



Commune de Courtenay (Loiret)

---

DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER UN CAPTAGE D'EAU  
DESTINEE A LA CONSOMMATION HUMAINE

---

**REGULARISATION DE LA SOURCE CAPTEE DE BOUGIS**

***ETUDES HYDROGEOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES***

*Octobre 2006*

# Hydro.Géo.Consult

*ingénierie depuis 1979*

*siège social* 25, rue G. Fabre 11100 Narbonne France - tél. 04.68.65.00.81 - fax 04.68.65.84.72 - [hydro.geo.consult@wanadoo.fr](mailto:hydro.geo.consult@wanadoo.fr)  
*agence* plaça del Rei, 6 08700 Igualada (Barcelona) - tél. (34) 93 805 23 60 - fax. (34) 93 803 41 53 - [hydrogeoconsult@wanadoo.es](mailto:hydrogeoconsult@wanadoo.es)

Dr Henry Erre - Dr Hervé Verrière  
Hydrogéologues

# TABLE DES MATIERES

## RAPPORT

1. PRESENTATION GENERALE.....	1
1.1 Demandeur .....	1
1.2 Objet de la demande.....	1
1.3 Cadre réglementaire .....	1
1.4 Description du système de production et de distribution .....	2
1.4.1 Population, besoins et production.....	2
1.4.2 Installations de pompage, stockage, traitement et distribution .....	3
1.4.3 Moyens de surveillance de la qualité de l'eau.....	4
1.4.4 Plan d'alerte et de secours .....	4
2. CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE .....	5
2.1 Géologie .....	5
2.1.1 Géométrie des terrains .....	5
2.1.2 Lithologie.....	5
2.1.3 Epaisseur .....	6
2.1.4 Le réservoir = la craie .....	6
2.1.5 Géométrie des vides.....	6
2.2 Hydrogéologie.....	7
2.2.1 Présentation de l'aquifère .....	7
2.2.2 Conditions d'alimentation et d'écoulement.....	7
2.2.3 Hydrodynamique.....	9
3. LA SOURCE CAPTEE DE BOUGIS .....	10
3.1 Caractéristiques constructives .....	10
3.2 Dispositifs de protection .....	12
3.3 Suivi en exploitation .....	12
3.3.1 Débit.....	13
3.3.2 Turbidité.....	14
3.3.3 Conductivité .....	15
3.3.4 Température .....	15
4. QUALITE DE L'EAU .....	16
4.1 Chronique d'analyses.....	16
4.2 Analyse de première adduction.....	17
4.2.1 Résultats.....	17
4.2.2 Evaluation de la qualité selon le SEQ.....	17
4.3 Evaluation du risque de dissolution .....	18

5. ENVIRONNEMENT ET EVALUATION DES RISQUES DE POLLUTION...	19
5.1 Vulnérabilité de la ressource .....	19
5.1.1 <i>Les paramètres considérés</i> .....	19
5.1.2 <i>Méthodes d'évaluation</i> .....	19
5.2 Vulnérabilité du captage.....	20
5.3 Inventaire des foyers de pollution potentiels.....	21
5.3.1 <i>Occupation du sol et activités agricoles</i> .....	21
5.3.2 <i>Activités industrielles</i> .....	22
5.3.3 <i>Voies de communication</i> .....	22
5.3.4 <i>Rejets d'eaux usées domestiques</i> .....	23
5.3.5 <i>Puits et forages</i> .....	23
5.3.6 <i>Stockage de produits potentiellement polluants</i> .....	23
5.4 Evaluation des risques de pollution .....	24
6. MESURES DE PROTECTION PROPOSEES .....	26
6.1 Périmètres de protection proposés .....	26
6.1.1 <i>Périmètre de protection immédiate -PPI-</i> .....	26
6.1.2 <i>Périmètre de protection rapprochée -PPR-</i> .....	26
6.1.3 <i>Périmètre de protection éloignée -PPE-</i> .....	26
6.2 Aménagements et prescriptions envisagés .....	27
6.2.1 <i>Au niveau de l'ouvrage</i> .....	27
6.2.2 <i>Au niveau du périmètre de protection immédiate</i> .....	27
6.2.3 <i>Au niveau du périmètre de protection rapprochée</i> .....	27
6.2.4 <i>Au niveau du périmètre de protection éloignée</i> .....	27

## FIGURES

1. La source de Bougis dans son bassin versant, 1/30.000
2. Situation géographique des sondages électriques et des sondages pelleteuse, 1/30.000
3. Situation cadastrale des sondages électriques et des sondages pelleteuse, 1/15.000
4. Situation cadastrale des sondages électriques et des sondages pelleteuse, 1/7.500
5. Coupes lithologiques du piézomètre et des sondages pelleteuse
6. Carte piézométrique de la nappe de la craie, 1/25.000
7. Situation cadastrale de la source de Bougis, 1/2.500
8. Plan de masse schématique de la source de Bougis, 1/500
9. Coupe technique du captage, 1/30
10. Bloc diagramme hydrogéologique 1/25.000
11. Pompages d'essai : suivi du débit, du niveau, de la température et de la conductivité du forage d'exploitation
12. Pompages d'essai : suivi du niveau, de la température et de la conductivité du piézomètre
13. Pompages d'essai : détermination de la transmissivité de l'aquifère crayeux
14. Evolution du débit de la source couplée à la pluviométrie -juil. 2005 à sept. 2006
15. Evolution de la turbidité de la source couplée à la pluviométrie -juil. 2005 à sept. 2006
16. Déphasage pluviométrie/turbidité pendant 3 épisodes pluvieux
17. Déphasage pluviométrie horaire/turbidité -17 janv. 2006
18. Evolution de la conductivité de la source couplée à la pluviométrie -juil. 2005 à sept. 2006
19. Evolution de la température de la source couplée à la pluviométrie -juil. 2005 à sept. 2006
20. Ru de Piffonds : mesures ponctuelles débit, conductivité, température
21. Carte de la vulnérabilité de l'aquifère de la craie, 1/30.000
22. Occupation des sols, 1/50.000 (mai 2005)
23. Inventaire des foyers de pollution potentiels, 1/30.000
24. Périmètre de protection immédiate proposé, 1/7.500
25. Périmètre de protection rapprochée proposé, 1/30.000

## ANNEXES

- I. Puits et forages : situation géographique et tableau de synthèse
- II. Sondages pelleteuse : description lithologique et plan de situation
- III. Sondages électriques : représentations graphiques et interprétations
- IV. Qualité des eaux : analyse de première adduction et contrôle sanitaire depuis 1989
- V. Planches photographiques : le captage et son environnement.

## 1. PRESENTATION GENERALE

### 1.1 DEMANDEUR

Commune de Courtenay (Loiret), représentée par Monsieur Francis Tisserand, maire.

1, place Honoré-Combe

45320 Courtenay

Tél : +2 38 97 40 46

Fax : +2 38 97 37 16

### 1.2 OBJET DE LA DEMANDE

Il s'agit de la régularisation de la source de Bougis, captage qui assure en totalité l'alimentation en eau potable de la commune depuis 1982.

Les besoins de la commune de Courtenay à l'horizon 2020 sont évalués à 600.000 m<sup>3</sup>/an (voir tableau §1.4.1).

Le Syndicat Intercommunal Douchy-Montcorbon, qui connaît les mêmes problèmes qualitatifs que Courtenay mais avec des fréquences et concentrations accrues, a sollicité un approvisionnement de son réseau à partir de la source de Bougis.

En tenant compte des besoins de cette collectivité voisine, le débit demandé est porté à **800.000 m<sup>3</sup>/an**.

### 1.3 CADRE REGLEMENTAIRE

La procédure de demande d'autorisation préfectorale d'utiliser l'eau captée à la source de Bougis pour la consommation humaine a été interrompue à 2 reprises, en 1982 et 1989.

Après l'échec d'une alimentation en eau collective par un forage profond sollicitant les sables albiens, la commune a relancé la démarche de régularisation de la source de Bougis en 2004 et Monsieur Jean-Claude Schmidt, hydrogéologue agréé, a été nommé par le Préfet pour définir les périmètres de protection à mettre en place autour du captage.

Son avis sanitaire préliminaire de juin 2005 a motivé des investigations complémentaires (pompages d'essai, piézométrie, inspection caméra du captage, appréciation de la vulnérabilité de la ressource, inventaires des foyers de pollution, ...), dont les résultats sont présentés dans ce rapport.

Au titre du Code de la santé publique, l'utilisation d'eau prélevée dans le milieu naturel pour la consommation humaine, est soumise à autorisation préfectorale selon les dispositions des articles R-1321-1 à R-1321-36 (décret n°2003-462 du 21 mai 2003 modifiant le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001).

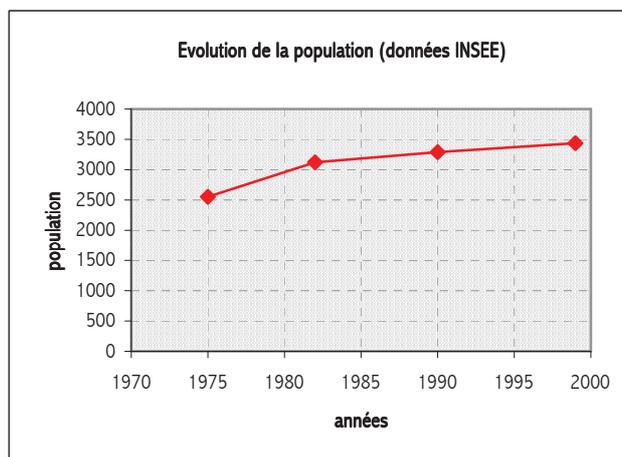
Au titre du Code de l'environnement (décret n° 2006-881 du 17 juillet 2006 entré en vigueur le 1<sup>er</sup> octobre 2006 et décret n°2003-868 du 11 septembre 2003 modifiant le décret n°93-742 du 29 mars 1993 pris en application de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992), tout captage d'eau souterraine exploité à un débit supérieur à 200.000 m<sup>3</sup>/an est soumis à autorisation.

Remarque sur l'unicité de procédure : l'autorisation au titre du Code de l'environnement vaut autorisation au titre du Code de la santé (cf. article 6-I du décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001).

## 1.4 DESCRIPTION DU SYSTEME DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION

### 1.4.1 POPULATION, BESOINS ET PRODUCTION

Courtenay compte 3.500 habitants au dernier recensement (Insee, 1999).



La source de Bougis alimente en totalité la population communale, avec des problèmes chroniques de qualité de l'eau brute : turbidité, bactériologie, nitrates, pesticides.

Un forage profond de 473 m captant les sables albiens devait remplacer la source de Bougis, vulnérable à toute pollution de surface. Mais cet ouvrage réalisé en 1999 n'a jamais pu être exploité en raison de venues sableuses.

Les volumes prélevés en 2005 correspondent à un débit moyen journalier de 1.000 m<sup>3</sup>/j :

\* d'après Schéma directeur du réseau AEP – Safege, 2004

<b>PRODUCTION</b>	<i>actuelle (2005)</i>	<i>future (2020) Courtenay</i>	<i>future (2020) Courtenay + Douchy/Montcorbon</i>
Volume prélevé annuel	360.000 m <sup>3</sup> /an	<b>600.000 m<sup>3</sup>/an</b>	<b>800.000 m<sup>3</sup>/an</b>
Volume journalier moyen*	<b>1.000 m<sup>3</sup>/j</b>	1.600 m <sup>3</sup> /j	2.200 m <sup>3</sup> /j
Volume journalier max*	1.600 m <sup>3</sup> /j	2.250 m <sup>3</sup> /j	3.000 m <sup>3</sup> /j
débit de pointe	70 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h

La consommation moyenne est 285 l/j/hab., valeur élevée en raison du rendement du réseau de distribution (65-70 %, avec un linéaire de plus de 100 km pour l'alimentation de nombreux écarts -La Jacqueminière, Sainte-Anne, exploitations agricoles-) ; ce rendement est amélioré depuis 2002.

#### 1.4.2 INSTALLATIONS DE POMPAGE, STOCKAGE, TRAITEMENT ET DISTRIBUTION

Après des travaux pour améliorer le captage de l'émergence naturelle, la source de Bougis est exploitée pour l'alimentation en eau potable collective depuis 1982 (voir § 3).

<b>Prélèvement : source de Bougis</b>	
<i>Equipement</i>	2 pompes immergées KSB 8" fonctionnant en alternance
<i>Débit d'exploitation</i>	70 m <sup>3</sup> /h
<i>Durée</i>	15 h/j
<i>Paramètres mesurés</i> <i>(pas de temps 10 minutes)</i> <i>* depuis juillet 2005</i>	temps de fonctionnement pompes turbidité débit trop-plein* température* conductivité*
<i>Déclenchement</i>	automatique selon niveau château d'eau

Sur le site de Bougis, l'eau brute subit une simple désinfection avant refoulement vers le réservoir qui répartit la distribution sur l'ensemble des mailles du réseau avec une pression suffisante.

<b>Traitement : local technique de Bougis</b>	
<i>Lieu</i>	dans local technique de la source de Bougis
<i>Système actuel</i>	désinfection au dioxyde de chlore

<b>Réservoir : stade</b>	
<i>Type</i>	château d'eau
<i>Distance au captage</i>	1.800 m
<i>Altitude radier</i>	175 m
<i>Volume total</i>	1.000 m <sup>3</sup>

<b>Réseau</b>	
<i>Longueur</i>	100 km
<i>∅</i>	40 à 250 mm
<i>Matériau</i>	PEHD, PVC et fonte
<i>Rendement (2002)</i>	65 %

### 1.4.3 MOYENS DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU

La Lyonnaise des eaux, société fermière, assure un service d'astreinte 24h/24, avec plusieurs visites/j au captage et au château d'eau par un représentant local.

Comme l'ensemble des captages sollicitant la nappe de la craie dans le secteur, les principaux problèmes qualitatifs de la source de Bougis sont :

- ▣ des pics de turbidité chroniques, consécutifs à chaque épisode pluvieux significatif (> 10 mm/j),
- ▣ la présence de pesticides (dépassements systématiques de la limite de qualité pour le paramètre déséthyl-atrazine -DEA-),
- ▣ la présence de nitrates à des concentrations proches de la limite de qualité qui trahissent une pollution diffuse d'origine agricole et une communication de la nappe avec la surface,
- ▣ la présence de germes pathogènes dans l'eau brute (coliformes, spores de bactéries sulfito-réductrices).

La surveillance de la qualité de l'eau est basée sur :

- ▣ un **suivi continu** (données télétransmises en temps réel) de la turbidité, de la température et de la conductivité,
- ▣ le contrôle sanitaire réglementaire : 2 analyses/an sur l'eau brute (source), 10/an aux points de mise en distribution.

En cas d'anomalie, principalement en cas de dépassement de la norme de turbidité, des analyses bactériologiques et physico-chimiques supplémentaires sont réalisées en auto-contrôle par le fermier jusqu'au retour à la normale.

La Lyonnaise des eaux assure la gestion des crises, avec information de la mairie, de la Ddass et des usagers (en cas de coupure de la distribution).

### 1.4.4 PLAN D'ALERTE ET DE SECOURS

En cas de pollution de la source de Bougis, les sables albiens constituent la seule ressource de substitution à Courtenay. Des venues sableuses empêchent l'exploitation optimale du forage "des Husquins", même en secours, et cette solution imposerait l'adaptation de la filière de traitement (déferrisation/démanganisation).

Dans le cadre de son schéma directeur d'alimentation en eau potable, la commune a envisagé des interconnexions en appoint/secours avec des Syndicats voisins (3 Fontaines, Verlin et Gâtinais). Ces collectivités sollicitent la même ressource, la nappe de la craie.

La commune doit établir avec l'aide de la Lyonnaise des eaux son propre Plan de secours spécialisé (PSS-eau potable) selon les recommandations du guide méthodologique "Elaboration des dispositions locales de secours pour la distribution d'eau potable", Ministère de l'Agriculture – FNDAE – OIE, décembre 2002<sup>[1]</sup>, document qui s'articule autour d'un organigramme qu'il convient d'adapter au contexte local.

<sup>1</sup> Téléchargeable sur [www.oieau.fr/eaudoc/librairie.htm](http://www.oieau.fr/eaudoc/librairie.htm)

## 2. CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE

### 2.1 GEOLOGIE

La structure géologique du Bassin Parisien explique l'organisation concentrique de ses grandes régions naturelles. La zone d'étude est située en bordure Sud du bassin, aux confins des régions écologiques du Gâtinais et de la Puisaye, à la limite entre le flanc méridional de l'auréole du Crétacé et la zone centrale à sédiments tertiaires.

#### 2.1.1 GEOMETRIE DES TERRAINS

Dans le secteur de Courtenay, outre les forages pétroliers et les quelques ouvrages sollicitant les sables albiens, les forages recensés (voir annexe I) s'arrêtent tous dans les premiers décamètres du niveau crayeux Crétacé supérieur, d'épaisseur totale supérieure à 300 m.

La succession des couches géologiques est déduite des coupes des forages proches. La série sédimentaire est monoclinale, avec un faible pendage vers le N.

#### 2.1.2 LITHOLOGIE

La commune de Courtenay est érigée sur :

- ▣ la couverture tertiaire à quaternaire, composée d'argiles à silex résultant de la décalcification de la craie sous-jacente,
- ▣ et un versant de la rivière Claire constitué de limons à intercalations de cailloutis de silex.

Des blocs épars de quartzites (appellation locale de "grès de Piffonds") sont repérés dans la prairie en amont immédiat la zone d'émergence de Bougis (fig. 1).

Des alluvions et colluvions à dominante limono-argileuse occupent les axes des vallées (cf. descriptif des sondages pelleteuse et électriques, annexes II et III).

Plus argileuses à leur base et dans l'axe du Ru de Bougis (la pente moins forte que celles des affluents permet le dépôt des sédiments les plus fins), ces formations très peu perméables expliquent la présence de nombreux étangs au SE de Courtenay (Jacqueminière, Berjaterie, Biancourt, Sainte-Anne).

La base des argiles repose directement sur la craie sénonienne, blanche, tendre, à rognons de silex, fissurée, **aquifère**.

### 2.1.3 EPAISSEUR

La craie est atteinte sous une couverture épaisse de 2 à 30 m, minimale dans les vallées, maximale sur les plateaux.

Dans le cadre des investigations complémentaires demandées par l'hydrogéologue agréé dans son avis préliminaire, la réalisation d'un piézomètre à proximité du captage et la campagne de sondages pelleteuse et électriques ont permis de préciser la lithologie et l'épaisseur minimale de la couverture dans l'axe des 2 talwegs principaux (ru de Bougis et ru de Piffonds, situation en fig. 2, 3 et 4) :

- ▣ le piézomètre recoupe la craie à partir de 3,8 m ;
- ▣ dans les sondages pelleteuse (cf. fig. 5 et descriptifs en annexes II), la craie est touchée uniquement dans le SP2, à 1,9 m de profondeur, dans le périmètre clôturé de la source ; profonds de 2,5 à 3,7 m, les 8 autres sondages ne l'atteignent pas ;
- ▣ après un étalonnage sur un affleurement de la craie au NW du village (lieu-dit "le Four à Chaux"), sur le piézomètre et sur le SP2, les sondages électriques révèlent le toit de la craie à une profondeur comprise entre 0,9 m (SEV7 -amont immédiat de la source-) et 12 m (SEV20 -Grand Brassoir-, SEV22, SEV23 -Berjaterie-), avec des valeurs fréquentes de 4 à 8 m (SEV1, SEV2, SEV3, SEV5, SEV6, SEV9, SEV10, SEV11, SEV12, SEV13, SEV14, SEV15, SEV17) ; voir diagrammes en annexes III.

