

Syndicat Intercommunal des Eaux
de la Basse Dheune

Champ captant d'Allerey-sur-Saône

ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE

RAPPORT FINAL

Étude 09-061/71

Septembre 2010

CPGF-HORIZON
Centre-Est



eau
environnement
géophysique...

"Le Rivel" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58
www.cpgf-horizon-ce.com



SOMMAIRE

1 Préambule	6
2 Moyens mis en œuvre.....	7
3 Présentation du champ captant	8
3.1 Généralités	8
3.2 Caractéristiques des ouvrages.....	8
3.2.1 Localisation	8
3.2.2 Equipement	9
3.2.3 Etat des ouvrages	9
3.3 Production du champ captant	10
3.4 Contexte géologique	10
3.5 Géométrie de l'aquifère.....	11
3.6 Contexte hydrogéologique	12
3.6.1 Piézométrie	12
3.6.2 Caractéristiques hydrodynamiques.....	12
3.7 Qualité des eaux	13
4 Etude prospective du champ captant.....	15
4.1 Prospection par panneaux électriques	15
4.1.1 Principes et généralités	15
4.1.2 Procédure de traitement	16
4.1.3 Résultats de la prospection géophysique	16
4.2 Reconnaissances mécaniques.....	19
4.2.1 Emplacement des piézomètres	19
4.2.2 Méthodes de foration.....	20
4.2.3 Coupes des piézomètres	20
4.3 Amélioration des ouvrages existants.....	21
4.3.1 Technique	21
4.3.2 Configurations possibles	22
4.3.3 Estimation des potentiels.....	22
4.4 Création d'un nouvel ouvrage	24
4.4.1 Implantation.....	24
4.4.2 Potentiel	24
4.4.3 Caractéristiques et coût estimatif.....	25
5 Problématique des HAP	26
5.1 Généralités sur les HAP	26
5.1.1 Comportement dans l'environnement	26
5.1.2 Sources et origines.....	26
5.1.3 Santé humaine	27
5.2 Historique de la pollution.....	28
5.3 Evolution des concentrations	29
5.3.1 Concentrations	29



5.3.2 Proportion des HAP	31
5.3.3 Réserves	32
5.4 Hypothèses sur l'origine de la pollution	33
5.4.1 Enquête environnementale.....	33
5.4.2 Hypothèses retenues.....	34
5.4.3 Mesures complémentaires.....	35
6 Modélisation hydrodynamique	39
6.1 Principe de la modélisation	39
6.2 Paramètres de calage du modèle	40
6.2.1 Extension du modèle et maillage	40
6.2.2 Conditions aux limites.....	40
6.2.3 Caractéristiques de l'aquifère	41
6.3 Calage en régime permanent.....	41
6.4 Simulations en régime dynamique permanent	42
6.4.1 Exploitation dans la configuration actuelle	42
6.4.2 Exploitation au régime de pompage maximal dans la configuration actuelle	
42	
6.4.3 Exploitation en régime de pompage maximal avec un puits supplémentaire	
43	
6.4.4 Conclusions sur les simulations hydrodynamiques	43
6.5 Simulations en régime hydrodispersif permanent.....	43
6.5.1 Simulation d'une pollution depuis l'ancienne station service	43
6.5.2 Simulation d'une pollution chronique depuis l'ancienne décharge ...	44
6.5.3 Simulation d'une pollution chronique depuis la Saône	44
7 Conclusions.....	46



FIGURES

- Figure 01 Carte de situation générale
- Figure 02a-b-c-d-e Coupes schématiques des puits AEP
- Figure 03 Carte géologique de CHAGNY au 1/50 000^{ème} (BRGM)
- Figure 04 Esquisse piézométrique de 2001, isochrones et cône d'appel des puits
- Figure 05 Carte d'implantation des panneaux électriques et résistances transversales
- Figure 06 a, b et c Coupes d'interprétation des panneaux électriques
- Figure 07 Coupe schématique d'un puits à drains
- Figure 08 Evolution des concentrations de la somme des HAP dans les puits AEP
- Figure 09 Carte d'occupation des sols
- Figure 10 Carte du maillage et des conditions aux limites
- Figure 11 Carte des perméabilités et du toit du substratum
- Figure 12 Piézométrie statique de calage calculée
- Figure 13 Piézométrie et rabattements engendrés en régime de pompage moyen (2 200m³/j) avec 5 puits
- Figure 14 Rabattements et surrabattements engendrés en régime de pompage maximal (3 500m³/j) avec 5 puits
- Figure 15 Piézométrie et rabattements engendrés en régime de pompage maximal (3 500m³/j) avec 6 puits
- Figure 16 Evolution du panache de pollution lors d'une pollution chronique depuis l'ancienne station service (2 200 m³/j)
- Figure 17 Evolution du panache de pollution lors d'une pollution chronique depuis l'ancienne décharge (2 200 m³/j)
- Figure 18 Evolution du panache de pollution lors d'une pollution ponctuelle depuis la Saône (3 500 m³/j avec 6 puits)



ANNEXES

Annexe 1 : Coupe géologique des puits 1 et 5

Annexe 2 : Résultats de la prospection électromagnétique EM 31

Annexe 3 : Rapport d'analyses du Laboratoire Wessling



BIBLIOGRAPHIE

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune/DDA 71, Etude hydrogéologique : première phase, prospection électrique ; CPGF, Etude 1607-a, Juin 1977

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune/DDA 71, Etude hydrogéologique : deuxième phase ; CPGF, Etude 1607-b, Janvier 1979

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune/DDA 71, Etude de pollution du champ captant d'Allerey sur Saône, CPGF, Etude 3025, novembre/décembre 1986

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune/CG 71, Etude préalable à la détermination des périmètres de protection des captages du SIE de la Basse Dheune, Horizons Centre-Est, Etude DH860A-EH800A, Décembre 2000-Octobre 2001

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune, Avis de l'hydrogéologue agréé, M. Maurice AMIOT, 29 janvier 2005

Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune/DDAF 71, Pompages et réhabilitation du puits P4, SATIF International, réf. T06.072-2, mai 2007

Carte géologique de CHAGNY au 1/50 000^{ème} ; BRGM

[www.infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)

<http://bdes.brgm.fr>

www.cadastre.gouv.fr

www.geoportail.fr

www.basias.brgm.fr

www.basol.environnement.gouv.fr

www.ineris.fr



1

Préambule

Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau potable de la Basse Dheune assure son alimentation en eau potable à partir d'une zone de captage située sur la commune d'Allerey-sur-Saône. Ce champ captant est composé de 4 puits reliés par un siphon et un puits équipé d'un système de pompage (2 pompes de 80 m³/h). Les puits en siphon sont situés à une centaine de mètres de la Saône et sont parallèles à son sens d'écoulement. Le puits 5 se situe à 500 m en aval et à 220 m des berges. Un arrêté préfectoral de DUP instaurant les périmètres de protection des captages a été pris le 4 septembre 2007 et la mise en œuvre des prescriptions est en cours.

La production de l'ensemble de ces ouvrages a été de 666 000 m³ en 2007, volume provenant à hauteur de 60 % du puits n°5. Les communes desservies par le champ captant sont : Chaudenay, Demigny, St Loup Géanges, Gergy, St Gervais en Vallière, Allerey sur Saône, St Martin en Gatinois, Palleau, Bragny sur Saône, Ecuelles et Verjux. La production suffit tout juste à assurer la production de pointe actuelle (2 700 m³/j) et future (2 900 m³/j).

Fin 2006, le Syndicat a procédé à des travaux de réhabilitation du puits 4 en enlevant l'annulaire en graviers qui était colmaté et en démolissant le télescope en béton. Ces travaux ont permis d'augmenter la productivité du puits, le débit spécifique est passé de 32,5 à 55,5 m³/h. Cependant, ces travaux n'ont pas permis d'améliorer la qualité de l'eau puisque les concentrations en ammonium et en manganèse ont augmenté.

De plus, une pollution aux HAP a été détectée en 2007, pollution persistante jusqu'à la fin de l'année 2008. Certains puits ont dû être arrêtés et une unité de traitement mobile a été mise en place jusqu'en avril 2008.

C'est pour répondre à cette double problématique qualitative et quantitative que le Syndicat a demandé à CPGF HORIZON Centre Est de réaliser une étude hydrogéologique.

Cette étude a été réalisée par Franck BONNET, ingénieur hydrogéologue sous la supervision de M. LENCLUD, directeur de CPGF-HORIZON Centre-Est.



2

Moyens mis en œuvre

L'étude envisagée se décompose en trois phases principales :

- Une étude préliminaire pour analyser l'existant et synthétiser l'état de connaissance du site :
 - Etude bibliographique ;
 - Synthèse de la documentation existante.
- Une étude diagnostique pour déterminer les capacités actuelles du champ captant et pour mettre en relief d'éventuels dysfonctionnements (qualitatifs et quantitatifs) :
 - Expertise des ouvrages ;
 - Etude de la pollution aux HAP.
- Une étude prospective du champ captant en définissant les travaux à mettre en œuvre pour améliorer la productivité du site :
 - Amélioration des captages existants ;
 - Recherche d'une nouvelle zone de captage.

Ce rapport constitue le rapport final qui regroupe les trois phases de l'étude.



3

Présentation du champ captant

3.1 Généralités

Le Syndicat des Eaux de la Basse Dheune regroupe 10 communes (Allerey-sur-Saône, Bragny-sur-Saône, Demigny, Ecuelles, Gergy, Palleau, Saint-Gervais-en-Vallière, Saint-Loup Géanges, Saint-Martin-en-Gatinois, Verjux) pour une population totale de 9 027 habitants, soit 4 365 clients.

Le Syndicat est alimenté par le champ captant du Grand Paquier, situé sur le territoire de la commune d'Allerey-sur-Saône, qui capte la nappe alluviale de la Saône. Il existe également une interconnexion avec le réseau AEP de Chagny.

Ce champ captant a fait l'objet d'un avis d'Hydrogéologue Agréé (AMIOT M., 2005) ainsi que d'une Déclaration d'Utilité Publique en date du 4 septembre 2007 qui fixe la limite des prélèvements à 3 500 m³/j et les périmètres de protection.

Les ouvrages ont été gérés par la SDEI entre 1964 et 2002. Depuis 2003, leur gestion a été confiée à la Lyonnaise des Eaux de Chalon-sur-Saône.

3.2 Caractéristiques des ouvrages

3.2.1 Localisation

Les coordonnées des 5 puits d'Allerey-sur-Saône ont été reportées dans le tableau suivant (cf. figure 01) :

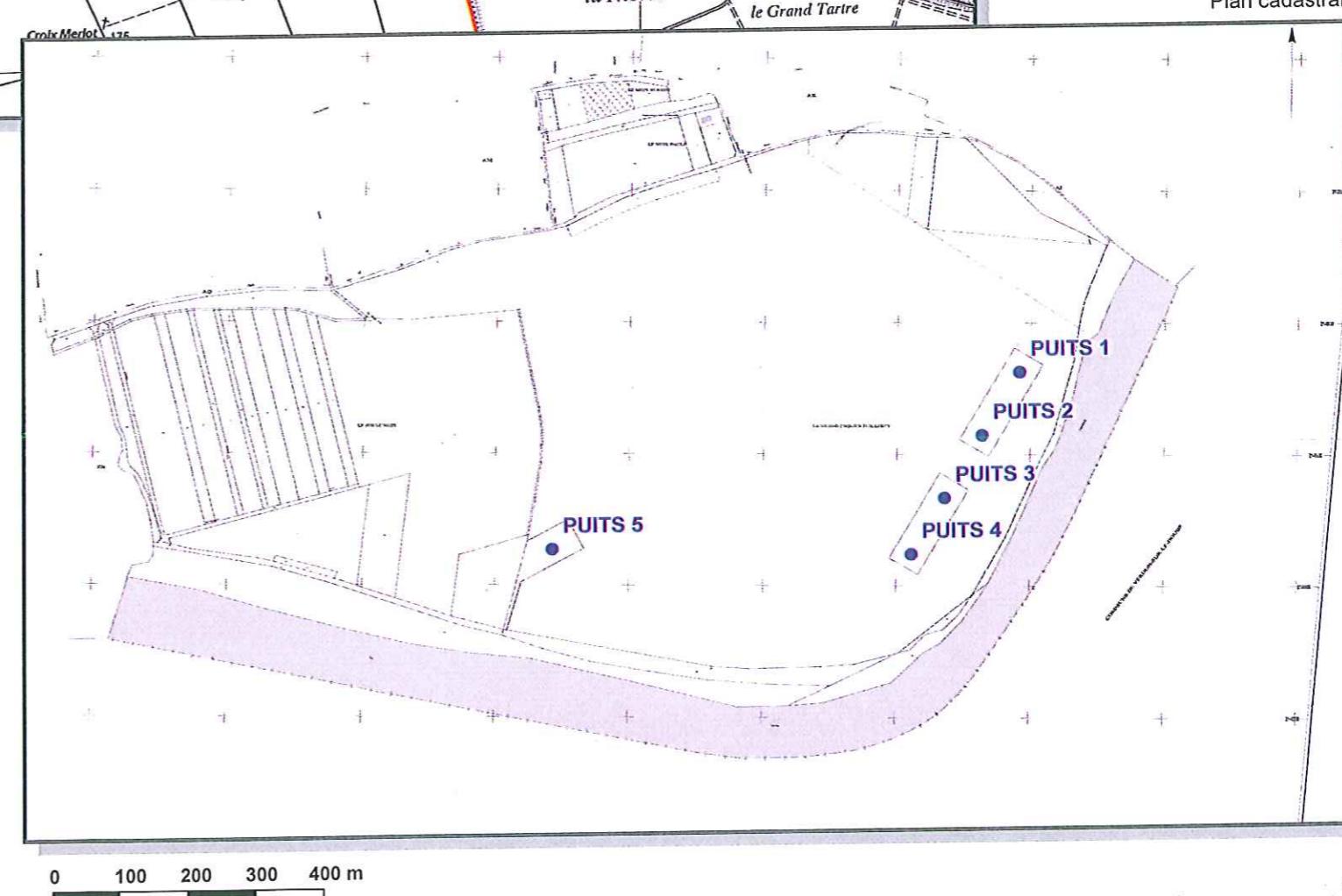
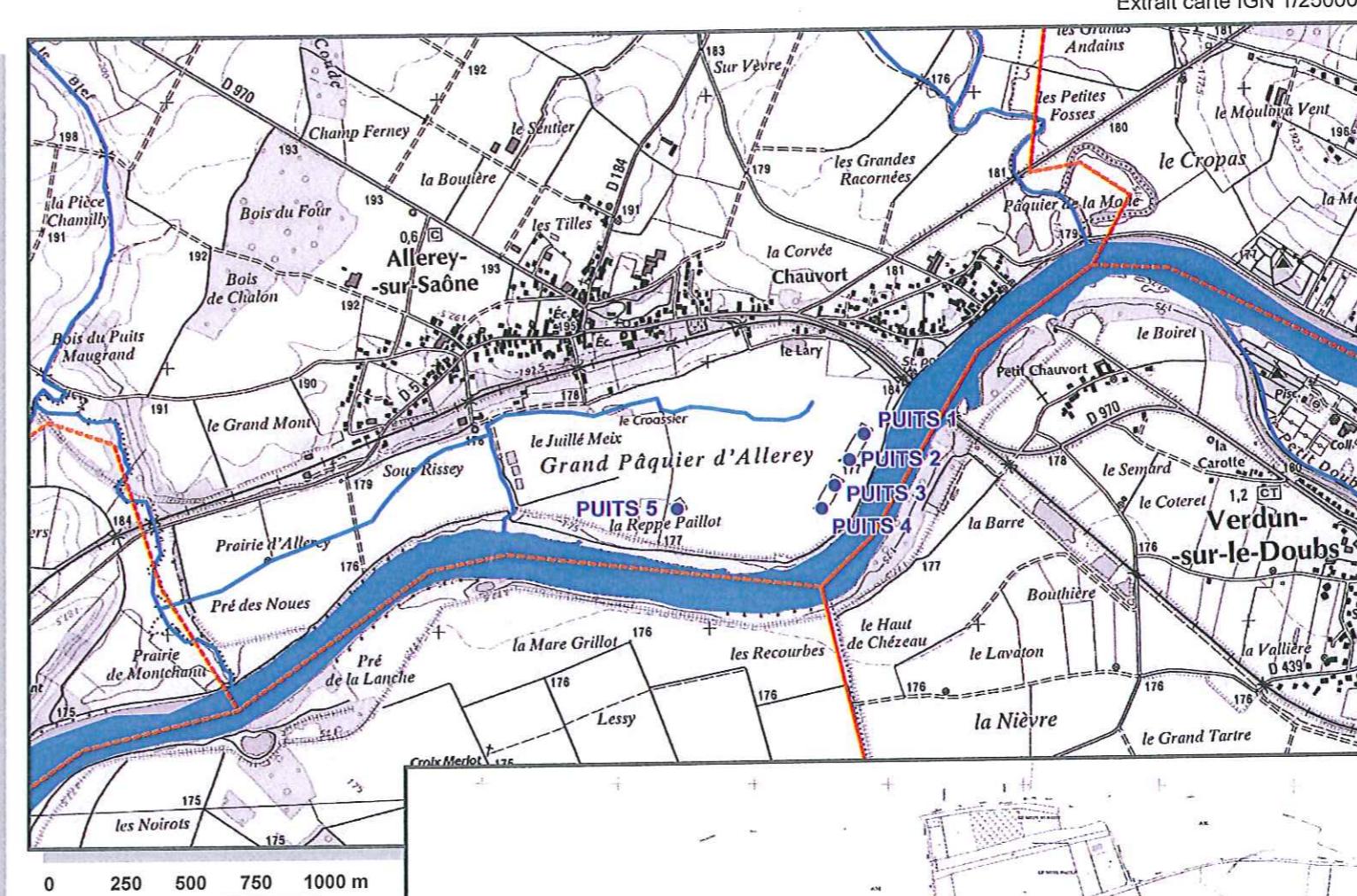
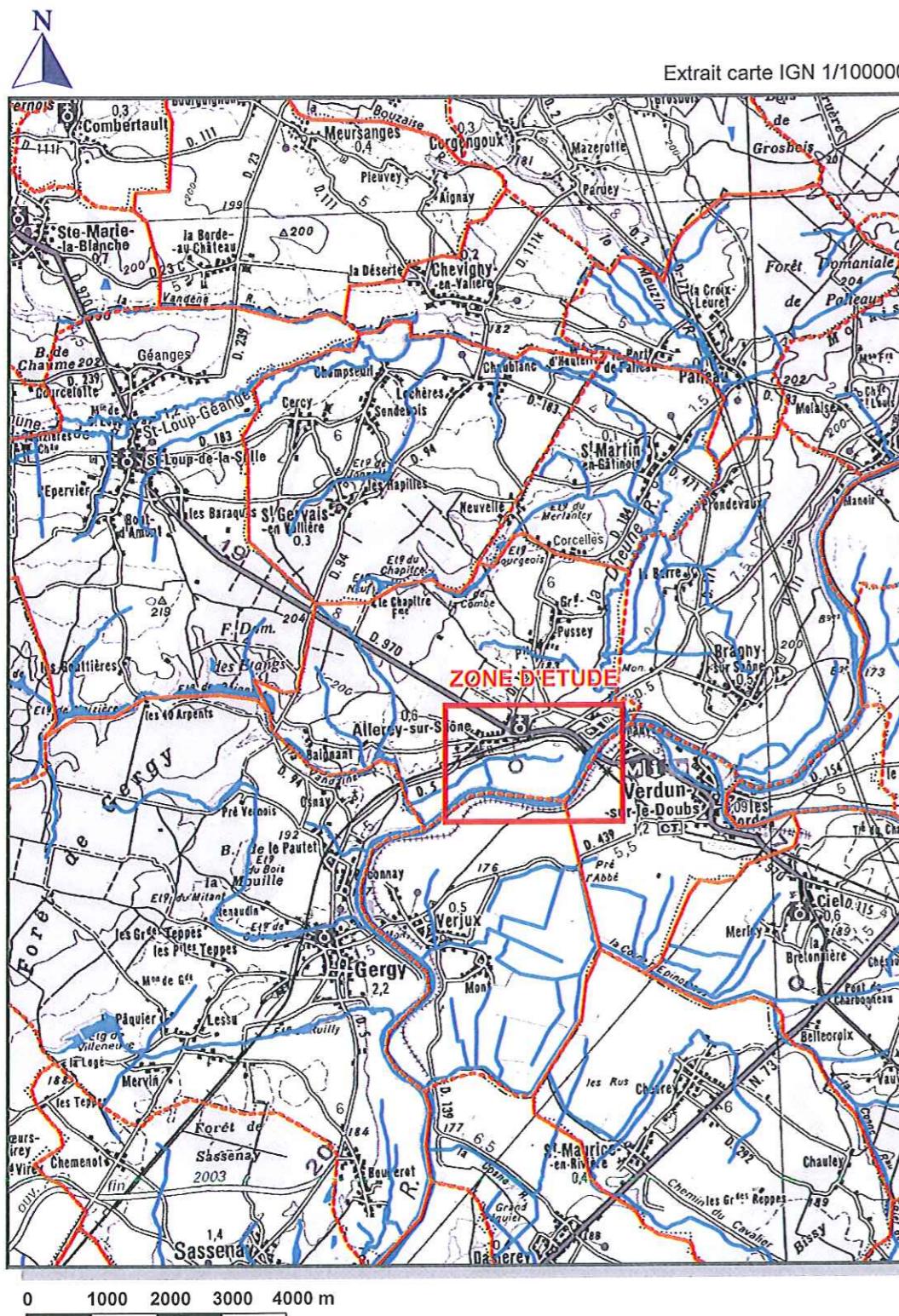
	Puits 1	Puits 2	Puits 3	Puits 4	Puits 5
X (Lambert II)	802 575	802 515	802 460	802 411	802 873
Y (Lambert II)	2 214 728	2 214 631	2 214 539	2 214 454	2 214 459
Z (m NGF)	176.5	176.5	176.5	176.5	177

Tableau 1 : Coordonnées des ouvrages AEP



SIE de la Basse Dheune -

CARTE DE SITUATION GÉNÉRALE



3.2.2 Equipement

Le champ captant est constitué de deux ensembles de puits. La coupe schématique des ouvrages est représentée sur les figures 02 a, b, c, d, e.

3.2.2.1 Puits P1 à P4

Les puits P1 à P4, réalisés en 1950, ont un cuvelage béton de 3 m de diamètre et une profondeur comprise entre 13 et 14,90 m. Ils sont disposés en lignes subparallèles à une distance de 90 à 120 m de la Saône. Leur espacement est de l'ordre de 110 m. Ces puits sont siphonnés et sont reliés à une bâche de réception située à la station de pompage. Elle est équipée de deux pompes de reprise (100 et 170 m³/h) fonctionnant alternativement.

Les quatre puits ont un double cuvelage avec un usage intérieur (\varnothing 1 m). Ils captent l'aquifère par des rangées de barbacanes se trouvant sur les deux cuvelages. L'espace interannulaire est comblé par du massif filtrant.

Le diamètre du cuvelage intérieur a pu être déterminé grâce à la réhabilitation du puits n°4 en novembre 2006. Ces travaux ont consisté à supprimer le cuvelage intérieur et le massif filtrant interannulaire qui était colmaté et qui diminuait le débit d'exploitation de cet ouvrage. Les travaux ont permis de supprimer plus de deux mètres du télescope (1 m de diamètre et de 10 cm d'épaisseur) et d'enlever la totalité du massif filtrant. Ils ont permis d'augmenter le débit spécifique de près de 20 m³/h/m.

3.2.2.2 Puits P5

Le puits n°5 a été foncé en 1979/1980 à 550 m environ à l'ouest des ouvrages préexistants, au droit du forage d'essai A'10. Il est équipé en \varnothing 4 000 mm et sa profondeur est de l'ordre de 16,40 m. Il est situé à environ 220 m de la Saône. Le puits est équipé de deux pompes immergées de 120 m³/h utilisées alternativement qui sont logées dans un cuvelage de diamètre inférieur au cuvelage principal. Ce télescope semble de plus gros diamètre que ceux des puits 1 à 4 mais nous n'avons pas pu mesurer précisément le diamètre.

3.2.3 Etat des ouvrages

La visite réalisée en 2002 par HORIZONS Centre-Est avait souligné l'état médiocre de la maçonnerie des puits 1 à 4 (fissures légèrement ouvertes).

Des traces d'écoulement sont aujourd'hui encore visibles au travers de fissures dans le cuvelage et provoquent des dépôts carbonatés.

Des travaux de réhabilitation ont été effectués sur les 5 puits et, des corrois en argile ont été disposés autour du cuvelage extérieur des puits, limitant ainsi les écoulements depuis la surface. L'ensemble de la végétation alentour ainsi que son système racinaire ont été élagués.

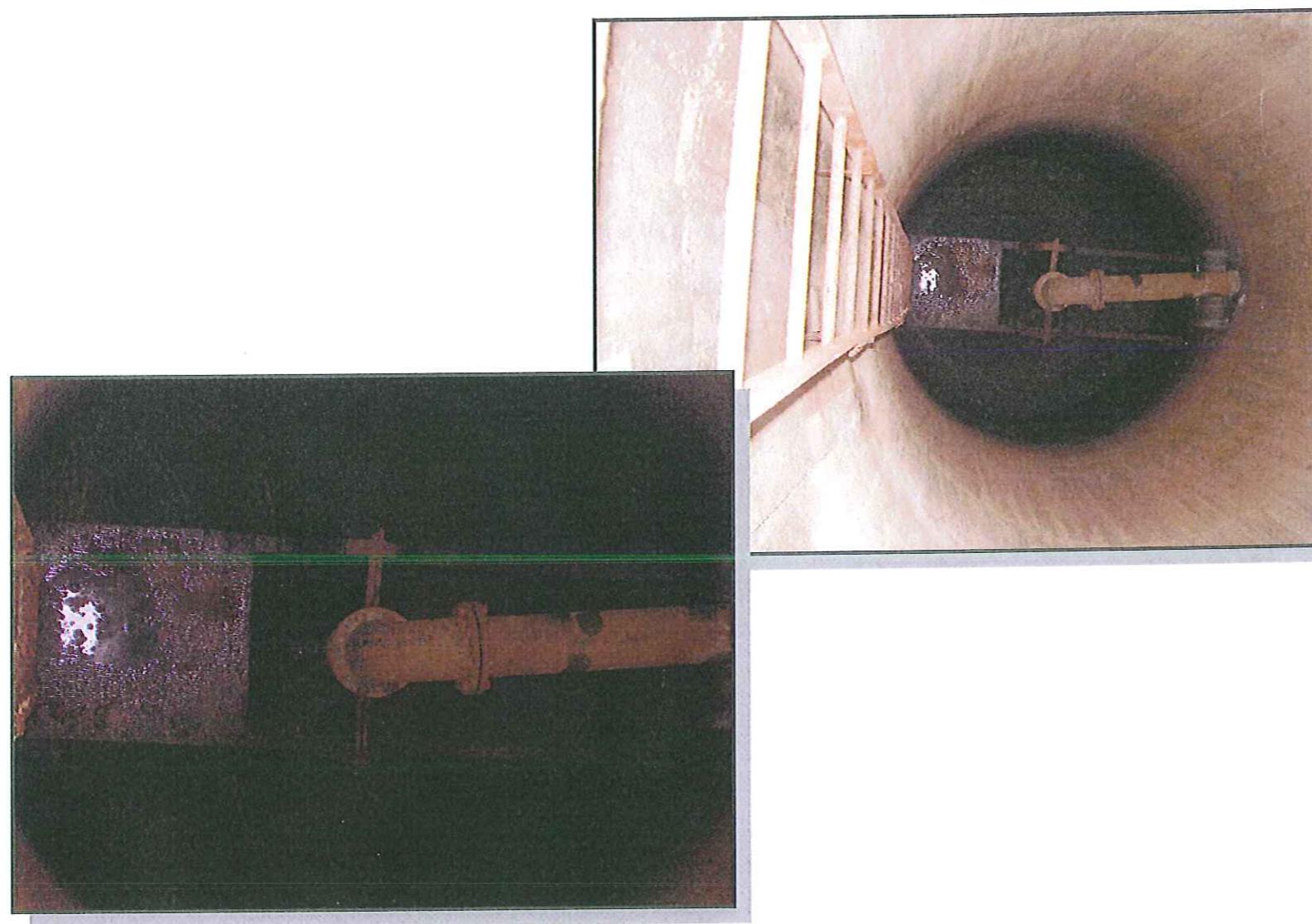
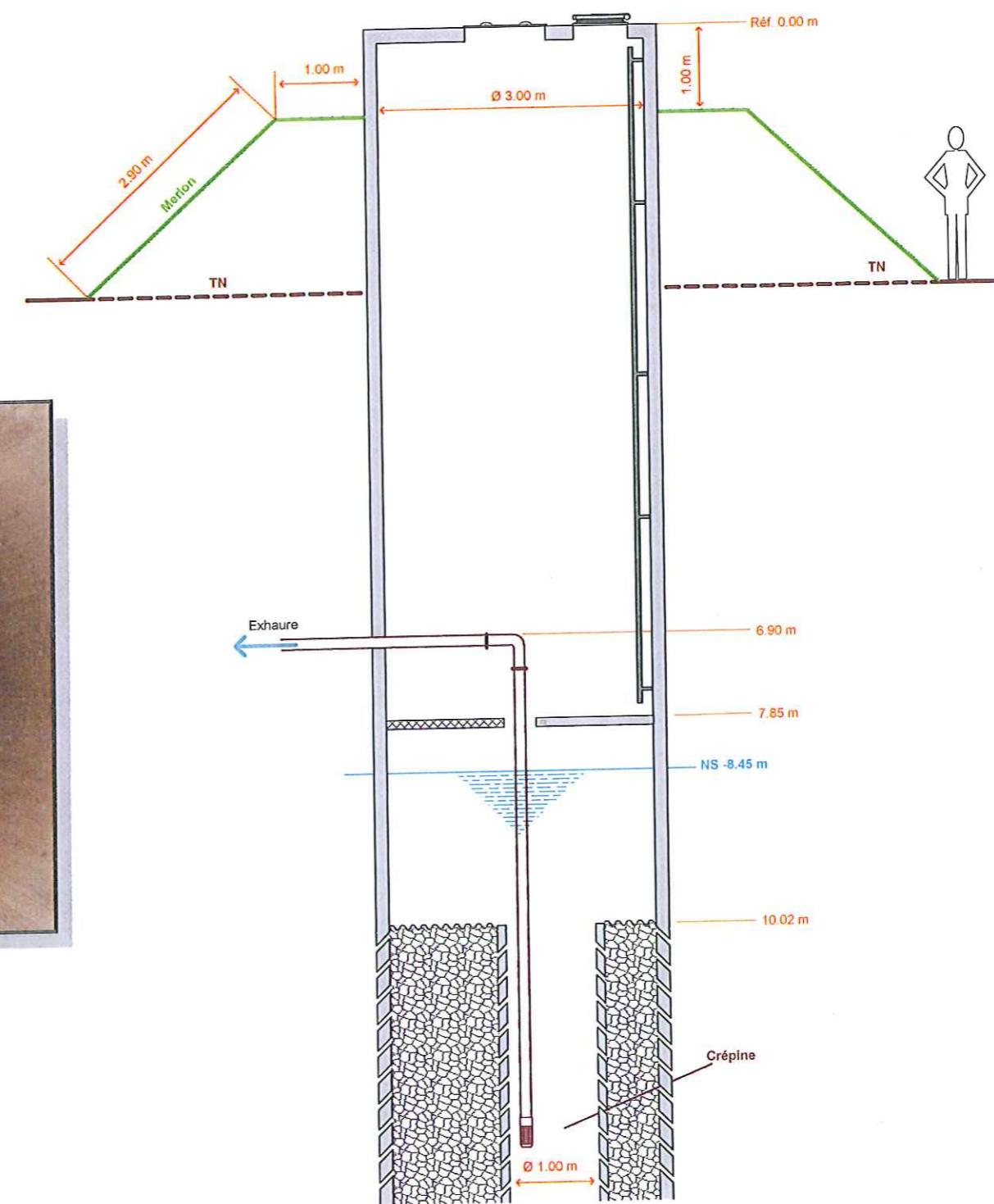
Le puits 5, plus récent, présente une maçonnerie dans un meilleur état. Il est surmonté d'une armoire électrique d'alimentation qui pilote les groupes d'exhaure.

Les clôtures en barbelés du périmètre de protection immédiate des puits 1 et 2, 3, 4 et 5 ont été rénovées et un portail cadenassé permet de fermer l'accès au bétail des parcelles limitrophes.

