pour lequel elle est proche de ce seuil) ;
- d'une concentration en oxygène dissous systématiquement supérieure à la valeur seuil proposée par MACAOH.



**Ainsi, ces conditions sont aérobies et ne permettent pas la mise en place d'une déchloration réductrice efficace.**

En fonction des résultats de mesure du fer ferreux, prévus lors de prochaines investigations, les conditions redox de l'aquifère pourront être définies de la manière suivante :

- soit des conditions de dégradation aérobies (si le fer ferreux < 2 mg/l) ;
- soit des conditions anoxiques, c'est-à-dire, aérobies avec un milieu peu réduit (si les concentrations en nitrates sont faibles, avec éventuellement une légère production de fer ferreux).

Les conditions anoxiques conduisent à une accumulation de cis-DCE dans les eaux souterraines.

Il faut noter que sur le site Jardouy, les concentrations en cis-DCE retrouvées dans les eaux souterraines constituent une part largement représentée dans les concentrations totales des COHV.

De par la présence d'un milieu soit aérobie, soit anoxique, l'évaluation de la déchloration réductrice n'est pas menée à ce stade.

## 5.4 Conclusion de la caractérisation de l'état des eaux souterraines au droit du site

Une campagne de prélèvements d'eau a été menée le 15 avril 2013 sur les 19 ouvrages retenus sur le site Jardouy de Douchy. Parmi ces 19 ouvrages, 5 piézomètres plus profonds et captant a priori la nappe de la craie ont fait l'objet de 2 prélèvements (en position moyenne et profonde de l'ouvrage). Cette campagne a donc donné lieu à la constitution de 24 échantillons d'eau.

Les composés recherchés sont les HCT, CAV, COHV et les composés du pack MACAOH.

Les résultats détectés montrent pour les 24 échantillons :

- des concentrations toutes inférieures aux valeurs seuils réglementaires pour les HCT et CAV ;
- des concentrations supérieures aux valeurs seuils réglementaires pour les COHV, sur 21 échantillons.

On peut voir également que les valeurs de conductivité détectées montrent une absence de signature physico-chimique marquée de la nappe des alluvions par rapport à la nappe de la craie.

Ils montrent enfin :

- la présence de 2 spots en COHV détectés au sein de la nappe alluviale, situés à proximité des anciennes cabines de peinture pour l'un (P1) et au droit des anciennes cuves pour l'autre (P2); ces 2 spots génèrent des risques de transfert de COHV vers la nappe de la craie d'une part et vers l'Ouanne d'autre part (la campagne piézométrique de mars 2013 ayant montré une alimentation de l'Ouanne par la nappe alluviale) ;
- la présence d'un spot de COHV détecté au sein de la nappe de la craie (à l'entrée du site), montrant un déplacement lent en cours, entre la campagne d'Août 2008 et celle d'Avril 2013 et un risque de transfert des COHV vers l'extérieur du site, en direction du captage AEP de la Métairie. Ainsi la mise en place d'un réseau d'ouvrages captant la nappe de la craie aux environs du site Jardouy, avec la création de nouveaux ouvrages en aval extérieur immédiat du site, permettra d'appréhender l'extension du panache de pollution à l'aval du site. Ces travaux ainsi que les investigations qui seront réalisées sur les eaux souterraines feront l'objet de la seconde partie de la présente étude.



### **Observations sur l'utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

## **Annexe 1**

Fiches techniques des ouvrages du site  
(21 pages)



## **Annexe 2**

Programme de mise en sécurité des ouvrages  
(5 pages)



## **Annexe 3**

Résultats d'analyses : Tableau de synthèse et bordereaux du  
laboratoire  
(3 pages)



## **Annexe 4**

Photographie d'un exemple de prélèvement d'eau (sur P2)

(1 page)

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

## **Annexe 5**

Fiches de prélèvements d'eau  
(24 pages)



## **Annexe 6**

Fiches de suivi des échantillons d'eau et bordereau de réception du  
laboratoire d'analyses  
(29 pages)

## Rapport

---

Titre : Vulnérabilité de la ressource en eau – Diagnostic et suivi de la qualité des eaux souterraines – Site de Jardouy – Douchy  
Première partie – Etude de la vulnérabilité du captage AEP et investigations des eaux souterraines

Numéro et indice de version : A 71043/D

Date d'envoi : Août 2013

Nombre de pages : 97

Diffusion (nombre et destinataires) :

4 ex. Client

1 ex. Agence

Nombre d'annexes dans le texte : 6

Nombre d'annexes en volume séparé : 1

## Client

---

Coordonnées complètes : ADEME – Direction Régionale Centre  
22, rue Alsace Lorraine  
45058 Orléans Cedex 1  
Téléphone : 02 38 24 00 00

Nom et fonction des interlocuteurs : Isabelle COLLIN-FEVRE (isabelle.collin-fevre@ademe.fr)

## Antea Group

---

Unité réalisatrice : PEAU et PSSP

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

*Interlocuteur commercial : Damien RONSSE*

*Responsable de projet : Dominique TAFANI*

*Auteur : Frédérique PASQUIER*

*Secrétariat : Claudine THIBAUT*

## Qualité

---

Contrôlé par : *Dominique TAFANI*

Date : Août 2013 - Version D



N° du projet : CENP1020226

Références et date de la commande : Ordre de service de démarrage du 15/02/2013

**Mots clés : captage, Douchy, vulnérabilité, pollution, Jardouy**