L'épaisseur totale de la craie est de l'ordre de 300 m, mais l'ouverture des fissures n'est bien exprimée que sur les 30 à 50 premiers m.

Des dolines (ou bétouilles ou mardelles) de dimensions variables (diamètre 10 à 80 m, profondeur 3 à 10 m) sont recensées au voisinage de la source de Bougis : env. 0,5 u/km<sup>2</sup> (voir fig. 1).

### 2.1.4 LE RESERVOIR = LA CRAIE

La craie occupe plus de 50.000 km<sup>2</sup> sur l'ensemble du Bassin Parisien, à l'affleurement ou sous les sédiments tertiaires de la zone centrale.

Le trait majeur de l'aquifère crayeux est de présenter une dichotomie du degré de fissuration qui commande le comportement hydraulique du réservoir ainsi différencié en zones de vallées, plus productives, et zones de plateaux.

### 2.1.5 GEOMETRIE DES VIDES

La fissuration de la craie d'origine tectonique et amplifiée par des phénomènes physico-chimiques de dissolution est surtout élargie :

- dans les couches proches du sol,
- dans les couches situées à l'aplomb des vallées actuelles, mais seulement dans des zones où elles sont sub-affleurantes (recouvrement peu épais).

## 2.2 HYDROGEOLOGIE

### 2.2.1 PRESENTATION DE L'AQUIFERE

Les eaux souterraines sont d'un **intérêt économique majeur**, représentant la totalité des ressources en eau potable du département : env. 55 millions de m<sup>3</sup>/an. A elle seule, **la nappe de la craie** dispense plus de la moitié des volumes captés.

La craie présente une porosité qui peut atteindre 30 %, tandis que la perméabilité d'interstices reste très faible. En fait, c'est la **fissuration** qui lui confère sa perméabilité, améliorée par dissolution ou **karstification**.

Si la perméabilité interstitielle est répartie de manière homogène, la fissuration -et a fortiori la karstification- n'intéresse que certains secteurs du réservoir avec une distribution très hétérogène.

Le degré de fissuration de la craie diminue avec la profondeur : l'auréole supérieure décomprimée à fissuration ouverte est épaisse de 30 à 50 m, la craie compacte étant considérée comme le véritable mur de la nappe.

<i>Nature lithologique de l'aquifère</i>	craie sénonienne fissurée et karstifiée
<i>Toit</i>	limon argileux
<i>Mur</i>	craie compacte
<i>Type d'aquifère</i>	monocouche, discontinu, anisotrope
<i>Type de nappe</i>	libre

#### **Principales caractéristiques de l'aquifère**

### 2.2.2 CONDITIONS D'ALIMENTATION ET D'ÉCOULEMENT

Les limites des bassins hydrogéologiques de la nappe de la craie suivent globalement celles des bassins hydrographiques, même si dans le détail, la topographie peu marquée rend parfois délicate leur tracé : la piézométrie épouse la topographie, en atténuant son amplitude.

La zone d'alimentation de la source de Bougis, assimilée au bassin versant topographique du ru de Bougis (ou ru de Sainte-Anne ou ru de la Berjaterie), est ainsi estimée à **38,7 km<sup>2</sup>** (fig. 1).

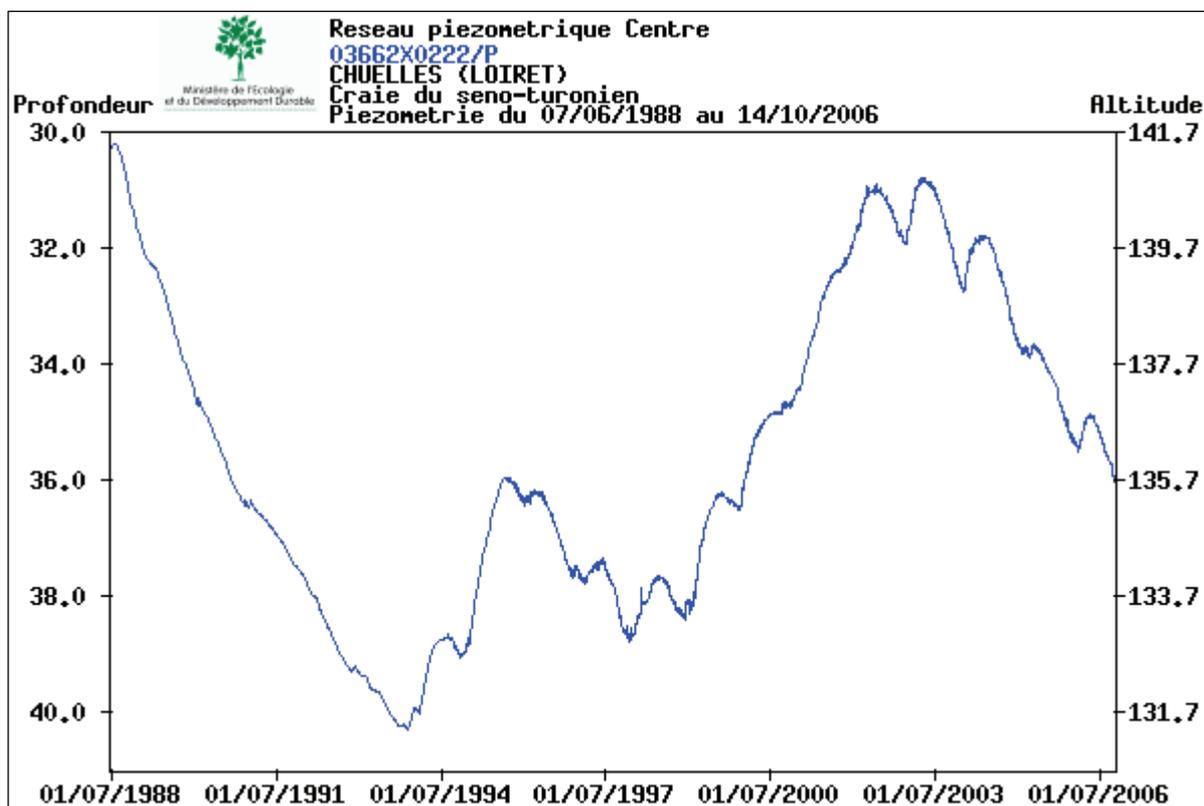
Les écoulements souterrains empruntent les axes de fissuration (fig. 6). ; ils seraient orientés :

- ▣ S-N, depuis la Berjaterie vers Bougis,
- ▣ E-W, depuis le bourg de Piffonds vers Bougis.

**La zone d'émergence de Bougis serait positionnée à l'intersection de deux réseaux majeurs de fractures**, perpendiculaires, les observations géomorphologiques locales et régionales trahissant l'histoire tectonique.

Le gradient hydraulique, moteur des écoulements, d'orientation générale SE-NW, est de l'ordre de 4 ‰.

Les fluctuations inter-annuelles de la nappe de la craie montrent une forte baisse entre 1988 et 1993, une remontée jusqu'au niveau de 1988 entre 1993 et 2003, et une nouvelle baisse depuis (voir graphique ci-dessous, réseau Diren Centre, piézomètre de Chuelles).



Aucun affleurement de la craie n'est inventorié dans le bassin. L'alimentation de la nappe se fait par infiltration des eaux de pluie à raison de 150 mm/an pour une pluviométrie moyenne de 700 mm/an, au travers de la couverture, facilitée au droit des talwegs et dolines qui l'entaillent (fig. 10).

Ainsi le ru de Piffonds s'infiltré de manière diffuse dans sa partie aval (perte de 20 % du débit estimé sur 200 ml les 7 et 8 mars 2006, voir fig. 16).

Les sondages destructifs et les investigations géophysiques (annexes II et III) ont mis en évidence une couverture de texture limono-argileuse sur au moins 5 m d'épaisseur dans les vallées, avec un minimum (2 m) observé au droit de l'émergence de Bougis.

L'épaisseur et la perméabilité de la couverture conditionnent la vulnérabilité de l'aquifère (voir § 5).

### 2.2.3 HYDRODYNAMIQUE

En l'absence de ressource de substitution, les pompages d'essai ont été adaptés aux impératifs d'exploitation du captage. Les principaux résultats sont résumés ci-dessous (voir figures 11 et 12).

pompage	date	25 au 26 janvier 2006
	durée et débit	6 h à 70 m <sup>3</sup> /h + 12 h à 140 m <sup>3</sup> /h
source captée de Bougis	niveau statique	0,47 m/sol
	niveau dynamique (fin de pompage à 140 m <sup>3</sup> /h, pseudo-stabilisé après ½ h de pompage)	1,08 m/sol
	rabattement	0,61 m
	rabattement spécifique	4,36.10 <sup>-3</sup> m/ m <sup>3</sup> /h
	débit spécifique	230 m <sup>3</sup> /h /m
piézomètre (distance à la source captée = 10 m)	niveau statique	0,37m/sol
	niveau dynamique (fin de pompage à 140 m <sup>3</sup> /h)	0,64 m/sol
	rabattement	0,27 m
paramètres hydrodynamiques	transmissivité (voir fig. 13)	3,2.10 <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> /s
	perméabilité	1,1.10 <sup>-2</sup> m/s
	coefficient d'emmagasinement	15 %

#### **Principaux résultats des pompages d'essai**

Même si les conditions d'application ne sont pas complètement respectées (milieu homogène, continu, isotrope), la transmissivité calculée à l'aide de l'approximation de Theis-Jacob témoigne d'une excellente perméabilité du réservoir crayeux, donc indirectement d'une karstification aboutie : cavités de grandes dimensions, bien connectées et bien organisées.

La valeur du coefficient d'emmagasinement confirme le caractère libre de la nappe malgré l'omniprésence d'une couverture très peu perméable qui la confine.

#### RELATIONS NAPPE / COURS D'EAU

Au-delà de la connaissance des paramètres hydrodynamiques locaux, l'objectif principal du pompage était de vérifier la possibilité d'alimentation du captage en pompage par le ru de Bougis qui s'écoule à 30 m de la source.

Avec un niveau statique à -0,47 m/sol le 25 janvier 2006, soit + 0,76 m/niveau d'eau du ruisseau (angle SE du périmètre clôturé, en amont du captage) et un niveau dynamique (à 140 m<sup>3</sup>/h) à + 0,17 m/ruisseau, **le cône d'appel du pompage n'atteint pas le cours d'eau.**

Lors de crues du ru de Bougis, son niveau peut dépasser celui de la source et permettre aux écoulements superficiels de s'infiltrer dans le sous-sol mais de manière limitée par les effets de berges (matériaux peu perméables).

### 3. LA SOURCE CAPTEE DE BOUGIS

#### 3.1 CARACTERISTIQUES CONSTRUCTIVES

Après plusieurs avis hydrogéologiques relatifs à l'alimentation en eau potable de la commune de Courtenay à partir de la source de Bougis<sup>[2]</sup>, l'entreprise Intrafor/Cofor améliore le captage en 1981.

La zone d'émergence (fig. 7 et 8) est reconnue par sondages et un forage de gros diamètre captant le sommet de l'aquifère crayeux est réalisé à l'aplomb d'une cavité existante matérialisant un des principaux griffons de 3,5 m de profondeur (correspondant au toit de la craie).

La technique du tubage provisoire à l'avancement a été utilisée en raison de l'instabilité de l'épiderme crayeux, très fracturé et fissuré. Le déroulement des travaux du piézomètre en janvier 2006 confirme cette grande instabilité de la craie dans la zone d'émergence ; le secteur a d'ailleurs été remblayé autour du captage jusqu'au ru de Bougis en 1981.

L'ouvrage recoupe donc la craie à partir de 3,5 m et d'importantes venues d'eau jusqu'au fond à 6,5 m.



**Vue extérieure du captage**



**Vue intérieure du captage  
raccord tube plein / crépines**

Profondeur	6,10 m/sol
Niveau statique	0,6 m/sol le 29 mars 2006
Construction	1981
Entreprise	Intrafor-Cofor, route de la Ferté-Alais, 91720 Maisse
Margelle	buse béton Ø2.000 mm, hauteur 1,05 m, sous talus enherbé
Tubage	acier Ø1.200 mm de 0 à 1,3 m
Crépines	acier Ø1.200 mm de 1,3 à 6,1 m, trous oblongs 30 x 6 mm, 20 % vide
Massif filtrant	gravillons siliceux calibrés, granulométrie inconnue, épaisseur 20 cm
Fermeture	trappe métallique cadénassée
Equipement de pompage	2 pompes KSB 8", immergées à 4 m de profondeur

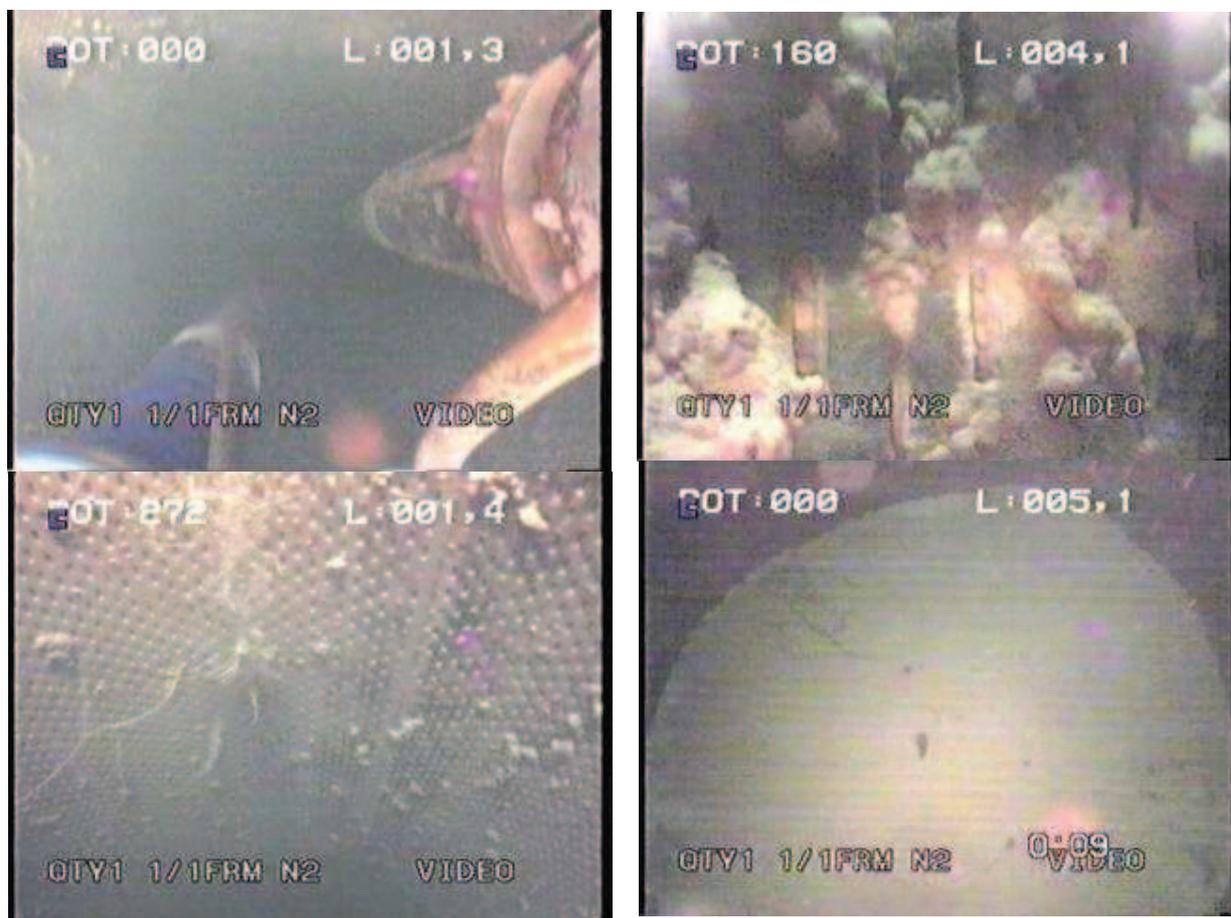
**Caractéristiques constructives du captage de Bougis (fig. 9)**

<sup>2</sup> M. Caudron, 1976 et 1977,

Le comportement de l'ouvrage est testé par pompages d'essai les 25 et 26 janvier 2006. La productivité est excellente, avec un **débit spécifique de 230 m<sup>3</sup>/h/m** de rabattement, plus de quatre fois supérieure à celle supposée en 1989<sup>3</sup>.

Une inspection par caméra couleur Ø90 mm à tête rotative (visées radiale et axiale, dotée d'éclairages supplémentaires de 70 W- ; informations enregistrées sur CD-ROM, assorties de clichés significatifs) a permis de contrôler l'état du captage :

- ▣ le tubage plein et le sommet des crépines en acier ordinaire est corrodé sur 1 m, (partie émergée + zone de battement de la nappe en pompage) ;
- ▣ les **crépines** à trous oblongs sont partiellement **tapissées d'encroûtements carbonatés blanchâtres**, plutôt sur les faces S et E (arrivées d'eau selon ces axes) ;
- ▣ des racines et des radicelles traversent les crépines ;
- ▣ le massif filtrant à l'extrados des crépines est visible au travers des trous oblongs ;
- ▣ le fond est touché à 6,10 m/repère, soit 0,4 m plus haut que les indications portées sur la coupe initiale (différence de repère et/ou colmatage de fond) ;
- ▣ les 2 soudures à 1,3 m et 4,2 m sont lisses, sans boursouffure anormale,
- ▣ les 2 pompes sont immergées entre 2 et 4 m de profondeur ; une est en excellent état, la seconde est recouverte d'encroûtements carbonatés.



<sup>3</sup> Avis sanitaire Ph. Maget, hydrogéologue agréé, 1989.

L'inspection vidéo conduit à préconiser des opérations de maintenance :

- ▣ brossage mécanique des crépines, complété si nécessaire par un traitement chimique (acide sulfamique ou chlorhydrique) ;
- ▣ éventuellement l'amélioration des conditions de filtre vis-à-vis de la turbidité par un rechemisage, l'augmentation des pertes de charges serait tolérable ; l'efficacité du filtre présentera une durée limitée et nécessitera des régénérations régulières tous les 2-3 ans a priori.

### 3.2 DISPOSITIFS DE PROTECTION

La parcelle ZR-9 acquise par la commune en 1981 est clôturée sur 1,2 m de haut, avec un portail cadénassé doté d'une alarme anti-intrusion (fig.7).

Pour empêcher l'intrusion d'eaux parasites lors des crues du ru de Bougis, la margelle dépasse le sol naturel de 1,05 m.

Le capot de fermeture haute n'est pas étanche mais cadénassé.

### 3.3 SUIVI EN EXPLOITATION

La Lyonnaise des eaux enregistre en continu depuis plusieurs années la turbidité, le temps de fonctionnement des pompes et le niveau de remplissage du réservoir.

Après aménagement fin juillet 2005 d'un canal de mesure sur le trop-plein de la source, en amont immédiat de la confluence avec le ru de Bougis (fig. 8) , 3 paramètres supplémentaires sont enregistrés au pas de temps 10 minutes (sondes Endress+Hauser) :

- ▣ débit du trop-plein (mesure de la hauteur d'eau par capteur ultrasons en amont d'un venturi, valeur du débit calculée avec courbe de tarage étalonnée - précision de la mesure 5 %) ;
- ▣ température de l'eau (précision 0,01 °C) ;
- ▣ conductivité (précision 1 µS/cm).



**Trop-plein de la source : le canal de mesure du débit et le capteur ultra-sons**



**La sonde température/conductivité**

Chroniques débit/turbidité/température/conductivité du 27 juil. 2005 au 18 sept. 2006 : fig. 14 à 19.

### 3.3.1 DEBIT

Aucune donnée de jaugeage de la source ou du trop-plein n'est retrouvée en archives, seulement quelques estimations dans les avis hydrogéologiques ( "débit de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/h"; Caudron - 1976).