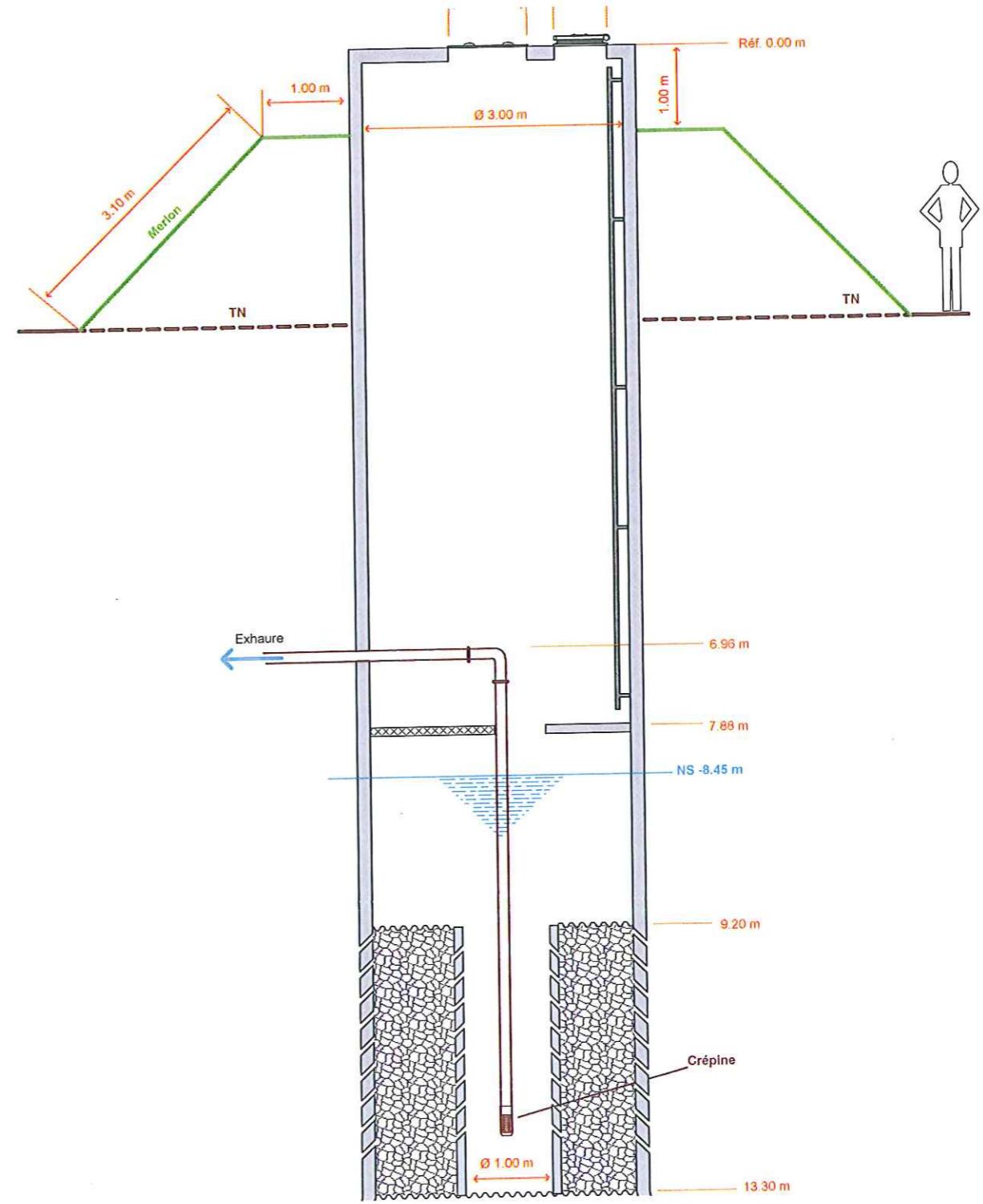
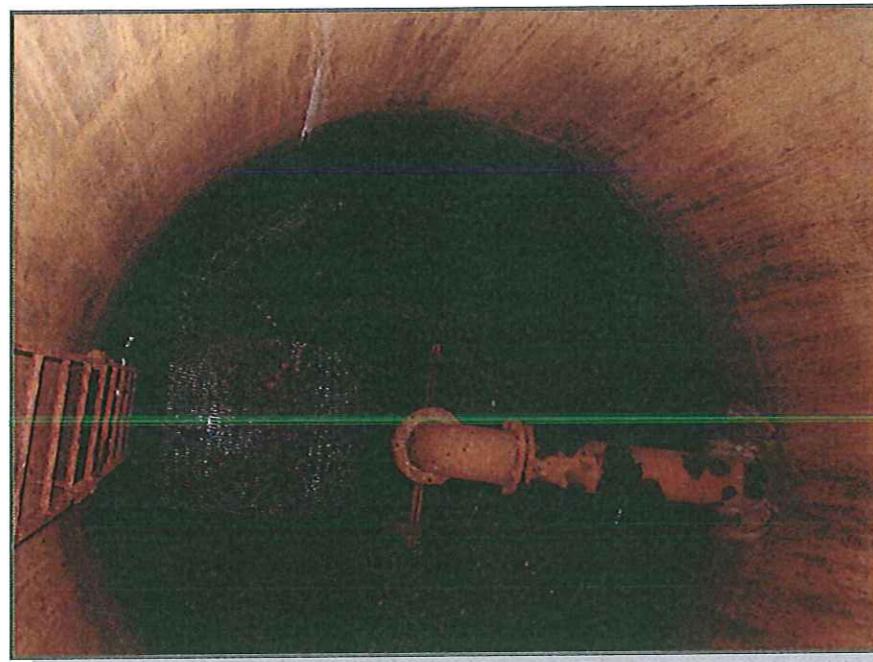


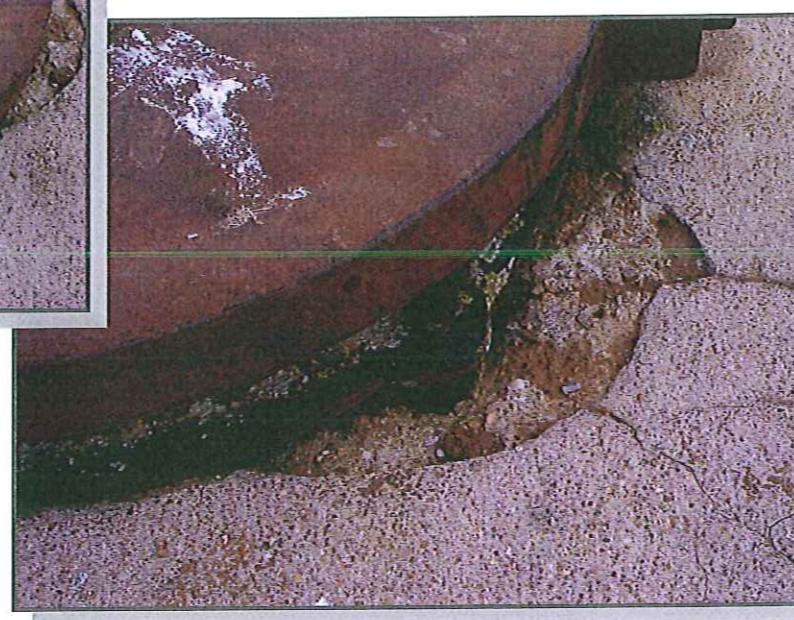
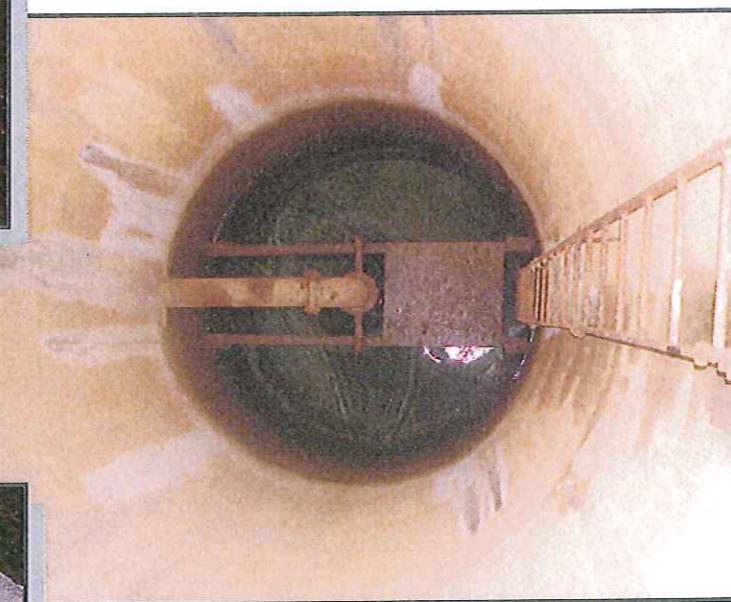
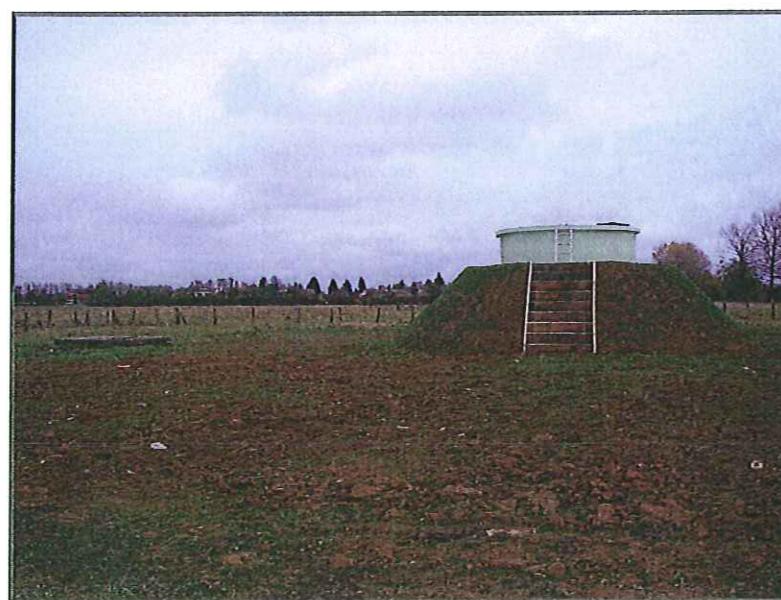


COUPE SCHEMATIQUE D'OUVRAGE - P1

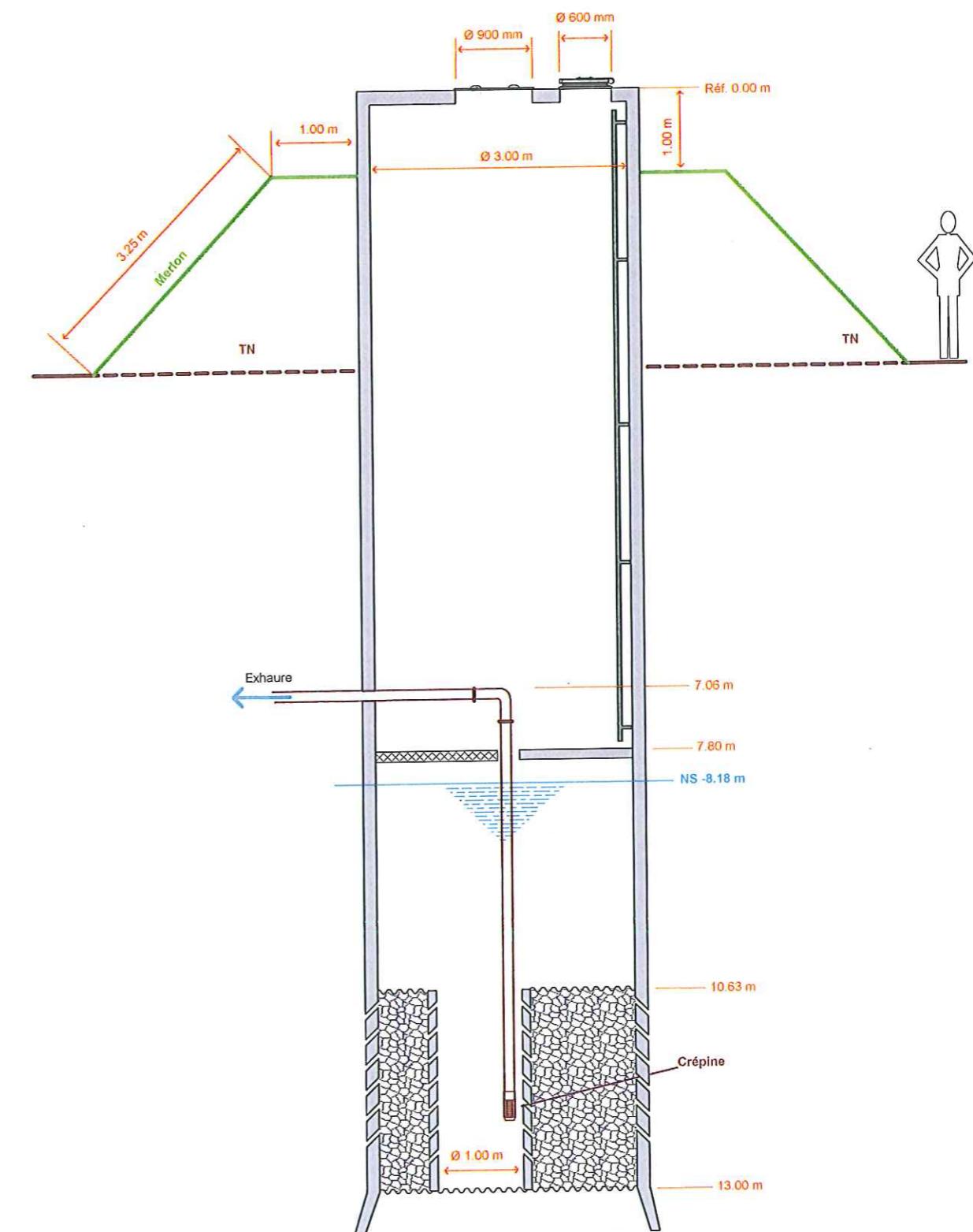


COUPE SCHEMATIQUE D'OUVRAGE - P2

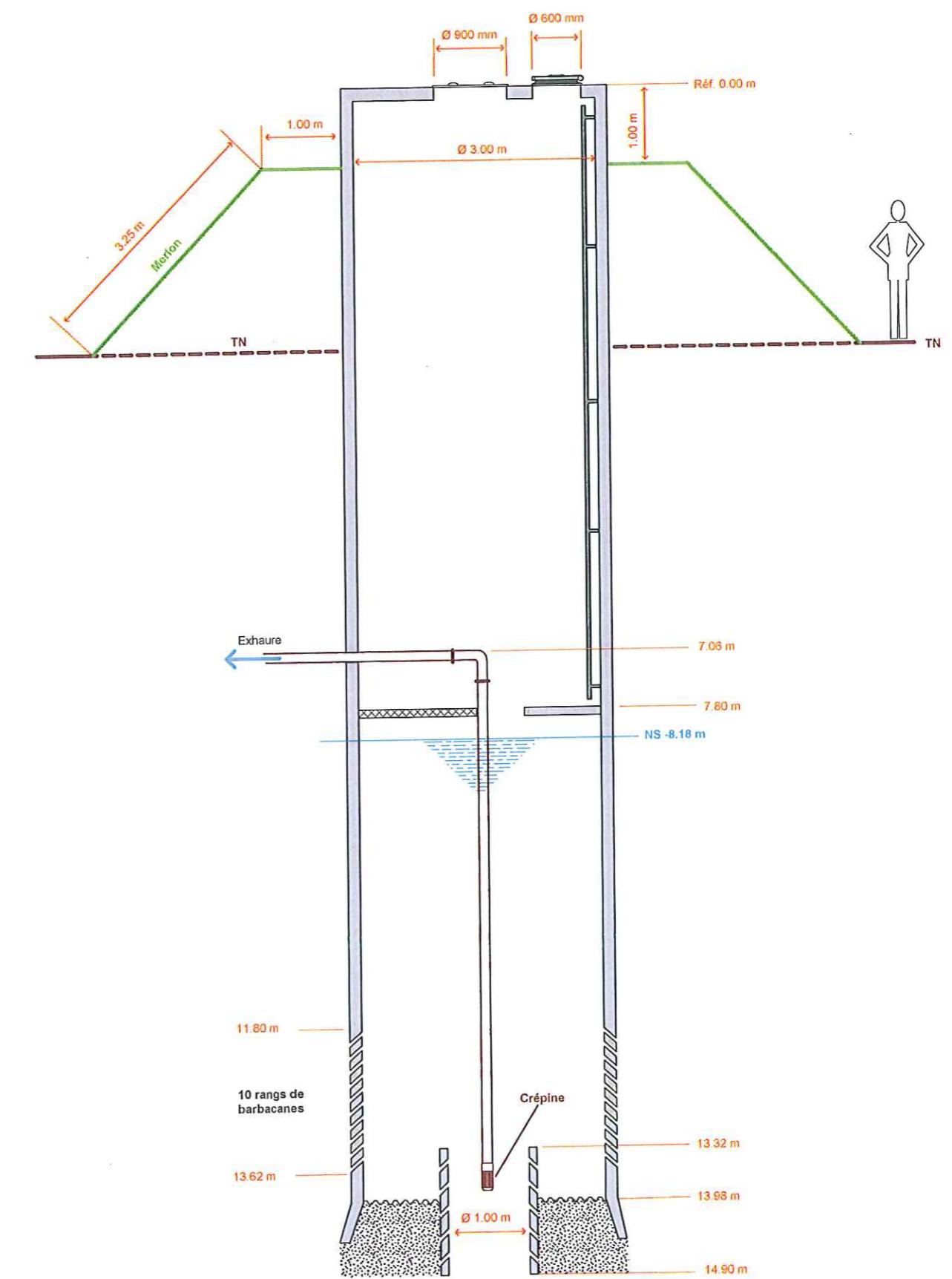
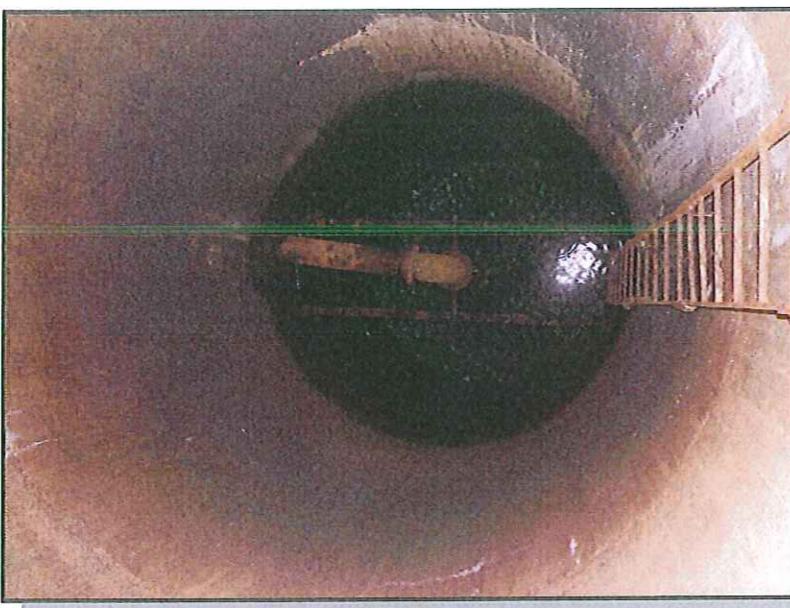
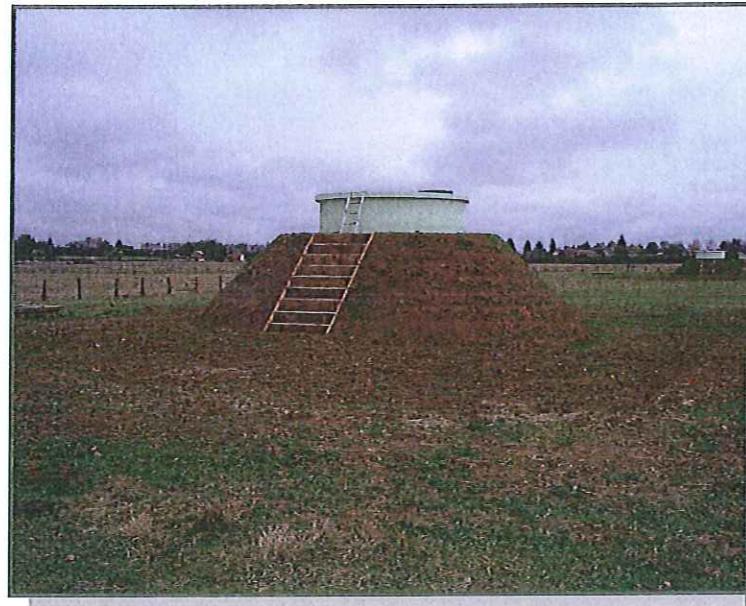




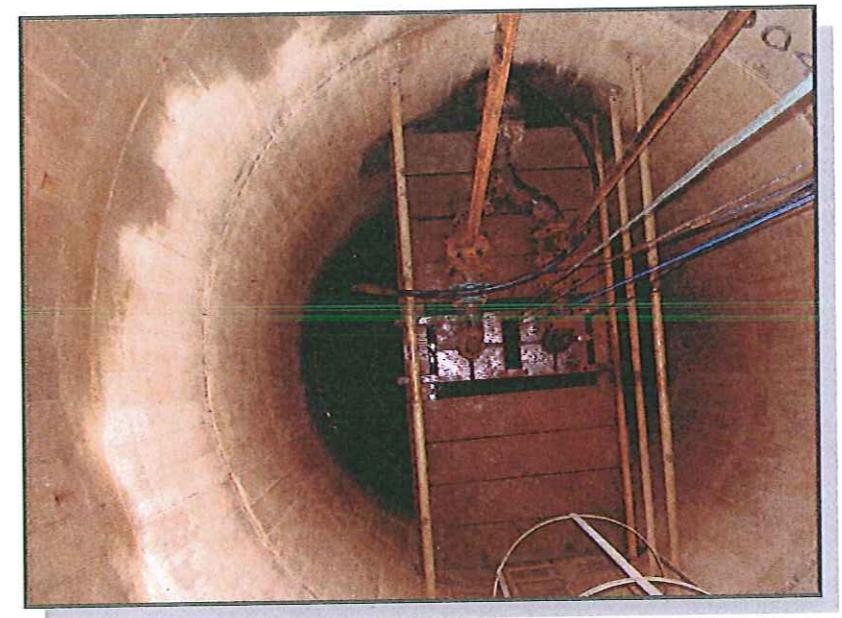
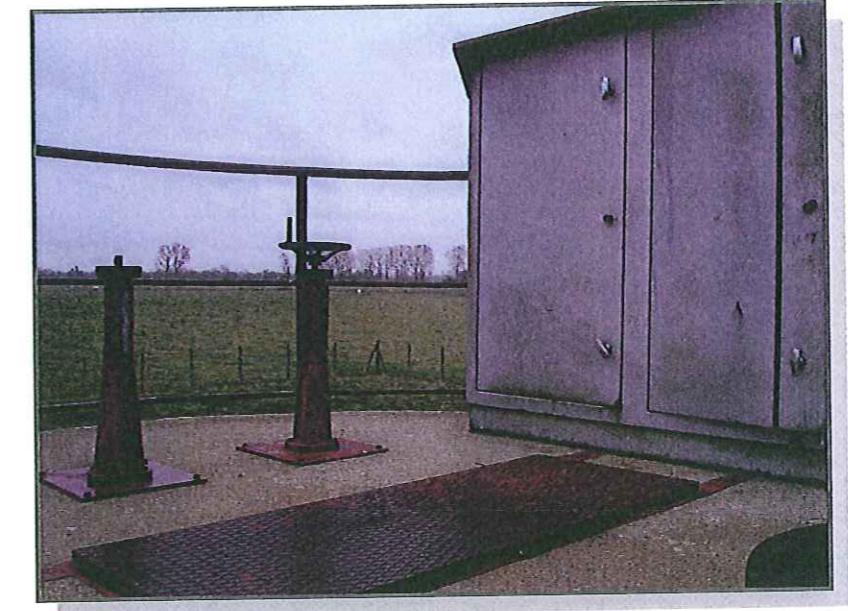
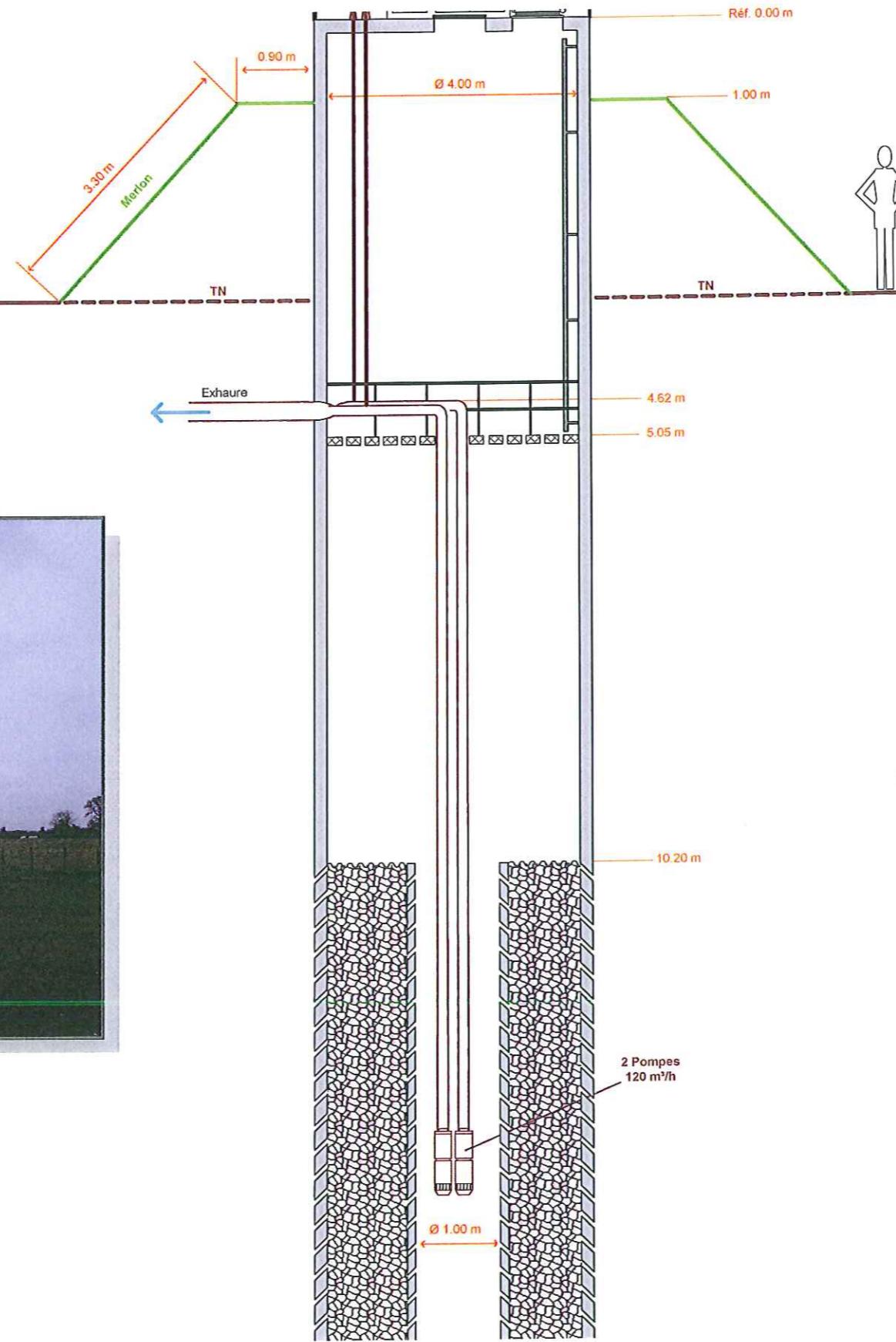
COUPE SCHEMATIQUE D'OUVRAGE - P3



COUPE SCHEMATIQUE D'OUVRAGE - P4



COUPE SCHEMATIQUE D'OUVRAGE - P5



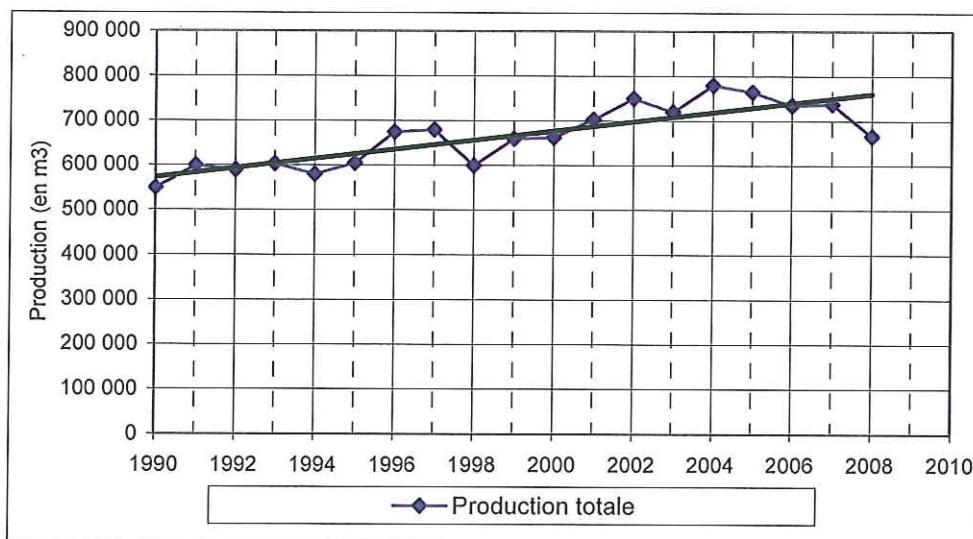
3.3 Production du champ captant

Le graphique suivant présente l'évolution de la production du champ captant depuis 1990.

A noter que lors de l'étude précédente (HORIZONS Centre-Est, 2002), une demande de l'ordre de 730 000 m³ avait été estimée pour l'année 2010. Il s'avère actuellement que cette estimation serait plutôt de l'ordre de 800 000 à 830 000 m³ à l'horizon 2010.

Le puits 5 participe à hauteur de 60 % de la production totale du champ captant.

Rappelons toutefois que la limite de prélèvements autorisée par la Déclaration d'Utilité Publique est fixée à 3 500 m³/j, soit 1 277 500 m³/an.



3.4 Contexte géologique

L'extrait de la carte géologique au 1/50000^{ème} de Chagny est présenté sur la figure 03.

Les captages du SIE de la Basse Dheune sont situés dans la plaine alluviale de la Saône, en rive droite, à 1 km en aval de la confluence de la vallée de la Dheune.

En plaine de Saône, la série de terrains suivante est observée :

- Alluvions fines - limons et argiles de débordement (couverture) ;
- Alluvions grossières – sables et graviers (aquifères) ;
- Substratum argileux - marnes et argiles de Bresse.

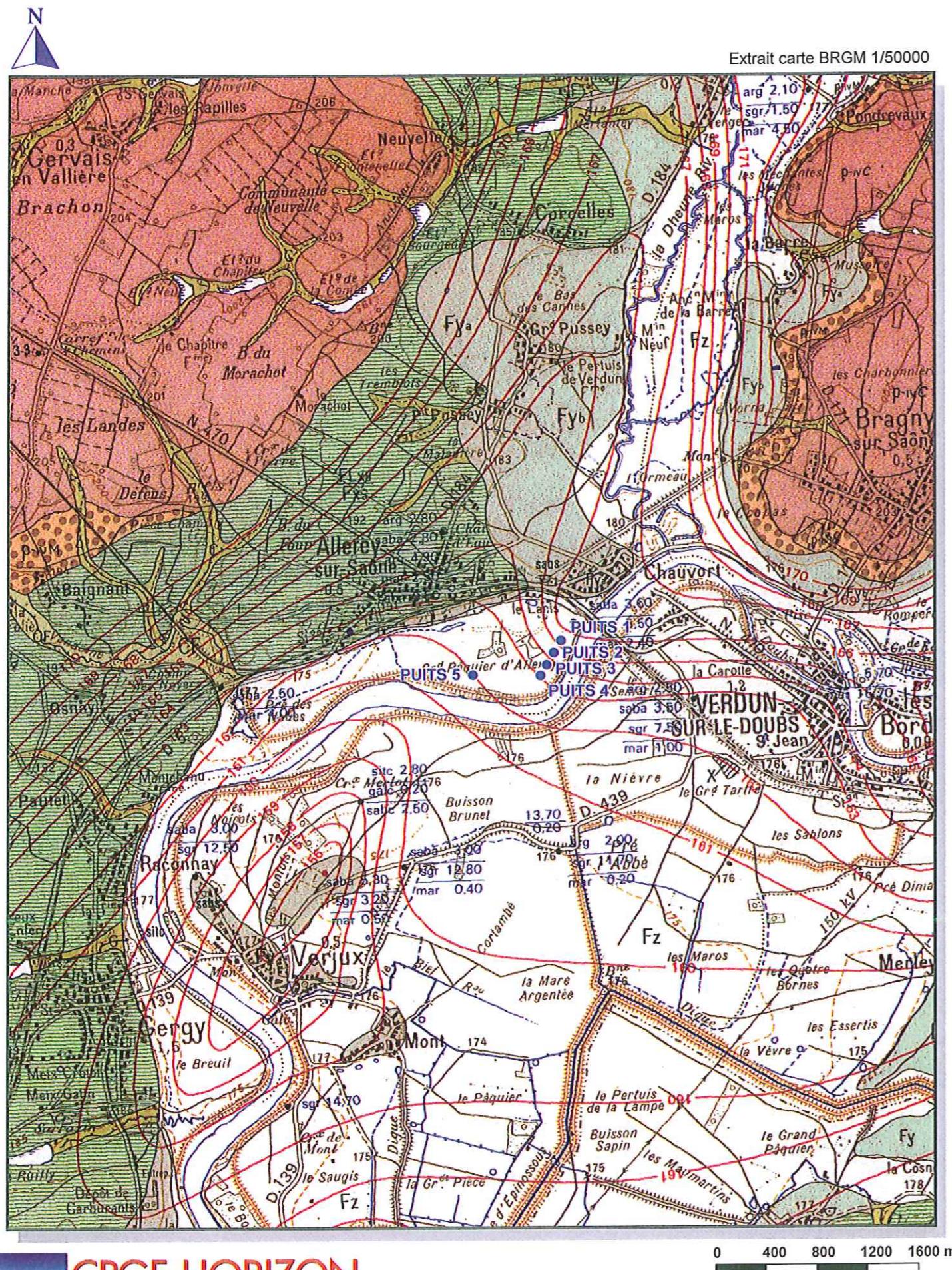
Le versant nord de la plaine récente est constitué par deux terrasses emboîtées : terrasse de St Usage (terrains sableux) et la terrasse de St Cosme, comprenant des terrains fluvio-lacustres avec des formations fines (silt, argiles,...) reposant sur des sables et galets polygéniques.

Au niveau de la base des alluvions grossières, compte tenu de l'emboîtement des terrasses, la présence de lambeaux des niveaux grossiers du St Cosme semble probable.

Ainsi, les alluvions de la plaine sont vraisemblablement en relation avec le niveau de base de St Cosme (graveleux).



CONTEXTE GEOLOGIQUE



● Captages AEP

FORMATIONS QUATERNAIRES ET TERTIAIRES DE LA BRESSE

Plio-quaternaire continental

Formations fluviales

Système de l'ensemble bressan

Fz - Galeries et graviers remaniés, sables argileux ou non, argiles, marnes, silts calcaires, limons argileux ou calcaires

Fz

Fy - (Terrasse dite de St-Usage ou Sables de St-Marcel) : galets et graviers polygéniques, sables quartzo-feldspathiques ou siliceux, argileux ou non ; argiles, limons argileux

— Limite morphologique marquant une subdivision locale de la nappe Fy en deux niveaux Fyb et Fya

■ Sables superficiels des alluvions Fya remodelés par action éoliennes (Dunes de Bougerot)

Fy Fyb Fya

FLx - Silts carbonatés ou non, marnes, argiles, sédimentation parfois varvée à interfeuilles micacés, intercalations locales sableuses ou sablo-graveleuses

FLx Fxa

FLx - Formation de St-Cosme
Fxa - Galets et graviers polygéniques, sables siliceux et carbonatés, masqués par FLx

Sw - Limite de la surface d'altitude constante proche de 205 m

FLv-w - Sables siliceux oxydés à cordons de galets, silts, argiles, marnes

Sv - Limite de la surface d'altitude constante proche de 213 m

Fv

Ft

Fv Sv

Fv

Fv

Fv

Fv

Oligocène

P-ivC V 9 2

J - Complexe de pied de Côte : colluvions et alluvions imbriquées ; matériaux essentiellement calcaires, blocailles, galets, sables (parfois siliceux), silts, marnes et argiles

p-ivC - Sables et argiles de Chagny : argiles, marnes, silts, sables à passées carbonatées
p-ivM - Marnes de Bresse : marnes, silts, argiles à passées ligniteuses ou sableuses et à concrétions calcaires (généralement masquées par les colluvions de FLv-w et p-ivC)

Argiles et marnes rougeâtres à saumon, accessoirement sableuses
1 - masquées par les Sables et argiles de Chagny
2 - masquées par les colluvions à débris cryoclastiques

3.5 Géométrie de l'aquifère

Les coupes géologiques des puits 1 et 5 sont présentées en annexe n°1 ainsi que la coupe du forage d'essai préalable à la réalisation du puits 5 (sondage A5 à 100 m plus au sud). Les coupes des ouvrages de captage et résultats des essais de débit de 1950 ont été inclus dans cette annexe.