Connaissant les plages horaires de fonctionnement des pompes et le débit de prélèvement, le débit enregistré au trop-plein permet de reconstituer le débit total de la source à chaque instant (fig. 12).

Les enregistrements révèlent (fig. 14) :

débit minimum	171 m <sup>3</sup> /h
<b>débit moyen</b>	<b>207 m<sup>3</sup>/h</b>
débit maximum	330 m <sup>3</sup> /h

La valeur du débit moyen conforte la délimitation de l'aire d'alimentation de la source vers le Sud sur la base des données géologiques et interprétations tectoniques, au-delà du bassin du ru de Piffonds vers l'Est, seul axe de drainage de l'aquifère crayeux supposé en première approche dans les avis hydrogéologiques successifs.

**Le débit moyen de la source est plus de 3 fois supérieur aux besoins moyens** de la collectivité, 1,5 à 2 fois supérieur à la demande de pointe.

La valeur du débit spécifique moyen annuel, 1,5 l/s/km<sup>2</sup>, est comparable à celles observées sur quelques sources voisines (Trois-Fontaines à Saint-Loup-de-Gonnois, Douchy, ...).

Les hautes-eaux sont observées au printemps après la recharge hivernale, les basses-eaux à la fin de l'automne.

En réponse à une pluie de 10 mm/j minimum, le débit augmente 8-10 h plus tard (voir les 2 épisodes pluvieux du 15 février au 15 mars 2006 sur la fig. 14).

### 3.3.2 TURBIDITE

La turbidité habituelle (hors période pluvieuse) est comprise entre 0,3 et 0,6 NFU. Elle augmente et dépasse la limite de potabilité (1 NFU) après chaque pluie supérieure à 10 mm/j ou 2 mm/h (fig. 15) :

turbidité minimum	0,3 NFU
<b>turbidité moyenne</b>	<b>1,3 NFU</b>
turbidité maximum	18,7 NFU

L'allure de la réponse est toutefois bien différenciée (voir fig. 16) :

- ☞ le 11 septembre 2005, la turbidité de l'eau augmente très peu (3 NFU) après une pluie très intense (53 mm/j) ;
- ☞ le 17 janvier 2006, un pic à 15,5 NFU est enregistré après une pluie "courante" (20 mm en 24 h) ;
- ☞ du 2 au 9 mars 2006, la turbidité monte à 10 NFU après 16 mm de pluie en 2 j, puis à 12 NFU après 20 mm en 3 j.

Contrairement au déphasage pluie/débit qui souligne un transfert de pression, le déphasage pluie/turbidité (de 20 à 22 h selon les épisodes, voir fig. 17) marque un transfert de masses et permet d'estimer les **vitesses de circulation dans l'aquifère** : de l'ordre de **20 à 200 m/h** (selon l'éloignement du point d'infiltration supposé).

La turbidité joue ainsi le rôle d'un **traceur**, même si les mécanismes de mobilisation des particules sont complexes :

- ☞ les eaux de pluie ruissellent sur les coteaux, arrachent des limons et argiles puis s'infiltrent dans l'aquifère crayeux,
- ☞ les eaux de pluie s'infiltrent, le niveau de la nappe monte et atteint des cavités dont les argiles qui tapissent les parois sont entraînées vers l'exutoire.

La forme de la réponse "turbidité" évolue dans le temps : elle dépasse la norme pour des pluies de moins en moins intenses et le temps de retour à la normale après un dépassement est de plus en plus long.

### 3.3.3 CONDUCTIVITE

De septembre 2005 à janvier 2006, l'enregistrement est très perturbé ; après expertise de la sonde, le fabricant reconnaît le dysfonctionnement de l'électrode et la remplace.

Un très fort bruit ( $\pm 50 \mu\text{S/cm}$ ) est constaté à partir de fin avril jusqu'à fin juin 2006 puis d'août à septembre. La turbidité en partie responsable oblige à prévoir un contrôle étalonnage/nettoyage régulier de l'électrode.

A partir de janvier 2006, les enregistrements révèlent (fig. 18) :

conductivité minimum	579 $\mu\text{S/cm}$
<b>conductivité moyenne</b>	<b>705 <math>\mu\text{S/cm}</math></b>
conductivité maximum	1.106 $\mu\text{S/cm}$

La conductivité présente une tendance à suivre la courbe du débit, donc de répondre à un signal pluie, mais sans corrélation univoque.

La conductivité est un indicateur de la minéralisation totale d'une eau. Même si ce n'est pas le paramètre prioritairement responsable de ses variations, une bonne corrélation conductivité/teneur en nitrates est mise en évidence sur le bassin hydrogéologique voisin des Trois-Fontaines<sup>[4]</sup>.

Les augmentations de conductivité après les pluies confirmeraient donc l'entraînement de nitrates vers l'aquifère après lessivage de terres cultivées.

**L'écart important** entre la conductivité moyenne et les valeurs en période pluvieuse témoigne indirectement de la **vulnérabilité de l'aquifère**.

### 3.3.4 TEMPERATURE

De juillet 2005 à septembre 2006, la température fluctue autour de 11°C, valeur normale pour des eaux souterraines circulant entre 20 et 50 m de profondeur et une température moyenne annuelle du lieu de 10,7 °C (fig. 15) :

température minimum	10,3 °C
<b>température moyenne</b>	<b>11,2 °C</b>
température maximum	11,8 °C

La température présente une parfaite corrélation inverse avec le débit (la température baisse quand le débit augmente, les 2 phénomènes répondant à un même signal pluie).

L'amplitude des variations thermiques (-1 °C entre le 15 février et le 15 mars) est importante et trahit des **circulations rapides** d'eaux de pluie froides qui se mélangent peu avec les eaux souterraines, dotées d'une certaine inertie.

<sup>4</sup> Brgm, juin 2004, "Surveillance de la qualité des eaux souterraines sur un bassin karstique en région Centre : les 3 Fontaines".

## 4. QUALITE DE L'EAU

*Annexes IV : Analyse de première adduction du 26 janvier 2006 et chronique 1989-2005.*

### 4.1 CHRONIQUE D'ANALYSES

La Ddass exerce un contrôle sanitaire obligatoire du captage et du réseau AEP :

- ▣ 1 analyse/an est disponible sur l'eau brute,
- ▣ 4 analyses/an sur l'eau traitée,
- ▣ 1 analyse/mois sur l'eau distribuée,

soit plus de 250 analyses.

<b>Paramètres</b>	<b>Variations de 1989 à 2005</b>
pH	7,1 - 7,3
turbidité	0,3 - 1,5 NFU
conductivité (à 20°C)	480 - 630 µS/cm
nitrates	35 - 55 mg/l
sulfates	7,7 - 14,5 mg/l
chlorures	21 - 25 mg/l
hydrogénocarbonates	285 - 297 mg/l
calcium	105 - 118 mg/l
magnésium	2,1 - 2,7 mg/l
sodium	8,2 - 9,7 mg/l
potassium	1,7 - 2,0 mg/l
faciès eau	bicarbonaté calcique

#### **Principales caractéristiques de l'eau brute captée**

#### PHYSICO-CHIMIE

L'eau est dure (30 °F), incrustante, au faciès bicarbonaté calcique bien marqué.

#### BACTERIOLOGIE

Une flore banale et des bactéries pathogènes (coliformes) régulièrement présentes dans l'eau brute sont éliminées par désinfection. Après traitement, les analyses sur l'eau distribuée sont conformes.

#### POLLUANTS

Après 2 pics à 80 mg/l en 1993 et 1994, les concentrations en nitrates diminuent et oscillent entre 35 et 55 mg/l, avec une valeur moyenne à 40 mg/l, inférieure à la limite de qualité pour les eaux destinées à la consommation humaine (50 mg/l).

Des pesticides (atrazine-AT-, déséthyl-atrazine-DEA-, isoproturon-IPU-) sont décelés ; depuis 2001, l'AT reste sous la limite de potabilité (0,1 µg/l) alors que son sous-produit DEA la dépasse ; après 2 analyses non-conformes aux printemps 1994 et 1995, l'IPU reste sous le seuil de mesure.

## 4.2 ANALYSE DE PREMIERE ADDUCTION

### 4.2.1 RESULTATS

Echantillonnage le 26 janvier 2006 sur le trop-plein de la source (voir annexe IVa). Les résultats sont conformes à la chronique 1989-2005 :

- ▣ la concentration en nitrates est élevée (43 mg/l) mais inférieure à la limite de potabilité.
- ▣ des bactéries pathogènes sont détectées (*E. coli*, coliformes totaux, spores de bactéries sulfito-réductrices).
- ▣ en dehors de la DEA (0,16 µg/l), absence de tout élément toxique (métaux lourds, hydrocarbures, pesticides) ou indésirable (fer, manganèse, ...).

### 4.2.2 EVALUATION DE LA QUALITE SELON LE SEQ

Un système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ "Eaux souterraines") a été élaboré par les Agences de l'eau. Il n'est qu'indicatif, basé sur les anciennes normes de potabilité, modifiées depuis le 24 déc. 2003.

#### EVALUATION DE L'APTITUDE DE L'EAU POUR LA PRODUCTION D'EAU POTABLE

ALTERATIONS	Goûts et odeurs	Matières organiques oxydables	Fer et Manganèse	Particules en suspension	Coloration	Micro-organismes	Minéralisation et salinité	Nitrates	Matières azotées hors nitrates	Micropolluants minéraux	Pesticides	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Poly-Chloro-Biphényles	Micropolluants organiques
CLASSE DE QUALITE														
PARAMETRES DECLASSANTS						Coliformes + spores + flore banale	Conductivité (624 µS/cm) Résidu sec (417 mg/l) Chlorures (30,5 mg/l)	Nitrates (42,8 mg/l)			Atrazine (0,06 µg/l) D-atrazine (0,16µg/l)		non mesurés	

	Eau de qualité optimale pour être consommée
	Eau de qualité acceptable pour être consommée mais, pouvant, le cas échéant, faire l'objet d'un traitement
	Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation
	Eau inapte à la production d'eau potable

### ETAT PATRIMONIAL ET NIVEAUX DE DEGRADATION

"L'état patrimonial du SEQ "Eaux souterraines" fournit une échelle d'appréciation de l'atteinte des nappes par la pollution et permet de donner une indication sur le niveau de pression anthropique s'exerçant sur elles sans faire référence à un usage quelconque."

ALTERATIONS	Nitrates	Micropolluants minéraux	Pesticides	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Poly-Chloro-Biphényles	Micropolluants organiques
ETAT PATRIMONIAL ET NIVEAUX DE DEGRADATION						
PARAMETRES DECLASSANTS	Nitrates (42,8 mg/l)		D-atrazine (0,16 mg/l)			

	Eau dont la composition est naturelle ou sub-naturelle
	Eau de composition proche de l'état naturel mais détection d'une contamination d'origine anthropique
	Dégradation significative par rapport à l'état naturel
	Dégradation importante par rapport à l'état naturel
	Dégradation très importante par rapport à l'état naturel

### 4.3 EVALUATION DU RISQUE DE DISSOLUTION

Selon l'arrêté du 4 Novembre 2002 relatif aux modalités d'évaluation du potentiel de dissolution au plomb, le pH de référence est 7,2, soit un potentiel de dissolution au plomb qualifié d' "élevé".

Les canalisations du réseau principal sont en fonte, PVC ou PEHD. Le risque de dissolution est limité aux 380 branchements présentant du plomb (soit 17 % des branchements) dans le centre du bourg. Leur recensement a été réalisé dans le cadre du schéma directeur d'alimentation en eau potable et leur remplacement est programmé.

Le caractère incrustant de l'eau est favorable au dépôt d'une couche de protection dans les canalisations, limitant les risques de corrosion.

## 5. ENVIRONNEMENT ET EVALUATION DES RISQUES DE POLLUTION

### 5.1 VULNERABILITE DE LA RESSOURCE

#### 5.1.1 LES PARAMETRES CONSIDERES

La vulnérabilité de la ressource dépend :

- ▣ de la nature du réservoir : karstique, à perméabilité de fissures, élargies, avec peu de filtration et des vitesses de circulation rapides (20 à 200 m/h) ;
- ▣ de la nature des formations superficielles : argiles limoneuses et argiles à silex, peu perméables mais peu épaisses, localement entaillées par des ruisseaux et dolines ;
- ▣ de l'épaisseur de la couverture : la nappe est peu profonde (3-6 m sous les vallées, 15-20 m sous les plateaux), la zone non saturée peu épaisse (2 à 20 m).
- ▣ des échanges avec les eaux de surface : perte diffuse du ru de Piffonds avant sa confluence avec ru de Bougis, infiltration directe par le fond des dolines, ...
- ▣ de la pente des terrains qui limite l'infiltration au profit du ruissellement.

La couverture végétale, variable dans l'année, n'est pas un paramètre constitutif de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère même si son état influence la réponse du système à une pluie.

#### 5.1.2 METHODES D'EVALUATION

##### VULNERABILITE INTRINSEQUE

L'indice de vulnérabilité intrinsèque  $V_{tot}$  est calculé à partir de plusieurs paramètres <sup>[5]</sup>:

- ▣ V1 = pluie efficace,
- ▣ V2 = pente des terrains,
- ▣ V3 = épaisseur de la couverture,
- ▣ V4 = perméabilité de l'aquifère,
- ▣ V5 = épaisseur de la zone non-saturée.

$$V_{tot} = V1 + V2 - V3 + 0,6 \times V4 + 0,8 \times V5$$

	<b>indice de vulnérabilité</b>	<b>qualification</b>
talwegs	12	moyennement vulnérable
coteaux	10	
plateaux	5	faiblement vulnérable

La "méthode IDPR/ZNS" (Indice de développement et de persistance des réseaux/ épaisseur de la zone non-saturée) est utilisée à l'échelle du bassin Seine-Normandie. Elle constitue une approche simplifiée de la perméabilité des sols et donc du coefficient d'écoulement (rapport écoulement/infiltration).

Dans l'aire d'alimentation de la source, seul un tronçon du Ru de Bougis sur un linéaire de 1,2 km est pérenne pour 26 km de chevelu temporaire cumulé (figurés en tiretés sur la carte Ign 1/25.000 : Ru Bougis = 6,8 km + affluents RD = 12,3 km (dont Ru Piffonds = 4,8 km) + affluents RG = 7 km).

Avec un indice de drainage de 31 m/km<sup>2</sup> (pour un indice théorique de 670 m/km<sup>2</sup> supposant la persistance des réseaux), **l'infiltration est dominante**. A l'inverse, les nombreux plans d'eau permanents dans le talweg principal (ru de Bougis) soulignent la faible perméabilité de la couverture dans son axe.

<sup>5</sup> Brgm, déc. 2005, Vulnérabilité intrinsèque des aquifères et zones humides de la région Centre

DRASTIC

	Paramètres	Description ou valeur retenue	
		talwegs / coteaux	plateaux
D	Profondeur nappe	0 à 5 m	15-20 m
R	Recharge annuelle	150 mm	
A	Milieu aquifère	craie karstifiée	
S	Nature du sol	limon argileux	
T	Pente du terrain	2-5 %	0-2 %
I	Nature zone non saturée	limon + limon argileux	limon argileux +craie
C	Perméabilité	$10^{-5}$ à $10^{-6}$ m/s	$10^{-6}$ (couv.) à $10^{-4}$ (craie) m/s
	<b>Indice Drastic</b>	<b>ID = 141</b>	<b>ID = 131</b>

**Calcul de l'indice DRASTIC**

D'autres méthodes d'évaluation de la vulnérabilité ne sont pas utilisées :

- ▣ EPIK, adaptée aux aquifères karstiques mais d'application complexe, nécessitant des connaissances et un maillage détaillés du réservoir et de sa couverture,
- ▣ Forster, plus adaptée aux milieux poreux.

En résumé, la **vulnérabilité** de l'aquifère crayeux, distinguée en zones de plateaux/zones de talweg (voir fig. 21), est moyennement **élevée** en raison :

- de sa nature karstique, avec un réseau souterrain bien développé, des circulations rapides et peu de filtration,
- de la faible épaisseur de la couverture limono-argileuse peu perméable,
- de la faible profondeur de la nappe à l'aplomb des talwegs.

**5.2 VULNERABILITE DU CAPTAGE**

Malgré la clôture continue, le portail cadénassé avec alarme anti-intrusion et la rehausse de tête habillée par un tertre enherbé, le captage est vulnérable en raison :

- ▣ de sa situation en zone inondable du Ru de Bougis,
- ▣ de l'absence de dalle périphérique étanche, jointoyée à la margelle et pentée vers l'extérieur pour éloigner les eaux de pluie,
- ▣ de la trappe d'accès non étanche.

Dans le cadre de la régularisation du captage, des travaux correctifs sont prévus (voir § 6.2.).

## 5.3 INVENTAIRE DES FOYERS DE POLLUTION POTENTIELS

### 5.3.1 OCCUPATION DU SOL ET ACTIVITES AGRICOLES

#### Parcelles cultivées

L'environnement du captage présente une très forte vocation **agricole** (polyculture). La surface agricole utile -SAU- qui couvre plus de 85 % de l'aire d'alimentation de la source est répartie entre céréales (blé = env. 60 % de la SAU <sup>[6]</sup>) et oléagineux (colza principalement, cf. fig. 22).

Les bois (10 %) et les zones d'habitat diffus (hameaux + écarts -exploitations agricoles-) se partagent la superficie restante.

Les engrais (nitrates) et pesticides (IPU sur blé, AT sur maïs et comme désherbant total) sont largement utilisés. L'AT est interdite depuis 2002, mais des traces de DEA, sous-produit de sa dégradation, sont constatées sur l'ensemble des captages sollicitant la nappe de la craie dans le secteur à des concentrations analogues (0,1 à 0,3 µg/l) : sources des Trois Fontaines, de Douchy, de Vernoy, forage de Piffonds, (données Ddass45 et Ddass89).

Les études détaillées conduites depuis plus de 15 ans sur le bassin voisin de la source des Trois Fontaines indiquent <sup>[7]</sup> :

- ▣ les pics de concentration en IPU à l'exutoire sont consécutifs à des traitements en hiver et au début du printemps,
- ▣ la concentration a nettement baissé en 10 ans (entre 1993 et 2002, diminution des surfaces réceptrices et/ou réduction des doses),
- ▣ la présence d'IPU est corrélée à des augmentations de débit de la source et des concentrations en éléments minéraux, qui trahissent une infiltration et des circulations rapides (mi-vie de l'IPU = 12 j),
- ▣ contrairement à l'IPU, l'AT n'a pas un usage strictement agricole : comme la simazine, elle peut être utilisée pour le désherbage des bords de route et de voies ferrées,
- ▣ période d'application de l'AT = avril-mai, avec une mi-vie de l'ordre de 60 j,
- ▣ la DEA apparaît systématiquement à des concentrations supérieures à celles du produit-mère, l'AT : le temps de séjour de l'AT dans le sol est donc suffisamment long pour que les mécanismes de biodégradation qui génèrent la DEA puissent s'exprimer.

La présence de DEA et l'absence d'IPU et d'AT à la source de Bougis invitent donc à privilégier l'hypothèse d'une infiltration lente à travers la couverture limono-argileuse.

Les pics de turbidité observés moins de 24 h après des pluies seraient dus à l'entraînement d'argiles tapissant des cavités non-saturées à leur mise en eau plutôt qu'en réponse à une infiltration verticale dans la zone non saturée puis une circulation horizontale très rapide dans les galeries karstiques.

La distinction du comportement plateaux/talwegs est confirmée :

- ✓ peu de ruissellement et infiltration lente sur les plateaux (couverture épaisse),
- ✓ ruissellement sur les coteaux et entraînement de particules solides,
- ✓ infiltration dans les zones les plus perméables des fonds de vallées (Ru de Piffonds surtout), même si aucune perte ponctuelle n'a pu être identifiée en mars 2006 à la fin du printemps qui constitue la période la plus propice à l'observation de ces phénomènes.

La rotation des cultures explique la présence de sols nus en hiver, facilitant les mécanismes d'entraînement de particules solides pendant cette période (voir fig. 16).

<sup>6</sup> données RGA 2000

<sup>7</sup> Brgm, déjà citées

En raison de la mauvaise perméabilité des sols, la valorisation agricole d'une majorité des parcelles a nécessité la mise en place de drains enterrés (plus de la moitié de la SAU sur le territoire de Courtenay).

Dans le même objectif d'amélioration du ressuyage des terres, la partie aval du ru de Piffonds, a été canalisée sur 600 m en 1994-1995. Jusqu'à cette anthropisation du cours d'eau, les écoulements issus de l'amont du chemin communal des Moriers s'étaient dans la prairie avant de rejoindre le ru de Bougis, 150 m en amont de la source (le fossé n'apparaît pas sur la carte Ign au 1/25.000).

### Elevages

Les 3 principaux élevages recensés dans la zone d'étude sont (fig. 22) :

- ▣ Les Gauthiers (bergerie) : 250 brebis, pacage dans les prairies autour de la source de Bougis (abreuvoir le long de la clôture, à moins de 10 m du captage) ;
- ▣ La Féverie : 300 vaches ; l'installation est mise aux normes en 2000-2001 (stabulation, modification des stockages de produits dangereux -engrais, pesticides, carburants-) ; l'étang du Petit Chapitre sur l'affluent RD du ru de Bougis joue le rôle de lagunage des éventuels ruissellements de surface issues de l'exploitation ;
- ▣ La Berjaterie : 100.000 volailles (poussins) ; comme le Grand Brassoire, les étangs de Biancourt et de Sainte-Anne constituent de vastes lagunes qui atténuent la charge organique des éventuels rejets depuis les silos d'élevage vers le ru de Bougis.

### 5.3.2 ACTIVITES INDUSTRIELLES

La principale zone industrielle de Courtenay (ZI Luteau) est située 1 km à l'W de la source de Bougis.

Les 2 ICPE soumises à autorisation (Ibiden et Ecologistique) sont positionnées sur le plateau dominant la Claire : les ruissellements sont dirigés vers la rivière et ne peuvent atteindre la source de Bougis, pas plus que les écoulements souterrains dans la craie, après infiltration, dirigés vers le NNW.

Aucune industrie n'est située dans l'aire d'alimentation de la source de Bougis.

### 5.3.3 VOIES DE COMMUNICATION

	<i>position / captage</i>	<i>trafic</i>
A6	2 km en amont, à l'Est (ru de Piffonds)	> 45.000 véhicules/j
D15 vers Piffonds	250 m en amont (virage Genêtre)	env. 200 véhicules/j
D32 vers Saint-Martin-d'Ordon	600 m en amont au Sud (Pont de Pierre)	env. 500 véhicules/j
chemin communal vers Les Moriers	500 m en amont, à l'Est (ru de Piffonds)	quelques véhicules/j

#### **Caractéristiques des voies de communication**

Le principal **foyer de pollution potentiel est l'A6** qui recoupe l'aire d'alimentation de la source sur un linéaire de 4,5 km.

De larges fossés enherbés collectent les eaux pluviales ruisselées sur la plate-forme autoroutière et les adressent à des bassins de rétention qui jouent le rôle de décanteurs et de dispositifs de confinement en cas de déversement accidentel sur la chaussée (voir fig. 23 et clichés en annexe V).

Malgré l'importante fréquentation de l'axe autoroutier et l'absence de plan d'alerte interne en cas d'accident, aucune pollution n'est recensée depuis plus de 20 ans. La chronique d'analyses disponible ne révèle aucune anomalie (hydrocarbures, métaux lourds, chlorures après salage hivernal) qui trahirait la migration rapide de polluants depuis la chaussée ou ses abords vers la source de Bougis.

### 5.3.4 REJETS D'EAUX USEES DOMESTIQUES

1/ Le hameau de Sainte-Anne (surtout composé de résidences secondaires) et les exploitations agricoles ne sont pas raccordés au réseau de collecte des eaux usées de la commune de Courtenay.

Certaines habitations sont équipées de dispositifs d'assainissement autonome, soit incomplets (fosse septique seule) soit inadaptés (tranchées d'épandage dans terrains argileux trop peu perméables, inaptes à l'épuration d'eaux usées).

Le flux d'eaux usées domestiques partiellement épurées qui rejoint le ru de Bougis représente environ 500 éq-hab.

2/ La commune de Piffonds exploite en régie directe la station d'épuration de 350 éq-hab. Son procédé de traitement est basé sur l'aération prolongée (données Idea89).

Bien qu'ancienne (1980), les bilans sont satisfaisants en période de fonctionnement "normal" : les mesures de charge sont conformes aux normes de rejet le 15 nov. 2005 lors d'une visite de contrôle.

Le réseau de collecte est supposé de type séparatif mais une surverse de la station dans le ru de Piffonds est observée par temps de pluie (débit de fuite d'env. 10 m<sup>3</sup>/h le 8 mars 2006 contre 1,5 m<sup>3</sup>/h maximum en temps normal) : des eaux pluviales parasites s'introduisent dans le réseau d'eaux usées.

### 5.3.5 PUIITS ET FORAGES

1/ Bien que les écarts soient raccordés au réseau public de distribution d'eau potable, la plupart des exploitations agricoles possède un puits ou un forage captant la nappe de la craie pour les besoins du bétail et l'arrosage.

Fermés sommairement et parfois facilement accessibles, ils constituent des regards directs sur la nappe et pourraient être à l'origine d'une pollution par déversement accidentel ou par négligence.

2/ Dans le secteur étudié, il existe de nombreux forages de reconnaissance pétrolière :

- ▣ 4 forages de profondeur 600 à 900 m ayant pour objectifs les sables néocomiens et les calcaires jurassiques ;
- ▣ une vingtaine de forages peu profonds (50 m max., tous rebouchés), à des fins d'étalonnage des appareils géophysiques (carottages sismiques).

*Situation et caractéristiques techniques des ouvrages recensés en annexe I.*

### 5.3.6 STOCKAGE DE PRODUITS POTENTIELLEMENT POLLUANTS

Des **décharges sauvages** sont remarquées (fig. 23) :

- ▣ dans le bois à l'amont immédiat de la confluence ru de Piffonds/ru de Bougis : déchets domestiques divers (bidons d'huile, de peintures, de solvants) ;
- ▣ dans la "Mardelle Bonnet" : déchets du BTP ;
- ▣ dans la doline proche des Maugerieries : déchets encombrants (carcasses métalliques d'appareils électroménagers).

En plus des stockages au niveau des principales exploitations agricoles, de faibles quantités d'engrais et de pesticides sont entreposées chez les particuliers pour le jardinage (hameau Sainte-Anne).

Aucune cuve à fioul enterrée n'est recensée dans le hameau Sainte-Anne.

## 5.4 EVALUATION DES RISQUES DE POLLUTION

L'évaluation des risques de contamination est la résultante de 3 facteurs :

- ▣ la vulnérabilité de l'aquifère au droit de l'activité potentiellement polluante ;
- ▣ la dangerosité du type d'activité en terme de contamination des eaux souterraines ;
- ▣ la cible potentiellement contaminée (le captage ou l'aquifère).

La vulnérabilité de l'aquifère -appréciée en tenant compte de ses caractéristiques structurales (nature des formations, épaisseur des recouvrements, profondeur de la nappe) et physiques (transmissivité)- est moyennement **élevée**.

La dangerosité de chaque activité est estimée par confrontation entre sa nature, son importance, l'état de ses installations, son éloignement, son degré de prévention et de surveillance.

La nature de la cible atteinte par la pollution, son étendue et sa localisation modifient le risque encouru. Si l'aquifère est considéré dans sa globalité, plusieurs captages peuvent être touchés mais la pollution sera d'autant moins importante que la source de contamination est lointaine. Dans le cas présent, la cible considérée est le captage.

type de pollutions	description	distance /captage	vulnérabilité aquifère	dangerosité de l'activité	risque/aquifère	risque/captage	motivation de la qualification du risque
diffuses	pacage ovins	10 m	forte	forte	fort	fort	couverture peu épaisse, éloignement du captage trop faible
	céréales (blé)	300 m	modérée	modérée	modéré	modéré	en plus des zones de plateaux, peu vulnérables, les versants des talwegs en pente douce sont cultivés : ruissellement vers cours d'eau et infiltration à travers la couverture d'épaisseur moyenne 5-6 m
	oléagineux (colza)	500 m	modérée	modérée	modéré	modéré	idem
	autres pacages/stabulations (bovins)	2.500	modérée	modérée	modéré	faible	Féverie / Les Grands Roux : éloignement, lagunage dans étangs du Chapitre + Biancourt + Sainte-Anne
linéaires	A6 (sur 4,5 km)	2.000 m	forte sur 1 km (ru Piffonds)	forte	fort	fort	très fort trafic (> 45.000 véhicules/jour) franchissement talweg ru de Piffonds sans cunettes étanches continues ni protocole alerte spécifique protection ressource en eau en cas d'accident
	D232/D15	250 m	modérée	modérée	modérée	modéré	faible trafic, peu de camions, mais proximité du captage
	D32/D107	600 m	modérée	modérée	modéré	faible	faible trafic, franchissement ru de Bougis moins vulnérable que ru de Piffonds
	chemin communal Moriers/Champenoiserie	500 m	forte	faible	modéré	modéré	très faible trafic ; franchissement ru de Piffonds
	Ru de Piffonds	120 m	forte	forte	fort	fort	écoulement temporaire, infiltration diffuse à proximité du captage
	Ru de Bougis	30	modérée	forte	modéré	modéré	alluvions moins perméables que dans le talweg du ru de Piffonds
	Gazoduc	2.200 m	modérée	faible	faible	faible	éloignement et tracé transversal : drain préférentiel vers captage impossible
ponctuelles	assainissements autonomes domaine Sainte-Anne	1.200 à 2.500 m	modérée	forte	modéré	modéré	existence de rejets directs dans réseau de fossés, de dispositifs incomplets (fosse septique uniquement) et d'épandages souterrains dans des sols inaptes à l'épuration d'effluents domestiques
	station d'épuration de Piffonds	4.500 m	modérée	forte	modéré	modéré	mauvais fonctionnement par temps de pluie : éloignement du captage permet autoépuration sur le parcours mais infiltration possible dans partie aval, à proximité du captage
	décharges sauvages	200 à 3.500 m	forte	forte	fort	fort	proximité du ru de Piffonds ; épaisseur de la couverture réduite entre fond doine/toit aquifère

## 6. MESURES DE PROTECTION PROPOSEES

### 6.1 PERIMETRES DE PROTECTION PROPOSES

#### 6.1.1 PERIMETRE DE PROTECTION IMMEDIATE -PPI-

La parcelle ZR-9 acquise par la commune en 1981 est déjà clôturée sur 1,2 m de haut et un linéaire de 205 m, avec portail cadénassé doté d'une alarme anti-intrusion. Elle ménage un espace suffisant autour du captage (fig. 24). A l'intérieur du périmètre clôturé se trouvent :

- ▣ à 10 m du captage : le piézomètre réalisé en janvier 2006, coiffé par un capot cadénassé.
- ▣ 2 locaux techniques, fermés à clé, le plus proche du captage abritant le dispositif de traitement (chloration) ;
- ▣ 3 regards à l'aplomb des griffons individualisés lors des reconnaissances préalables à l'aménagement de la zone d'émergence,
- ▣ le trop-plein de la source et le canal de fuite vers le ru aménagé en juillet 2005 pour la mesure des paramètres débit, température, conductivité.

D'une superficie de 3.000 m<sup>2</sup>, ce périmètre devrait être maintenu.

#### 6.1.2 PERIMETRE DE PROTECTION RAPPROCHEE -PPR-

Il doit protéger les eaux captées vis-à-vis de la migration souterraine de substances polluantes. Son étendue est déterminée en fonction de la vulnérabilité intrinsèque (caractéristiques hydrodynamiques, mode d'alimentation) de la nappe et du type de pollution.

L'enveloppe habituellement considérée ("isochrone 50 jours" calculée pour des milieux homogènes, continus, isotropes, permettant à toute pollution bactériologique d'être annihilée) n'est pas adaptée au type de milieu considéré, karstique, hétérogène, hiérarchisé, qui présente des vitesses de propagation de 20 à 200 m/h.

La proposition de délimitation du PPR englobe les zones les plus vulnérables (talwegs et dolines) à proximité du captage (fig 24 et 25) ; le PPR est étendu selon les 2 principaux axes de drainage :

- ▣ jusqu'à la limite départementale, 600 m en amont sur le ru de Piffonds,
- ▣ jusqu'au Pont de Pierre 600 m en amont sur le ru de Bougis.

Il comprendrait les sources Sainte-Anne et de la Genêtre, autres exutoires du bassin hydrogéologique considéré et devrait être complété par des périmètres satellites ceinturant les principales dolines (Lucas, Maugerier, Mardelle Bonnet -bornage par géomètre-expert nécessaire-).

#### 6.1.3 PERIMETRE DE PROTECTION ELOIGNEE -PPE-

L'environnement du captage est principalement agricole et aucune activité industrielle n'est recensée.

Le PPE proposé correspond à l'aire d'alimentation de la source, soit 38,7 km<sup>2</sup> (cf. fig. 1).

## 6.2 AMENAGEMENTS ET PRESCRIPTIONS ENVISAGES

### 6.2.1 AU NIVEAU DE L'OUVRAGE

Les travaux correctifs préconisés sont les suivants :

- ▣ **brossage mécanique** (et/ou chimique) du tubage acier et des crépines ;
- ▣ éventuellement, rechemisage avec tubage et crépines inox à l'intérieur du tubage actuel avec introduction d'un massif filtrant annulaire ;
- ▣ remplacement des colonnes de refoulement en acier galvanisé par du PEHD ;
- ▣ piquage d'un robinet de prélèvement d'eau brute résistant au flambage ;
- ▣ confection d'une trappe d'accès avec cadre et joint étanches + ventilation haute.

### 6.2.2 AU NIVEAU DU PERIMETRE DE PROTECTION IMMEDIATE

Les actions à prévoir sont :

- ▣ abattage et dessouchage de tous les arbres (les racines atteignent les crépines du captage) ;
- ▣ **construction d'une station de traitement** (décantation + ultrafiltration sur membranes pour la turbidité + dénitrification sur résines + charbon actif piège à pesticides) ; un pilote Lyonnaise des eaux est à l'essai depuis septembre 2006. Pour des raisons foncières et géotechniques (sols rapportés sans cohésion, saturés d'eau, imposant des fondations de type micro-pieux), la construction de cette unité est plutôt envisagée à proximité du château d'eau (stade), 2 km à l'W de la source ;
- ▣ désherbage mécanique régulier (utilisation d'herbicides interdite).

### 6.2.3 AU NIVEAU DU PERIMETRE DE PROTECTION RAPPROCHEE

A l'intérieur du périmètre de protection rapprochée toutes les activités pouvant engendrer ou faciliter l'introduction ou la migration d'un polluant dans la nappe devraient être **interdites** :

- ▣ le **pacage des ovins dans la parcelle ZR-10**, la partie basse étant très vulnérable à la migration verticale des contaminations bactériennes ;
- ▣ toute nouvelle construction, ainsi que tout dépôt ou activité à caractère industriel ;
- ▣ la réalisation de tout nouveau captage privé.

En outre,

- ▣ le fossé créé en 1994-1995 pour canaliser les écoulements du **tronçon aval du ru de Piffonds sera imperméabilisé** (argile ou géomembrane) sur un linéaire de 300 m ; l'estimation des débits le 8 mars 2006 après une pluie significative suggère une infiltration diffuse selon cet axe ;
- ▣ les **décharges sauvages seront résorbées**, surtout celle immédiatement en amont du captage et les dépôts d'encombrants dans les bétaires "Mardelle Bonnet" et "Maugeries" (fig. 23) ;
- ▣ l'usage d'engrais et de pesticides doit être globalement **réduit** dans le PPR ; un programme de "Cultures intermédiaires pièges à nitrates" (**CIPAN**) devrait être mis en place avec le concours des Chambres d'agriculture (Loiret et Yonne), des DDAF et des 3 communes concernées ;
- ▣ la **largeur des bandes enherbées** le long des rus préconisée par les Chambres d'agriculture devra être strictement respectée (5 m) ;
- ▣ une réunion d'information et de sensibilisation des agriculteurs et propriétaires riverains du captage est conseillée.

### 6.2.4 AU NIVEAU DU PERIMETRE DE PROTECTION ELOIGNEE

Toute nouvelle installation ne devrait être autorisée qu'après vérification par les services de police de l'eau de l'absence de risque de pollution des eaux superficielles et souterraines.