Les coupes des 3 sondages peuvent être résumées comme suit

⇒ Puits 1

- De 0 à 3,60 m : couverture sablo-argileuse ;
- De 3,60 à 5,30 m : sables fins ;
- De 5,30 à 9,10 m : alluvions sablo-graveleuses (sables fins + gravier sablonneux) ;
- De 9,10 à 11,50 m : marnes.

⇒ Puits 5 (A10) :

- De 0 à 4,80 m : couverture argileuse ;
- De 4,80 à 8,50 m : sables fins ;
- De 8,50 à 11,80 m : alluvions sablo-graveleuses ;
- De 11,80 à 15,20 m : sables du St Cosme ;
- De 15,20 m à 16 m : marnes grises.

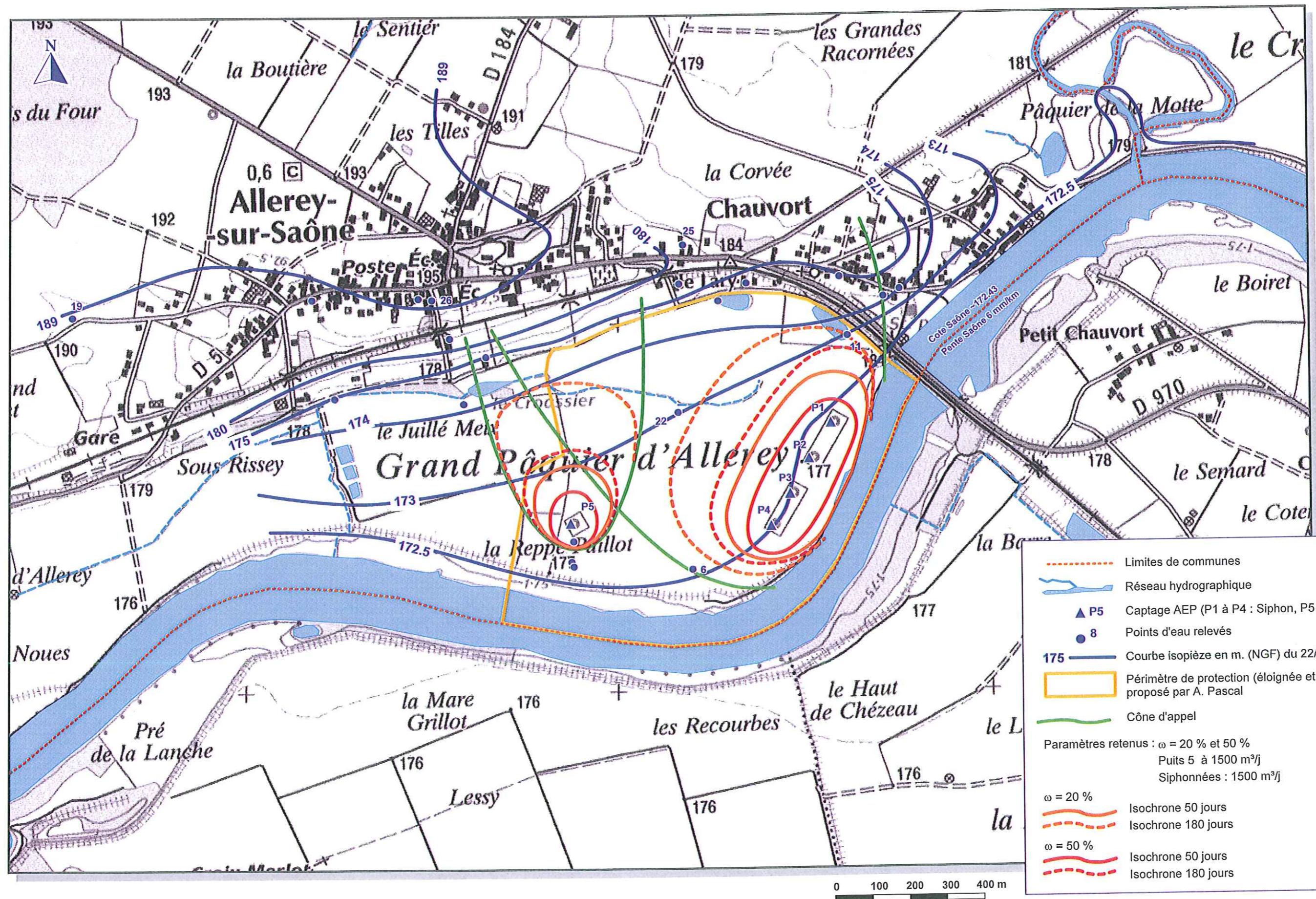
⇒ Sondage A 5 :

- De 0 à 3,85 m : couverture argileuse ;
- De 3,85 à 7,80 m : sables fins ;
- De 7,80 à 13,50 m : alluvions sablo-graveleuses ;
- De 13,50 à 18,00 m : sables du St Cosme.

Les coupes de forage montrent que l'aquifère est plus épais au niveau du puits 5 (entre 7 et 9,85 m) que sur le puits 1 (5,50 m). Il est surmonté d'une couche argileuse comprise entre 3,60 et 4,80 m. Sur les trois sondages, l'aquifère peut être divisé en deux : la partie supérieure essentiellement composée de sables fins (entre 3 et 4 m d'épaisseur) repose sur une fraction plus grossière composée de sables et de graviers.

Le substratum marneux n'est atteint que sur le puits 1 et 5. Il est surmonté des sables du Saint-Cosme sur le puits 5 sur une épaisseur de 3 m. Le sondage A5 n'a pas atteint le substratum marneux et l'horizon du St Cosme est épais de plus de 4 m.

ESQUISSE PIEZOMETRIQUE DU 22/02/2001



3.6 Contexte hydrogéologique

3.6.1 Piézométrie

L'aquifère exploité par les puits du SIE de la Basse Dheune est celui des alluvions grossières récentes. Cet aquifère est limité en épaisseur par une couverture argileuse en surface et par des marnes et des argiles en profondeur. La nappe est en charge à l'intérieur de l'aquifère (nappe captive). Une carte piézométrique avait été établie le 22/02/2001 lors de l'étude hydrogéologique préalable aux périmètres de protection (figure 04).

Le fleuve constitue le niveau de base de l'aquifère et il draine la nappe (écoulement global nord-sud). En régime dynamique (pompage) et en hautes eaux le gradient peut s'inverser et le fleuve peut alimenter la nappe et les puits proches. Le gradient dans la plaine alluviale est de l'ordre de 1 ‰ et il devient plus élevé entre la plaine et le versant : le versant est le siège d'aquifères discontinus qui se déversent et qui alimentent l'aquifère alluvial.

3.6.2 Caractéristiques hydrodynamiques

Plusieurs campagnes de pompages d'essais ont eu lieu en 1950 et 1978, 1986 et 2001 sur les différents puits. Les résultats de l'interprétation de ces essais de pompage sont figurés dans le tableau suivant (approximation en régime permanent) :

	Date	Qs en $m^3/h/m$	K en $10^{-3}m/s$
Puits 1	oct-1950	10,7	0,4 à 0,5
	nov-2001	14,1	0,6
Puits 2	oct-1950	15,4	0,6 à 0,8
	nov-2001	17,3	-
Puits 3	oct-1950	19,9	0,8 à 1
	nov-2001	8,3	-
Puits 4	oct-1950	35	1,1 à 1,5
	nov-2001	21,7	-
	nov-2006 (avt travaux)	32,5	-
	nov-2006 (après travaux)	55,6	-
Puits 5	mai-1978	60	2 à 3
	1986	80	-
	2001	100	2,4 à 3,6

Tableau 1 : Caractéristiques hydrodynamiques des puits

Les perméabilités n'ont pu être calculées sur les puits 2, 3 et 4 étant donné l'absence des coupes géologiques.

Les perméabilités de l'aquifère sont comprises entre $0,4 \cdot 10^{-3}$ et $3,6 \cdot 10^{-3}$ m/s. Elles augmentent en direction de l'ouest et permettent d'avoir des débits spécifiques croissants entre le puits 1 et le puits 5 (de 10 à 100 $m^3/h/m$). Le puits 5 présente les meilleures caractéristiques et ses perméabilités sont 3 à 10 fois supérieures à celles des puits siphonnés.

Les débits spécifiques des puits 3 et 4 ont diminué depuis leur réalisation. Les travaux réalisés sur le puits 4 (enlèvement de la virole interne) ont permis d'augmenter les débits spécifiques d'origine. Il est probable que les mêmes travaux réalisés sur les autres puits auraient les mêmes conséquences (surtout pour le puits 3). Le rendement du puits 10 est constant depuis sa création.



3.7 Qualité des eaux

Le contrôle sanitaire de la DDASS est réalisé tous les deux à trois mois sur l'eau traitée et des analyses sont également réalisées à une fréquence plus importante sur l'eau brute de mélange. Les analyses réalisées sur l'eau brute de chaque puits ne sont plus effectuées depuis mai 2003 (hormis les analyses de HAP).

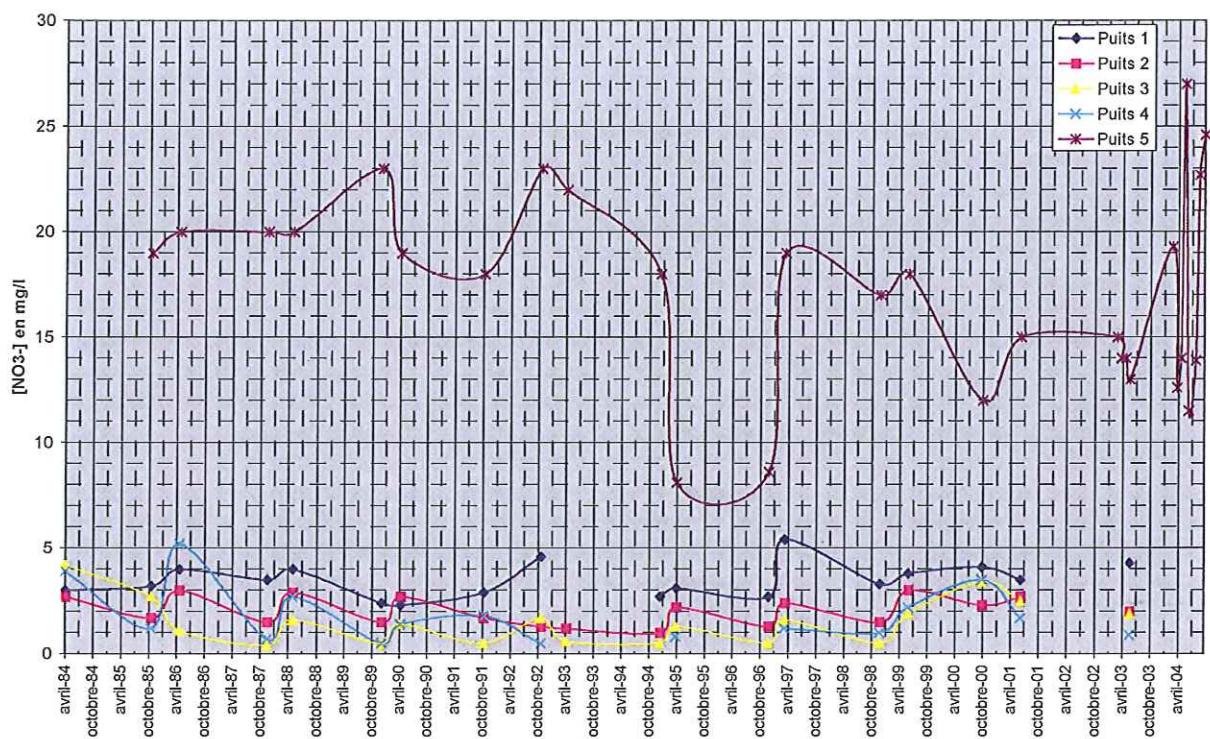
D'un point de vue physico-chimique, les eaux captées sont très dures (34,5 °F) et de type bicarbonaté calcique et de pH proche de la neutralité (7,2).

Les analyses de l'eau brute de chaque puits sur la période 1984-2004 ont montré une qualité différente sur le puits 1 à 4 et sur le puits 5. Cette différence de qualité est le reflet des conditions réductrices qui règnent au droit des puits siphonnés tandis ce que la nappe est plus oxygénée au droit du puits 5 (nappe semi-captive).. Cela peut expliquer en partie la plus faible concentration des nitrates dans ces quatre puits. Le graphique 1 ci-après montre l'évolution des concentrations des nitrates sur les 5 puits.

Les eaux des puits 1 à 4 présentent des concentrations en nitrates inférieures à 5 mg/l alors que les concentrations sur le puits 5 sont comprises entre 8 et 27 mg/l. Ce dernier bénéficie sans doute plus des apports de versant (potentiellement chargés en nitrates) et se situe à proximité de parcelles cultivées. La semi captivité de la nappe empêche toute dénitrification qui pourrait abaisser les concentrations en nitrates. Une tendance à la baisse avait été amorcée en 1996 et les concentrations ont à nouveau augmenté à partir de 2003 pour atteindre les valeurs maximales mesurées en 2004 (date de la fin du suivi).

Sur la période de mesure, cette différence de qualité est aussi observable sur les paramètres fer et manganèse, puisque des teneurs importantes en fer (50 à 580 µg/l pour une limite à 200 µg/l), manganèse (20 à 440 µg/l pour une limite à 50 µg/l) et ammonium (0,01 à 2 mg/l) sont mesurées et sont caractéristiques d'une nappe confinée. Le puits P5 ne présente, quant à lui, aucune trace de fer ou de manganèse, reflet d'une nappe semi-captive au droit de cet ouvrage.

Des pollutions bactériennes récurrentes (entérocoques et Escherichia coli) ont été observées, principalement sur les puits P1, P3 et P4. Les pics bactériologiques semblaient être corrélables avec les périodes de crues, les périodes de fortes chaleurs (prolifération bactériologique) ou de fortes précipitations. L'assainissement d'Allerey, les zones d'infiltrations préférentielles (anciennes zones d'extraction d'argiles) et la décharge à l'est de P1 avaient également été incriminés. Depuis 2003, date à partir de laquelle les analyses s'effectuent sur l'eau brute de mélange, les analyses bactériologiques sont conformes au code de la santé publique (sauf le 21/05/2003 où 3 coliformes ont été mesurés).



Graphe 1 : Evolution des teneurs en nitrates sur les puits du Grand Paquier

Des traces de pesticides (déséthyl atrazine) ont été rencontrées en 2002 (0,056 µg/l), en 2005 (0,067 µg/l) et en juin 2009 (0,026 µg/l) sur les eaux de mélange mais restent inférieures à la limite de qualité de 0,1µg/l. Aucun autre pesticide n'a été détecté sur l'eau brute.

4

Etude prospective du champ captant

4.1 Prospection par panneaux électriques

4.1.1 Principes et généralités

La prospection électrique est basée sur la propriété des terrains à conduire un courant électrique injecté dans le sol, en fonction de leur nature lithologique.

Ainsi, les formations sont d'autant plus conductrices qu'elles sont argileuses, saturées en eau ou que le rocher est altéré, et d'autant plus résistantes qu'elles sont grossières, sèches ou que le rocher est sain.

Les panneaux électriques permettent d'obtenir des coupes de la répartition des terrains en fonction de leur résistivité « vraie » sur une profondeur d'investigation dépendant de la géométrie du dispositif.

Dans la pratique, les panneaux électriques consistent en la mise en place d'un réseau de 64 électrodes disposées linéairement. Un résistivimètre (ABEM Lund ES464) branché à ce réseau, pilote une séquence de mesures programmée. La mesure consiste en l'injection d'un courant dans le sol par une électrode du dispositif et une autre (reportée à l'infini) et d'appréhender la différence de potentiel générée par le passage de ce courant entre deux électrodes de réception (dipôle). Plus la distance entre le point d'injection (A) et le centre du dipôle de réception (O) augmente, et plus la profondeur d'investigation du dispositif croît.

Les panneaux mis en œuvre sont de type **pôle/dipôle, 64 électrodes**, avec report d'une électrode d'injection à l'infini, soit **au moins 300 m**. Les panneaux ont été réalisés avec un pas de mesures de 5 mètres (longueur de 315 m) permettant d'atteindre une profondeur de 45 mètres environ et à un pas de mesures de 2,50 m (longueur de 157,50 m pour une profondeur de l'ordre de 30 m).

La section mesurée sera ensuite soumise à modélisation à l'aide du logiciel RES2DINV, développé par H. LOKE.

Cette modélisation permet l'élaboration d'un modèle de répartition des terrains en fonction de leurs résistivités « vraies », dont la section calculée doit correspondre au mieux à la section mesurée.

4.1.2 Procédure de traitement

Lors du traitement des mesures, celles présentant un écart type supérieur ou égal à 1 % ont été écartées du fichier soumis à l'inversion.

D'autre part, préalablement à l'inversion, une visualisation des mesures permet d'écartier les mesures les plus douteuses malgré des critères de répétitivité de la mesure inférieurs à 1 %.

Lors de l'inversion, le programme propose un critère d'évaluation de la qualité de l'inversion : le RMS. En fait, il s'agit du pourcentage d'écart moyen entre la valeur de la résistivité mesurée et la valeur calculée pour chaque maille du modèle. Une routine de programme permet par la suite d'écartier les mailles des mesures présentant des erreurs supérieures à une valeur retenue par l'opérateur. Cette procédure a été appliquée pour les panneaux.

Lors des itérations successives, le programme procède à un ajustement du critère RMS en augmentant les fortes résistivités et en diminuant les plus faibles. Ceci peut conduire à une interprétation différente des profils selon le nombre d'itérations utilisées. Nous avons choisi de présenter les résultats les plus fiables et non ceux qui présentent le meilleur RMS.

L'implantation des panneaux électriques est présentée sur la figure 05 et les résultats sur les figures 06 a, b et c. Nous avons adapté l'implantation initialement prévue aux contraintes de terrain.

Le choix des couleurs des résistivités a été retenu afin de retrancrire les natures des formations rencontrées. Les teintes oranges à rouges correspondent aux terrains résistants (tels que les alluvions) tandis que les teintes bleues/vertes traduisent des formations conductrices telles que les formations à dominantes argileuse.

La relation résistivité/nature des terrains peut être résumée comme suit (valeurs moyennes) :

Nature des terrains	Résistivité
argile argile sableuse	10 à 50 Ω/m
Alluvions fines Alluvions grossières	50 à 100 Ω/m >100 Ω/m
marne argile	< 50 Ω/m

Tableau 2 : Résistivités mesurées en fonction de la nature des formations géologiques

4.1.3 Résultats de la prospection géophysique

4.1.3.1 Au droit des ouvrages AEP

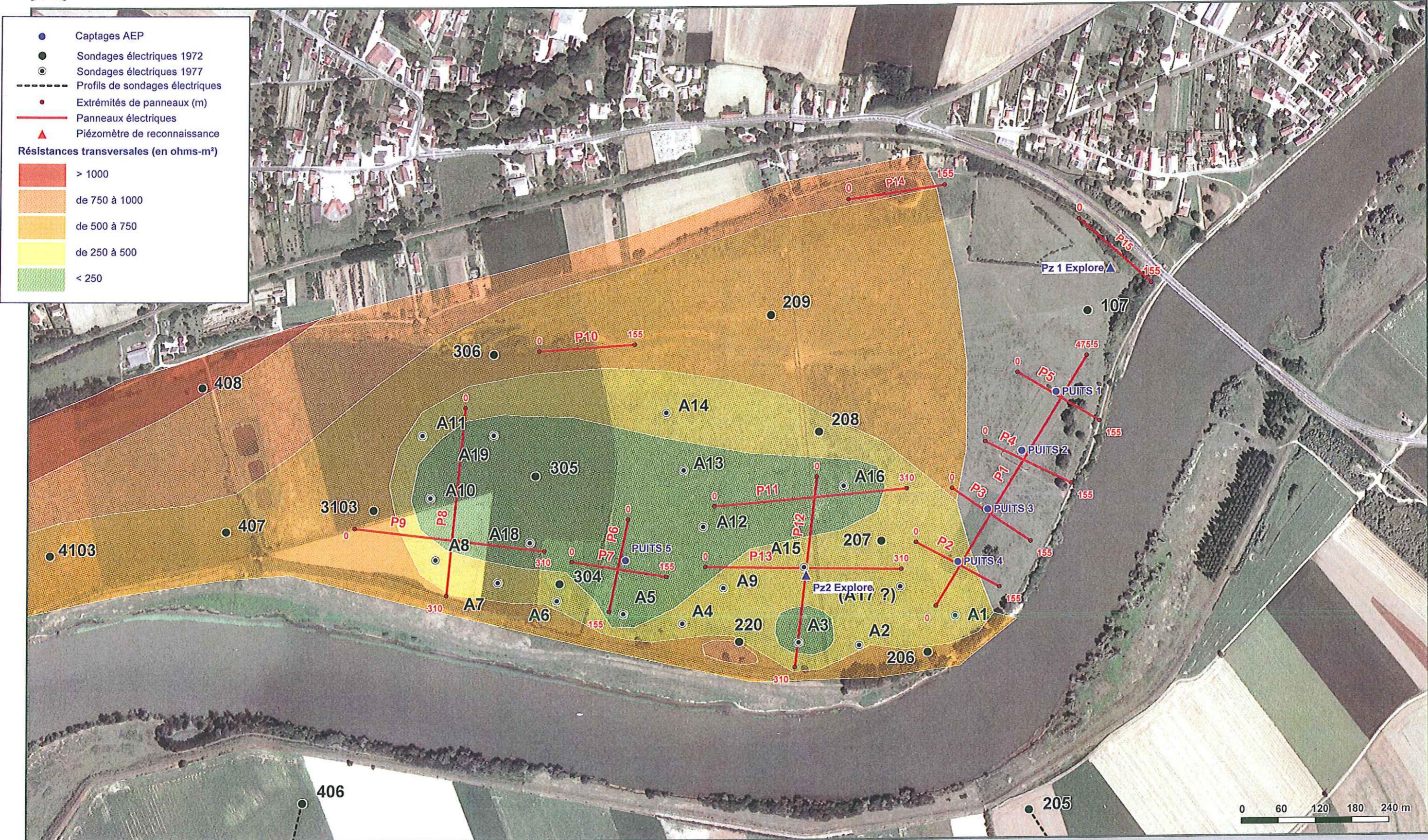
Nous avons mis en œuvre cette méthode sur les 5 ouvrages du champ captant : nous avons réalisé un doublet de panneaux perpendiculaires (orientation NO-SE et S.SO-N.NE) sur chaque ouvrage. L'implantation se trouve sur la figure 05 et l'interprétation sur la figure 06a.

Nous avons réalisé des panneaux de 157,50 m de long (écartement de 2,50 m entre traces) sur chaque puits. Les panneaux parallèles à la Saône entre les puits 1 à 4 ont été joints (technique du « up ») ce qui permet d'avoir la géométrie sur un linéaire de plus de 475 m.

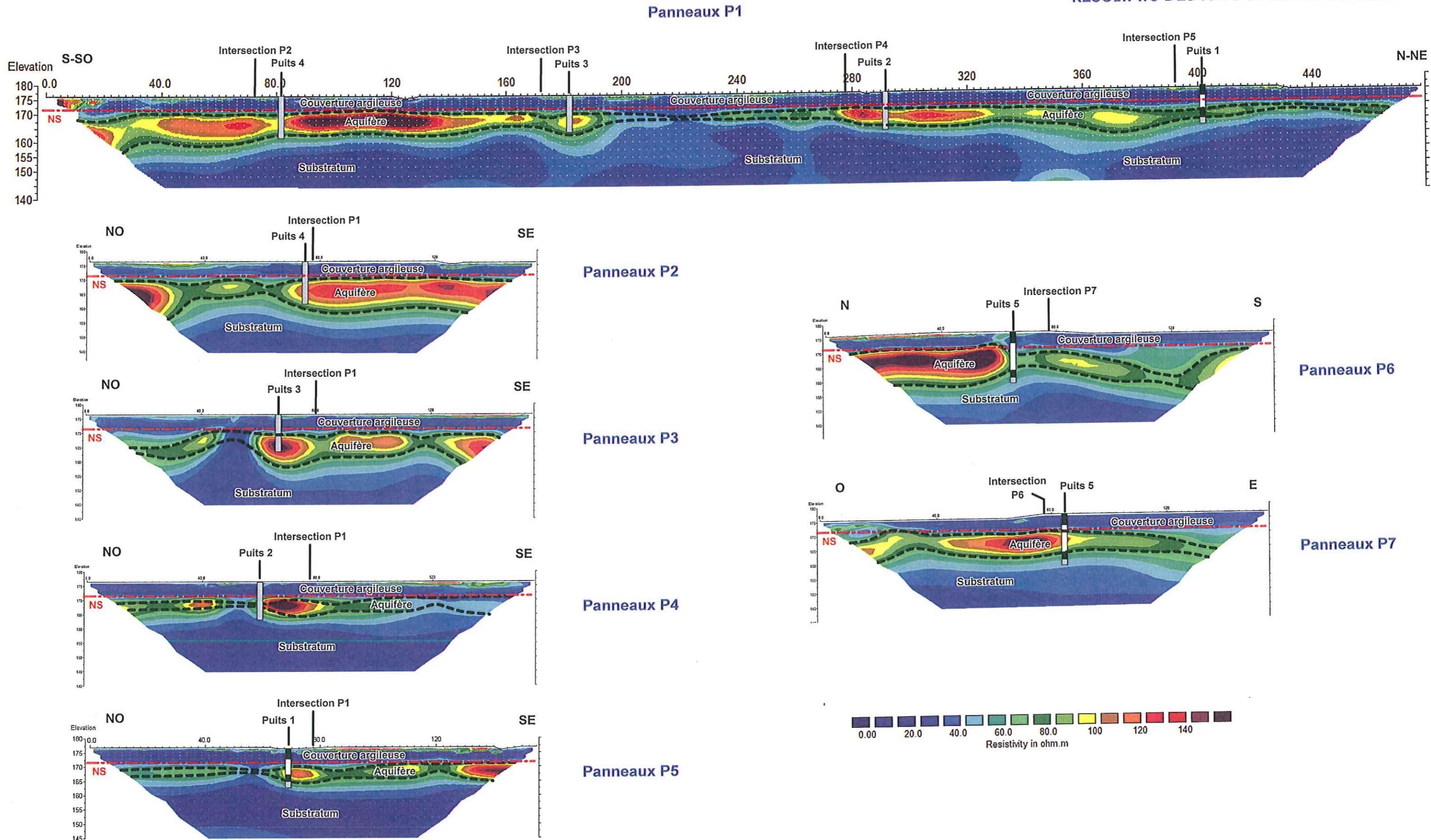




CARTE D'IMPLANTATION DES MESURES GEOPHYSIQUES



RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES



Les résultats des panneaux électriques confirment la géométrie citée précédemment à savoir :

- Une couverture argileuse continue très conductrice (résistivité < 50 ohms.m) de 3 à 8 m d'épaisseur. Cela confère à la nappe une bonne protection et la rend captive ;
- L'aquifère qui contient la nappe est faiblement résistant à résistant (valeurs n'excédant pas les 150 ohm.m). Son épaisseur est très variable et il est très peu épais par endroits (épaisseur quasi nulle sur le panneau 1 entre la cote 200 et 230 m). La discontinuité de l'aquifère observée sur les panneaux 2, 3, 4, et 5 (cote comprise entre 50 et 60 m) est le reflet de la canalisation du siphon qui relie les puits à la station de pompage : l'aquifère est sans doute continu sur toute la longueur du panneau. Sur le panneau 6, c'est le cuvelage du puits qui fait augmenter la conductivité de l'aquifère entre la cote 50 et 80 m ;
- Un substratum argilo-marneux à partir d'une profondeur moyenne de 8 à 18 m avec une conductivité élevée (résistivité < 50 ohm.m).

Ces panneaux électriques montrent l'hétérogénéité du remplissage alluvial et la chenalisation des dépôts fluviatiles. Ils montrent notamment que les puits 1 et 2 sont implantés dans un secteur moins résistant par rapport aux puits 3 et 4. Les résistivités et les épaisseurs d'alluvions sur le puits 5 sont encore plus importantes, ce qui explique sa forte productivité par rapport aux autres puits.

4.1.3.2 Secteur ouest

Les résultats des panneaux électriques du secteur ouest sont représentés sur la figure 06b.

Nous avons réalisé deux panneaux de 315 m de long à l'ouest de P5 : un parallèle à la Saône et l'autre perpendiculaire au premier entre le fleuve et le versant.

Globalement, la géométrie de l'aquifère est plus régulière dans ce secteur et le substratum moins chahuté. Il est à une cote moyenne de 157,50 m sur le panneau 9. Sur le panneau 8, le substratum s'enfonce en direction du fleuve pour atteindre des profondeurs équivalentes sur l'extrémité sud du panneau. Le substratum est plus élevé de 5 m en direction du versant.