## *FIGURES*

Figure 1

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS  
La source de Bougis dans son bassin versant

fond de carte Igm n° 2518 E et 2519 E

Echelle 1/30.000

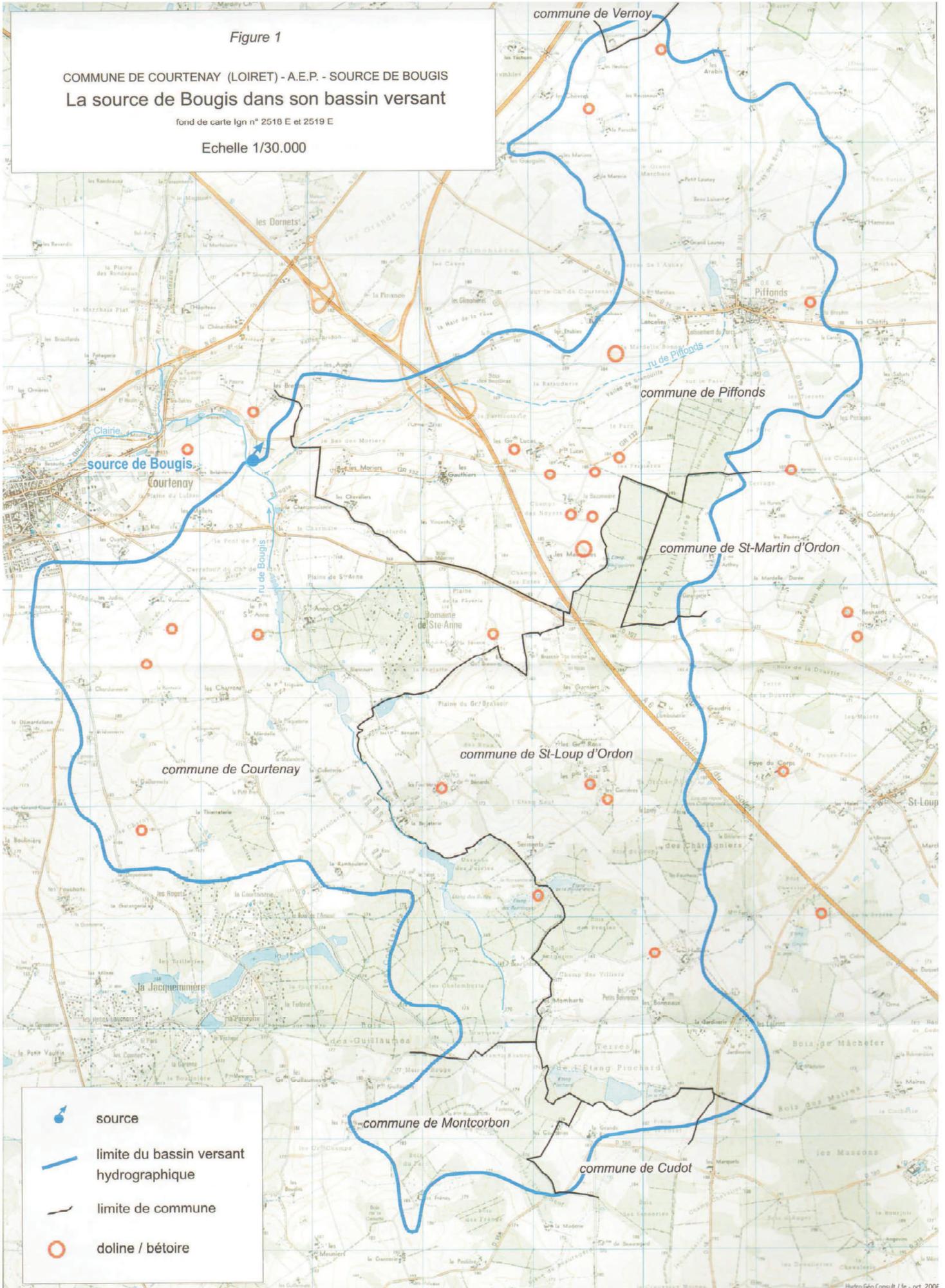


Figure 2

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS  
Localisation des sondages électrique et des sondages pelleteuse

fond de carte Ign n° 2518 E et 2519 E

Echelle 1/30.000

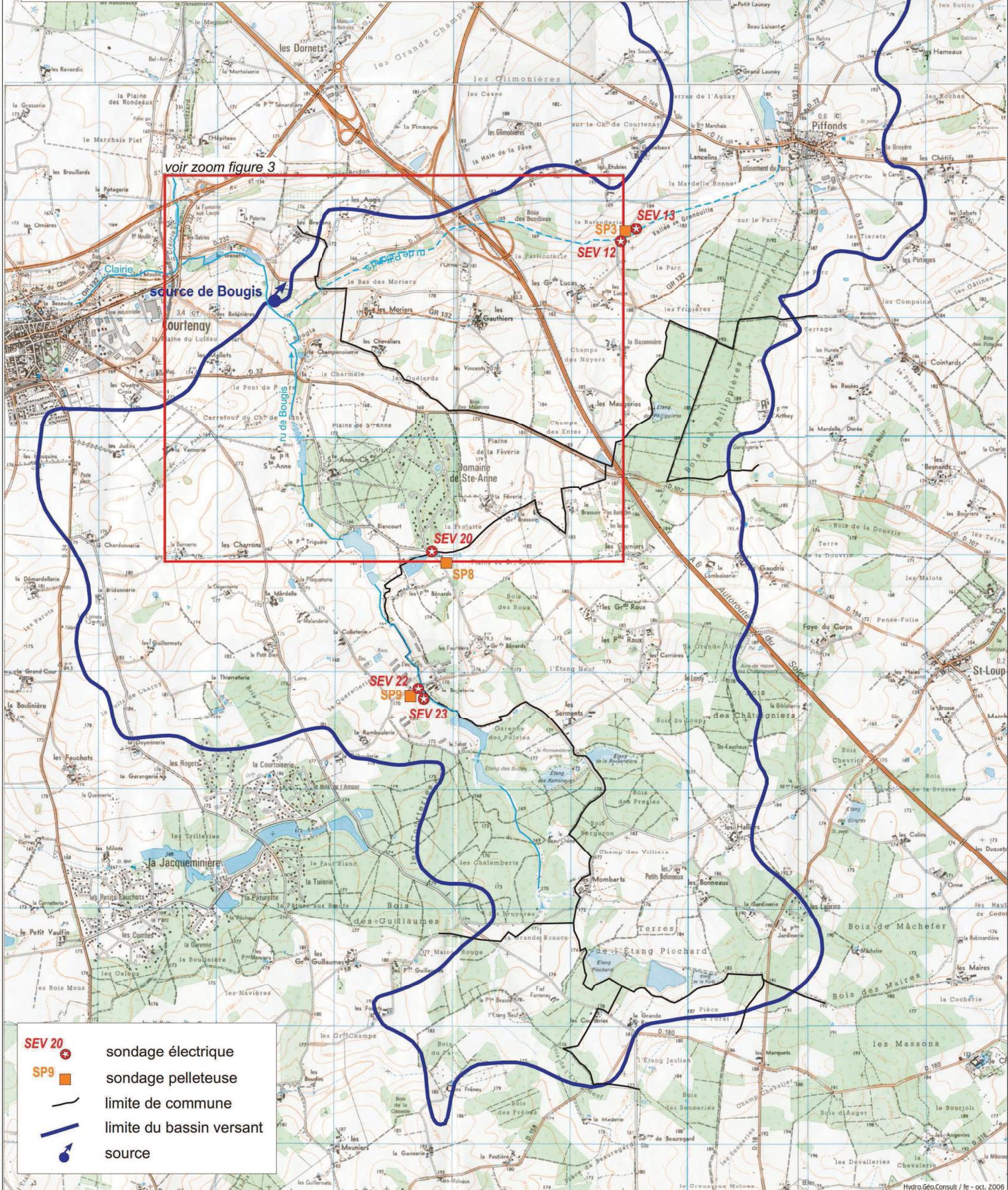




Figure 4

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

## Situation géographique des sondages électriques et des sondages pelleuse

extrait plan cadastral commune de Courtenay - Section ZR

Echelle 1/7.500

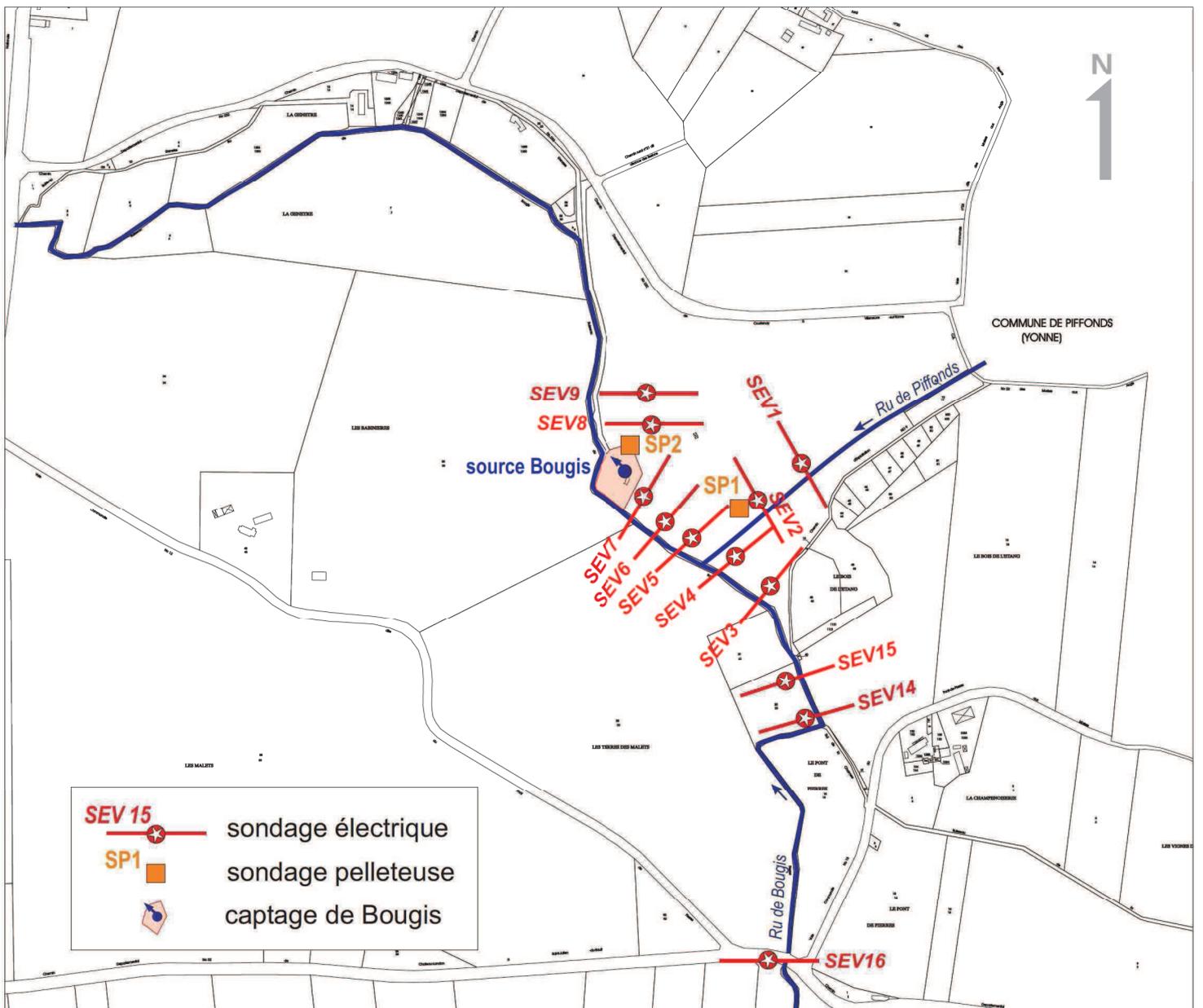


Figure 5

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

# Coupes lithologiques des sondages pelleuse et du piézomètre

situation fig. 2, 3 et 4

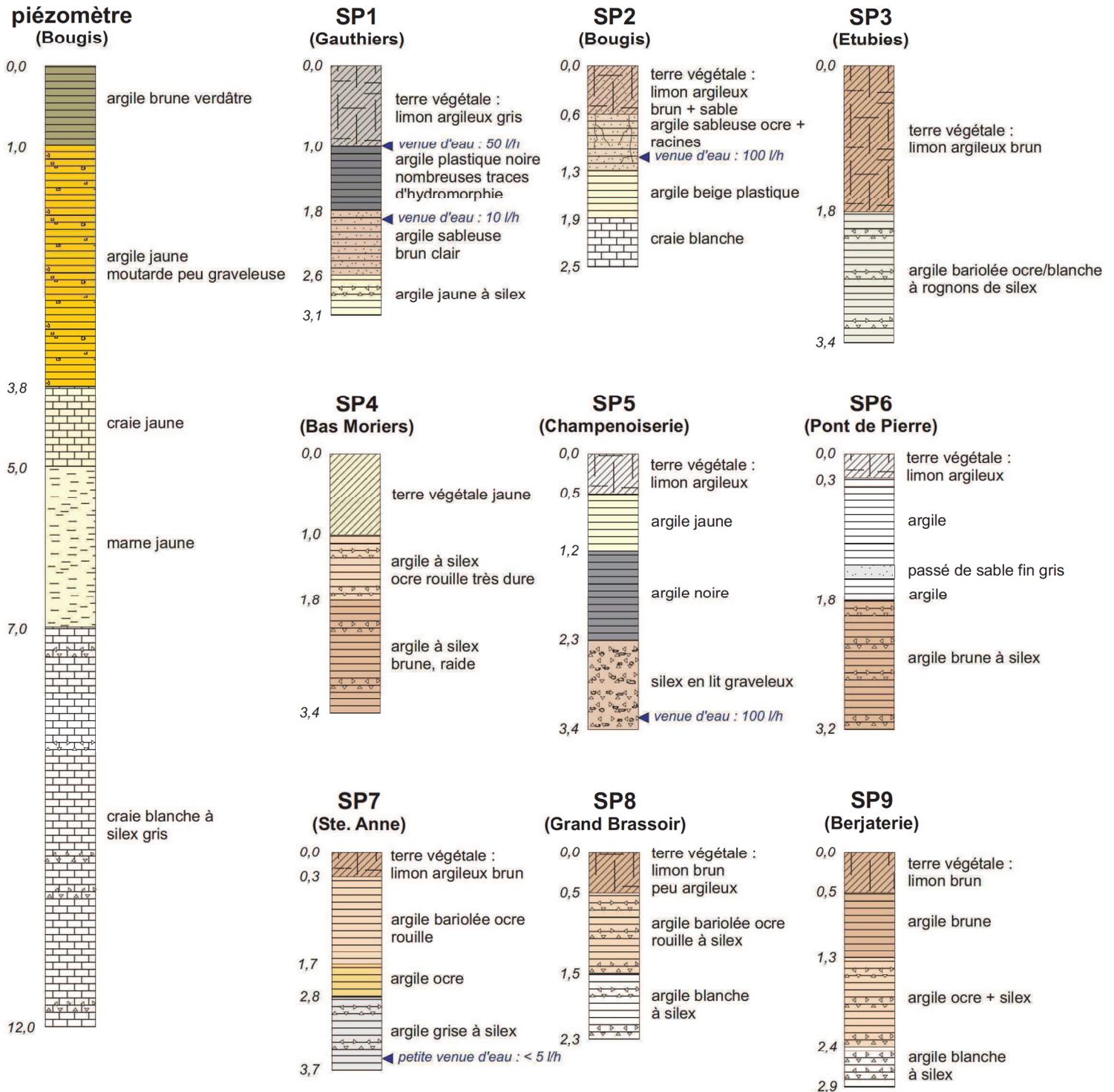


Figure 6

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

### Carte piézométrique de la nappe de la craie

d'après données Géo.Hyd 1/08/2000  
fond de cartes Ign n° 2518 E et 2519 E

Echelle 1/30.000

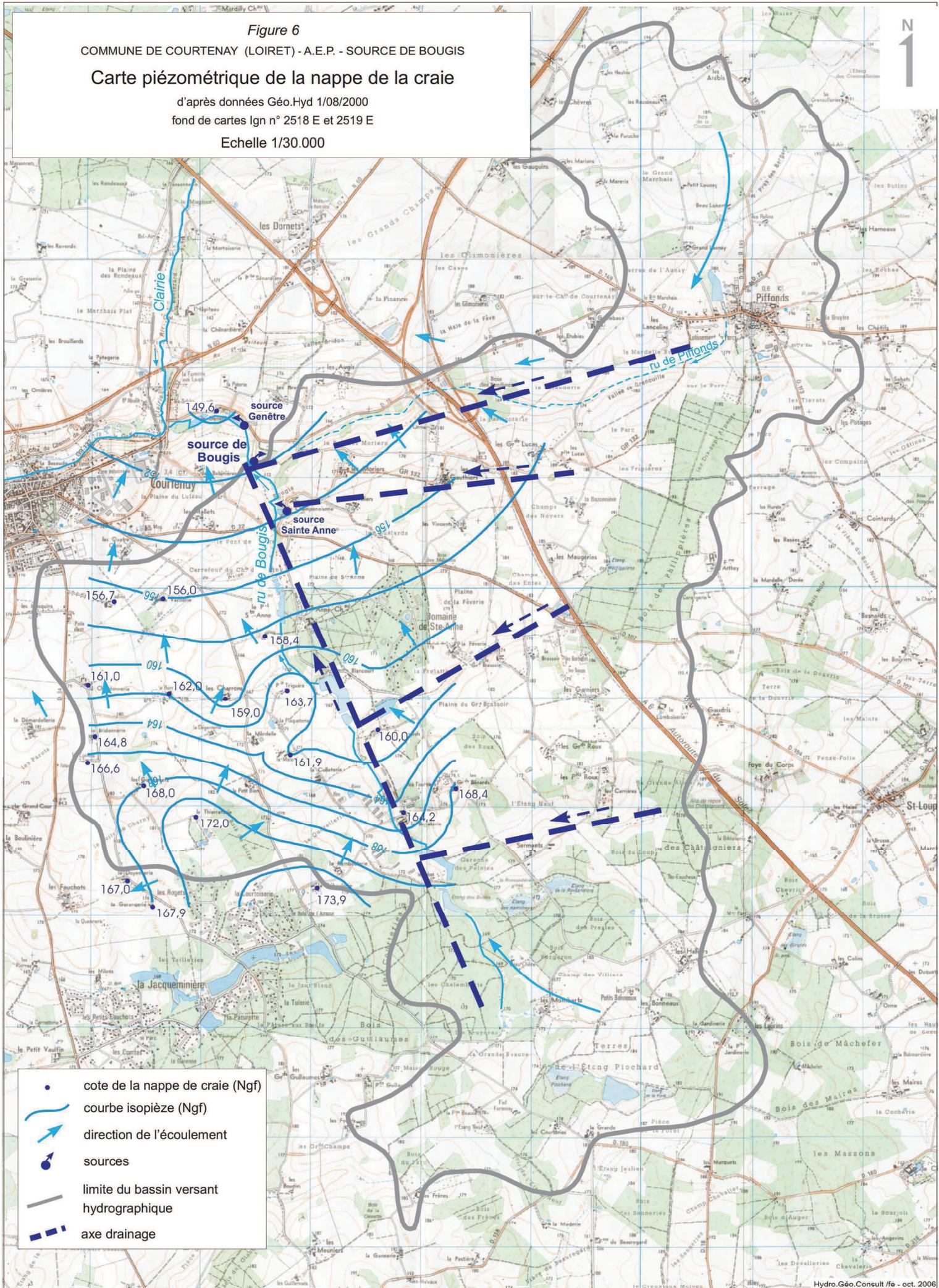


Figure 7

# COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS Situation cadastrale de la source de Bougis

extrait plan cadastral commune de Courtenay - Section ZR et B

Echelle 1/3.000

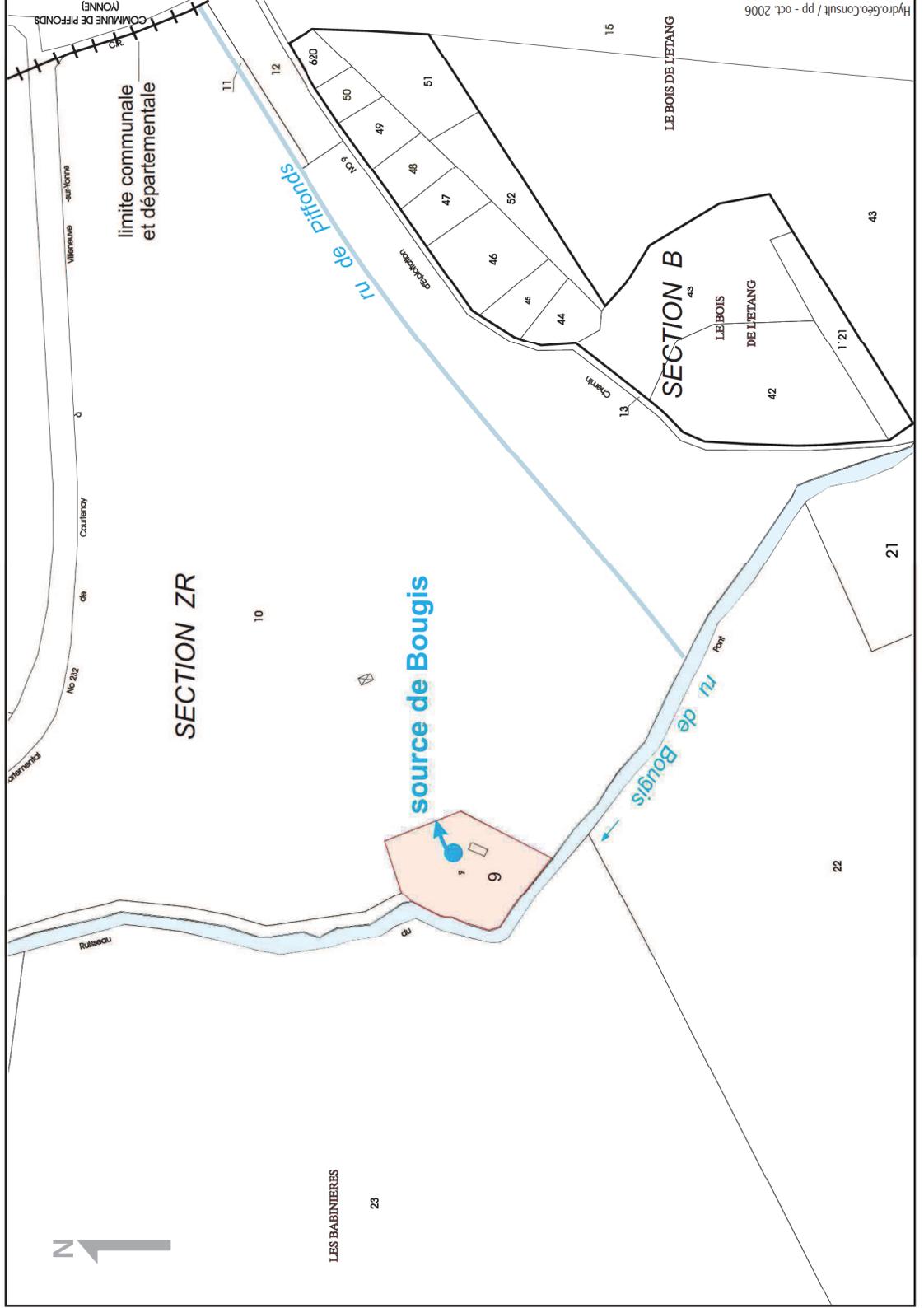


Figure 8

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

# Plan de masse schématique

extrait plan cadastral commune de Courtenay - Section ZR

Echelle 1/500

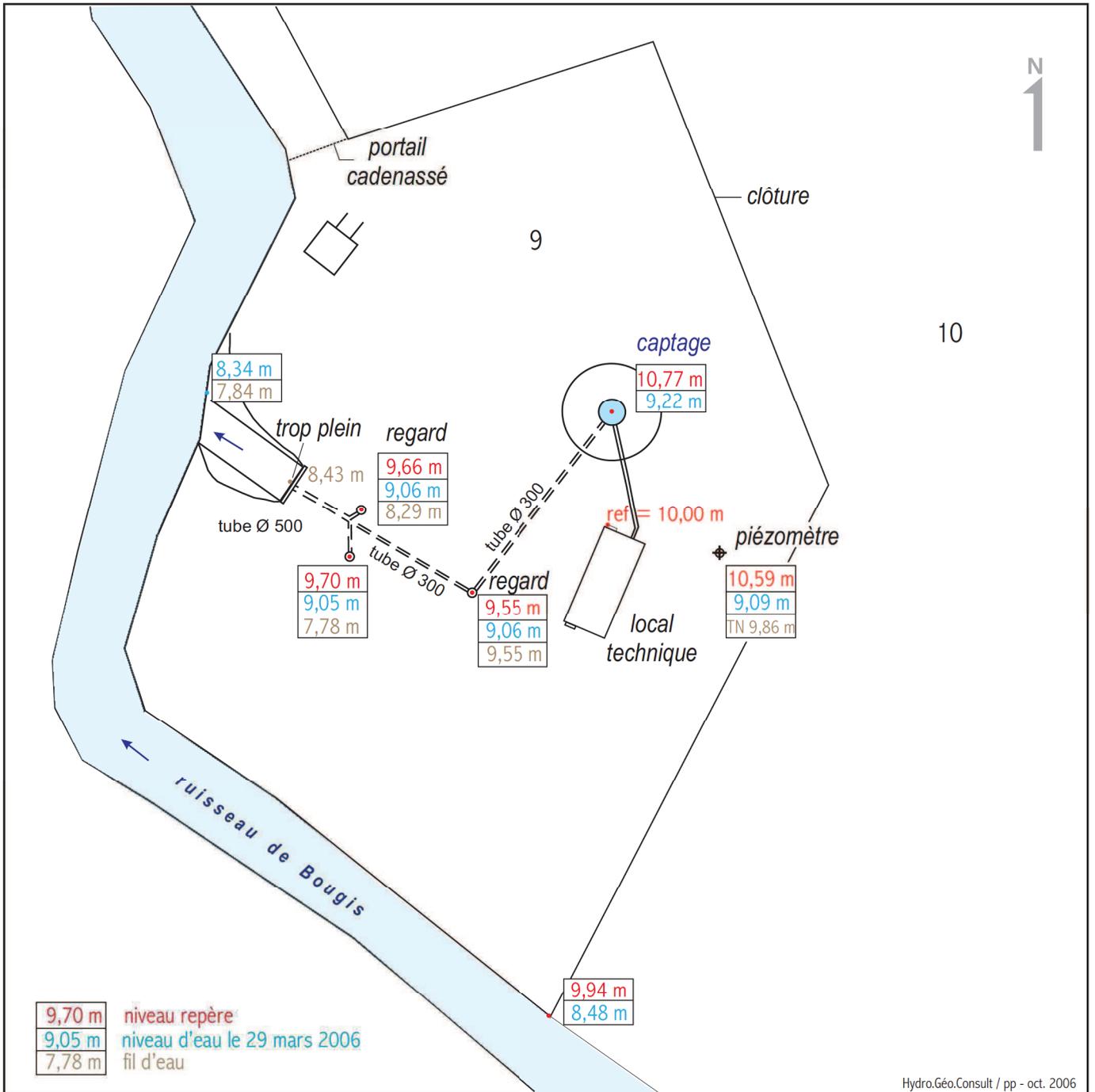


Figure 9

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

### Coupe technique du captage

d'après COFOR 1981

Echelle 1/30

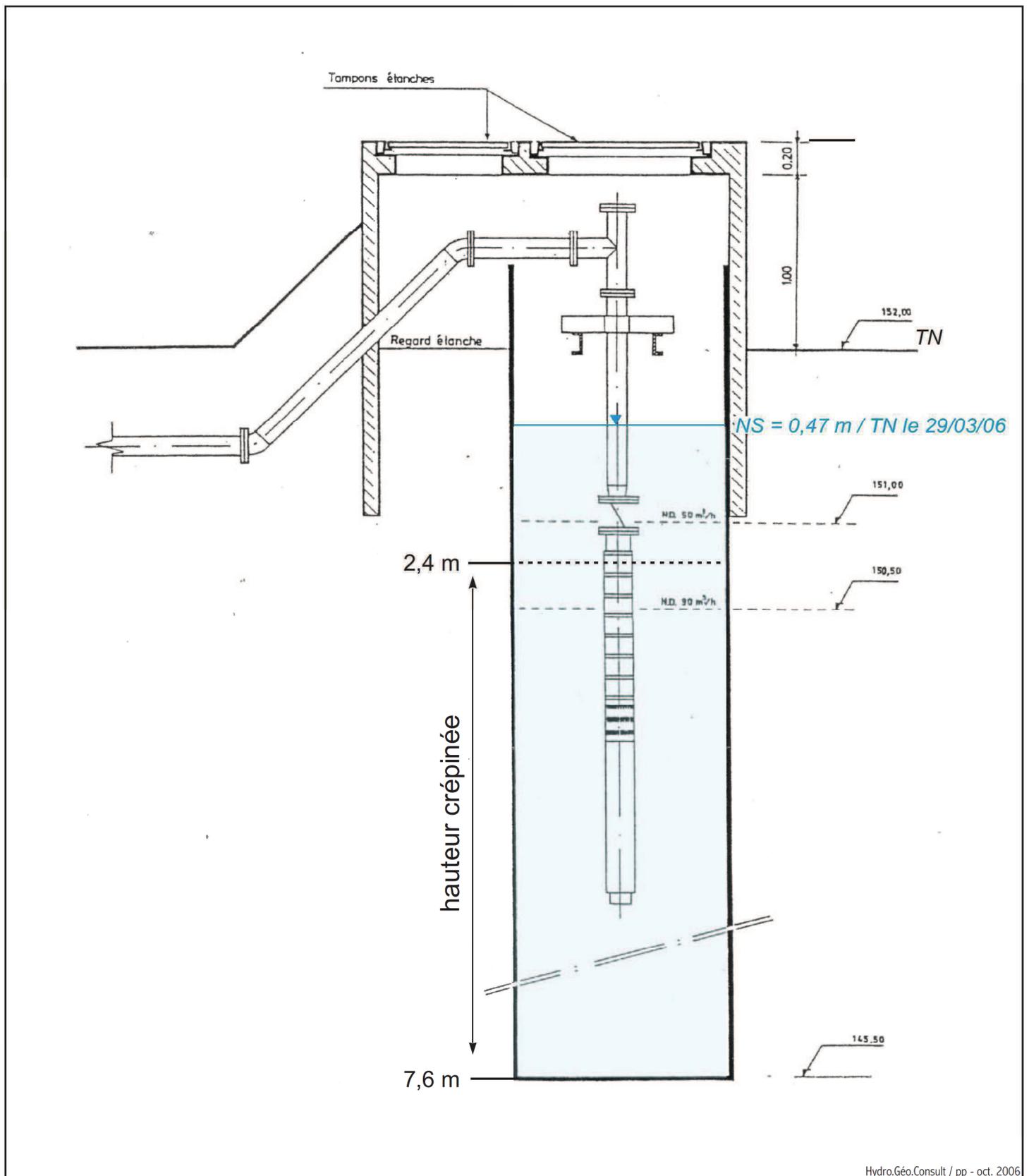
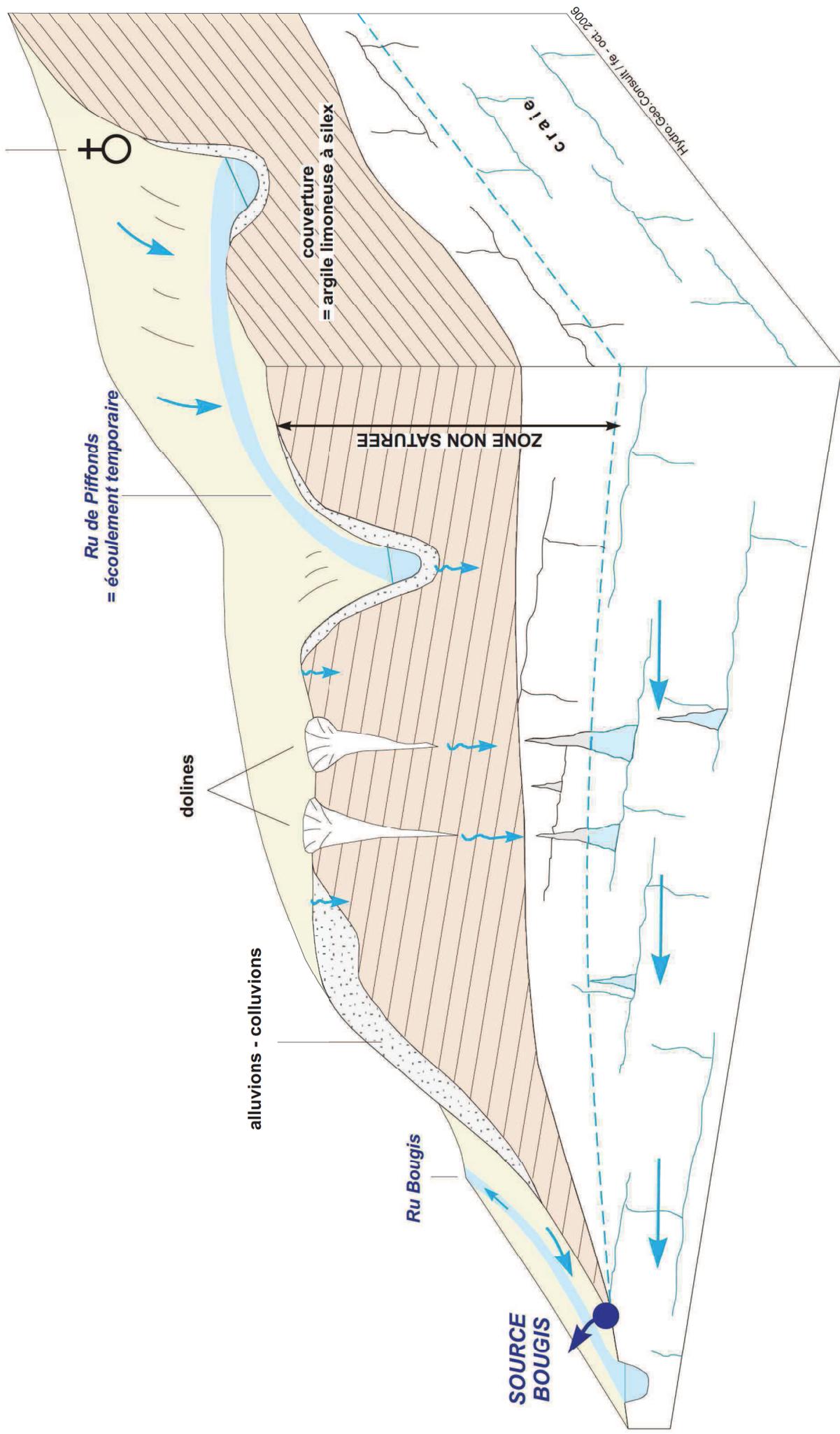


Figure 10

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS  
Bloc diagramme schématique de l'aquifère crayeux

Echelles horizontale 1/25.000 - verticale 1/250



Est

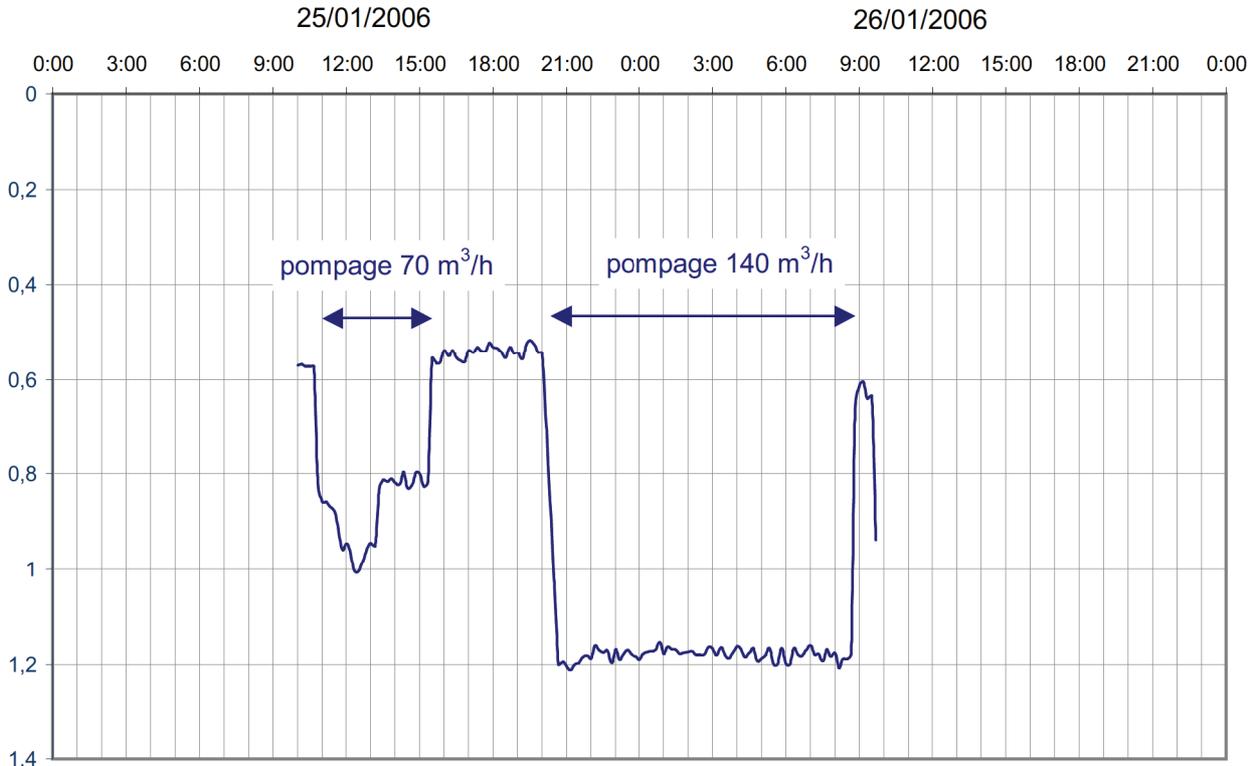
Ouest

Figure 11

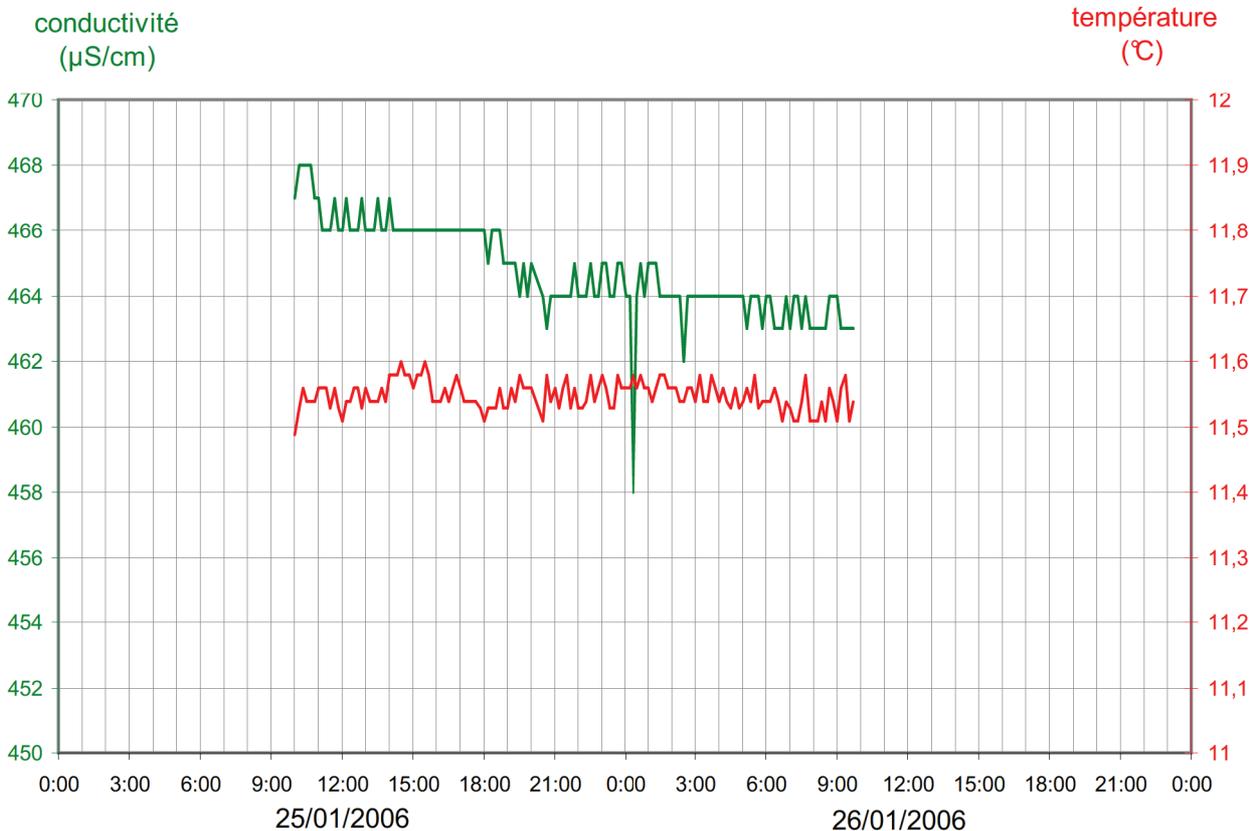
COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

# Pompages d'essai - Suivi du forage d'exploitation

(repère sommet IPN)



niveau / repère  
(m)



conductivité  
( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

température  
( $^{\circ}\text{C}$ )