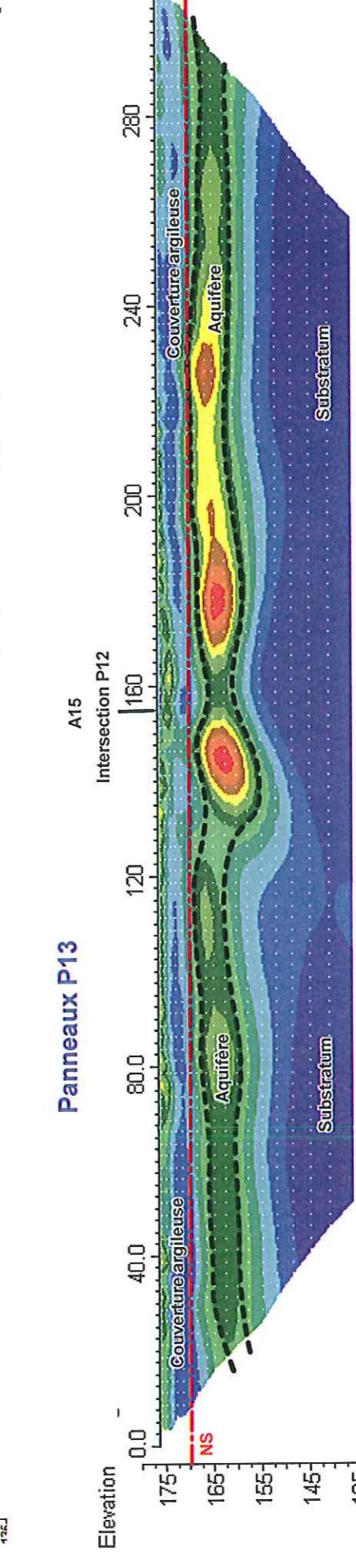
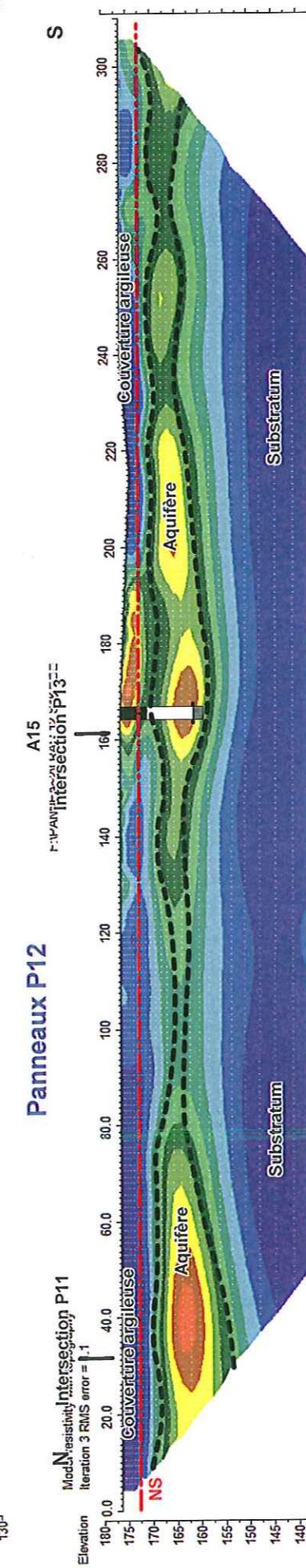
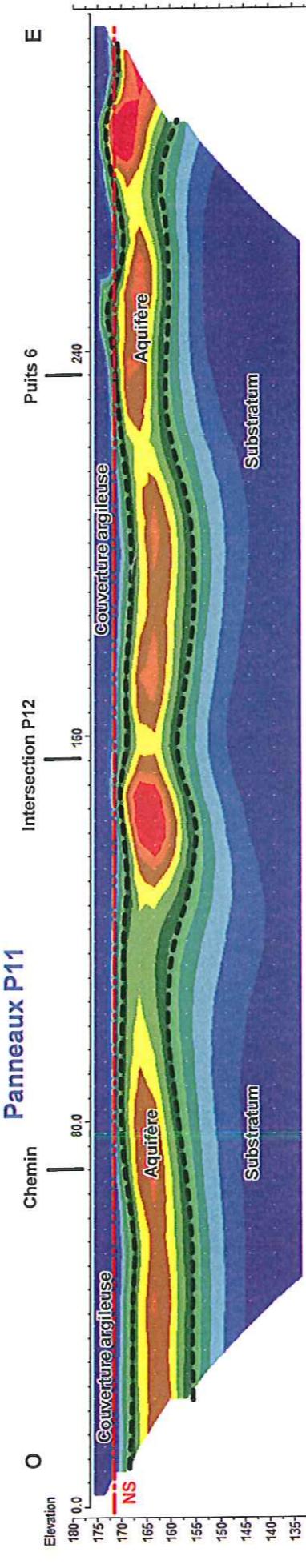
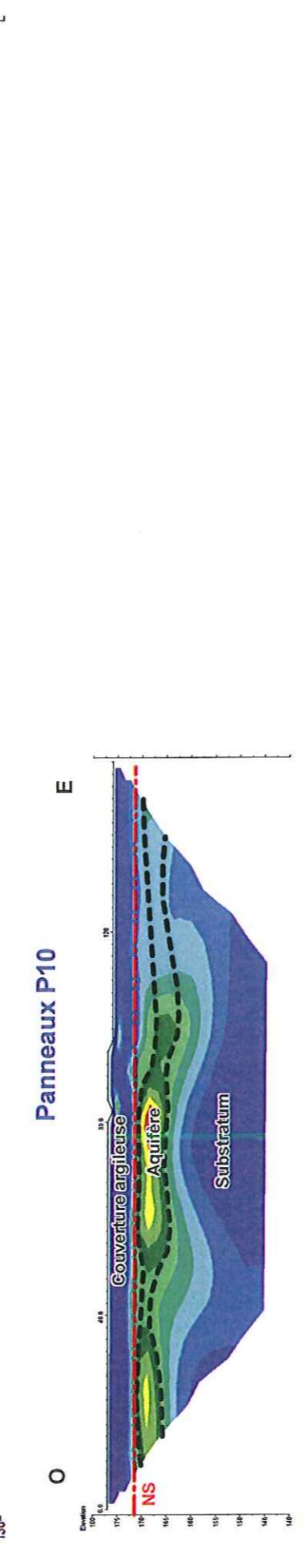
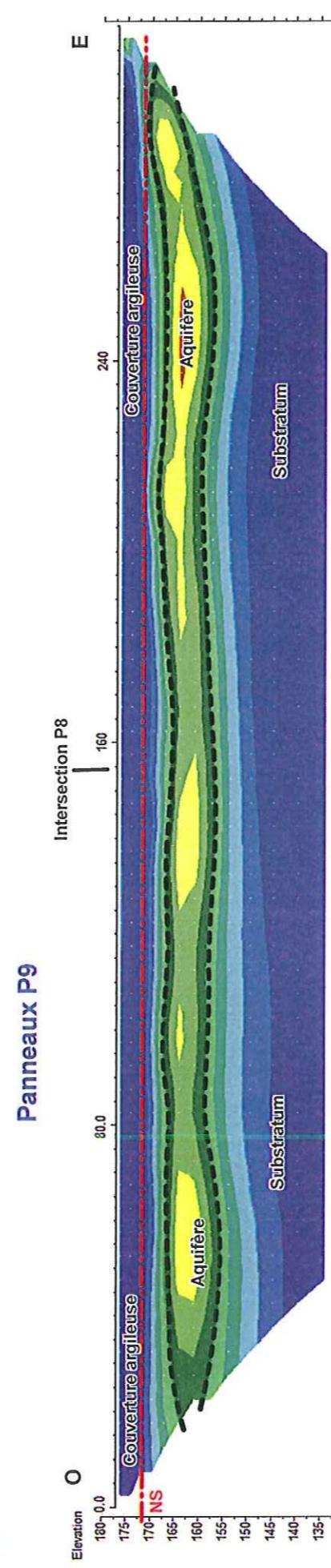
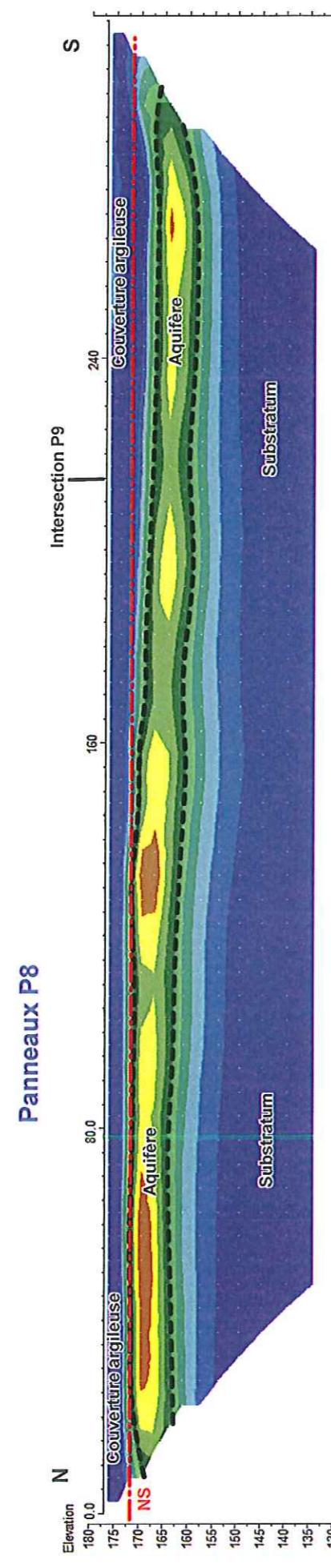
La couverture argileuse est continue sur tout le secteur et son épaisseur augmente en direction du fleuve : elle est de 5 m au nord du panneau 8 et de 10 m sur la totalité du panneau 9.

L'épaisseur de l'aquifère est assez homogène sur les deux panneaux puisqu'elle est en moyenne de 10 m. Les résistivités sont, quant à elles, peu élevées puisqu'elles sont au maximum de 110 ohms.m et en moyenne de 70 ohms.m.

Le secteur à l'ouest du puits 5 est donc plus homogène et l'aquifère est moins chenalisé que dans la partie est de la plaine. Les résultats coïncident avec les prospections géophysiques antérieures.

Cependant, les résistivités sont moindres et ce secteur est donc peu favorable à l'implantation d'un nouveau puits AEP.

RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES



0.00 20.0 40.0 60.0 80.0 100 120 140
Resistivity in ohm.m

4.1.3.3 Secteur intermédiaire

Trois panneaux électriques ont été réalisés entre les puits 4 et 5, au droit d'un secteur avec des résistances transversales élevées. Nous avons réalisé un panneau perpendiculaire à la Saône qui a été recoupé par deux panneaux parallèles au fleuve (cf. figure 05). Les résultats sont présentés sur la figure 06b.

Les résistivités de l'aquifère sont beaucoup plus contrastées qu'à l'ouest puisqu'elles varient entre 70 et 110 ohms.m. L'alluvionnement est plus irrégulier et des chenaux sont observés notamment sur les panneaux 12 et 13. L'aquifère fait par endroits, 10 m d'épaisseur avec des résistivités supérieures à 100 ohms.m. Les terrains les plus résistants sont rencontrés sur le panneau 12 à l'intersection avec le panneau 13 (au droit du sondage électrique A 15 de 1977). Ce sondage n'avait pas été pris en compte à l'époque, puisque les résultats semblaient « douteux ». Nous avons réinterprété ce sondage électrique et la coupe obtenue correspond à celle du panneau électrique avec néanmoins une profondeur plus faible de l'aquifère.

Le surcreusement observé sur le panneau 12 est assez limité puisque le substratum remonte en direction du nord. Les résultats des 3 panneaux électriques coïncident avec les résultats des sondages électriques de 1977 et les zones de résistances transversales élevées correspondent avec les surcreusements du substratum et les résistivités élevées. Ce « chenal », orienté nord-sud, est assez limité en largeur (environ 100 m) et semble continu sur tout le panneau 11 (hormis une légère remontée du substratum entre la cote 90 et 120 m).

La couverture est plus hétérogène que sur la zone ouest puisque l'horizon argileux de surface est discontinu sur les panneaux 12 et 13 : sur une bande d'environ 30 m x 50 m, la couverture est plus résistante (entre 80 et 120 ohm.m). Sur le panneau 12, aucun horizon argileux ne surplombe l'aquifère : la nappe devient donc libre à cet endroit. Ces terrains résistants avaient été identifiés lors de la prospection électromagnétique EM 31 réalisée dans le cadre de l'étude de vulnérabilité (cf. annexe n°2).

Les panneaux électriques de ce secteur montrent donc des terrains plus résistants et des surcreusements du substratum qui sont favorables à l'implantation d'un ouvrage de reconnaissance. Il était initialement prévu de réaliser un forage d'essai en gros diamètre sur le secteur favorable mais au vu de l'hétérogénéité de l'aquifère, il nous a semblé plus judicieux de réaliser préalablement un piézomètre de petit diamètre pour vérifier les résultats de la géophysique. Il a été implanté sur le panneau 12 à la cote 165 m au droit des terrains les plus résistants.

4.1.3.4 Relation eaux superficielles - eaux souterraines

Nous avons réalisé un panneau électrique de 157,5 m au droit du ruisseau « le Croassier » pour connaître la nature des terrains et déterminer l'éventuelle relation entre le ruisseau et les eaux souterraines (cf. figure 06c panneau 14).

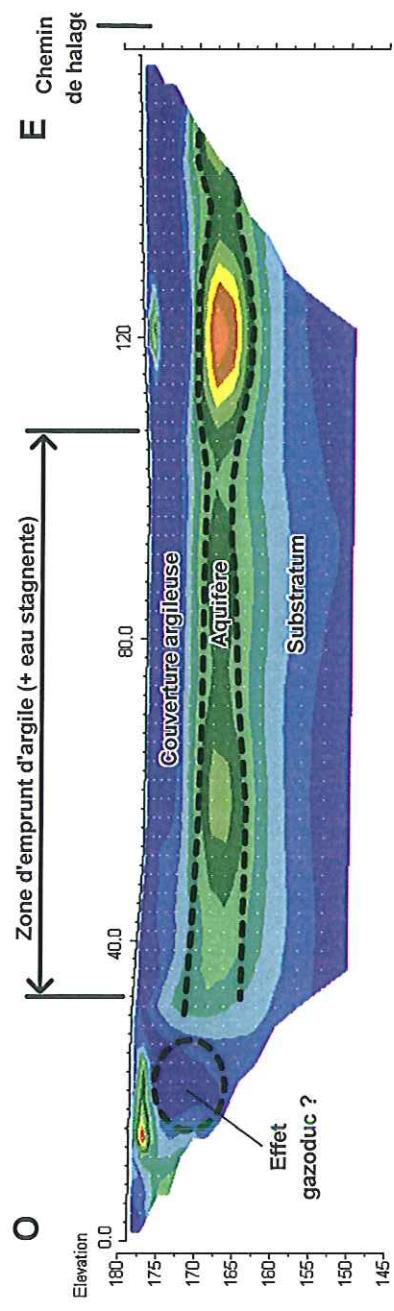
La couverture est de nature argileuse sur toute la longueur du panneau et son épaisseur est constante (5 m). Cela confère donc une bonne protection vis-à-vis des eaux de surface et nous pouvons dire que le ruisseau est « perché » vis-à-vis de la nappe. La « barrière » d'argile de 5 m d'épaisseur limite les pertes de la rivière vers la nappe.

L'aquifère est peu épais dans ce secteur (environ 5 m) et les résistivités sont faibles.

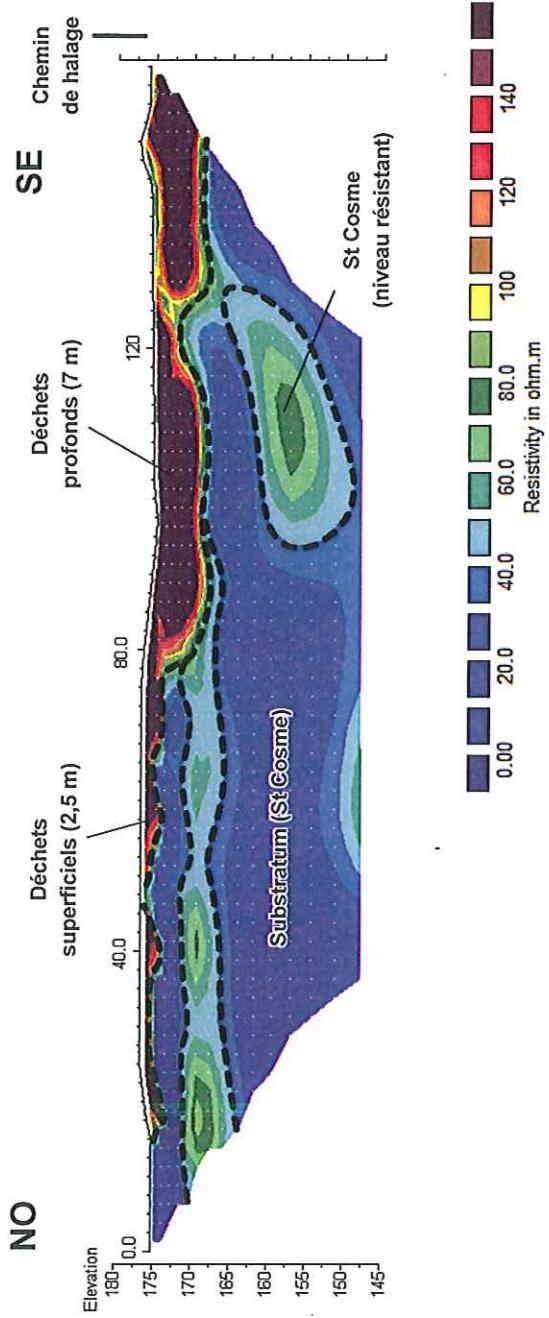


RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES

Panneaux P14



Panneaux P15



Nous avons également réalisé un panneau au droit d'une mare (ancienne zone d'emprunt d'argiles ?) au nord des 4 puits AEP (panneau 14 en bordure de voie bleue). Le panneau montre que la couverture argileuse est continue avec une épaisseur de 7 m et que les eaux superficielles ne peuvent rejoindre l'aquifère si ce n'est par percolation lente au travers de cet horizon.

4.1.3.5 Caractérisation de la décharge

Un dernier panneau électrique a été réalisé au droit de la décharge (en amont du puits 1) perpendiculairement au chemin de halage de la Saône et parallèlement à la voie bleue. Les résultats mettent clairement en évidence le remplissage et l'extension de la décharge puisque le remplissage est très résistant (couleur rouge-ocre).

Le remblaiement n'est que superficiel dans la partie nord ouest (entre les cotes 15 et 80 m) et ne fait au maximum que 2,5 m d'épaisseur. Dans la deuxième moitié sud-est du panneau électrique, les déchets sont plus profonds et le remplissage est homogène jusqu'au chemin de halage. L'épaisseur des remblais est de l'ordre de 7 m et les déchets semblent atteindre la nappe. Cette observation est à prendre avec précautions puisqu'on touche les limites de la prospection électrique : l'aquifère est résistant et l'interprétation ne permet pas de distinguer les deux horizons. Quoiqu'il en soit, les déchets sont au minimum enfouis jusqu'au toit de l'aquifère et la captivité de la nappe peut entraîner le lessivage des déchets (absence de protection argileuse à cet endroit).

4.2 Reconnaissances mécaniques

A l'issue de la prospection géophysique, des reconnaissances mécaniques ont été engagées pour, d'une part étalonner la prospection et, d'autre part réaliser des prélèvements en vue d'analyser les HAP dans les eaux souterraines.

4.2.1 Emplacement des piézomètres

L'emplacement des piézomètres est représenté sur la figure 05. Le Pz 2 a été implanté pour reconnaître le surcreusement du substratum identifié sur les panneaux 12 et 13. Le Pz1 a été foré en aval de la décharge pour connaître la concentration en HAP en aval de celle-ci.

Les emplacements des piézomètres sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

N° piézo	X LII en m	Y LII en m
Pz 1 Explor-e	802 673	2 214 429
Pz 2 Explor-e	802 673	2 214 929

Tableau 3 : Emplacements et coordonnées des piézomètres de reconnaissance



4.2.2 Méthodes de foration

Les piézomètres ont été réalisés par la Société Explor-e. Les piézomètres ont été forés avec la méthode du marteau fond de trou et tubage à l'avancement avec un outil trilame devant la fluence des matériaux rencontrés. Cette méthode permet le maintien temporaire des terrains meubles grâce à l'enfoncement concomitant d'un tube de soutènement et de l'outil de foration.

La foration a été effectuée avec un outil de 152 mm de diamètre et des tubes provisoires de soutènement de 152/168 mm. L'équipement du piézomètre est constitué par des tubages PVC (tubes pleins et crépines) de qualité alimentaire et de diamètre 80/90 mm. Les crépines sont des tubages à fentes verticales de 1 mm d'ouverture. Du massif filtrant 2 - 4 mm a été placé à l'extrados des crépines et a été recouvert d'un bouchon d'argiles gonflantes de 50 cm d'épaisseur et d'une cimentation annulaire de 50 cm. L'espace interannulaire a ensuite été comblé avec les cuttings de forage qui ont été recouverts d'une cimentation de 30 cm jusqu'au sol. Le piézomètre a enfin été fermé par un capot hors sol de 200 mm de diamètre dépassant de 70 à 80 cm du sol.

4.2.3 Coupes des piézomètres

Les travaux de forage se sont déroulés du 27 avril au 4 mai 2010. Les coupes de forages se trouvent en annexe n°3.

Le piézomètre 1 réalisé en bordure de décharge a rencontré le substratum à - 9 m de profondeur. Il est composé de marnes bleues compactes qui sont surmontées de 2,50 m de sables grossiers mêlés à des graviers centimétriques à pluri décimétriques cristallins et calcaires. L'aquifère sableux est recouvert par une couche d'argile sableuse de 5,50 m d'épaisseur et d'une couche de terre végétale de 1 m d'épaisseur qui mettent en charge la nappe dont le niveau statique s'établit à - 2,70 m de profondeur.

La coupe lithologique du piézomètre 2 est plus complexe puisqu'au dessus du substratum argileux (rencontré à 15 m de profondeur), on retrouve une alternance de terrains sableux et argileux. L'aquifère est surmonté d'une couche de terre végétale de 50 cm et de couches d'argiles et de limons jusqu'à - 5,5 m. L'aquifère sous-jacent est de nature très fine puisque les 3 premiers mètres sont composés de sables argileux avec quelques graviers : ce niveau est sans doute peu productif. A partir de 9 m de profondeur et sur deux mètres d'épaisseur il devient plus grossier et est composé de graviers mêlés sur 1 m d'épaisseur à des sables. Une couche d'argile ocre de 2 m d'épaisseur sépare l'aquifère en deux et surmonte un horizon sableux de 1,5 m d'épaisseur. Au total, l'aquifère sableux à une épaisseur de l'ordre de 7 m est composé essentiellement de sables avec quelques graviers.

Nous avons figuré sur la coupe de résistivités du panneau 12 la coupe lithologique du piézomètre. Cette coupe a d'ailleurs été nécessaire pour recalier l'interprétation des panneaux électriques qui avaient surestimé la profondeur du substratum. Après recalage, il s'avère que la cote du substratum estimée par panneau électrique est inférieure à celle mesurée sur le piézomètre. Les panneaux électriques ont permis néanmoins de détecter une surépaisseur d'aquifère.

4.3 Amélioration des ouvrages existants

4.3.1 Technique

La surface drainante d'un puits peut être augmentée considérablement par la mise en place dans les terrains aquifères de drains horizontaux qui partent du cuvelage du puits. Ces drains sont réalisés par forage horizontal à partir du fond d'un puits collecteur. Le schéma de principe d'un tel ouvrage est représenté sur la figure 07. Il est possible de réaliser ces travaux sur un puits déjà existant : les travaux sont soit réalisés sous eau avec des plongeurs soit réalisés hors d'eau grâce à des pompages d'épuisement.

Ce principe peut être appliqué aux puits du champ captant, puisque le diamètre important du cuvelage (3 à 4 m) permet la foration de drains horizontaux.

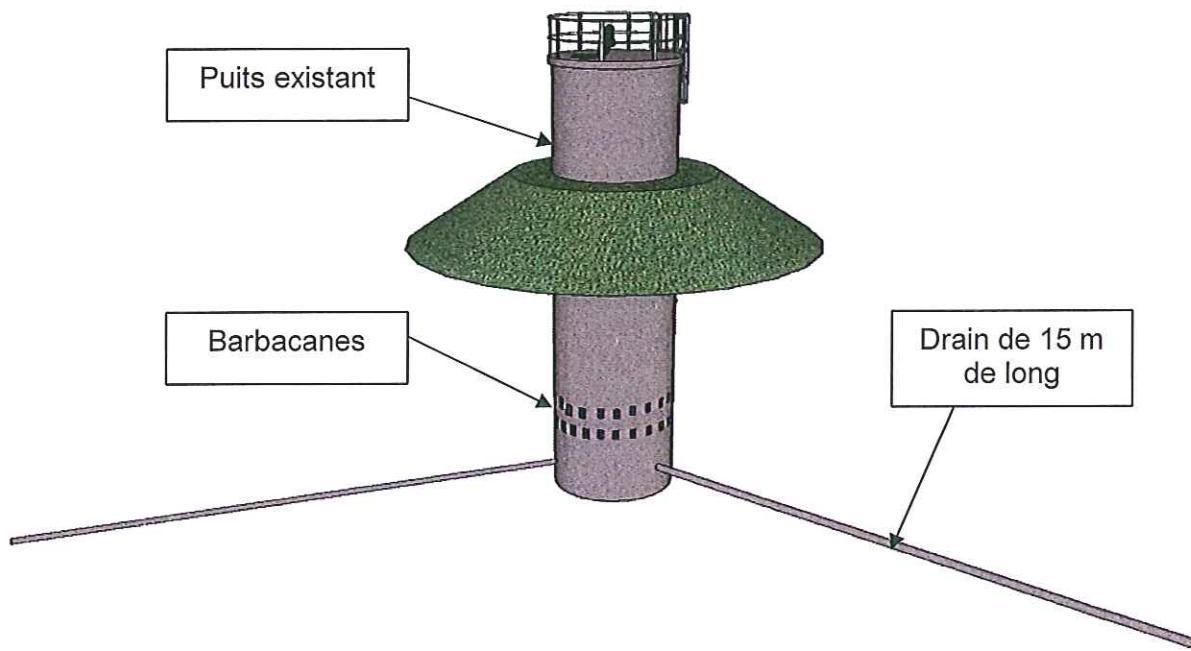


Figure 7 : Schéma de principe d'un puits à drains

La longueur des drains sera toutefois limitée par la technique de foration qui permet de foncer des drains de 15 m au maximum. Le nombre de drains est déterminant dans le gain de débit. Cependant, il ne doit pas être trop grand pour limiter les inter-influences entre les drains et pour ne pas trop fragiliser le cuvelage. Il est usuellement de 2 à 3 drains ce qui permet d'avoir un gain optimal du débit.

Si cette technique est réalisée sur l'un des ouvrages, le double cuvelage devra être retiré au préalable.

Les drains doivent être ajoutés le plus profondément possible tout en restant dans l'aquifère. Idéalement, ces drains doivent être forés à la moitié de la hauteur saturée en régime dynamique.

Nous avons réalisé préalablement des panneaux électriques au droit des ouvrages existants pour connaître la géométrie des terrains en périphérie des puits. Cette méthode permet d'identifier les éventuelles remontées du substratum et les secteurs où l'aquifère est le plus grossier et donc le plus productif (terrains résistants). Cette technique permet d'optimiser à la fois l'emplacement des drains (direction) et le nombre à réaliser.

Afin d'augmenter la précision de l'interprétation, nous avons étalonné les panneaux électriques sur la coupe géologique du puits n°5.

4.3.2 Configurations possibles

Au vu des résultats géophysiques, il ne semble pas judicieux d'implanter des drains sur le puits 1 qui se trouve dans un secteur plus conducteur (et donc moins productif) avec une géométrie variable (diminution de l'épaisseur de l'aquifère en direction du nord-nord est et du nord-ouest).

Le substratum autour du puits 2 est moins chahuté et il serait possible d'ajouter un drain de part et d'autre du puits parallèlement à la Saône.

Seul un drain pourrait être ajouté sur le puits 3 (en direction du sud-est) puisqu'une remontée du substratum est observée sur les panneaux 1 et 3.

Le puits 4 est dans un contexte hydrogéologique plus favorable puisque les alluvions sont plus résistantes et l'aquifère plus épais. Il serait possible d'ajouter un drain en direction du sud-est, et deux de part et d'autre du cuvelage parallèlement à la Saône.

Enfin, deux drains pourraient être implantés sur le puits 5 en direction du nord (côté versant) et de l'ouest (parallèle à la Saône).

4.3.3 Estimation des potentiels

Nous avons estimé le potentiel des configurations décrites ci-dessus en prenant en compte un niveau statique d'étiage de - 4,5 m/sol (≈ 172 m NGF). Nous avons pris en compte les perméabilités qui avaient été calculées en 1950. Les débits potentiels sont résumés dans le tableau suivant :

	Puits 2		Puits 3		Puits 4		Puits 5	
K en m/s	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Cote substratum en m NGF	167,28		166,55		164,52		160,80	
Ho en m	4,65		5,05		7,2		9,3	
Rayon d'action en m	240		240		250		450	
Nombre de drains	1		1		3		2	
Q en m ³ /h (s=1/3)	20	25	20	30	80	110	260	390
Q en m ³ /h (s=1/2)	30	40	34	43	120	165	360	550
Q _s en m ³ /h/m (s=1/3)	13	16	12	18	33	46	85	133
Q _s origine en m ³ /h/m	15,4		19,9		35		100 (2001)	

Tableau 4 : Estimation des potentiels de puits à drains



Rem : les travaux de fonçage de drains pourront être effectués par épuisement de nappe sur le puits 5. Cela permet de diminuer les contraintes de foration et la longueur unitaire des drains sera de l'ordre de 25 m. Au contraire sur les puits siphonnés, la présence de fer et de manganèse constraint à effectuer les travaux sous eau. Un pompage d'épuisement risquerait de colmater le puits et de dégrader durablement la qualité de l'eau. La longueur des drains ne pourra donc excéder 15 m (contraintes de foration plus importantes).

Le gain potentiel de débit est donc faible sur les 4 premiers puits puisque l'adjonction de drains ne permettrait pas d'augmenter considérablement le débit ni le débit spécifique. L'adjonction de drains permettrait néanmoins de retrouver le débit spécifique d'origine. L'adjonction de deux drains sur le puits 5 permettrait d'améliorer légèrement le débit spécifique actuel (si la perméabilité est de 3.10^{-3} m/s).

Au vu de ces résultats, des travaux plus simples peuvent être envisagés notamment l'extraction de la virole interne. Ces travaux ont déjà été réalisés sur le puits 4 et ont permis d'améliorer le débit spécifique de près de 70 %. Ces travaux devront être accompagnés d'un nettoyage des barbacanes du cuvelage principal sous haute pression.

Le coût de suppression de la virole et du nettoyage des barbacanes peut être estimé à 45 000€ HT par puits soit un total de 180 000€ HT.

Que ces travaux soient engagés ou non, il sera de toute façon préférable d'abandonner l'exploitation des puits 1 à 4 par siphon et d'équiper chaque puits de groupe de pompage adapté à la capacité de l'ouvrage. Cette opération permettrait :

- d'exploiter chaque puits à son débit nominal et d'assurer sa pérennité ;
- une plus grande souplesse au niveau de l'exploitation du champ captant.

Ces travaux préparatoires qui peuvent être suffisants sont indispensables à la foration de drains. Le fonçage des drains pourra être mis en œuvre si le gain de débit par enlèvement de la virole est insuffisant.

D'après les coupes des piézomètres et des sondages mécaniques sur le secteur, la lithologie des terrains est complexe et l'épaisseur des horizons aquifère est limitée. La foration de drains devra donc être précédée de la création de piézomètres (à l'extrémité supposée du drain) pour connaître précisément la géométrie des terrains et forer le drain dans les couches perméables.

L'implantation d'un drain sur un cuvelage existant (y compris nettoyage, pompages et vidéo) peut être estimée à 55 000 € HT. La direction supplémentaire de drain est estimée à 25 000 € HT. Les travaux de fonçage de drains décrits précédemment peuvent donc être estimés, y compris maîtrise d'œuvre, comme suit :

- Puits 2 : 55 000 € HT ;
- Puits 3 : 55 000 € HT ;
- Puits 4 : 105 000 € HT (virole déjà supprimée) ;
- Puits 5 : 80 000 € HT.

Le coût global de l'ensemble des opérations peut être estimé à 475 000 € HT. Ces coûts ne prennent pas en compte les modifications hydrauliques (pompes, canalisation) nécessaire à la nouvelle configuration.



4.4 Création d'un nouvel ouvrage

4.4.1 Implantation

Un nouvel ouvrage pourrait être implanté à proximité du Pz 2 Explor-e même si les terrains rencontrés sont fins. L'épaisseur totale d'aquifère est supérieure à celle du puits n°4 (5,50 m) mais inférieure à celle du puits 5 (9,00 m). Nous ne connaissons pas la perméabilité des terrains au droit du piézomètre : nous avons donc considéré des perméabilités comprises entre 5.10^{-4} et 1.10^{-3} m/s. Seule la réalisation d'un forage d'essai et d'essais de pompage permettrait d'approcher les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et de déterminer au mieux la productivité d'un nouvel ouvrage. Ces travaux sont indispensables et devront être réalisés avant la création du nouveau puits.

4.4.2 Potentiel

Deux types d'ouvrages peuvent être envisagés pour la création d'un nouvel ouvrage :

- Crédit d'un forage en Ø 800 mm (diamètre minimal pour l'installation de deux pompes) ;
- Crédit d'un puits à barbacanes de Ø 3 000 mm.

Un forage présente l'intérêt d'être moins onéreux lors de la réalisation mais dans un contexte réducteur peut demander un entretien plus régulier. Un puits à barbacanes est plus cher qu'un forage mais il présente l'avantage d'être « modulable » par ajout de drains horizontaux si sa productivité a chuté.

Pour les estimations de débits, nous avons simulé la création des deux types d'ouvrages en considérant le substratum à 15 m de profondeur et une couverture de 6,50 m d'épaisseur (incluant le sable argileux en tête de l'aquifère). L'estimation des potentiels est résumée ci-dessous :

	$K = 5.10^{-4}$ m/s	$K = 8.10^{-4}$ m/s	$K = 1.10^{-3}$ m/s
R _a en m	460	8	
Epaisseur aquifère en m			
Q potentiel en m ³ /h puits à barbacanes	45	70	90
Q potentiel en m ³ /h puits à drains (2 *15 m)	60	100	130

Tableau 5 : Estimation du potentiel d'un puits à barbacanes au niveau du Pz 2 Explor-e

La création d'un nouvel ouvrage permettrait d'avoir un débit supplémentaire de 45 à 90 m³/h pour un puits à barbacanes et des débits supérieurs d'une trentaine de m³/h pour un puits à drains.

La création d'un tel ouvrage devra être précédée de la réalisation d'un forage d'essai et de pompages d'essais qui permettront d'affiner les calculs précédents.

4.4.3 Caractéristiques et coût estimatif

Nous préconisons de réaliser un puits à barbacanes qui permet d'avoir des débits plus importants et qui peut être amélioré en cas de diminution de débit.

Cet ouvrage sera réalisé par havage avec pose d'un cuvelage en béton armé de 3 m de diamètre. Le cuvelage sera muni de barbacanes entre - 8 m et - 14,50 m en nombre suffisant pour permettre une vitesse d'entrée de l'eau inférieure à 1 cm/s. Du massif filtrant adapté sera mis au droit des barbacanes et un bouchon d'argile et une cimentation permettront de protéger les eaux captées des infiltrations de surface.

Le cuvelage sera prolongé hors sol jusqu'à la cote de plus hautes eaux connues dans le secteur. Il sera équipé de crinoline et de garde corps ainsi que d'une plateforme intérieure permettant l'accès au puits. Un corroi argileux complétera la protection.

Le coût de réalisation d'un tel ouvrage peut être estimé entre 160 000 et 220 000 € HT.

Le puits à drains sera de même conception (hormis les barbacanes) et les drains seront ajoutés après la réalisation du cuvelage. Le coût d'un tel ouvrage peut être estimé à 300 000 €HT.



5

Problématique des HAP

5.1 Généralités sur les HAP

Les HAP, ou hydrocarbures aromatiques polycycliques, sont des composés organiques ne contenant, au sens strict, que des atomes de carbone et d'hydrogène. Certains composés aromatiques contenant du soufre, de l'azote ou de l'oxygène leur sont néanmoins parfois associés.

Le nombre de HAP identifiés à ce jour est de l'ordre de 130. Parmi ceux-ci, une liste restreinte de 16 composés est généralement considérée pour les études environnementales (cf. ci-après). Cette liste a été établie par l'agence environnementale américaine (US-EPA). Elle contient les HAP dont les effets nocifs sont les mieux connus ou ceux qui sont retrouvés le plus souvent dans les situations de pollution.

5.1.1 Comportement dans l'environnement

Le transport et la répartition des HAP dans l'environnement dépendent de leurs propriétés physico-chimiques mais également des propriétés physico-chimiques du milieu récepteur et des populations microbiennes en présence.

De manière générale, la plupart des HAP sont peu volatils, très peu solubles dans l'eau et peu mobiles dans le sol, car facilement adsorbés. Leur biodégradabilité varie selon les conditions du milieu, mais ces composés sont généralement assez résistants.

Les HAP se retrouvent dans tous les milieux, que ce soit l'air, l'eau ou les sols. Néanmoins, la majorité des HAP que l'on retrouve dans les eaux de surface ont une origine atmosphérique et sont, pour la plupart, adsorbés sur les sédiments.

5.1.2 Sources et origines

Les HAP existent à l'état naturel dans le pétrole brut et dans les sols de forêts de sapins ou de hêtres. Leur formation est liée à la combustion incomplète de matières organiques. Ils peuvent également provenir d'une biosynthèse.



Leur présence dans le milieu naturel est donc liée :

- Au trafic routier : combustion des carburants, enrobés routiers, huiles de moteur, etc. ...;
- Aux activités industrielles : activités pétrochimiques, sidérurgiques, industrie du bois (utilisation d'huiles de goudrons pour la conservation), usines à gaz, etc. ...
- A l'incinération des déchets ;
- Au volcanisme et aux feux de forêts ;

A l'échelle du particulier, le chauffage individuel, la cuisine au gaz, les huiles de cuisine, de vidange, etc. ...et même le tabagisme, sont sources de HAP dans l'air ambiant.

5.1.3 Santé humaine

Actuellement, les effets toxicologiques ne sont pas connus pour tous les HAP.

Les données expérimentales disponibles chez l'animal ont mis en évidence des effets systémiques d'ordre hépatique, hématologique, immunologique et génotoxique. Des effets sur la reproduction et des effets cancérogènes ont également été identifiés.

Le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001, relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles, impose une concentration inférieure à 0,1 µg/l pour la somme des 4 composés suivants : Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(ghi)pérylène, Indeno(1,2,3-cd)pyrène. Pour le benzo(a)pyrène, la valeur limite est de 0,01 µg/l.

L'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine fixe une limite de qualité de 1µg/l pour la somme de 6 HAP (cf. tableau ci-après).