Figure 12

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

### Pompages d'essai - Suivi du piézomètre (repère tête du tube)

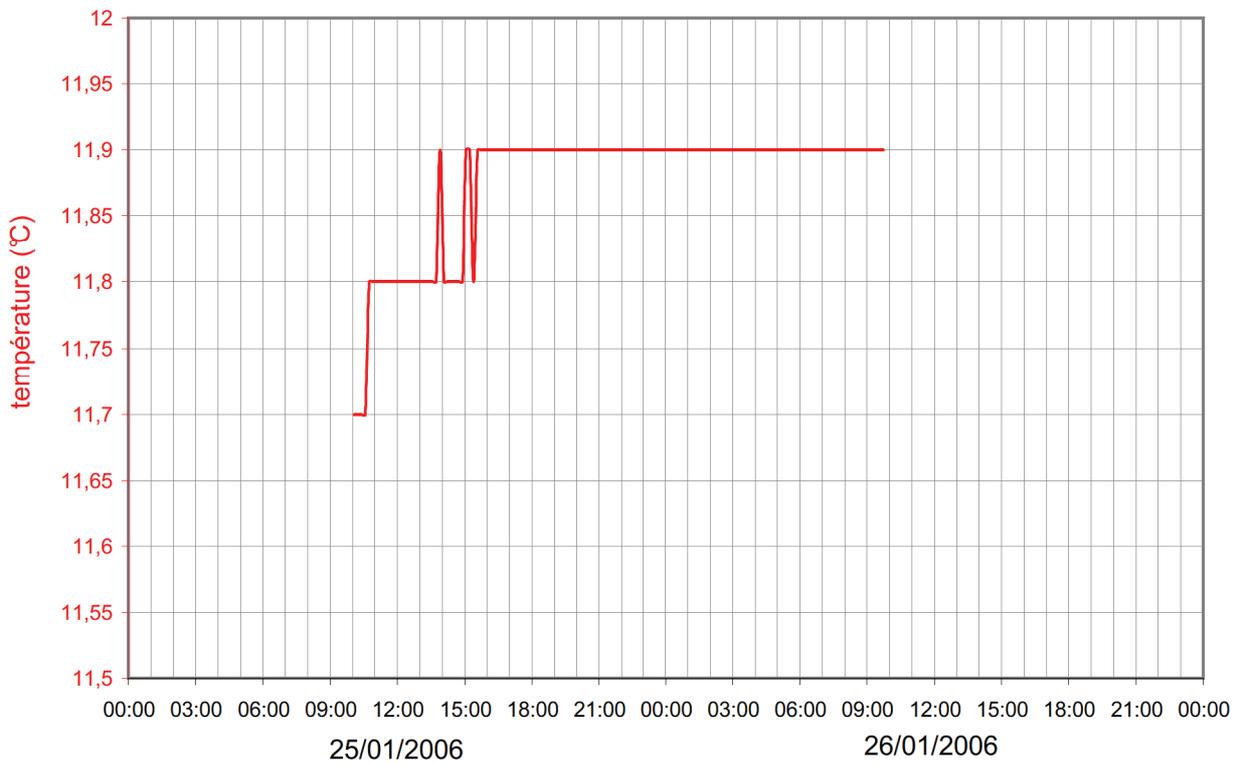
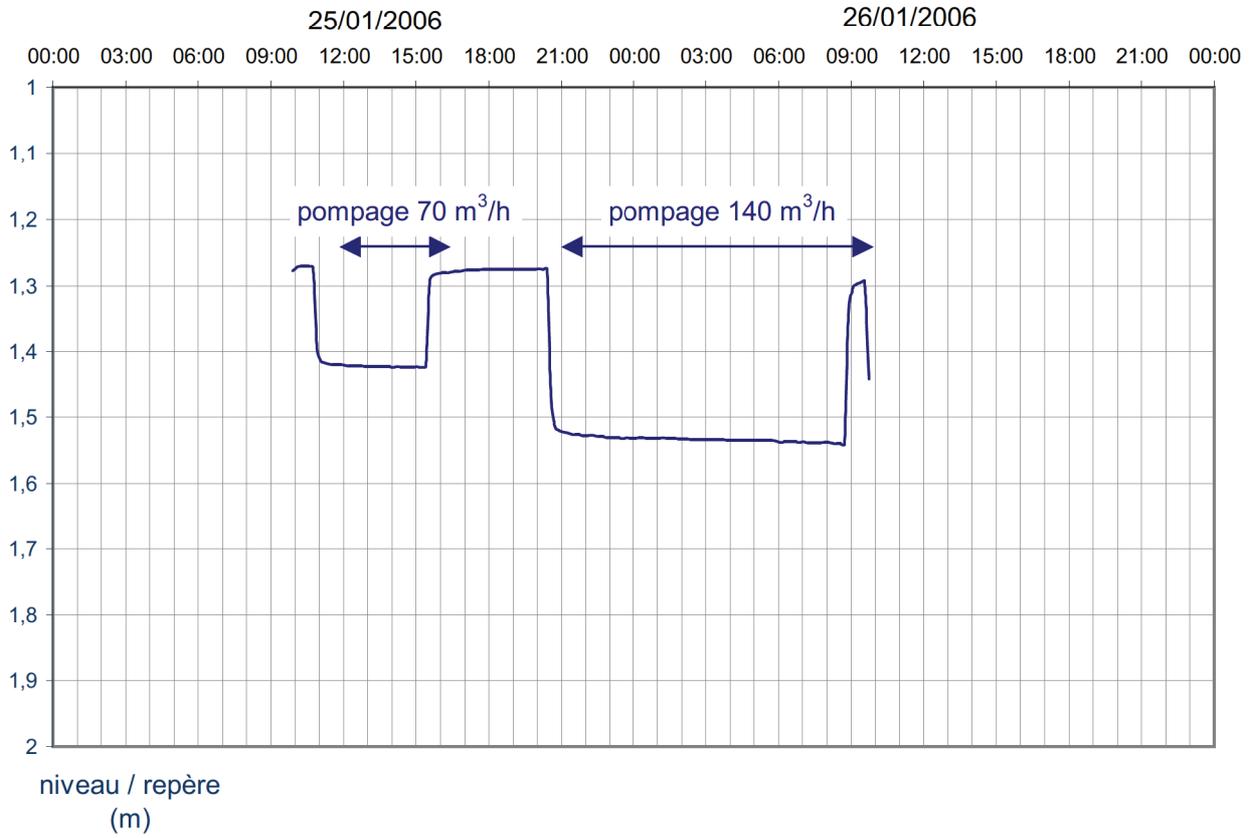


Figure 13

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - AEP - SOURCE DE BOUGIS  
Détermination de la transmissivité de l'aquifère crayeux - méthode de Jacob  
Transmissivité calculée sur la descente du pompage - 12 h à 140 m<sup>3</sup>/h

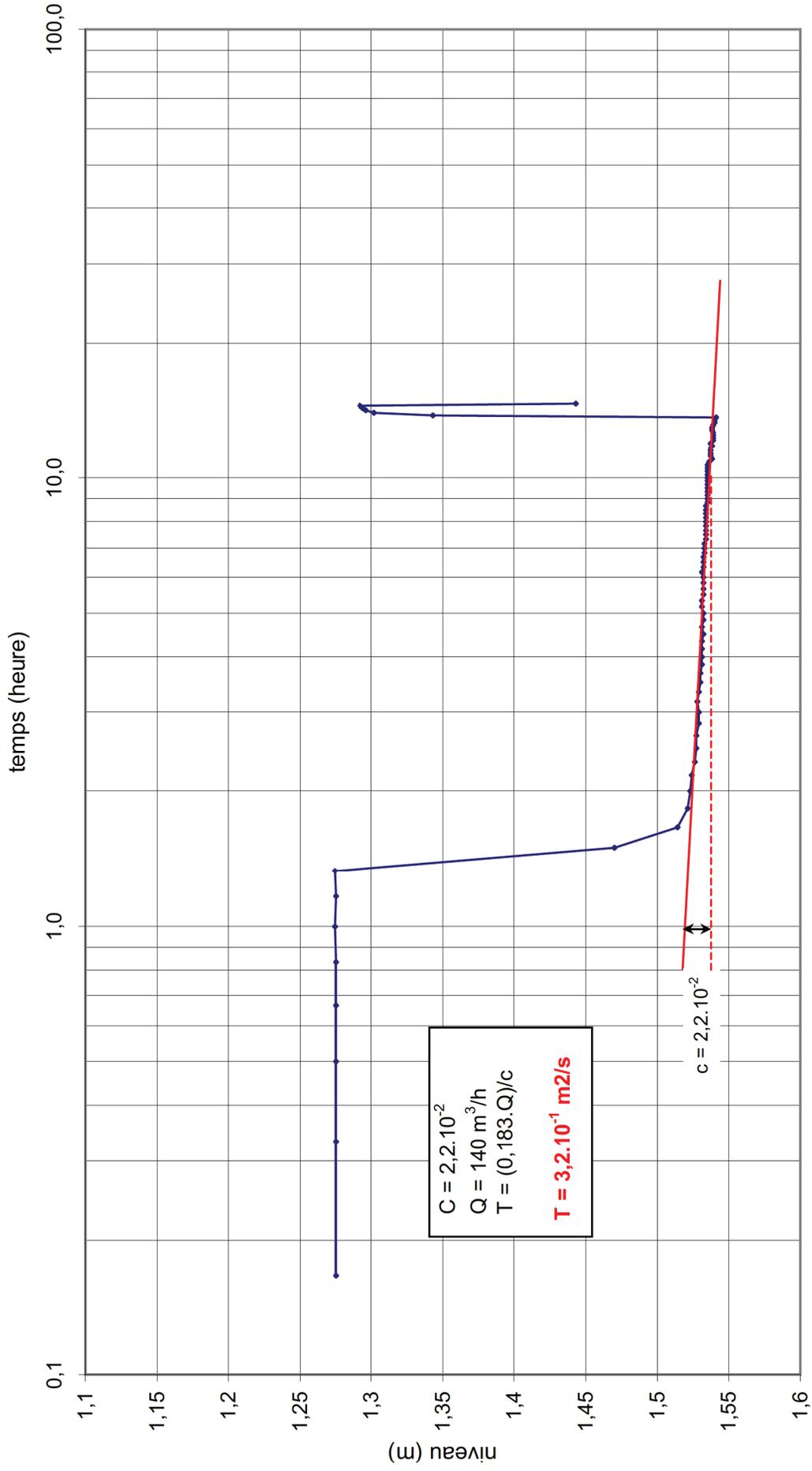


Figure 14

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - AEP - SOURCE DE BOUGIS  
Evolution du débit couplé à la pluviométrie - juillet 2005 à septembre 2006  
Données Lyonnaise des Eaux - Station pluvio Savigny/Clairis

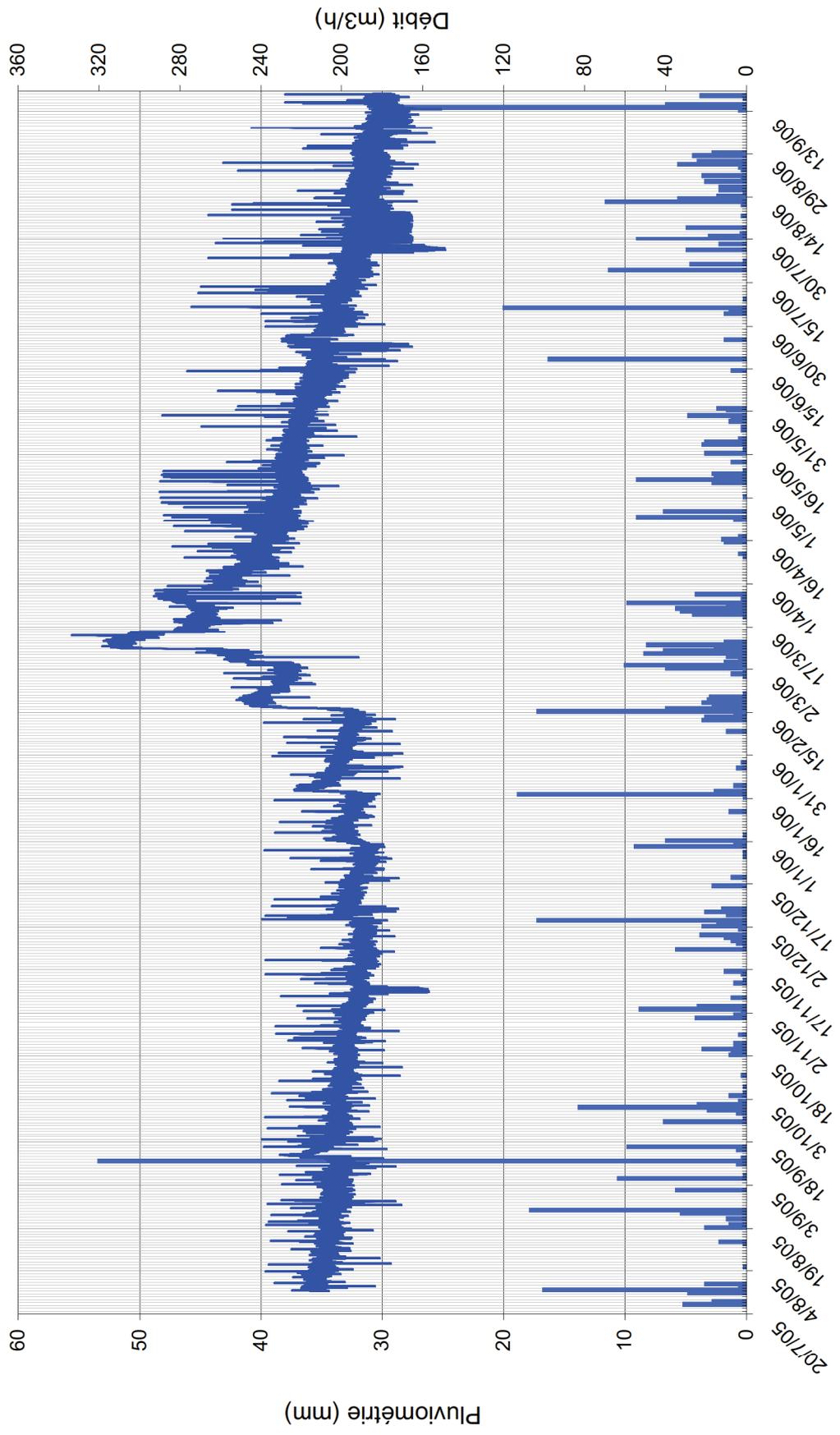


Figure 15

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - AEP - SOURCE DE BOUGIS

## Evolution de la turbidité couplée à la pluviométrie - juillet 2005 à septembre 2006

Données Lyonnaise des Eaux - Station pluvio Savigny/Clairis

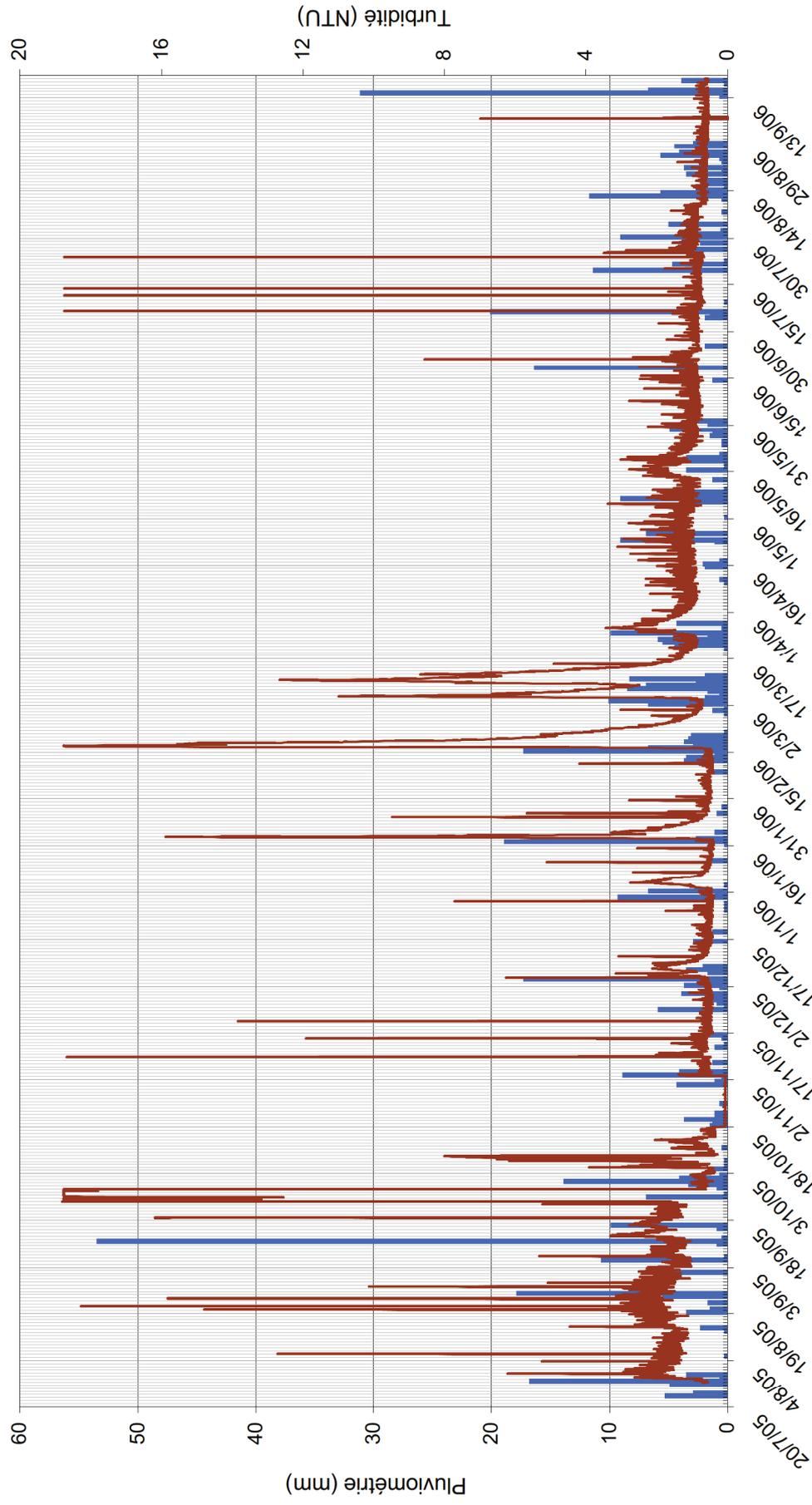


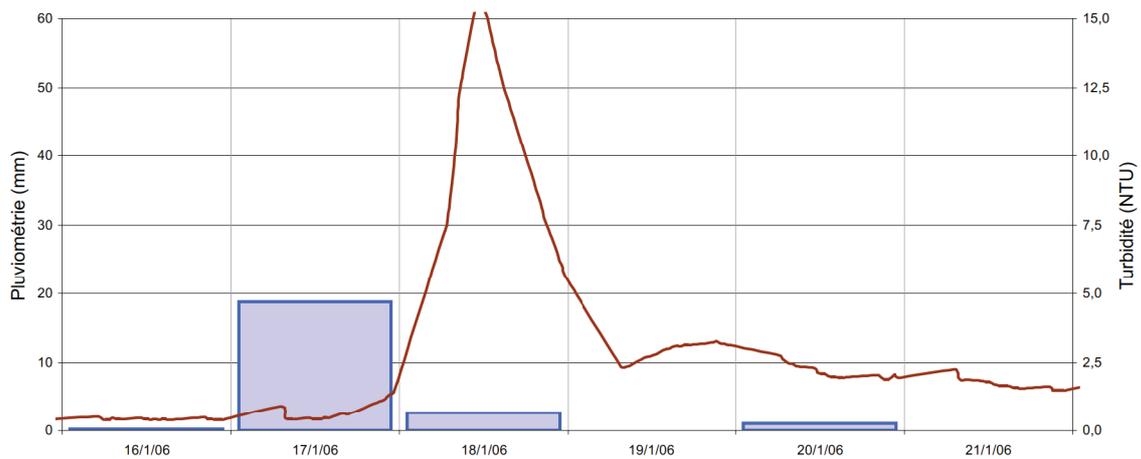
Figure 16

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

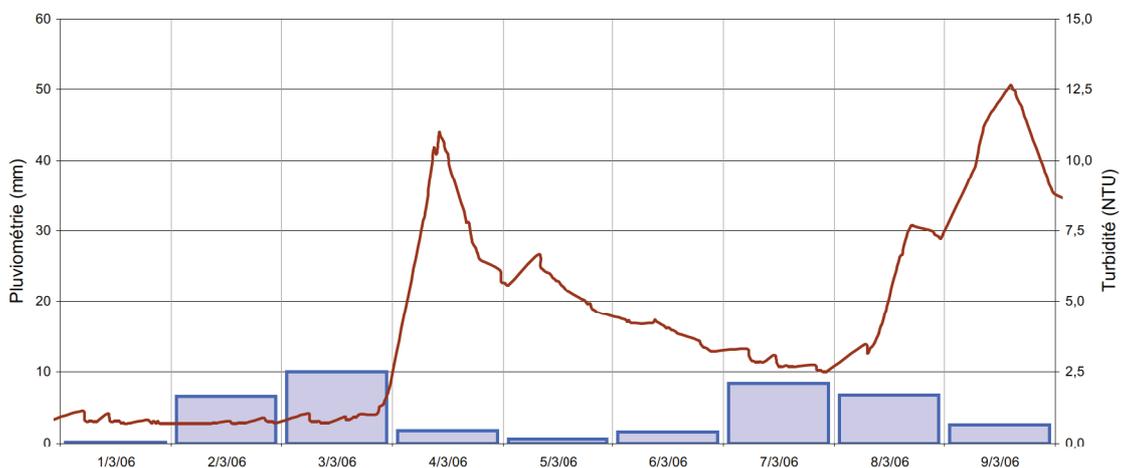
### Evolution de la turbidité couplée à la pluviométrie données Lyonnaise des Eaux - Station pluvio Savigny/Clairis



Evolution de la turbidité et de la pluviométrie du 10 au 15 septembre 2005



Evolution de la turbidité et de la pluviométrie du 16 au 21 janvier 2006

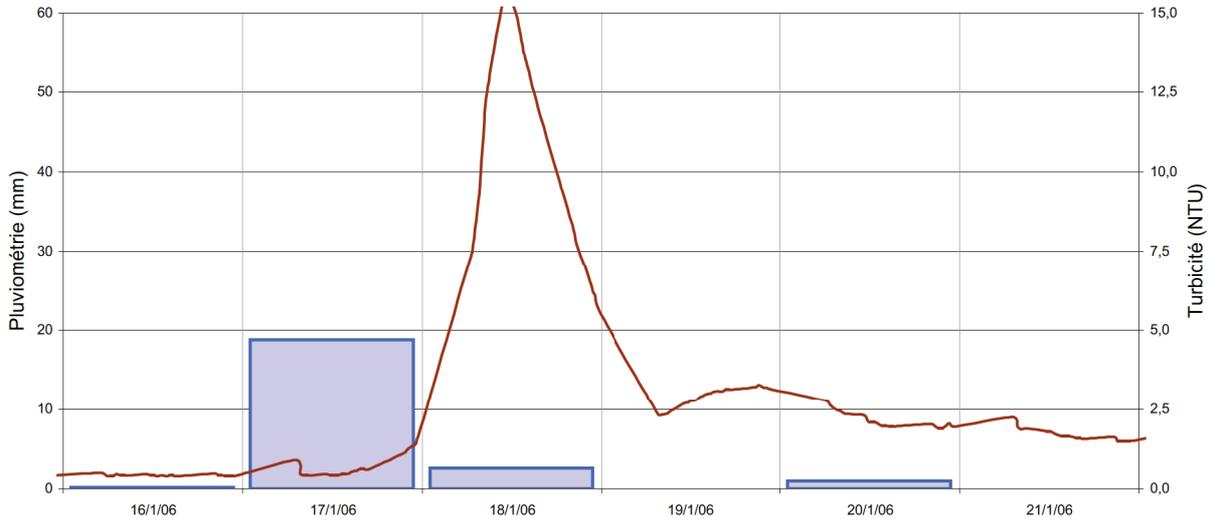


Evolution de la turbidité et de la pluviométrie du 1 au 9 mars 2006

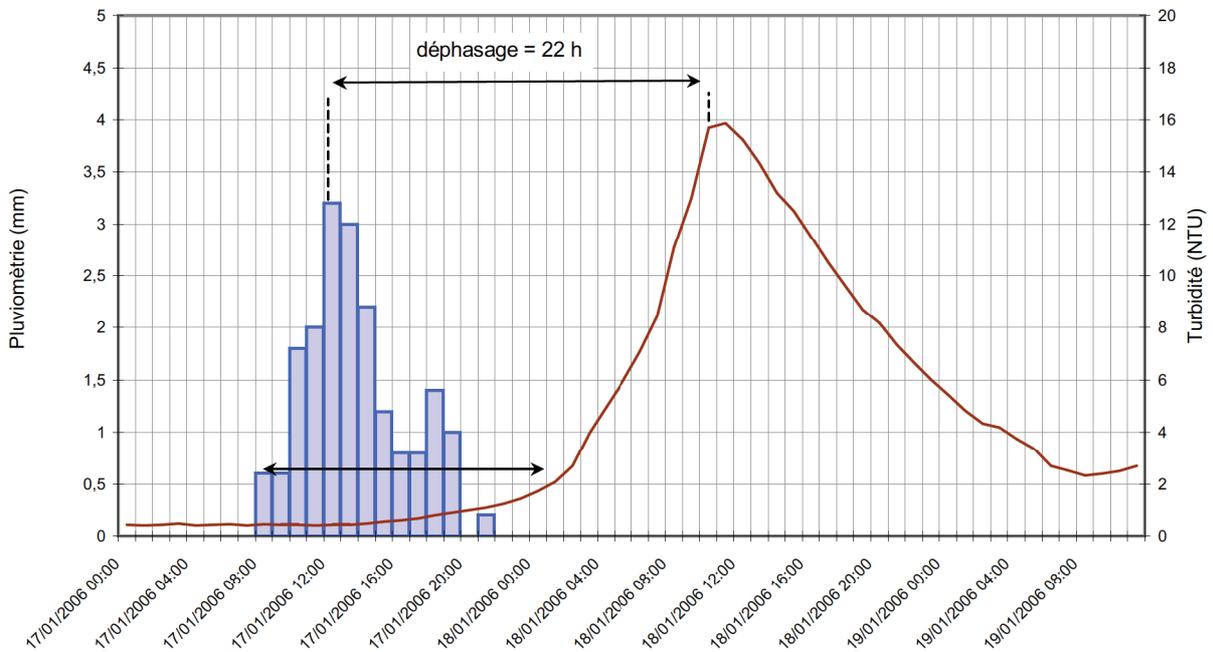
Figure 17

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

### Evolution de la turbidité couplée à la pluviométrie données Lyonnaise des Eaux - Station pluvio Savigny/Clairis



Evolution de la turbidité et de la pluviométrie du 16 au 21 janvier 2006



Evolution de la turbidité et de la pluviométrie du 17 au 19 janvier 2006 - données horaires

Figure 18

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS  
Evolution de la conductivité couplée à la pluviométrie - juillet 2005 à septembre 2006  
Données Lyonnaise des Eaux - Station pluvio Savigny/Clairis

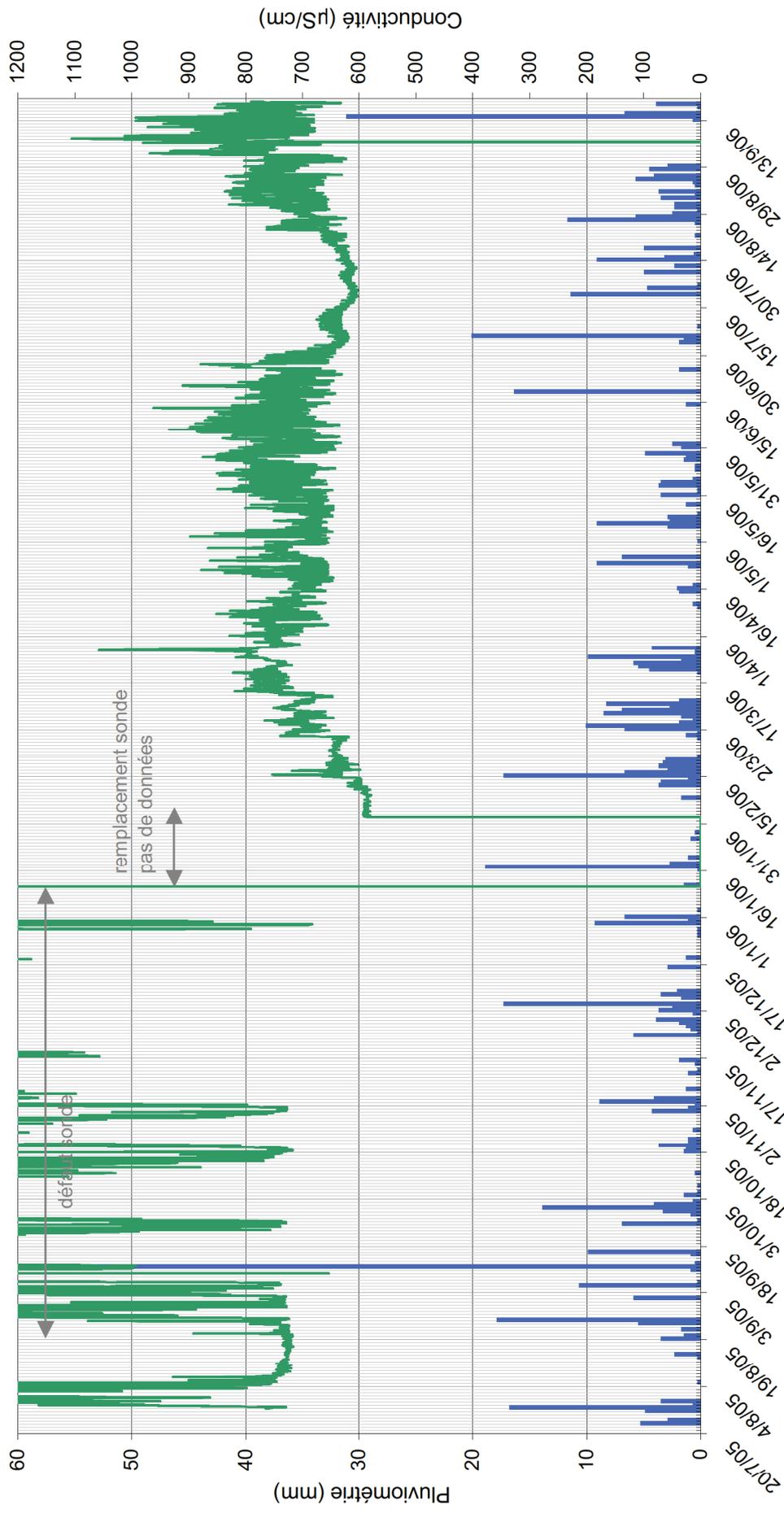


Figure 19

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS  
Evolution de la température couplée à la pluviométrie - juillet 2005 à septembre 2006  
Données Lyonnaise des Eaux - Station pluviométrique Savigny/Clairis

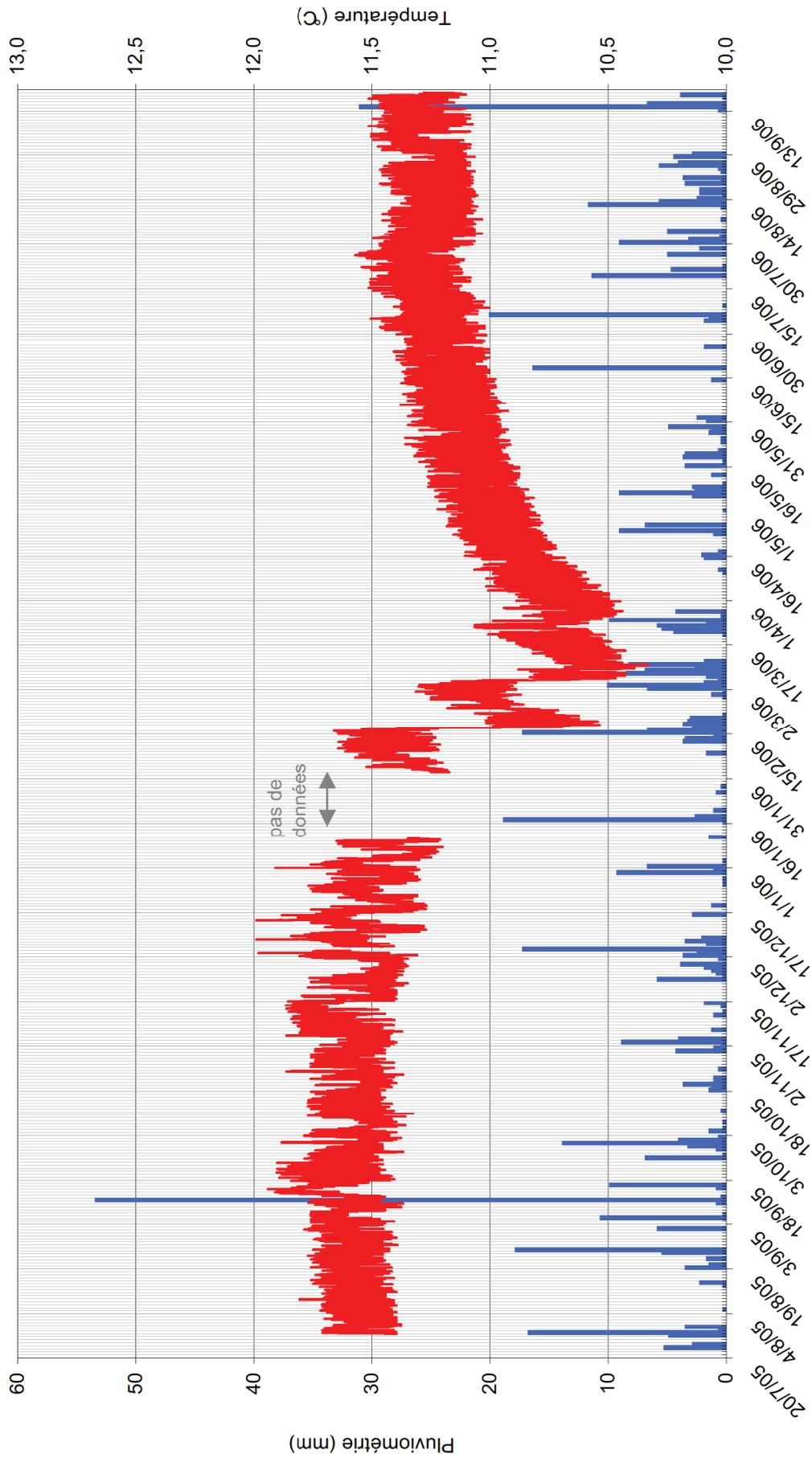




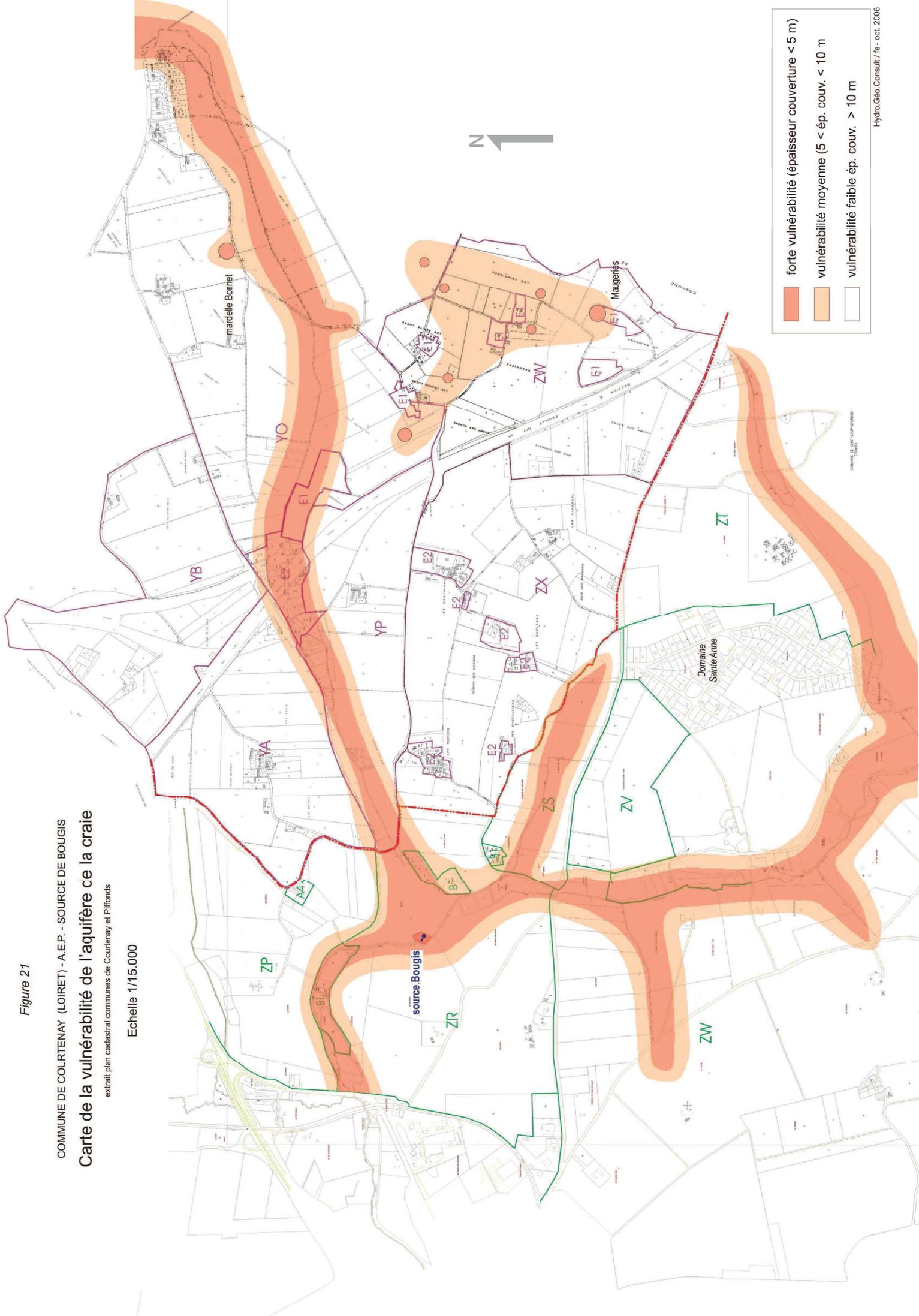
Figure 21

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

### Carte de la vulnérabilité de l'aquifère de la craie

extrait plan cadastral communes de Courtenay et Piffonds

Echelle 1/15.000



- forte vulnérabilité (épaisseur couverture < 5 m)
- vulnérabilité moyenne (5 < ép. couv. < 10 m)
- vulnérabilité faible ép. couv. > 10 m

Figure 22

COMMUNE DE COURTENAY (LOIRET) - A.E.P. - SOURCE DE BOUGIS

## Occupation des sols

mai 2005

Echelle approchée 1/50.000