Les recommandations de l'OMS imposent une teneur limite de 0,2 µg/l pour 6 HAP (cf. liste ci-après), avec une valeur limite de 0,7 µg/l pour le benzo(a)pyrène.

	HAP	US-EPA (16 HAP)	Valeurs réglementaires Eau Brute OMS (6 HAP)	Valeurs réglementaires françaises (4 HAP)
1	Naphtalène	x		
2	Acénaphtylène	x		
3	Acénaphthène	x		
4	Fluorène	x		
5	Anthracène	x		
6	Phénanthrène	x		
7	Fluoranthène	x	x	
8	Pyrène	x		
9	Benzo(a)anthracène	x		



	HAP	US-EPA (16 HAP)	Valeurs réglementaires Eau Brute OMS (6 HAP)	Valeurs réglementaires françaises (4 HAP)
10	Chrysène	x		
11	Benzo(a)pyrène	x	x	
12	Benzo(b)fluoranthène	x	x	x
13	Dibenzo(a)anthracène	x		
14	Benzo(k)fluoranthène	x	x	x
15	Benzo(ghi)pérylène	x	x	x
16	Indeno(1,2,3-cd)pyrène	x	x	x

Tableau 7 : Liste des HAP rentrant dans les différentes valeurs réglementaires

5.2 Historique de la pollution

Lors de la réalisation de la voie bleue (piste cyclable et chemin de randonnée le long de la Saône) entre mars et avril 2007, des travaux ont été effectués à proximité du champ captant. Cette piste passe en effet en amont du puits n°1 et au droit d'une ancienne décharge de déchets qui avait été recensée lors de l'étude préalable à la détermination des périmètres de protection.

C'est pour vérifier l'absence d'impact de ces travaux sur la ressource en AEP que la DDASS a fait réaliser des analyses de HAP sur les puits 1 et 2 en octobre 2007. Devant les teneurs élevées mesurées dans le puits 1, les investigations complémentaires ont montré une contamination de toute la zone des puits 1 à 4. Des analyses régulières ont ensuite été menées sur les 5 puits AEP pour constater l'évolution de la pollution. Aucun lien de cause à effet ne peut cependant être tiré avec certitude entre les travaux et la pollution des puits.

C'est pour explorer toutes les origines potentielles de la pollution que nous avons analysé l'ensemble des mesures effectuées et que nous avons recensé les activités potentiellement polluantes.

5.3 Evolution des concentrations

5.3.1 Concentrations

Les premiers prélèvements et analyses ont eu lieu le 2 octobre 2007 sur les puits 1 et 2 et, compte tenu des concentrations relevées dans ces puits, des prélèvements complémentaires ont été effectués sur les 5 puits AEP à partir du 23 octobre 2007 jusqu'au 19 novembre 2008 (fréquence mensuelle). Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un préleveur manuel dans le puits entre le fond et la surface de l'eau (environ à mi-hauteur).

Nous avons reporté sur la figure 08 les variations de concentrations de la somme des 4 HAP, des 6 HAP et du benzo(a)pyrène.

Les puits 1 à 4 sont tous touchés par la pollution aux HAP et des pics sporadiques supérieurs aux limites de qualité apparaissent sur les quatre ouvrages. Les valeurs maximales sont mesurées sur le puits 2 et 3 où la somme des 6 HAP dépasse respectivement 86,8 µg/l (novembre 2007) et 10,49 µg/l (novembre 2008). Les pics les plus importants (somme des 6 HAP proche de 1 µg/l) sont simultanés sur les quatre puits et apparaissent le 19/11/2007, le 26/02/2008, le 04/02/2008 et le 13/10/2008.

Le puits 5 n'est que très faiblement contaminé : seul le benzo(a)pyrène dépasse la norme le 26/02/2008 avec une concentration de 0,014µg/l (pic constaté sur les autres puits).

Les 5 composés majoritairement retrouvés sont par ordre décroissant de concentration :

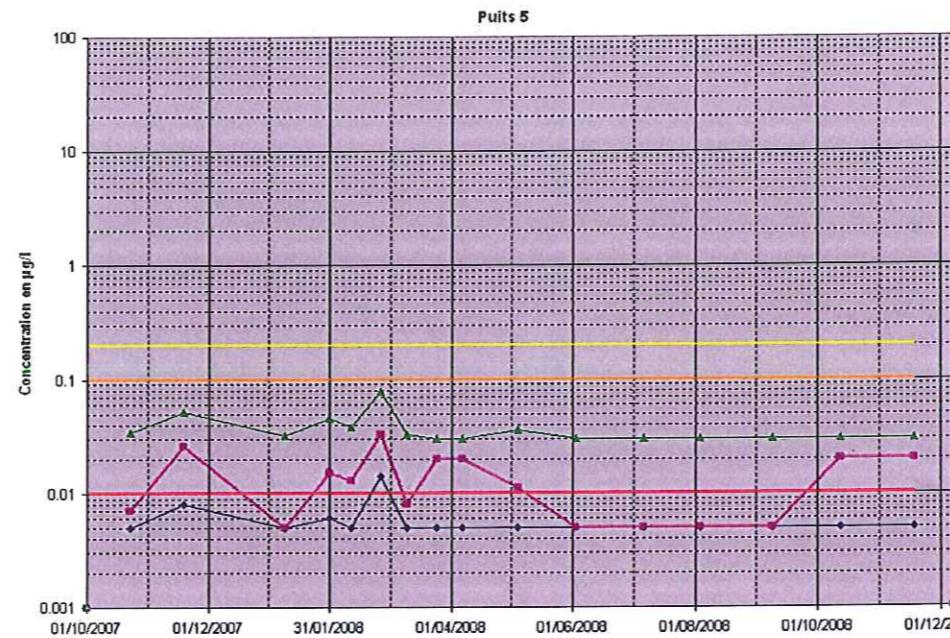
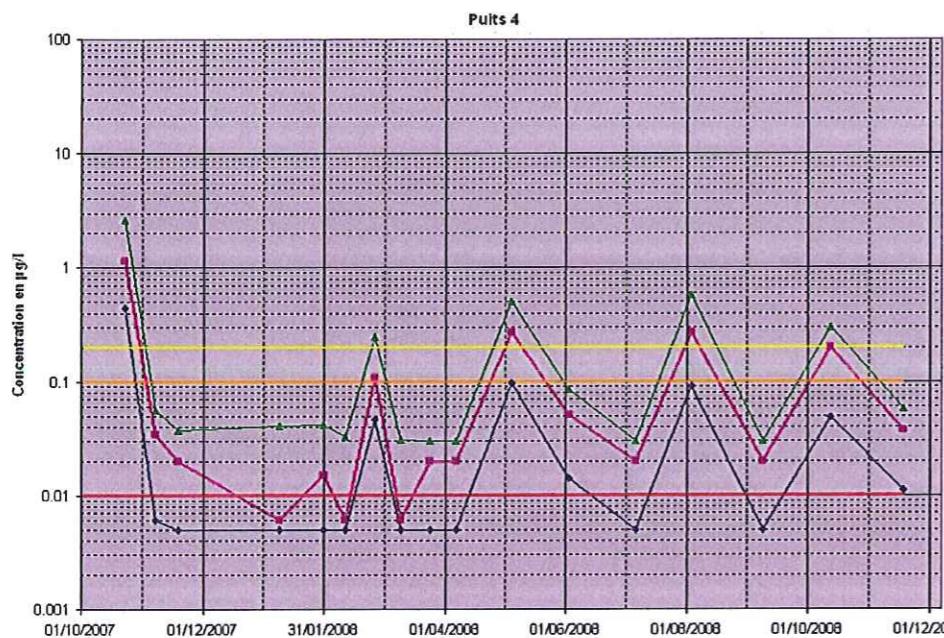
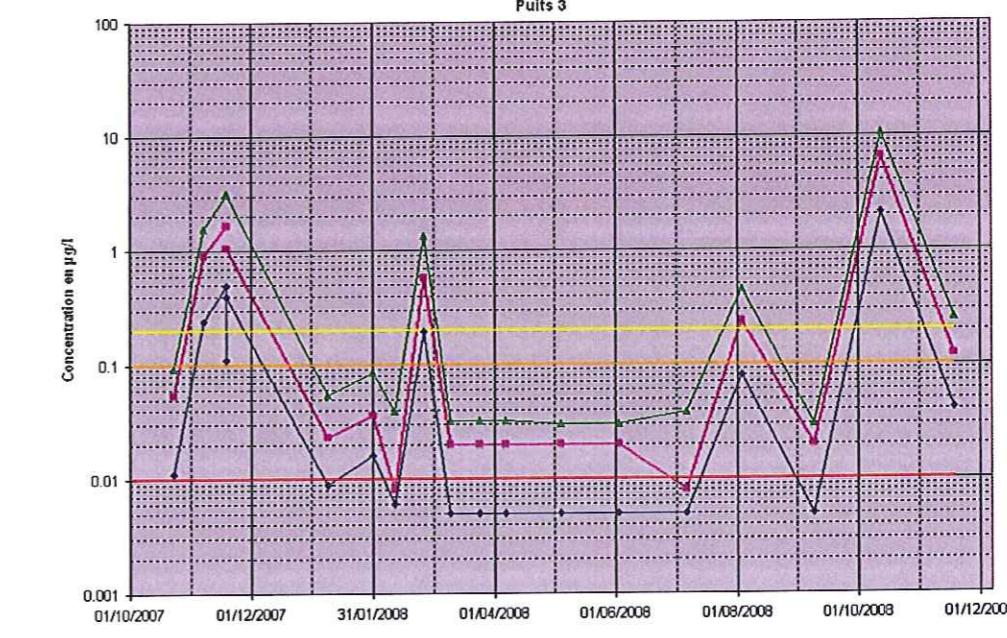
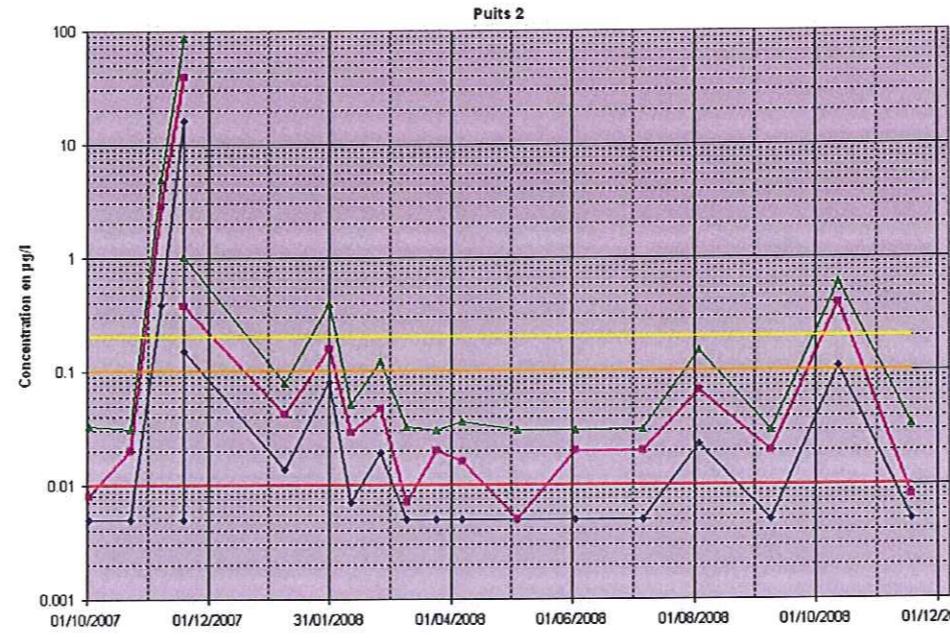
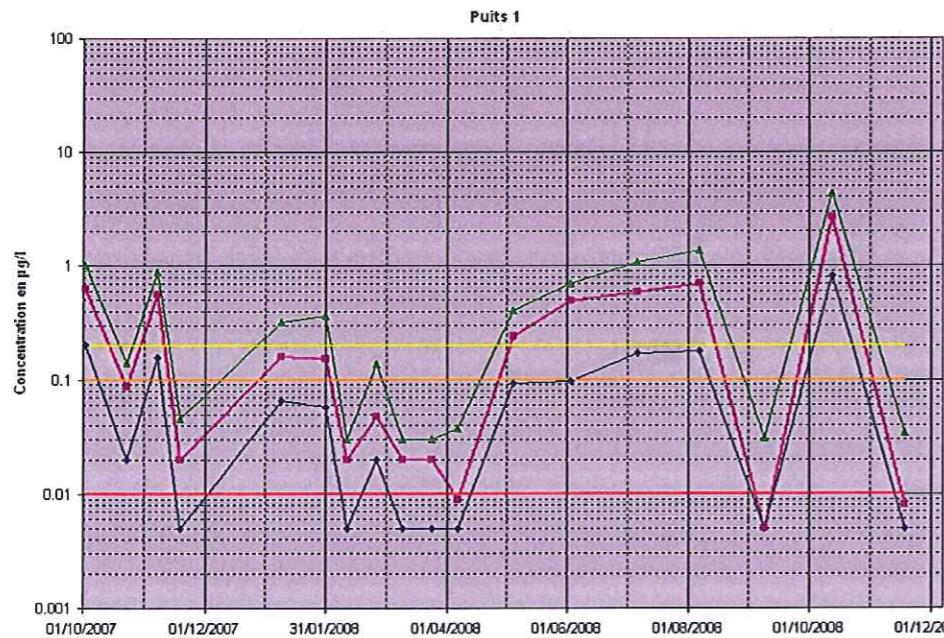
- **Le fluoranthène** : ce n'est pas un composé utilisé en tant que tel mais il est rejeté dans l'environnement à partir de produits dérivés de combustibles fossiles (goudron, coke, créosote) ;
- **Le phénanthrène** : la présence de phénanthrène dans l'environnement provient le plus souvent de la combustion incomplète de certains composés organiques tels que le bois ou les combustibles fossiles. Il est notamment détecté dans les gaz d'échappements des moteurs diesels et dans les huiles moteur usagées.
- **Le benzo(b)fluoranthène** : sa présence dans l'environnement est uniquement anthropique, elle résulte de la combustion incomplète d'hydrocarbures ou de charbon. Des concentrations élevées peuvent être trouvées dans l'asphalte.
- **Le pyrène** : il est présent dans les combustibles fossiles et est dégagé lors de leur combustion incomplète. Il est aussi présent dans le goudron des revêtements routiers, dans l'essence, le fioul, la créosote et les huiles brutes.
- **Le chrysène** : il est présent à des concentrations plus élevées que les autres HAP dans les combustibles fossiles tels que l'huile brute et le lignite.

Le 2 méthynaphtalène et l'acénaphtène sont les deux HAP les moins retrouvés dans l'eau des puits.

Rem : aucun prélèvement n'a été réalisé avant le 2 octobre 2007 dans les puits et la présence de cette pollution peut donc être antérieure à cette date.



EVOLUTION DE LA SOMME DE HAP DANS LES PUITS AEP



- ◆ Benzo(a)Pyrène
- Somme des 4 HAP
- ▲ Somme 6 HAP
- Limite somme 4 HAP
- Limite somme 6 HAP
- norme Benzo(a)Pyrène

Des mesures ont été effectuées parallèlement sur l'eau brute de mélange des 5 puits et les concentrations sont beaucoup plus faibles : le maximum a été atteint le 09/01/2008 (somme des 4 HAP de 0,091 µg/l et de 0,166 µg/l pour la somme des 6 HAP). Les HAP ne sont plus détectés dans le mélange depuis le 25/06/2008.

En considérant un régime d'exploitation maximum (modélisation de 2000) c'est à dire un débit de 20 m³/h pour P1, 25 m³/h pour P2, 10 m³/h pour P3, 25 m³/h pour P4 et 120 m³/h pour P5 et les concentrations mesurées sur chaque puits, la concentration de la somme des 6 HAP calculée de l'eau brute de la bâche serait de 0,14 µg/l la 09/01/2008 (contre 0,16 µg/l mesuré).

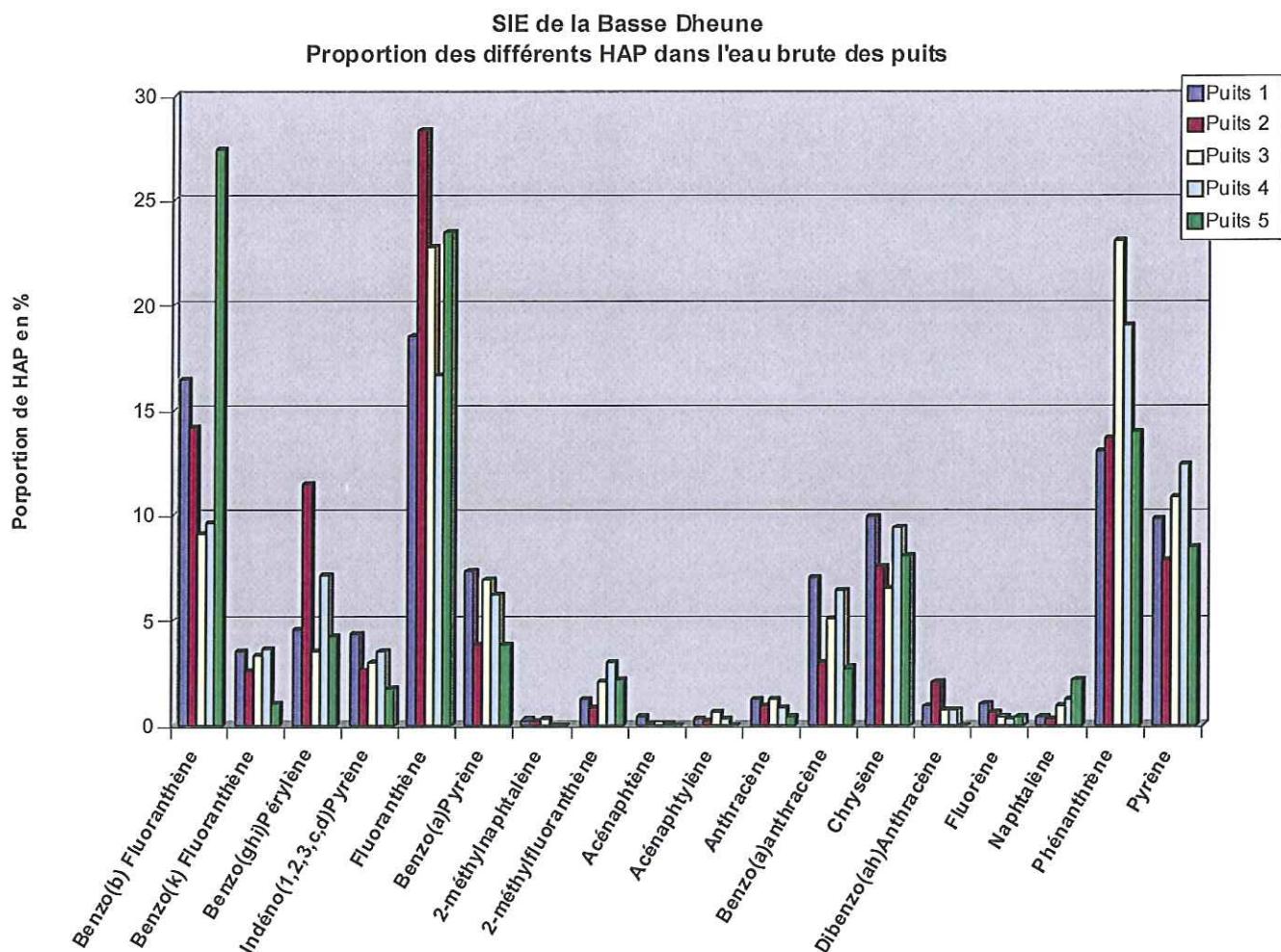
Le débit important du puits 5 et ses faibles concentrations en HAP suffisent à expliquer les faibles concentrations mesurées dans le mélange d'eau brute (effet de dilution des HAP des 4 autres puits).

Au vu des résultats d'analyses, la pollution était toujours présente en novembre 2008 et le pic de pollution n'a peut être pas été atteint : les concentrations ont eu tendance à augmenter de nouveau à partir d'octobre 2008 où elles ont atteint leur maximum sur les puits 1 et 3.



5.3.2 Proportion des HAP

Nous avons représenté sur le graphique ci-après la proportion des HAP retrouvés sur toute la période d'analyse et sur les 5 puits AEP :



Graphique 1 : Proportion des différents HAP sur les puits du champ captant d'Allerey

Cette représentation permet de conclure que la proportion des différents HAP est très semblable sur les puits 1 à 4 : elle ne varie que de quelques pourcents pour l'ensemble des composés.

La composition des HAP dans le puits 5 est légèrement différente puisque le composé majoritaire est le benzo(b)fluoranthène devant le fluoranthène. Les autres composés sont retrouvés dans des proportions similaires.

Cette différence peut s'expliquer par le fait que les concentrations détectées sont très faibles et proches des limites de détection et que la fréquence de détection de ces composés est plus faible. Elle peut aussi être le reflet de caractéristiques différentes des sols ou de l'éloignement plus important du lieu de pollution (rétenzione de certains composés sur les sols).

Nous pouvons donc supposer que l'origine de la pollution est identique sur les 5 puits.

5.3.3 Réserves

Les concentrations mesurées sur les puits AEP sont à prendre avec beaucoup de précautions puisque les valeurs sont parfois proches des limites de détection et qu'elles sont fortement dépendantes des conditions de prélèvement.

Les concentrations de l'échantillon sont en effet dépendantes de l'exploitation de l'ouvrage et de la profondeur de prélèvement. Ces deux paramètres ne peuvent être identiques à chaque campagne de prélèvements et une augmentation brutale de concentration peut être le reflet d'un prélèvement en régime dynamique (pompe en route et « remobilisation de la pollution ») ou d'une profondeur de prélèvement plus importante (les HAP sont des DNAPL qui sont plus denses que l'eau et qui vont donc avoir tendance à s'accumuler au fond des puits). L'analyse temporelle est donc à relativiser.

Ces propos peuvent être illustrés par la campagne de prélèvements du 19/11/2007 qui a consisté à prélever deux échantillons par puits (prélèvements en surface et en profondeur) : ces deux échantillons ont été analysés au laboratoire de la Lyonnaise des Eaux.

Les concentrations retrouvées au fond du puits sont systématiquement plus importantes (sauf sur les puits 1 et 5 où les HAP sont absents sur les deux échantillons, cf. tableau 8). La somme des 6 HAP est respectivement 4 à 100 fois plus importante sur les puits 2 et 3 pour les échantillons en profondeur).

	Puits 1		Puits 2		Puits 3			Puits 4			Puits 5			
	Labo lyonnaise		Savoie Labo	Labo lyonnaise	Savoie Labo									
	surf	prof	moy	surf	prof	moy	surf	prof	moy	surf	prof	surf	prof	
Benzo(b) Fluoranthène	<0,005	<0,005	14.8	<0,005	0.15	0.545	0.11	0.4	<0,005	0.01	0.01	0.009	<0,005	<0,005
Benzo(k) Fluoranthène	<0,005	<0,005	10.6	<0,005	0.08	0.364	0.07	0.2	<0,005	<0,005	0.01	0.006	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)Pérylène	<0,005	<0,005	10.5	<0,005	0.09	0.442	0.08	0.3	<0,005	0.01	0.01	0.006	<0,005	<0,005
Indeno(1,2,3.c,d)Pyrène	<0,005	<0,005	3.05	<0,005	0.06	0.304	0.05	0.16	<0,005	<0,005	0.01	0.005	<0,005	<0,005
Fluoranthène	0.02	<0,005	31.9	0.01	0.49	0.94	0.33	1.7	0.012	0.03	0.05	0.018	0.01	<0,005
Benzo(a)Pyrène	<0,005	<0,005	16	0.005	0.15	0.493	0.11	0.4	0.005	0.01	0.02	0.008	0.005	0.005
Somme des 6 HAP	0.02	0	86.85	0.015	1.02	3.088	0.75	3.16	0.017	0.06	0.11	0.052	0.015	0.005

Tableau 8: Concentrations des HAP en fonction de la profondeur du prélèvement et du laboratoire d'analyse

Le même jour, un troisième échantillon a été réalisé à mi hauteur sur les puits 2, 3, 4, 5 et envoyé au laboratoire habituel (Savoie Labo). Les concentrations sont résumées dans le tableau 3. Les variations sont très importantes entre les deux laboratoires, notamment sur les puits 2 et 5. La somme des 6 HAP varie dans un rapport de 10 à 80 sur les puits 2 et 5 entre l'échantillon prélevé à une profondeur moyenne et l'échantillon prélevé en profondeur.

Toutes les autres analyses ont été effectuées dans le laboratoire Savoie Labo, ce qui permet de s'affranchir de cette différence analytique. Nous n'avons pas considéré les analyses du laboratoire de la Lyonnaise des Eaux dans l'évolution des concentrations dans le temps

5.4 Hypothèses sur l'origine de la pollution

5.4.1 Enquête environnementale

Nous avons réalisé une enquête environnementale dans le secteur proche du champ captant entre la Saône et le village d'Allerey-sur-Saône, le mardi 3 novembre 2009. L'ensemble des activités potentiellement polluantes ainsi que l'occupation des sols ont été relevées au cours de cette enquête. La figure 09 présente l'ensemble des données collectées lors de cette campagne. Nous allons énumérer l'ensemble des activités qui peuvent être à l'origine de la pollution. Nous rappelons qu'il ne s'agit là que d'hypothèses qui ne sont actuellement pas avérées. Un certain nombre de sites pouvant potentiellement relarguer des HAP a été référencé, notamment aux alentours des puits 1 à 4.

La totalité de la plaine alluviale est recouverte par des prairies permanentes et seules des parcelles à l'ouest du P5 sont cultivées (labour lors de l'enquête). Les prairies permanentes sont des zones de pâtures et les passages avec les engins agricoles sont limités à la fourniture de fourrage : une pollution à partir d'un de ces engins est possible mais peu probable (fuite d'huile par exemple).

Une ancienne décharge est présente à l'est de la plaine (à 230 m à l'est du P 1) : son extension semble limitée, mais des dépôts sont encore visibles actuellement en surface (fûts métalliques rouillés, débris métalliques). La voie bleue est limitrophe de cette décharge et il est possible que lors des travaux de ce chemin, une excavation ou un remaniement des déchets se soient produits. Ils ont pu entraîner un relargage d'un polluant enfoui qui était jusqu'à lors confiné (huile dans un bidon par exemple). Une fuite d'un engin de chantier lors des travaux peut aussi avoir entraîné une contamination des sols en HAP.

Une deuxième décharge a été rencontrée au niveau du hameau de Chauvort à 600 m au nord des puits 1 à 4 (cf. figure 09). Ce terrain semble être un lieu de dépôts provisoires de matériaux inertes et de divers matériaux de chantier dont des fragments de bitume. Le talus qui borde la route contient des matériaux divers dont des fragments métalliques.

Lors de sa confection, la voie bleue a été recouverte d'un revêtement à base de graviers et d'un liant à base d'huile végétale (BIOFLUX). Ce liant « naturel » ne contient pas de HAP et une analyse sur les lixiviats d'enrobés de la voie bleue n'a révélé que des traces non quantifiables de HAP. La voie bleue ne peut donc pas être directement incriminée dans la pollution des puits AEP.

Le chemin central qui permet de desservir les prairies au centre de la plaine (ce chemin passe entre P4 et P5) a été remblayé pour améliorer sa portance et des morceaux de bitume sont visibles en surface. Ces morceaux semblent assez épars et sont mélangés à un remblai calcaire. Même s'ils sont susceptibles de relarguer des HAP, ils ne peuvent sans doute pas être responsables des concentrations mesurées dans les captages.

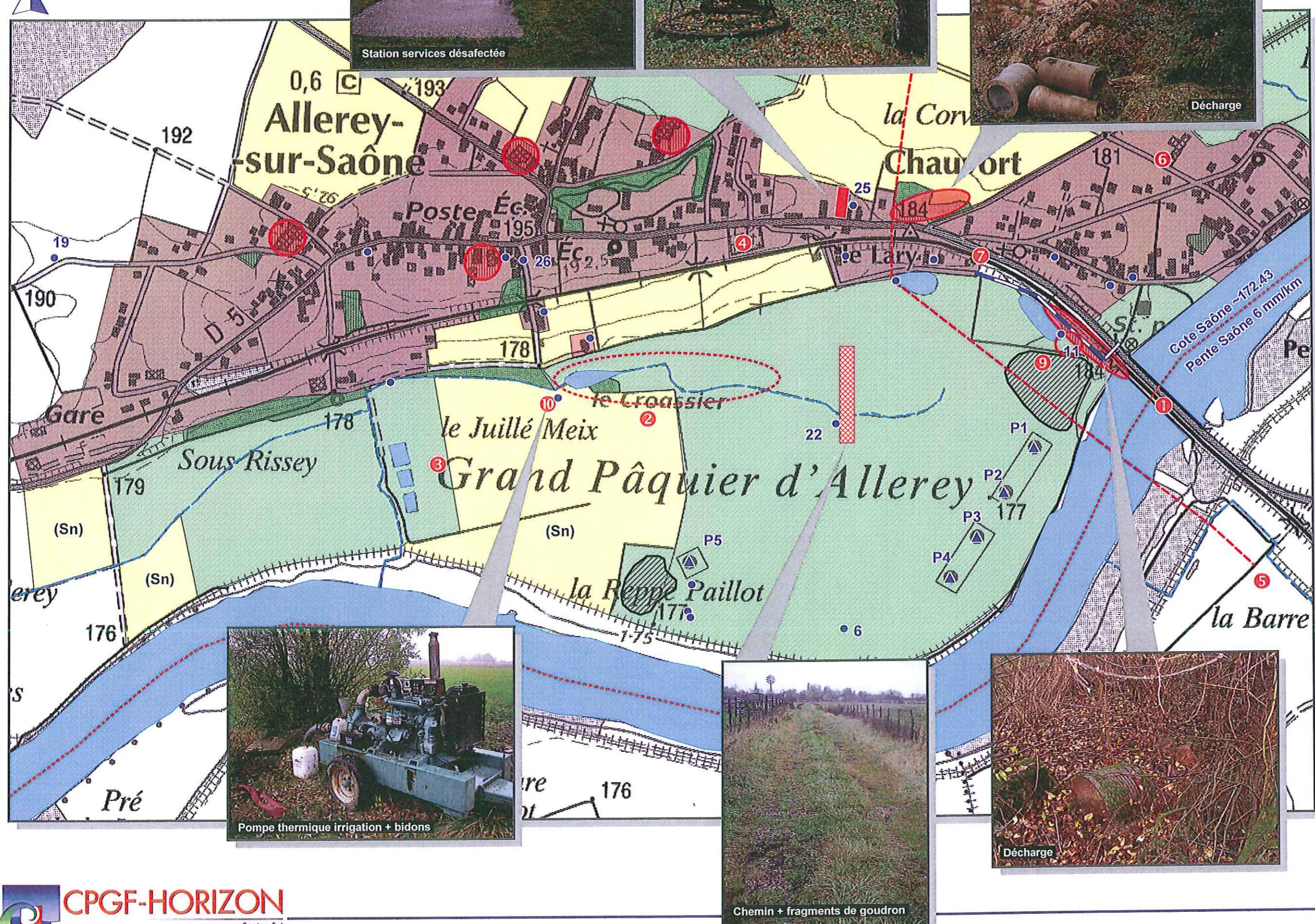


SIE de la Basse Dheune



Étude hydrogéologique - Amélioration de la ressource en eau potable

OCCUPATION DES SOLS



Une ancienne station service désaffectée a été rencontrée à l'ouest de Chauvort à 700 m au nord des puits 1 à 4 et à 800 m de P5. Aucune activité ne semble se produire dans cette station, et l'emplacement des cuves est encore visible, notamment les aérations qui dépassent du sol. Cette station service est répertoriée dans la base de données du BRGM « BASIAS » (Inventaires historiques régionaux des sites industriels et activités de service) sous le numéro BOU7100504. Peu d'informations sont disponibles : cette station était déjà en activité en 1956 puisqu'un dossier avait été déposé le 17/10/1956 (pour dépôt de 3ème classe). Plusieurs augmentations de la capacité de stockage ont eu lieu en 1957, 1959, 1969 et 1978 et le volume total des cuves avant sa fermeture atteignait 31 m³ (fermeture il y a une quinzaine d'années d'après les riverains). Il s'agissait d'une station ANTAR (panneau encore présent sur site) et la raison sociale de l'entreprise était au nom de M. CORDEY Louis. Cette station stockait des carburants de type essence et fioul qui peuvent contenir quelques HAP. De plus, un bâtiment à l'arrière de la station servait de garage automobile et est susceptible d'avoir accueilli des huiles usagées qui contiennent beaucoup de HAP. Le service de l'environnement de la Préfecture de Saône-et-Loire ne possède pas d'information sur cette station : les cuves sont donc toujours en place (aération encore présente) et contiennent peut être encore des carburants. Elles se trouvent en amont hydraulique des puits et si des HAP sont relargués à ce niveau, ils sont susceptibles d'être retrouvés dans les puits.

Nous avons noté la présence d'une motopompe au lieu-dit le « Juillé Meix » au niveau du point d'eau n°16 (cf. figure 09). Ce type de pompe fonctionne au fioul et comme tout moteur, il est lubrifié avec de l'huile hydraulique (qui contient beaucoup de HAP). Des bidons vides sont d'ailleurs présents sur le site et la pompe semble être stationnée en permanence sur le site. Le puits exploité n'est pas fermé de façon étanche et le sommet du tube arrive au ras du sol. Tout déversement à la surface du sol est donc susceptible de s'écouler dans le puits et de rejoindre directement la nappe.

Enfin, la Saône qui draine les bassins versants en amont du champ captant, peut contenir des HAP. Ces composés ont tendance à être fixés par les sédiments et peuvent être relargués lors de la sollicitation du fleuve par les pompages. Il existe une station de suivi de la qualité de l'eau de la Saône à Gergy à 4,5 km en aval du champ captant. Les dernières données concernant les HAP remontent à 2006 et montrent que l'eau et les sédiments étaient de moyenne qualité vis-à-vis de ce paramètre (note SEQ eau de 58). La Saône, de part sa participation dans l'alimentation des puits, peut donc contribuer à la pollution par les HAP. Cependant, elle ne peut expliquer à elle seule les concentrations mesurées dans les puits : si elle était la seule responsable, des pollutions similaires auraient été détectées dans les champs captants en aval d'Allerey ce qui n'est pas le cas.

5.4.2 Hypothèses retenues

En fonction de la connaissance du terrain, des concentrations mesurées dans les puits et des observations de terrain, trois origines potentielles de pollution peuvent être privilégiées.

La première piste est une pollution originale de la décharge en bordure de voie bleue avec une pollution chronique antérieure aux travaux de la voie bleue (pas de mesure de HAP avant ceux-ci) ou provoquée par un remaniement des déchets enfouis. Cette décharge se trouve dans le cône d'appel des puits 1 à 4 mais pas dans celui du puits 5 (cf. figure 04), ce qui est en accord avec les concentrations mesurées dans les puits.

La deuxième décharge, plus éloignée, est susceptible de contenir des HAP mais les matériaux semblent entreposés en surface. Même si la probabilité de contamination à partir de ces dépôts est moindre, cette piste n'est pas à négliger puisqu'elle est située en amont hydraulique des puits 1 à 4.

Enfin la troisième piste la plus plausible est l'ancienne station service/garage qui, en termes de quantités stockées, est susceptible de contaminer les eaux souterraines et de provoquer de fortes concentrations en HAP. Là encore, cette station se trouve en amont hydraulique des puits 1 à 4 mais n'est pas dans le cône d'appel du puits 5.

Les autres pistes évoquées dans le paragraphe précédent peuvent participer à une contamination des eaux souterraines en HAP, mais dans une moindre mesure et pas à l'échelle des concentrations mesurées.

La motopompe observée sur le point d'eau n°16 se situe dans la zone d'appel du puits 5 qui n'est pas contaminé par les HAP : elle ne peut donc être responsable de la pollution mais peut participer, en cas de débordement ou de déversement, à la dégradation de la qualité de l'eau souterraine.

5.4.3 Mesures complémentaires

5.4.3.1 Méthodologie

Afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses évoquées, nous avons réalisé une campagne de prélèvements d'eau souterraine synchrone sur certains ouvrages recensés. Nous avons prélevé 20 échantillons d'eau répartis sur l'ensemble de la plaine (cf. figure 09) :

- Puits 1 à 5 : ces prélèvements permettent de compléter les analyses déjà réalisées. Ils ont été effectués à l'intérieur des puits par le biais d'un préleveur à usage unique ;
- Pz1 et Pz 2 Explor-e : ces points permettent d'analyser les HAP, d'une part en aval immédiat de la décharge et d'autre part entre le puits 5 et le puits 4 ;
- Points 4, 6, 17, 21b, 24 : ces points permettent de connaître les concentrations en HAP dans les zones éloignées de toute source de pollution ;
- Points 16 et 22b : mesures des concentrations de HAP à proximité immédiate du chemin remblayé et de la motopompe ;
- Points 14 et 25 : ces points permettent de connaître la concentration en HAP au niveau et à l'aval de la station service : le puits n°25 se trouve au niveau du garage de la station à environ 10 m ;
- Point 12 : ce puits se situe à l'aval de la décharge de Chauvort : il permet de vérifier l'impact de cette décharge du point de vue des HAP ;
- Points 22: ce puits se situe en amont de la décharge en bordure de la voie bleue : il permet de faire un état « zéro » de la qualité de l'eau souterraine ;
- Point 27 : ce puits est situé en aval du champ captant ;
- Point 13 : ce point d'eau superficiel est situé en aval de la décharge de Chauvort et de la station service



Les prélèvements d'eau ont été réalisés conformément à la norme internationale ISO 5667-11 :1993(F) relative à l'échantillonnage des eaux souterraines. Elle prévoit notamment un temps de pompage suffisant pour purger l'ouvrage avant de procéder à l'échantillonnage, en pompant et rejetant un volume d'eau au moins équivalent à 4 à 6 fois le volume intérieur de la colonne. En fonction des caractéristiques de l'ouvrage, un système de pompage approprié sera utilisé pour effectuer le pompage. Les analyses d'eau ont porté uniquement sur les 16 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques définis par l'US-EPA : naphtalène, acénaphtylène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(ah)anthracène, benzo(ghi)pérylène, indéno(123cd)pyrène). Elles ont été sous-traitées à un laboratoire agréé. Une mesure de pH, de température et de conductivité a été réalisée sur place lors du prélèvement par CPGF-HORIZON.

5.4.3.2 Résultats

La campagne de mesures s'est déroulée le 3 juin 2010 : les prélèvements ont tous été faits en régime de pompage pour être assuré de la représentativité de l'échantillon. Les prélèvements sur les puits AEP ont été effectués alors qu'ils étaient en marche depuis plus d'une heure. Sur les autres ouvrages, les pompes ont été réalisés avec des pompes 2 et 3 pouces.

Les prélèvements ont été acheminés au laboratoire Wessling de Saint-Quentin-Fallavier : les résultats d'analyses se trouvent en annexe 3. Ils sont résumés dans le tableau suivant qui regroupe aussi les mesures de terrain :

Point	pH	Conductivité en $\mu\text{S/cm}$	T°c	somme HAP en $\mu\text{g/l}$
P1	6,86	677	14	-/-
P2	6,88	674	14	-/-
P3	7,02	655	15	-/-
P4	6,97	655	14,2	-/-
P5	6,96	730	15,5	-/-
Pz1 explore	6,91	683	12,9	-/-
Pz2 explore	6,95	686	12,4	-/-
Pts4	6,83	744	13,6	-/-
Pts6	6,8	756	12,3	-/-
Pts12	7,1	769	12,8	-/-
Pts13	7,54	458	29,5	-/-
Pts14	6,94	1216	14	-/-
Pts16	6,83	796	12,6	-/-
Pts17	7,02	1103	14,7	-/-
Pts21b	7,26	1209	14,7	-/-
Pts22	6,85	1041	15,1	-/-
Pts22b	7,18	766	13	-/-
Pts24	7,03	265	14,9	-/-
Pts25	7,37	795	13,7	0,1
Pts27	6,92	741	15,5	0,09

Tableau 9 : Résultats d'analyses physico-chimiques sur les prélèvements d'eau souterraine

Les valeurs de pH sont assez homogènes sur tous les échantillons puisqu'elles sont comprises entre 6,8 et 7,54 : les eaux souterraines sont donc proches de la neutralité. Les conductivités sont plus contrastées et on distingue une différence nette entre les ouvrages captant les alluvions de la Saône et ceux captant les formations plio-quaternaires du Saint-Cosme. Ces derniers ont une eau très minéralisée avec des conductivités supérieures à 1 000 µS/cm. Seul le puits 25 qui se trouve aussi dans les formations plio-quaternaires a une conductivité intermédiaire : il doit aussi capter un niveau superficiel.

La température de l'eau souterraine est homogène et est en moyenne de 14°C. Le point 13 qui est un point d'eau superficiel témoigne de la température élevée qui régnait le jour des prélèvements.

Les résultats des analyses de HAP ne mettent pas évidence des concentrations excessives dans les eaux souterraines. Les HAP ne sont détectés que sur les points 25 et 27 aux concentrations suivantes :

	Points 25	Points 27
Fluorène (µg/L)	0,04	0,04
Phénanthrène (µg/L)	0,06	0,05
Autres composés	-/-	-/-
Somme des 16 HAP (µg/L)	0,10	0,09

Tableau 10 : Résultats d'analyse de HAP sur les points 25 et 27

Le point 27 se trouve à l'extrême ouest de la zone d'étude tandis que le point 25 est le puits de la station service. Les deux ouvrages ont des concentrations proches de 0,1 µg/l et seuls deux composés sont détectés : il s'agit du fluorène et du phénanthrène (composition différente de celle retrouvée dans les puits AEP). Ces deux composés ne rentrent pas dans la liste des molécules fixant la limite de qualité du code de la santé publique. Sur les 18 autres échantillons, les concentrations des 16 HAP sont inférieures au seuil de détection du laboratoire (< 0,02 µg/l).

Bien que les HAP soient détectés dans le puits de la station service, les concentrations mesurées ne permettent pas d'affirmer avec certitude que la station service est à l'origine de la pollution en HAP. Cela signifierait que la majorité de la pollution ait migré vers l'aval et qu'elle soit même au delà du point 14 qui se situe à 100 m en aval de la station. Or, les HAP sont des molécules qui sont fortement retenues dans les sols et la matière organique et qui se dégradent très lentement.

Nous ne pouvons toutefois pas être catégoriques puisque la station service a fermé en 1992 et que, d'après nos informations, les cuves n'ont pas été vidangées mais que la station a été fermée lorsqu'elles étaient vides. Il devait donc rester un certain volume de carburant au fond des 3 ou 4 cuves qui sont encore présentes aujourd'hui. En 18 ans une éventuelle poche de pollution a pu migrer et atteindre les puits AEP tout en disparaissant du lieu originel de pollution.

Le puits 27 se trouve à l'extrême ouest de la zone d'étude et les HAP présents ne peuvent avoir la même origine que sur le puits de la station service. Il s'agit sans doute d'une contamination localisée qui ne peut être à l'origine de la pollution détectée sur les puits AEP.

La décharge au nord-est des puits 1 à 4 ne semble pas impacter l'eau souterraine puisque aucun HAP n'est détecté en aval de celle-ci.



L'origine de la pollution n'a donc pas été mise clairement en évidence. Les concentrations mesurées sont très faibles et ne peuvent expliquer la pollution détectée sur les puits. Il est intéressant de noter que les concentrations en HAP sont nulles sur les 5 puits AEP : l'épisode polluant est donc peut être terminé ce qui rend encore plus difficile la recherche de son origine. Il est tout de même surprenant qu'une pollution de cette ampleur se soit totalement résorbée en moins de 3 ans : cela peut être le reflet d'une pollution très localisée et proche des puits.



6

Modélisation hydrodynamique

6.1 Principe de la modélisation

Le principe de toute modélisation numérique consiste à diviser une zone d'intérêt en mailles (discrétisation), sur lesquelles sont ensuite appliquées les équations de base de l'écoulement en milieu poreux.

Le logiciel que nous avons utilisé, SAGA-HORIZON, est un logiciel de modélisation hydrogéologique qui permet de calculer les écoulements dans un système aquifère. Il est basé sur un code de calcul par différences finies.

En hydrogéologie, la démarche de modélisation peut être décomposée en deux étapes :

- Une première étape dite de « calage », qui consiste à reproduire par le calcul les écoulements observés dans la réalité, à un moment donné, et ce en faisant varier les différents paramètres intervenant dans les équations fondamentales. Dans le cas présent, le calage a consisté à utiliser les données géologiques et hydrogéologiques recueillies pour restituer « mathématiquement » une piézométrie de référence comparable à celle identifiée sur le terrain. Cette phase de calage consiste donc à fixer les paramètres caractérisant la configuration de l'aquifère et plus généralement ses propriétés, déterminantes pour l'organisation et le fonctionnement local des écoulements ;
- Une fois le calage effectué, l'intérêt est de pouvoir faire varier des paramètres pour tester différents scénarios de gestion ou de pollution de l'aquifère. Cette deuxième étape permet une approche prévisionnelle dont les limites reposent en grande partie sur la qualité du calage, et par conséquent sur la quantité de données disponibles et/ou exploitables ainsi que sur la facilité de description numérique de ces données.



6.2 Paramètres de calage du modèle

6.2.1 Extension du modèle et maillage

L'extension totale du modèle est d'environ 170 ha et englobe le secteur compris entre la Saône et la terrasse des alluvions anciennes du St Cosme (limite des RD 5 et RD 970). La limite est du modèle s'étend jusqu'au hameau de Chauvort et la limite ouest jusqu'au lieu-dit « Sous-Rissey ». Le modèle prend en compte un linéaire de Saône d'environ 2,5 km pour une largeur maximale de l'ordre de 1 km.

La zone a été discrétisée en 6 100 mailles suivant un maillage variant de 12,5 m (dans le champ captant) à 50 m (sur le versant).

La base du modèle a été reprise sur celui de 2001 (EH860A) qui a été ajusté avec les nouvelles caractéristiques découlant de cette étude.

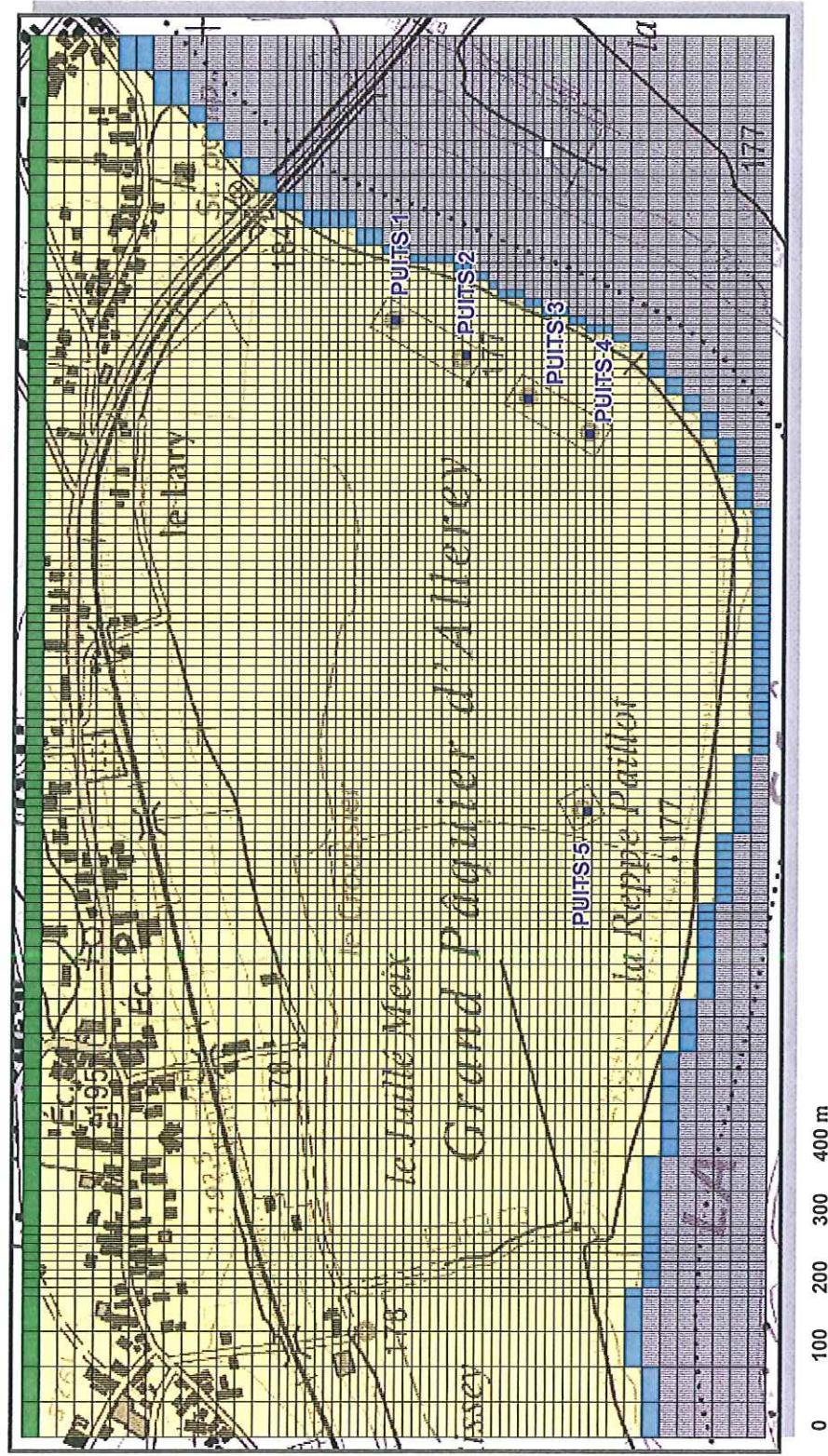
6.2.2 Conditions aux limites

Il existe trois types de conditions aux limites :

- Condition de potentiel imposé : la cote de la nappe est imposée et le modèle calcule le flux nécessaire pour maintenir la nappe à cette cote. Cette condition a été utilisée en limite amont du modèle et a été calée sur la piézométrie de référence ;
- Condition de flux imposé : le flux traversant la maille est imposé dans le modèle et le programme calcule le potentiel lié à ce flux. Ce type de condition peut être imposé à l'ensemble des mailles du modèle, pour traduire la pluie efficace (précipitations totales - évapotranspiration), évaluée à environ 220 mm/an.
- Cas particulier des mailles de rivière : ces mailles ont été utilisées pour matérialiser les échanges nappe / Saône. La Saône joue le rôle d'un drain et il suffit d'ajuster le coefficient de transfert pour qu'elle communique avec la nappe. Les mailles de la Saône ont été codées en mailles de drains.

La figure 10 présente l'extension du modèle, le maillage et les conditions aux limites retenues.

MAILLAGE ET CONDITIONS AUX LIMITES



6.2.3 Caractéristiques de l'aquifère

6.2.3.1 Géométrie de l'aquifère

Sur l'ensemble de la zone modélisée, les coupes géologiques des ouvrages recensés, l'interprétation des sondages électriques et des panneaux électriques nous ont permis d'établir une cartographie du mur de la nappe (cf. figure 11 : toit du substratum).

Le modèle a été réalisé en monocouche en considérant l'aquifère des alluvions anciennes et modernes continu.

6.2.3.2 Perméabilité

La perméabilité caractérise le volume d'eau que l'on peut faire passer dans une section unitaire en un temps donné. Le champ de perméabilité est représenté sur la figure 11.

Le calage du modèle a conduit à des perméabilités variant de 10^{-4} et 5.10^{-4} m/s sur la terrasse des alluvions anciennes et de 5.10^{-4} m/s à 5.10^{-3} m/s dans les alluvions récentes du champ captant.

6.2.3.3 Porosité/dispersivité

Le coefficient d'emmagasinement peut être assimilé dans une nappe libre à la porosité efficace, c'est-à-dire au pourcentage de volume de vide dans les alluvions. Elle a été estimée à 20 %. La dispersivité longitudinale a été fixée à 5 m et la dispersivité transversale à 1m.

6.3 Calage en régime permanent

Le but du calage du modèle est d'ajuster les différents paramètres hydrodynamiques de l'aquifère pour reproduire au mieux la piézométrie de référence. Nous avons donc fait varier la perméabilité sur toute la zone modélisée pour restituer la piézométrie statique établie en février 2001.

La forme des courbes piézométriques est bien restituée et la carte piézométrique de calage est représentée sur la figure 12.

Le bilan de la nappe dans les conditions de calage s'établit comme suit :

Débit infiltré (pluviométrie efficace)	15,96 m ³ /h
Débit entrant par la limite du modèle	93,3 m ³ /h
Débit drainé par la Saône	109,6 m ³ /h
Ecart	0,3 m ³ /h

Tableau 11 : Bilan de la simulation de calage

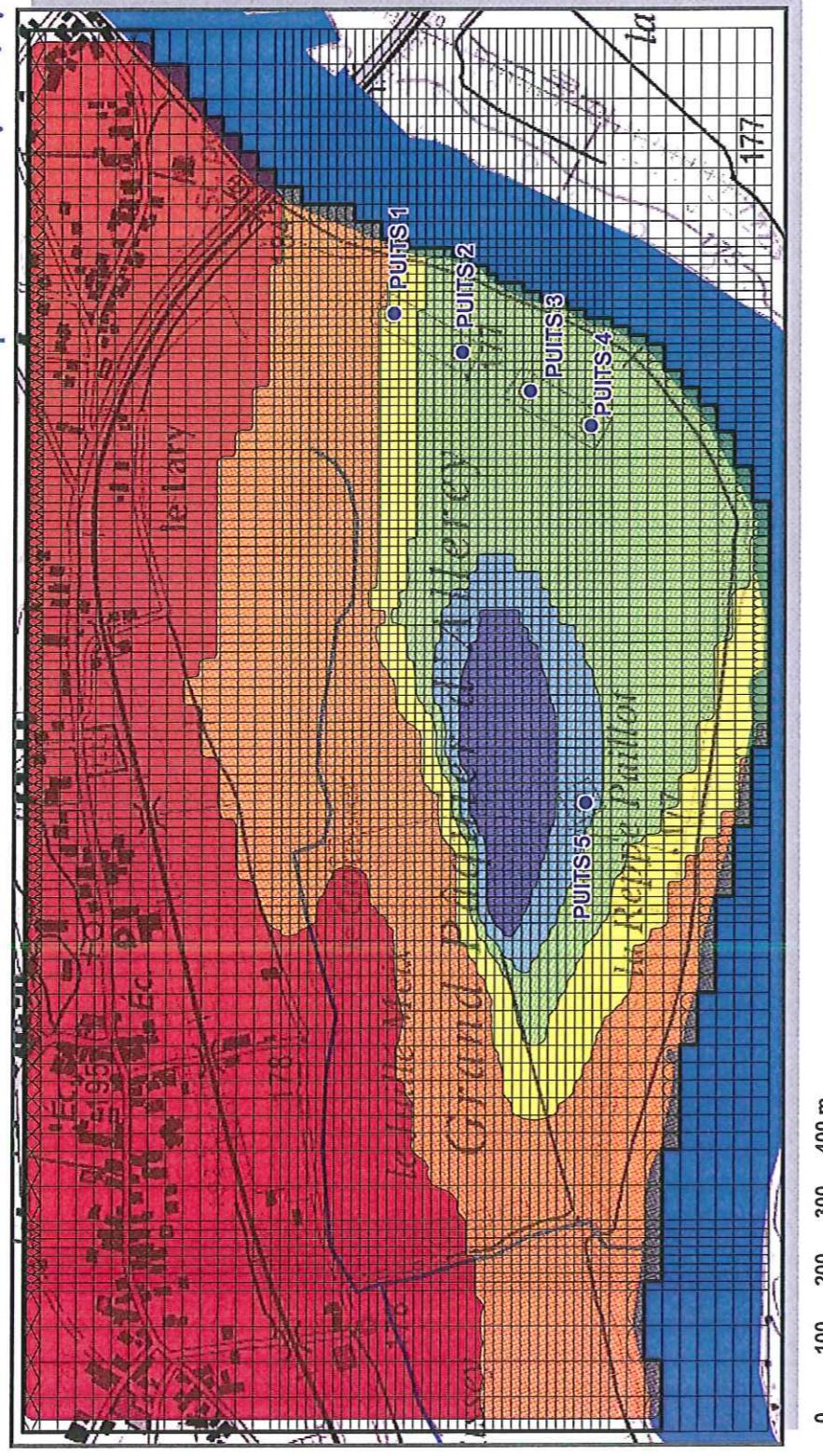
L'écart sur les débits de calage traduit une bonne convergence du modèle et donc un calage qui est correct. Cette simulation nous a servi de base pour les simulations suivantes.



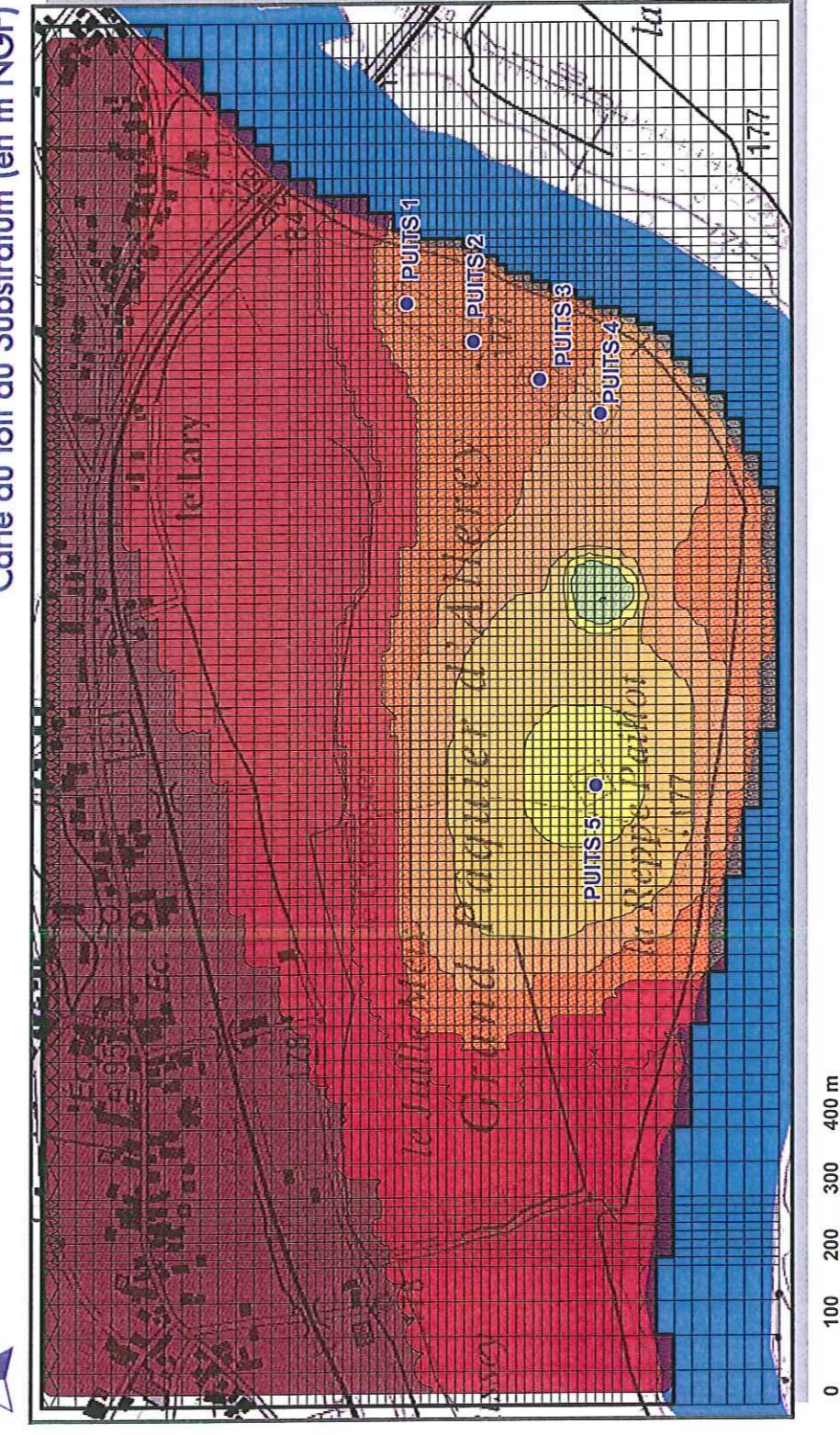
CALAGE DU MODELE



Carte des perméabilités (en m/s)



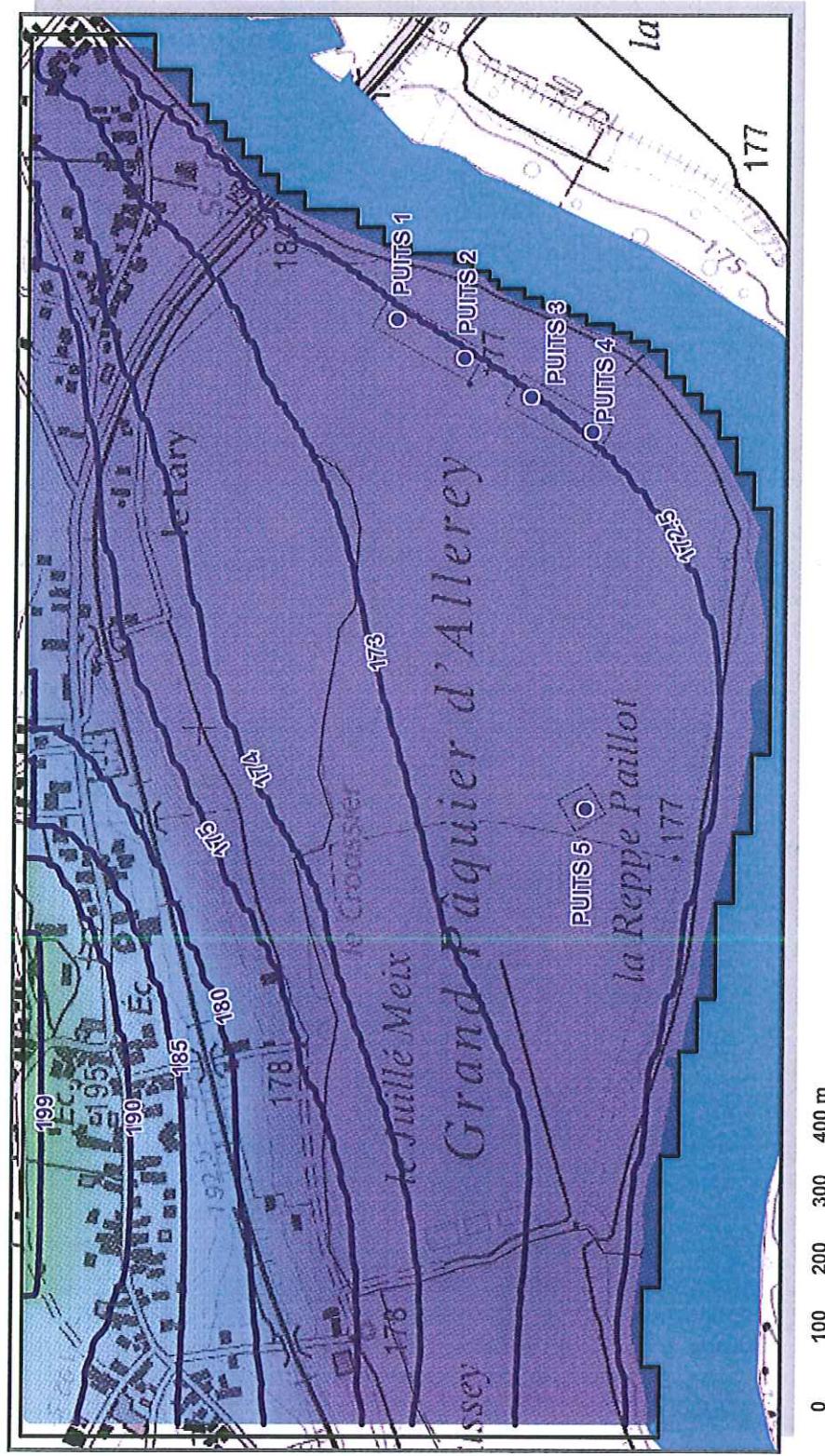
Carte du toit du Substratum (en m NGF)



SIE de la Basse Dheune

Champ captant d'Allerey-sur-Saône
Étude hydrogéologique - Amélioration de la ressource en eau potable

PIEZOMETRIE STATIQUE DE CALAGE



0 100 200 300 400 m

6.4 Simulations en régime dynamique permanent

6.4.1 Exploitation dans la configuration actuelle

Nous avons simulé l'exploitation du champ captant dans la configuration actuelle au régime moyen de pompage à savoir un pompage de 800 000 m³/an. Nous avons réparti les débits en considérant que le puits P5 participait à hauteur de 60% et que le puits P4 avait un débit d'exploitation supérieur (travaux SATIF) aux puits P1, P2 et P3 :

- **P1 = 10 m³/h ;**
- **P2 = 10 m³/h ;**
- **P3 = 6 m³/h ;**
- **P4 = 18 m³/h ;**
- **P5 = 66 m³/h ;**
- **Soit un total de 110 m³/h 20h/24h (2 200 m³/j)**

La piézométrie dynamique obtenue est représentée sur la figure 13. Ce régime de pompage entraîne des rabattements significatifs dans tout le champ captant où ils atteignent au maximum 70 cm sur le P5. Le rabattement moyen sur les 4 puits siphonnés est de 25 cm. L'effet du pompage se fait ressentir jusqu'à la route départementale qui constitue la limite d'influence des pompages.

A ce régime, les puits sont alimentés à la fois par les eaux de la nappe et les apports de versant (85%) et par la Saône à hauteur de 15%.

6.4.2 Exploitation au régime de pompage maximal dans la configuration actuelle

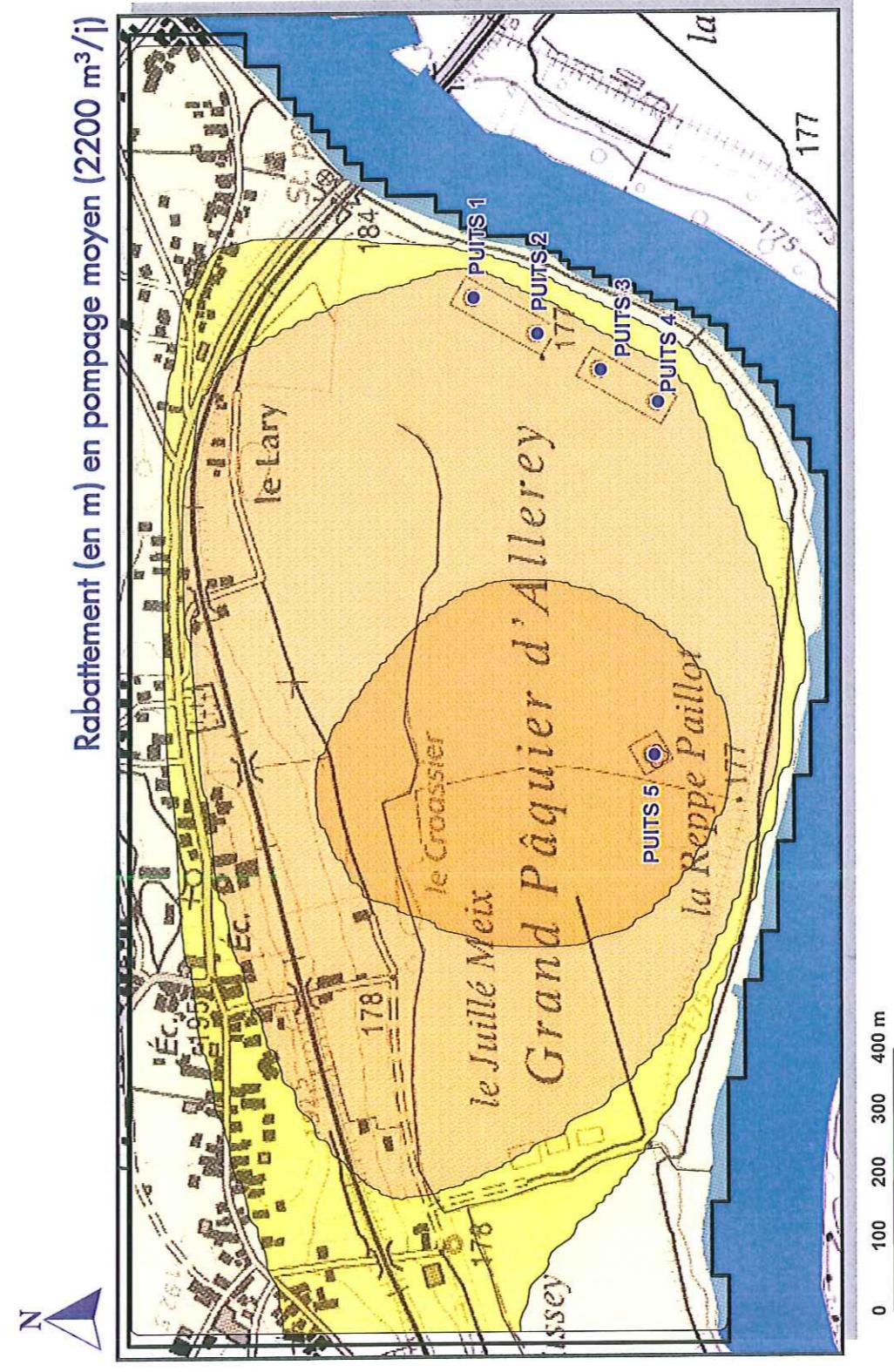
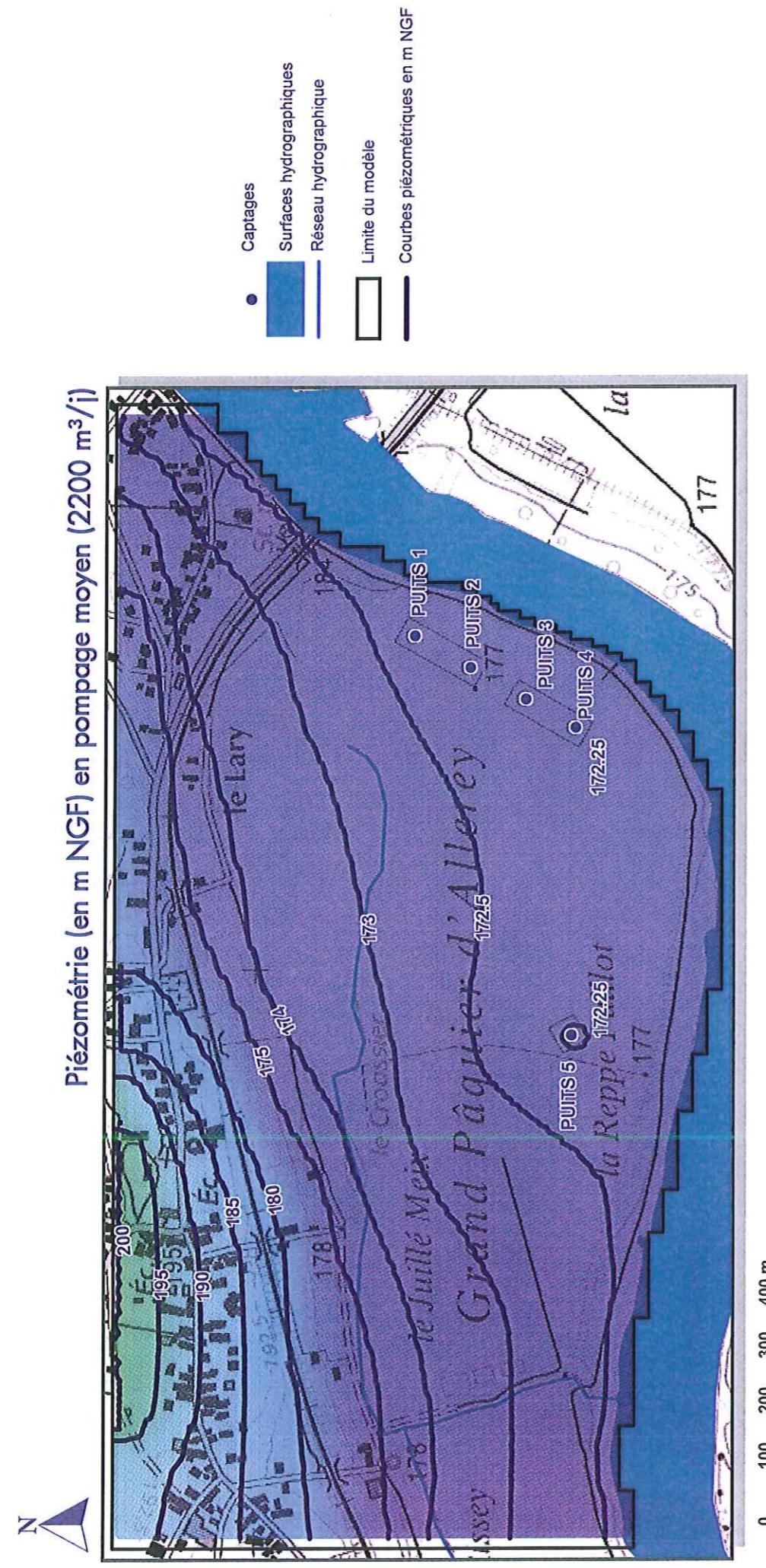
Cette simulation a pour but de tester l'exploitation des ouvrages actuels au régime de pompage maximal fixé par la DUP du 22/08/2007 soit un volume journalier de 3 500 m³/j. Nous avons toujours considéré que le puits 5 fournissait 60 % du débit total (soit 88 m³/h). Les puits 1, 2, 3 et 4 débiteront respectivement 10, 10, 8,5 et 30 m³/h. Nous avons considéré une exploitation des puits 20h/24h.

Les rabattements engendrés par ces pompages et les sur-rabattements par rapport au régime de pompage moyen sont représentés sur la figure 14. Le rabattement le plus important est observé au droit du puits 5 où le pompage à 88 m³/h provoque un rabattement de 1,10 m soit 40 cm de plus qu'en régime de pompage moyen. Les rabattements sur les puits siphonnés sont compris entre 30 cm (P2) et 45 cm (P4). Les rabattements provoqués dans la plaine alluviale sont plus importants qu'en régime de pompage moyen mais le rayon d'influence est sensiblement le même. Ce phénomène s'explique par une plus forte participation de la Saône dont les apports représentent plus de 40% du débit total.

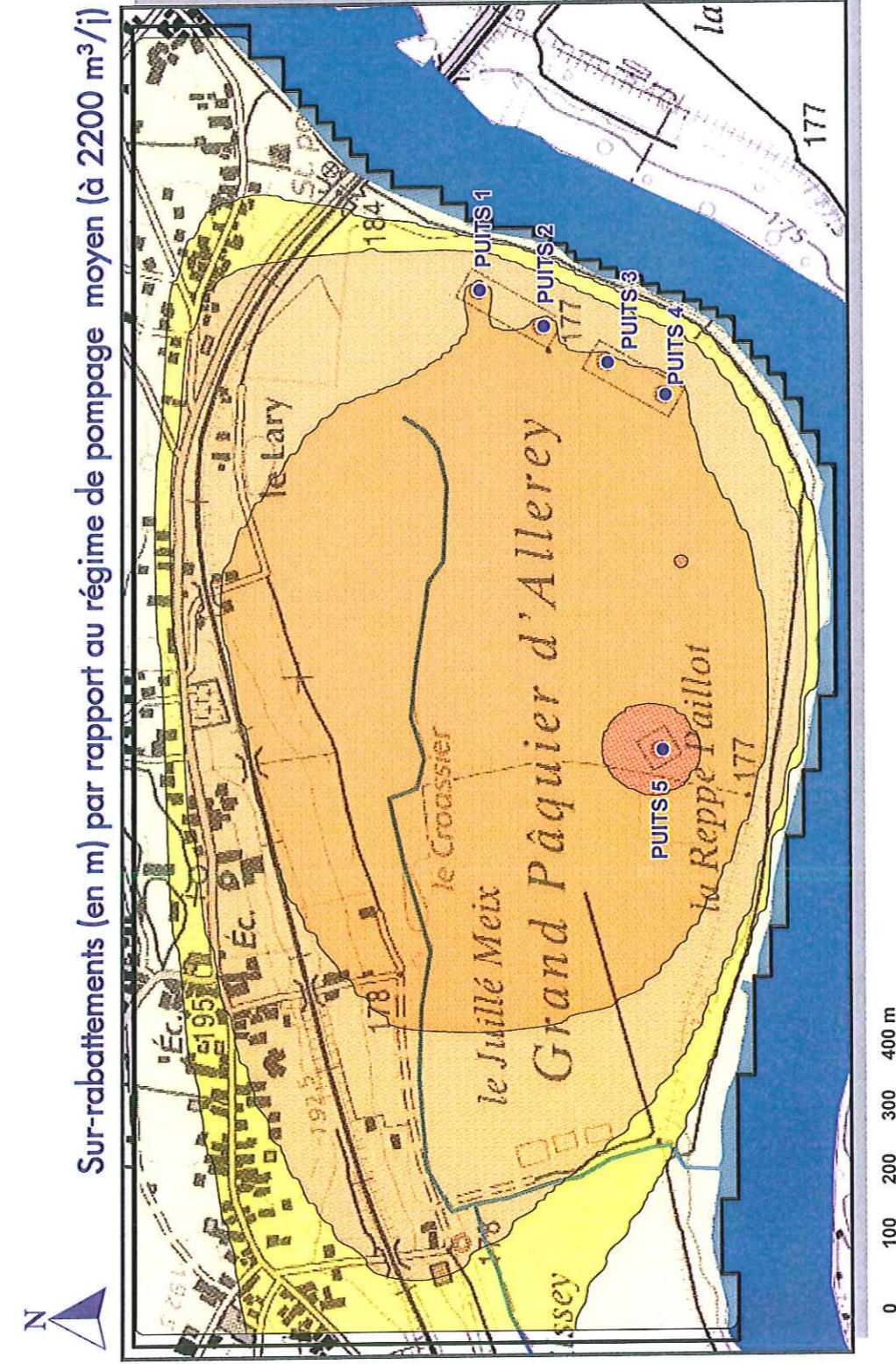
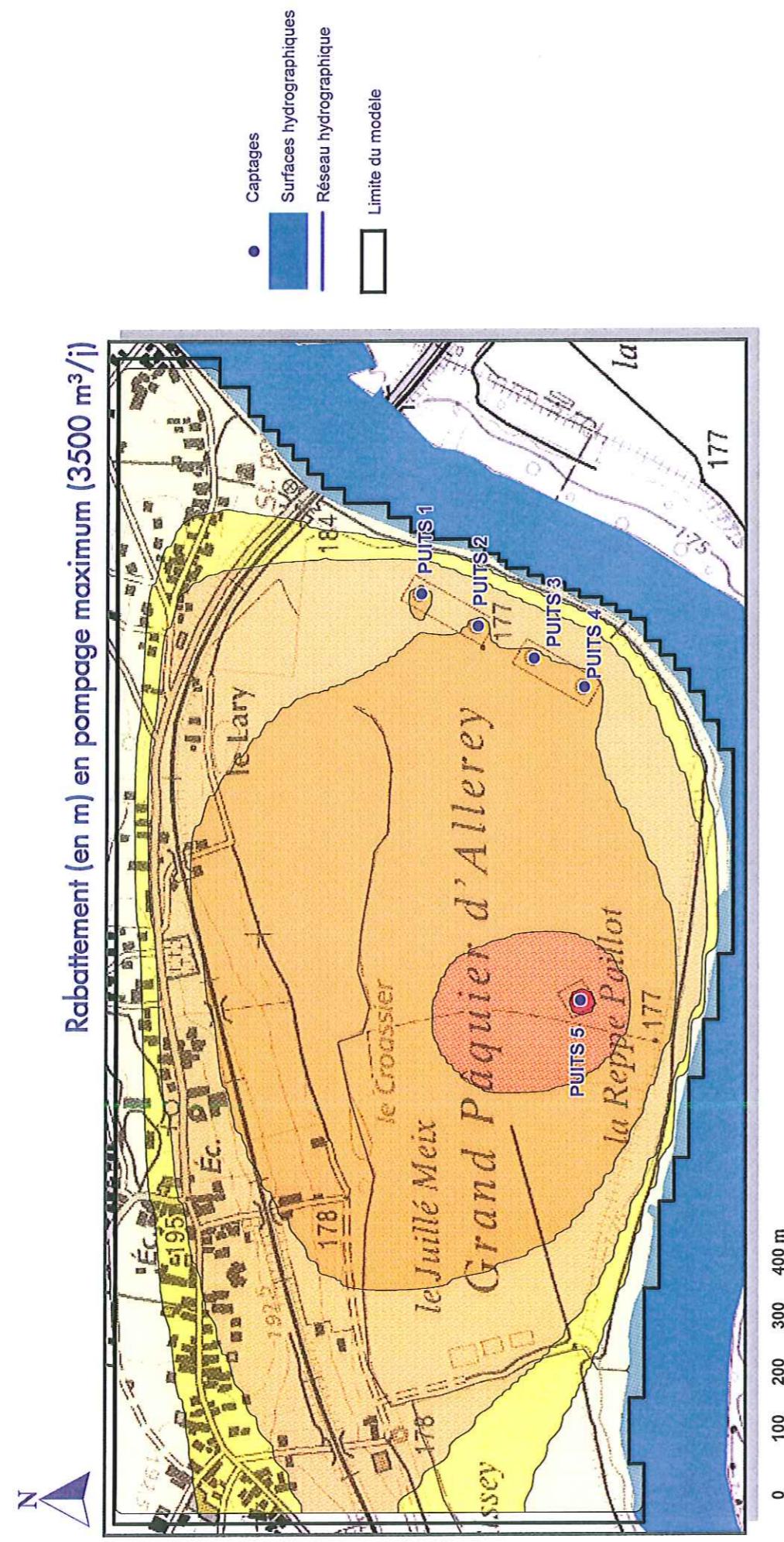
Dans la réalité et à l'étiage sévère, le Syndicat éprouve des difficultés pour fournir plus de 2 900 m³/j. Nous allons donc tester l'implantation d'un nouvel ouvrage pour augmenter la capacité de production du champ captant.

Le retrait de la virole interne sur les puits permettrait sans doute de s'approcher du débit maximal autorisé.



POMPAGE MOYEN DE 2010 à 800 000 m³/an (2200 m³/j)

**POMPAGE MAXIMUM AUTORISE À 3 500 m³/j
AVEC LES 5 PUITS ACTUELS**



6.4.3 Exploitation en régime de pompage maximal avec un puits supplémentaire

Dans cette simulation, un nouveau puits a été implanté au droit du Pz 2 Explor-e (entre le puits 4 et le puits 5) et les 5 puits actuels ont été conservés. Nous avons testé l'exploitation de ces 6 puits à hauteur de 3 500 m³/j en privilégiant l'exploitation du puits P5 et du nouveau puits (respectivement 72 m³/h et 36 m³/h 20h/24h). Les puits siphonnés sont exploités de façon identique au pompage moyen hormis une baisse du débit sur P3 (6 m³/h 20h/24h).

La figure 15 représente les effets de ces pompages sur la nappe et met en évidence une diminution des rabattements sur le P5 (en relation avec la diminution de débit) et un rabattement de l'ordre de 60 cm sur le nouveau puits. Sur les puits siphonnés, l'effet du pompage est identique à celui d'un régime moyen (débits équivalents).

Avec un puits supplémentaire, la Saône participe à hauteur de 42% dans l'alimentation des puits qui permettraient de fournir la production maximale de 3 500 m³/j.

6.4.4 Conclusions sur les simulations hydrodynamiques

Le modèle hydrogéologique a permis de constater l'effet des différents modes d'exploitation sur le champ captant. La participation de la Saône augmente avec le débit d'exploitation et le nombre d'ouvrages de pompage. Le régime de pompage maximum autorisé de 3 500 m³/j pourrait être atteint dans la configuration actuelle mais les rabattements provoqués dans le puits 5 sont importants. La création d'un sixième puits au droit du Pz 2 Explor-e permettrait de « soulager » le puits 5 et de répartir de façon plus homogène la production dans le champ captant et d'assurer la production même à l'étiage sévère.

6.5 Simulations en régime hydrodispersif permanent

Ces simulations ont pour but de mesurer l'impact d'une pollution sur les puits AEP. Dans ce genre de simulation, une simplification est nécessaire et l'ensemble des paramètres n'est pas pris en compte. Nous considérons une pollution depuis la zone saturée (temps de transfert dans la zone non saturée non pris en compte) et les phénomènes d'adsorption, de rétention ou de dégradation ne sont pas pris en compte.

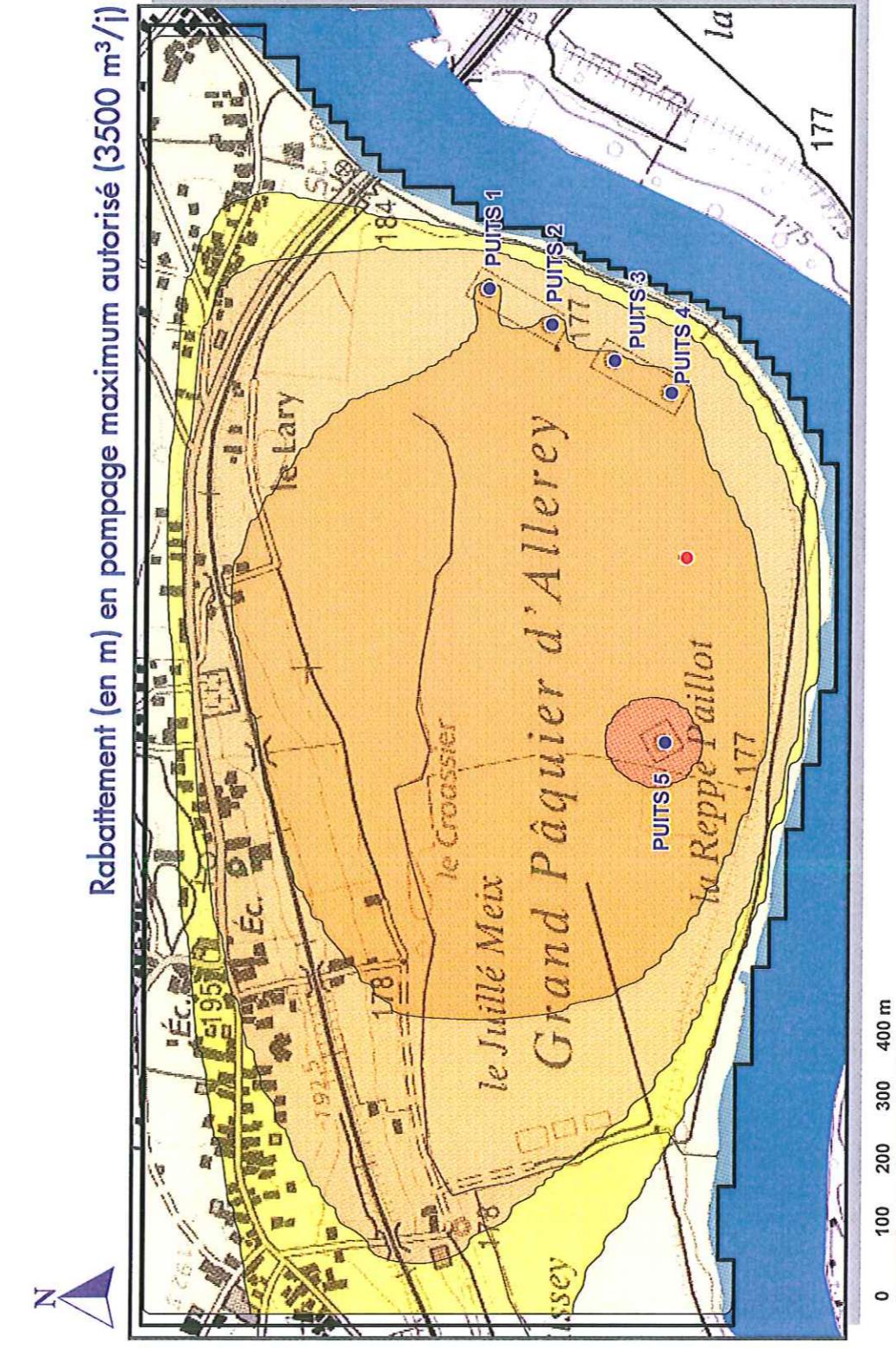
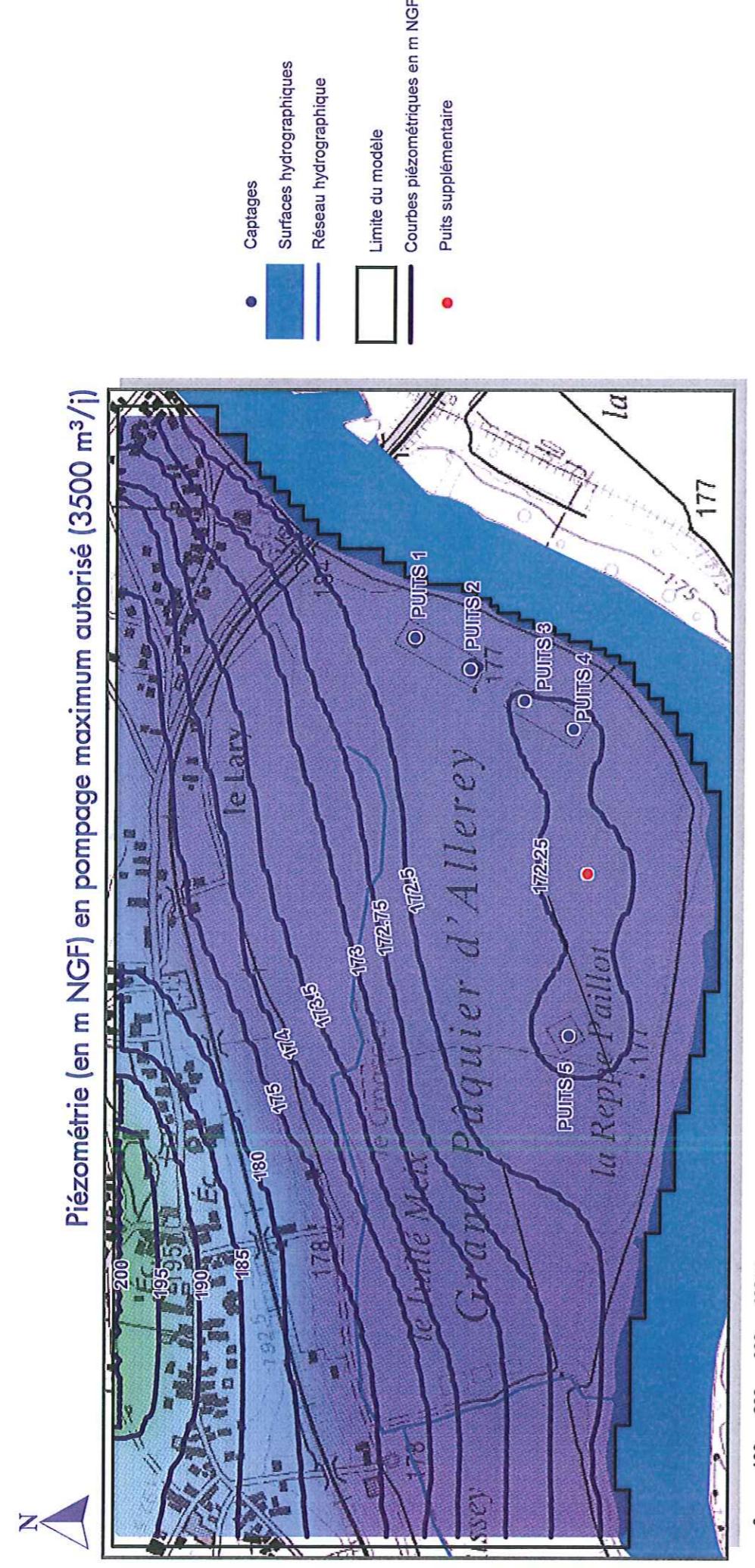
Les temps de transfert observés sont donc sous estimés ce qui permet d'avoir une vision pessimiste et donc de raisonner sur une propagation la plus défavorable pour le Syndicat.

6.5.1 Simulation d'une pollution depuis l'ancienne station service

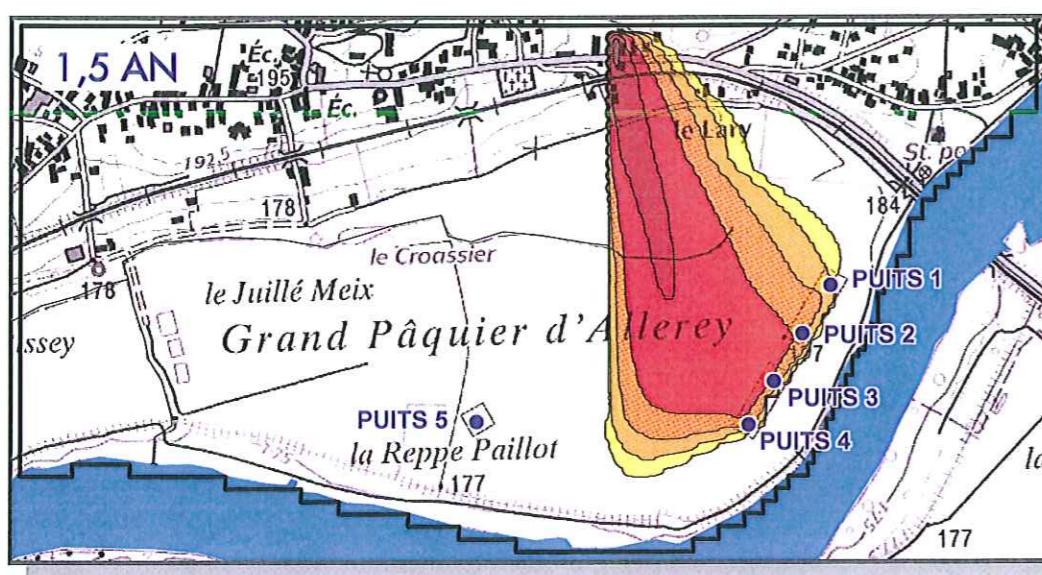
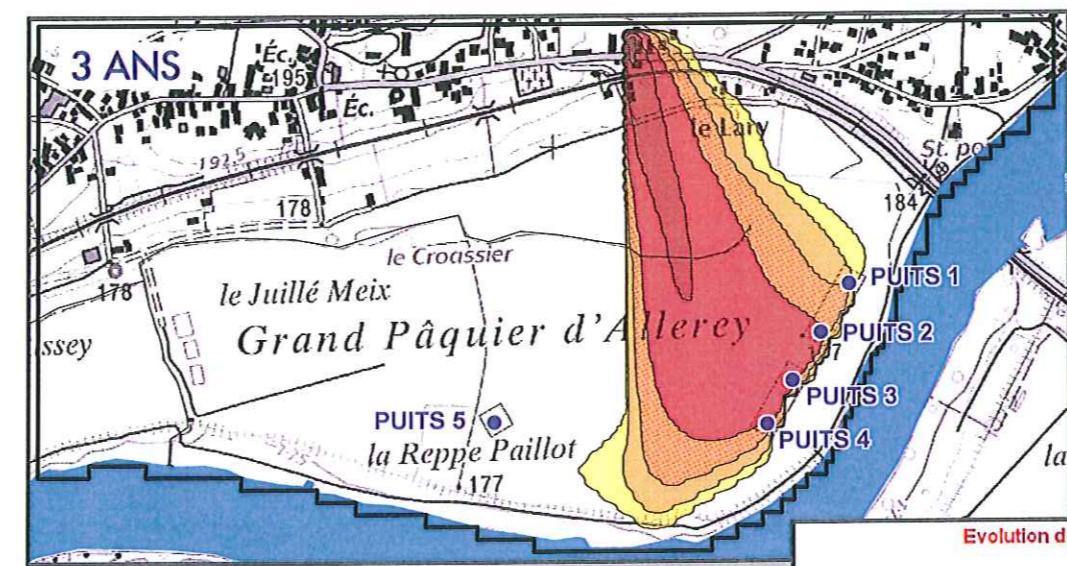
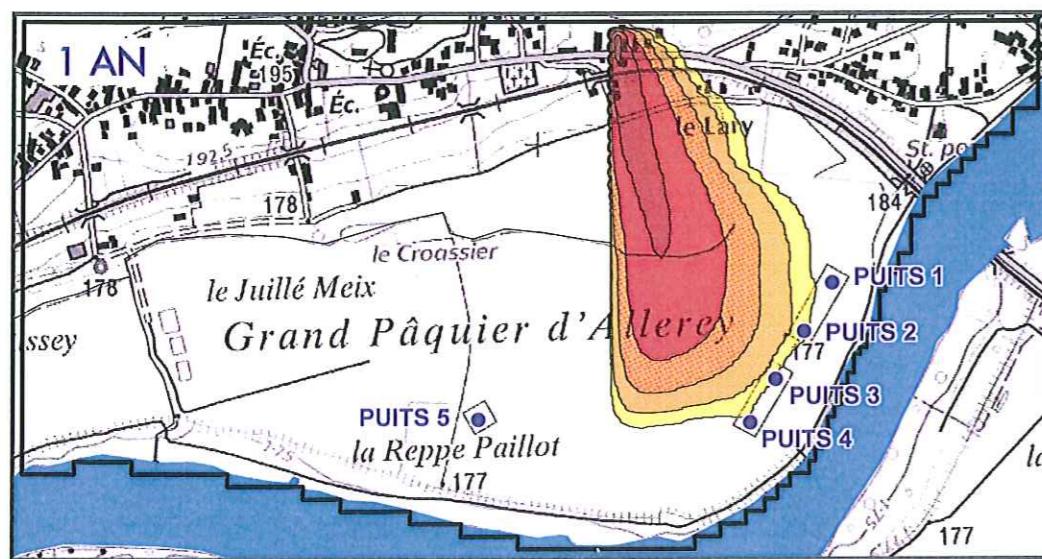
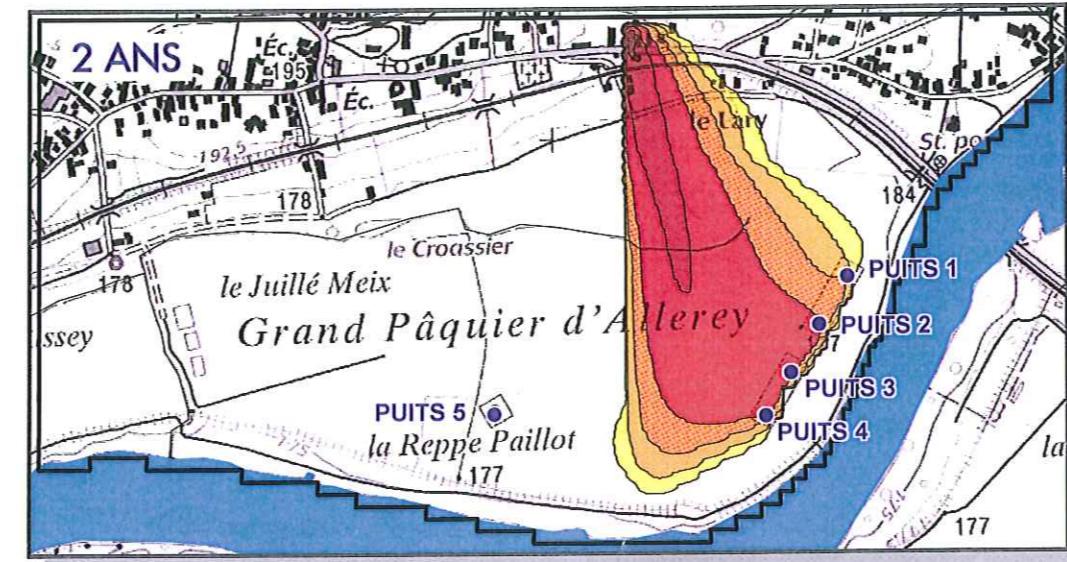
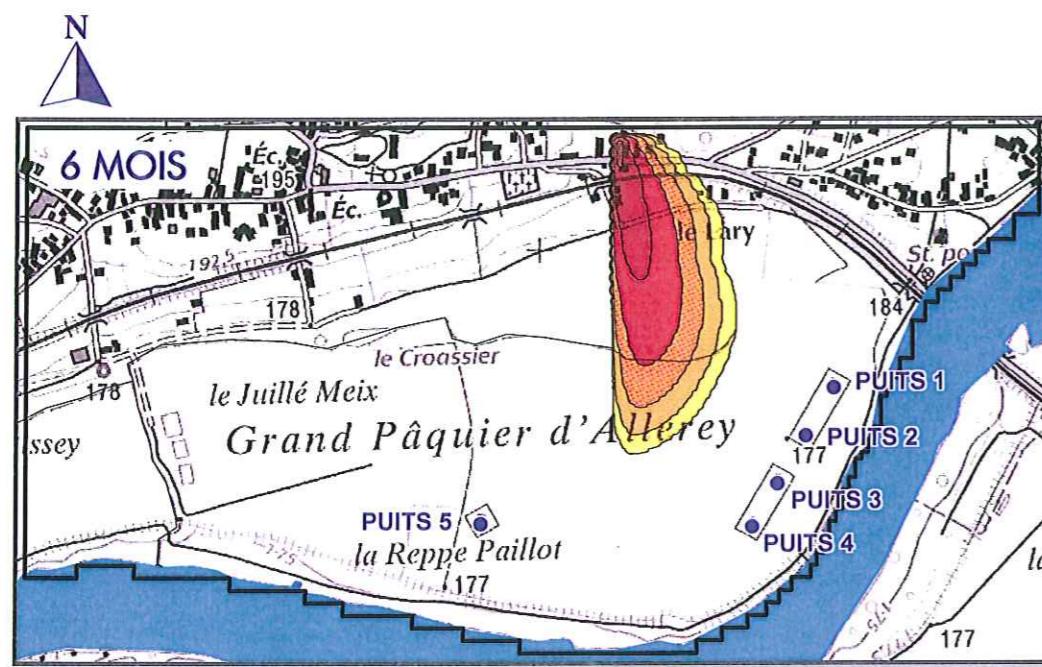
Cette simulation a consisté à simuler une pollution chronique de l'ancienne station service en considérant un régime de pompage moyen actuel (2 200 m³/j avec 5 puits). La pollution a été considérée constante pendant 5 ans en considérant une pollution de 100 unités au droit de la station service.

La figure 16 montre l'évolution du panache de pollution qui se propage en direction des 4 puits siphonnés. La pollution apparaît sur les puits P2, P3 et P4, 14 mois après le début de l'épisode polluant. Les concentrations augmentent rapidement pour atteindre un pic de pollution après 2,5 ans. La pollution la plus importante est observée sur le puits P3 (restitution de 4%) puis sur le puits 4 (2,5%) et sur le puits 2 (1%). Le puits 1 est beaucoup moins contaminé puisque les concentrations maximales atteignent 0,06 unité. Il faut noter l'absence d'impact sur le puits 5.



POMPAGE MAXIMUM AUTORISE À 3500 m³/j AVEC 1 PUITS SUPPLEMENTAIRE

SIMULATION D'UNE POLLUTION CHRONIQUE DEPUIS LA STATION SERVICES EN REGIME DE POMPAGE MOYEN (2200 m³/j)

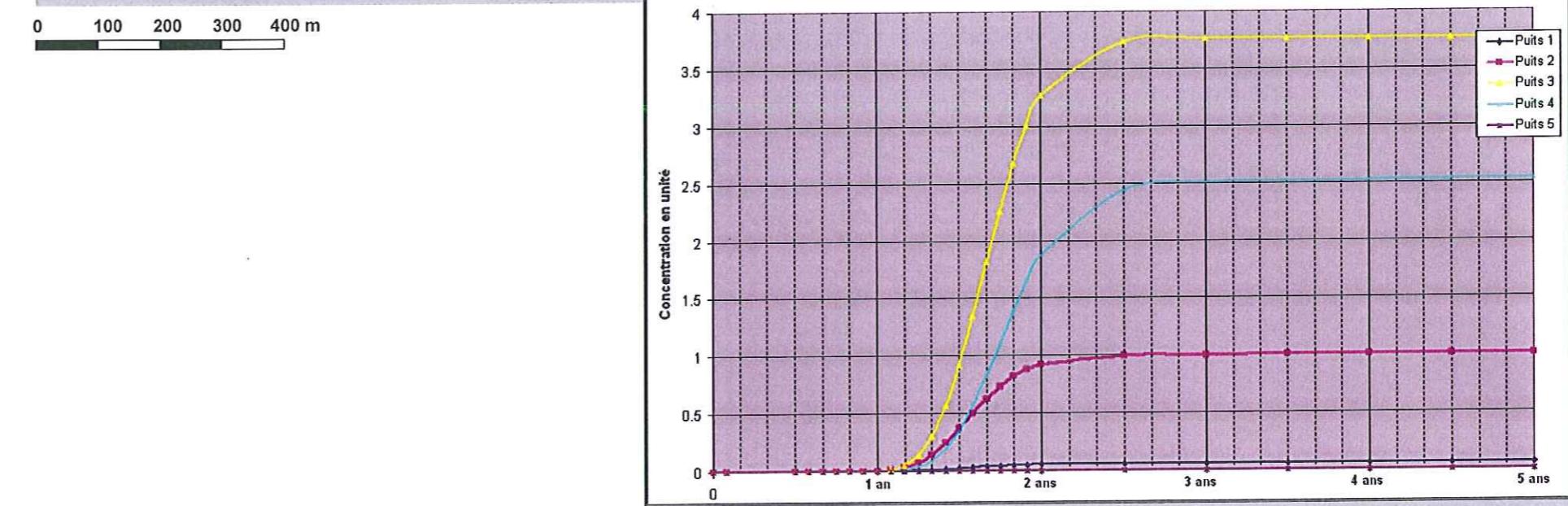


- Captages
- Surfaces hydrographiques
- Réseau hydrographique
- Limite du modèle

Concentrations polluant :

■	de 0.0001 à 0.001
■	de 0.001 à 0.01
■	de 0.01 à 0.1
■	de 0.1 à 1
■	de 1 à 10
■	de 10 à 50
■	de 50 à 100

Evolution des concentrations dans les puits en cas de pollution depuis la station service
(régime de pompage moyen à 2200 m³/j)



Une dépollution du site permettrait d'abaisser les concentrations dans les puits contaminés seulement 1 an après les travaux. Un retour à la normale serait constaté 2,5 ans après la dépollution. Nous rappelons que la modélisation ne prend pas en compte les phénomènes d'absorption, de rétention et de dégradation qui s'exercent en réalité.

Les résultats de cette simulation sont en corrélation avec les observations faites sur les puits et notamment la non contamination du puits 5. Les 4 puits AEP sont cependant contaminés dans des proportions différentes de la réalité mais les paramètres de propagation HAP sont très nombreux et complexes et ne peuvent pas tous être pris en compte.

Au vu de ces résultats, la station service ne peut être mise hors de cause dans la pollution en HAP des puits AEP.

6.5.2 Simulation d'une pollution chronique depuis l'ancienne décharge

Cette simulation, représentée sur la figure 17, consiste à simuler une pollution depuis la décharge en bordure de la voie bleue au nord est du puits 1. Là encore, le but de cette simulation est de vérifier l'impact d'une pollution sur les puits AEP et de déterminer si celle-ci peut être à l'origine de la pollution en HAP observée sur les puits AEP.

Nous avons considéré une pollution constante depuis la décharge de 100 unités. L'évolution du panache de pollution montre que la majorité du polluant est drainée par la Saône en suivant l'écoulement nord ouest – sud est. A partir de 10 mois de pollution, le polluant apparaît dans le puits 1 à de faibles concentrations qui augmentent au cours du temps pour atteindre un palier 4 ans après le début de la pollution. Les concentrations dans l'ouvrage sont très faibles et le taux de restitution est de $1,5 \cdot 10^{-5}$. Pendant les 5 ans de la simulation, seul le puits 1 est affecté et les 4 autres puits ont des concentrations qui restent nulles.

Cette simulation tend à démontrer qu'une pollution depuis la décharge ne peut être responsable à elle seule de la pollution observée sur les quatre puits siphonnés. Elle peut néanmoins participer à la contamination du puits 1.

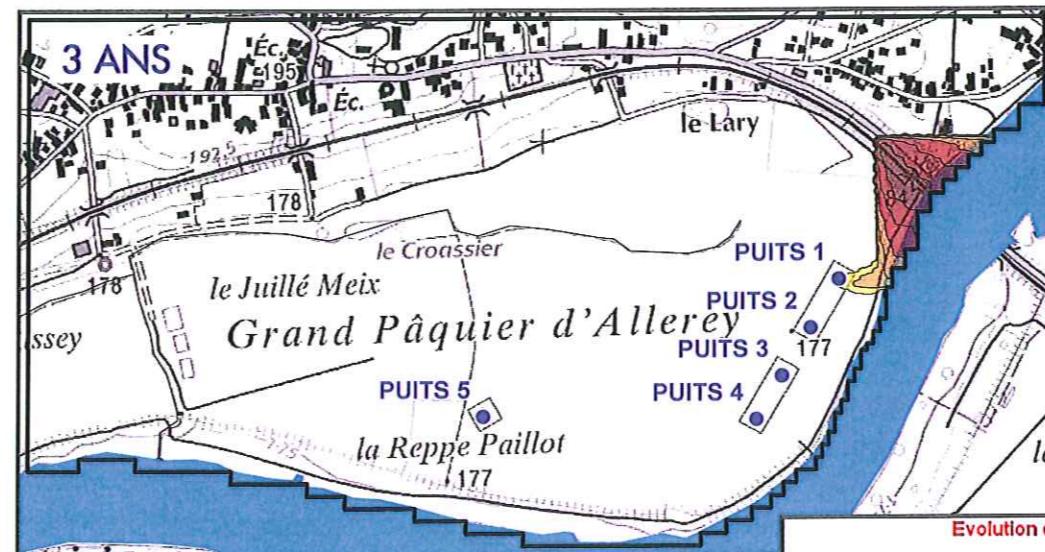
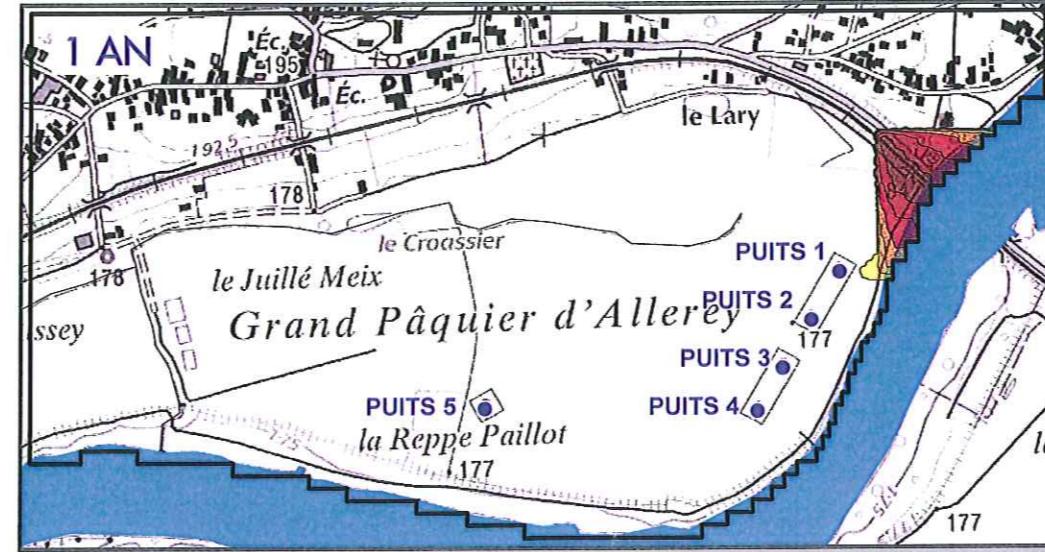
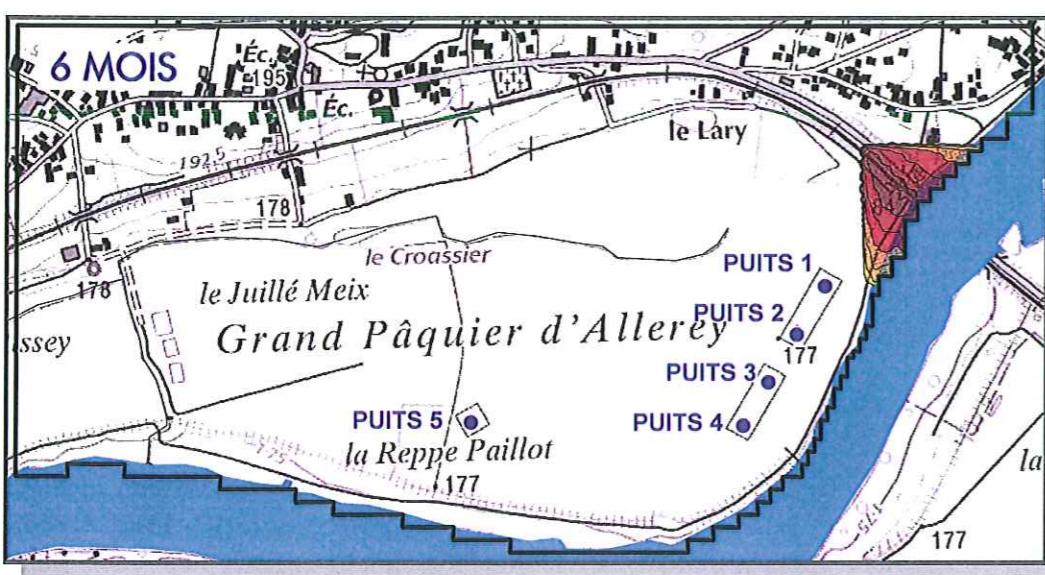
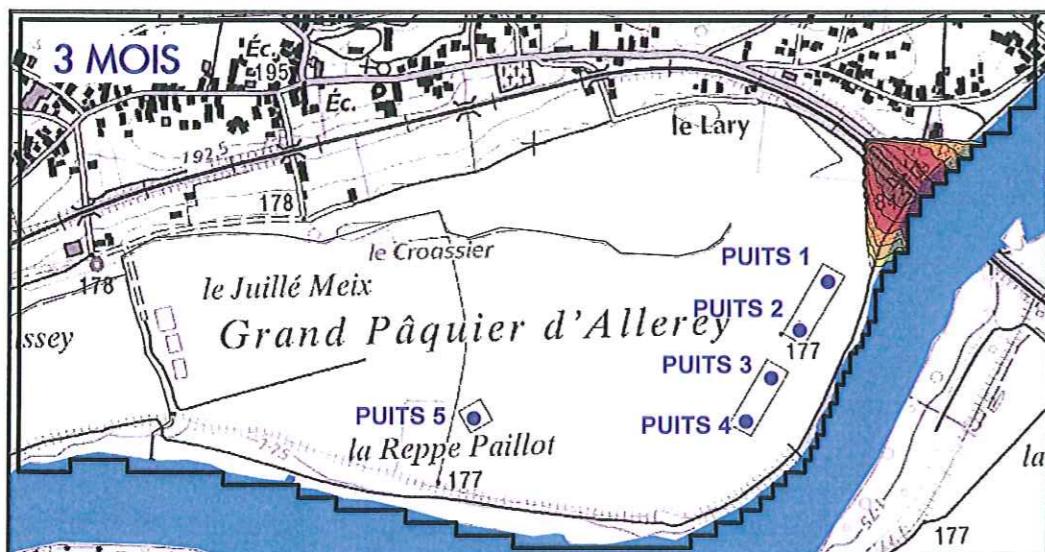
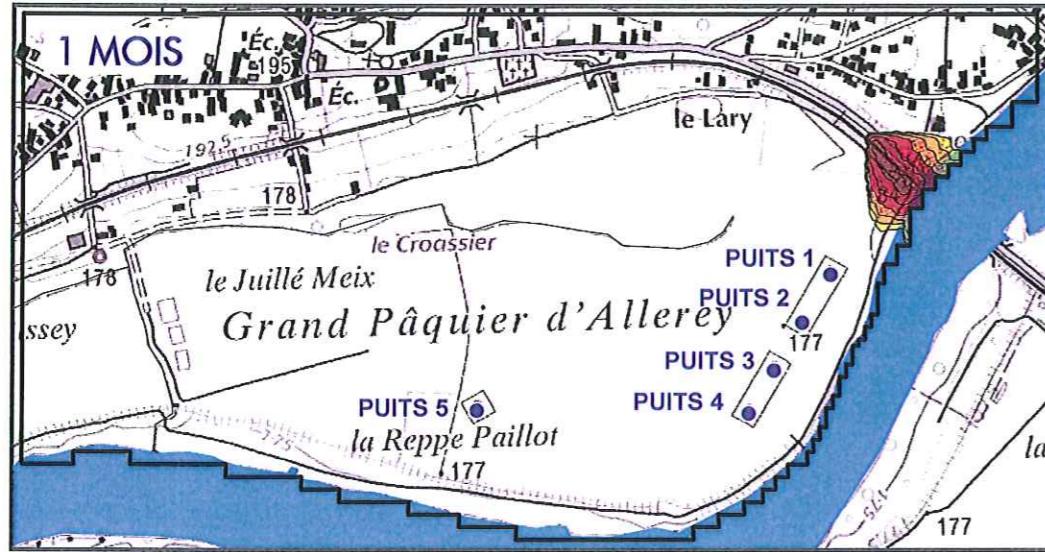
6.5.3 Simulation d'une pollution chronique depuis la Saône

Cette simulation n'a pas pour but de vérifier l'origine de la pollution en HAP mais de constater la vulnérabilité du champ captant à une pollution depuis la Saône. Nous avons considéré une exploitation maximale à 3 500 m³/j avec 6 puits en fonctionnement (régime de pompage identique au § 6.4.3). Nous avons simulé une pollution accidentelle de la Saône pendant 1 jour et constaté la réapparition du polluant dans les puits AEP. L'évolution du panache de pollution est représentée sur la figure 18.

Malgré la brièveté de la pollution, l'impact sur le champ captant est important puisque tous les puits sont contaminés. Les puits siphonnés sont touchés 15 jours après le passage de la pollution et le pic de concentration est atteint au bout de 2 mois. Les puits les plus contaminés sont respectivement les puits 4 et 2. Les concentrations respectives atteignent 7 et 6 unités soit un taux de restitution de 7 et 6%. Les puits 1 et 3 ont des concentrations plus faibles mais le taux de restitution est tout de même supérieur à 5%.

Les puits 5 et le nouveau puits sont touchés plus tardivement puisque le polluant apparaît 1 mois après le passage de la pollution dans la Saône. Le pic de concentration est atteint au bout de 6 mois sur le puits 5 et de 7 mois sur le nouveau puits. Les taux de restitution sont plus faibles et sont respectivement de 2,5% et de 5%.





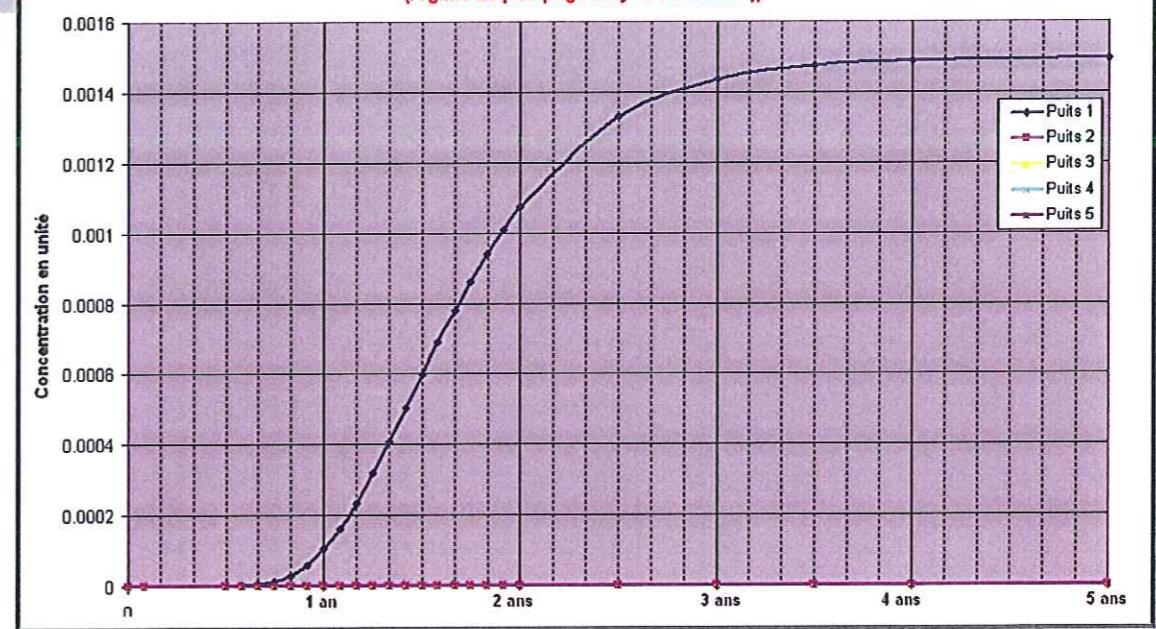
SIMULATION D'UNE POLLUTION CHRONIQUE DEPUIS LA DECHARGE EN REGIME DE POMPAGE MOYEN (2200 m³/j)

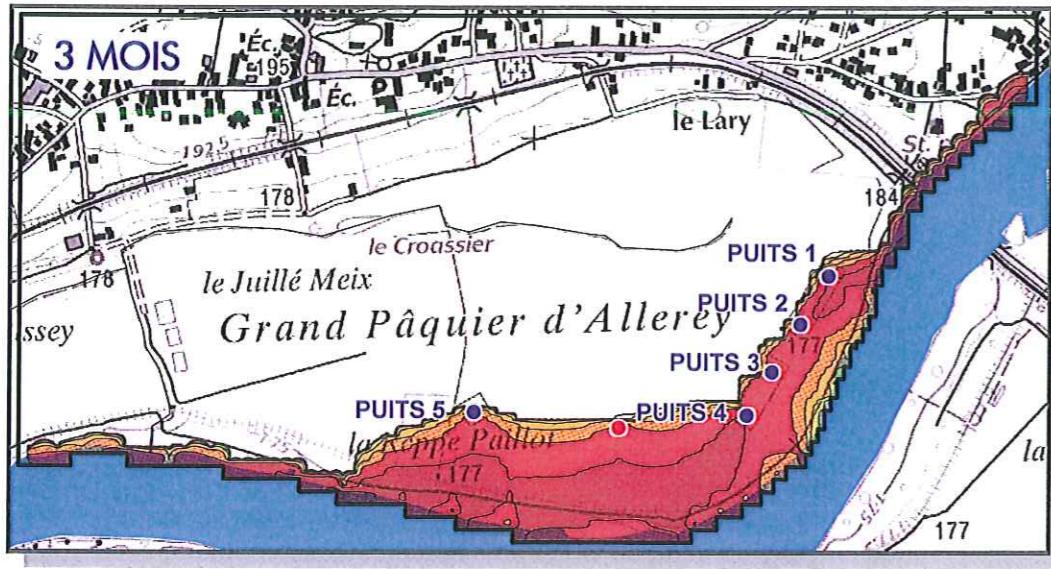
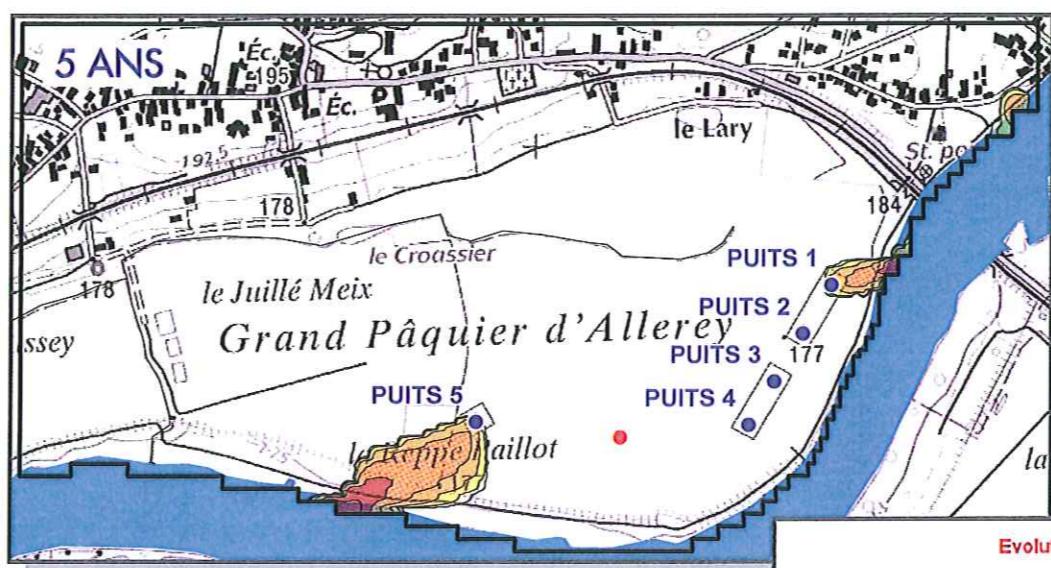
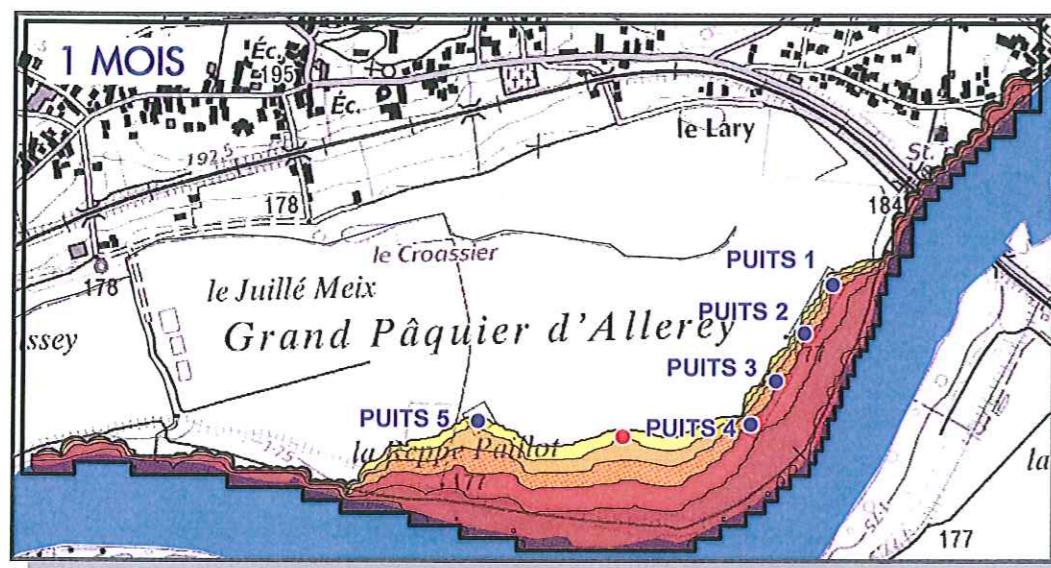
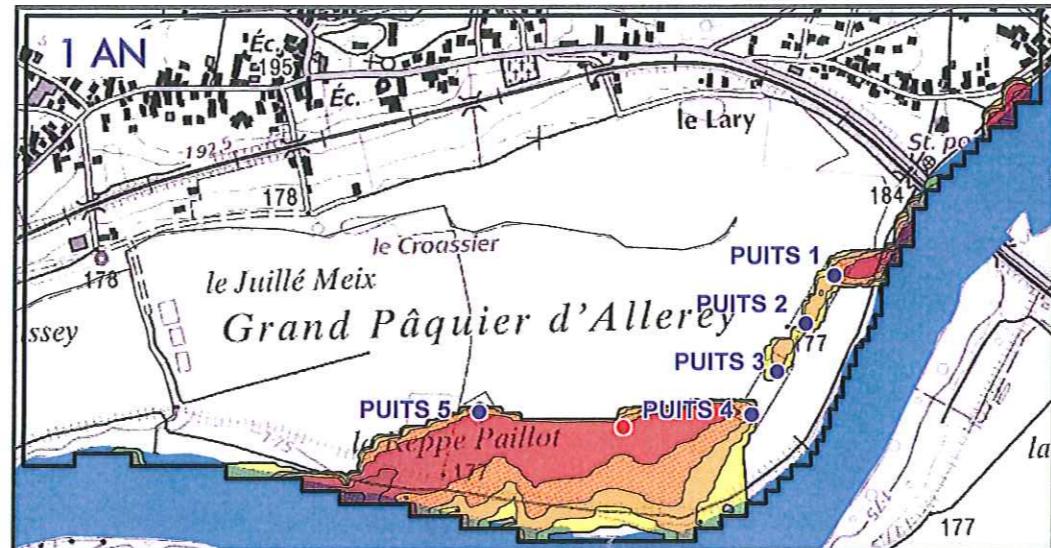
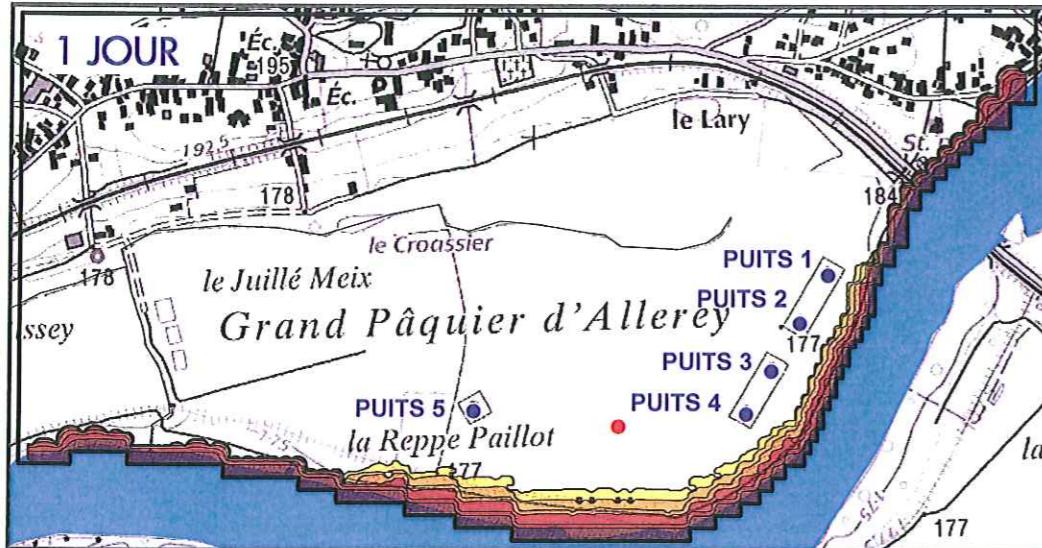
- Captages
- Surfaces hydrographiques
- Réseau hydrographique
- Limite du modèle

Concentrations polluant :

- | |
|-------------------|
| de 0.0001 à 0.001 |
| de 0.001 à 0.01 |
| de 0.01 à 0.1 |
| de 0.1 à 1 |
| de 1 à 10 |
| de 10 à 50 |
| de 50 à 100 |

Evolution des concentrations dans les puits en cas de pollution depuis la station service
(régime de pompage moyen à 2200 m³/j)



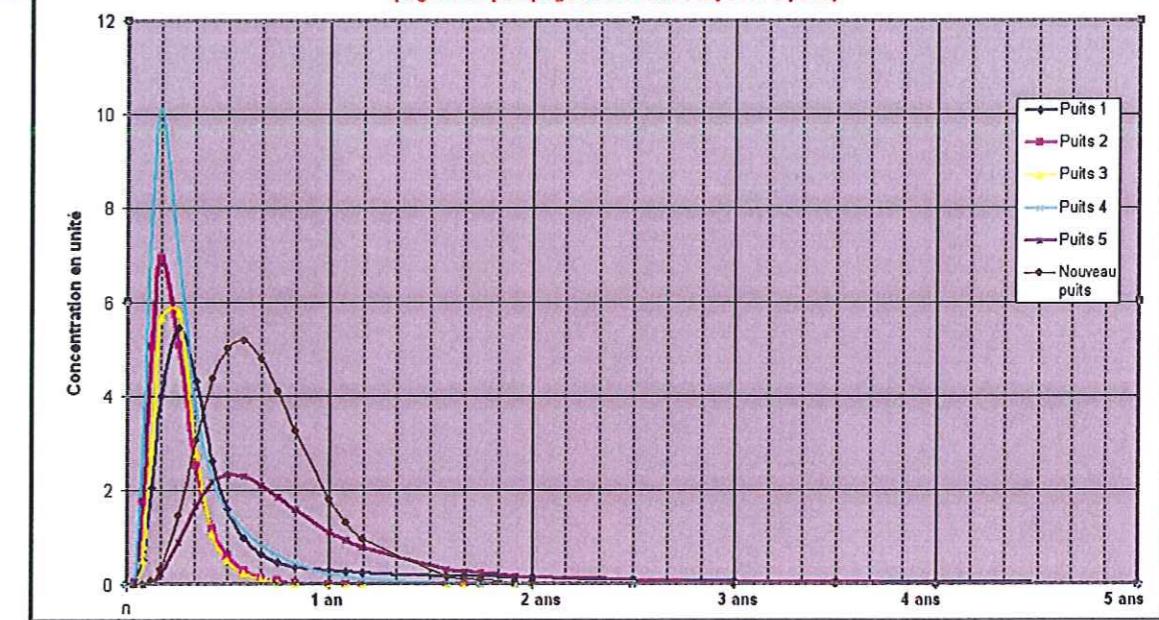


● Captages
■ Surfaces hydrographiques
— Réseau hydrographique
● Puits supplémentaire
— Limite du modèle

Concentrations polluant :

- de 0.0001 à 0.001
- de 0.001 à 0.01
- de 0.01 à 0.1
- de 0.1 à 1
- de 1 à 10
- de 10 à 50
- de 50 à 100

Evolution des concentrations dans les puits en cas de pollution depuis la Saône
(régime de pompage max à 3500 m³/j) avec 6 puits



La pollution est plus importante sur le nouveau puits malgré un débit d'exploitation plus faible. Ce puits « bénéficia » en fait de l'entrée du polluant dans la nappe par le biais du pompage des 4 puits AEP en amont. Ceux-ci ne captent pas tout le flux de polluant qui est attiré vers le nouveau puits. Le puits 5 est plus « indépendant », et la longueur de berge sollicitée plus faible : le pic de concentration est donc moins important.

En cas de pollution de ce genre, la production du champ captant pourrait être affectée. La meilleure solution serait d'arrêter les pompages dès l'apparition du polluant dans la Saône mais la rapidité de contamination et de rentrée du polluant dans la nappe alluviale ne laisse qu'un faible temps de réaction. En considérant le pollutogramme, la production pourrait être maintenue sur le puits 5 et le nouveau puits pendant 1 mois. Si l'arrêt des puits siphonnés est compensé par une augmentation du débit d'exploitation sur les deux puits restants, on peut s'attendre à une contamination plus rapide de ces derniers. Quoi qu'il en soit, des difficultés d'approvisionnement sont à craindre puisqu'après un mois, les 6 puits AEP sont touchés. En fonction de la concentration de la pollution et des limites de qualité du code de la santé publique, la production pourrait reprendre plus rapidement sur les puits siphonnés (après 1 an) mais ces quatre puits ne peuvent fournir à eux seuls le volume journalier nécessaire. En cas de pollution de la nappe alluviale par la Saône, la production pourrait être insuffisante pour les besoins du Syndicat.



7

Conclusions

Le Syndicat Intercommunal des Eaux de la Basse Dheune exploite 5 puits AEP dans la plaine alluviale de la Saône sur la commune d'Allerey-sur-Saône.

Les puits 1 à 4 ont été réalisés en 1950 et sont reliés entre eux par un siphon exploité à l'aide de pompes à la station de pompage. Le puits 5, réalisé plus tardivement en 1980, est exploité par l'intermédiaire de deux pompes qui refoulent dans la station de pompage. Ces cinq puits ont une conception assez similaire puisqu'ils sont tous constitués d'un double cuvelage (téléscope de 1 m de diamètre en fond d'ouvrage) et sont protégés des ruissellements et des infiltrations de surface par un corroi argileux étanche (réalisé en 2009). Cette protection récente vise à limiter les infiltrations des eaux depuis la surface (eaux de crues, pluie) au travers du cuvelage dont les effets sont encore visibles (précipité blanchâtre de carbonate). L'ensemble de la végétation a été élagué et les périmètres de protection ont été réhabilités (clôtures et portails).

Les 5 puits, qui étaient en état médiocre lors de l'étude hydrogéologique de 2000, sont en bon état grâce aux aménagements réalisés.

Ces puits captent l'aquifère alluvial par l'intermédiaire de barbacanes insérées dans les deux cuvelages. Cet aquifère est de nature sablo-graveleuse ; il est constitué par les formations fluviatiles quaternaires de la Saône. Il est recouvert par un horizon argileux plurimétrique qui lui confère une bonne protection vis-à-vis des pollutions de surface. Cette couche d'argile provoque d'ailleurs la mise en charge de la nappe qui est donc captive dans ce secteur. L'aquifère repose sur des formations tertiaires (marnes de Bresse) qui peuvent être surmontées, par endroit, par les formations de la base du St Cosme.

L'esquisse piézométrique réalisée en février 2001 montre un écoulement de la nappe globalement orientée nord-sud en direction de la Saône qui draine la nappe. Elle constitue le niveau de base de la nappe qui joue le rôle d'un drain naturel. Le gradient de la nappe peut néanmoins s'inverser en période de hautes eaux et en régime dynamique où les puits soutiennent une partie de l'eau du fleuve.

D'un point de vue physico-chimique, les eaux captées sont de pH neutre, de type bicarbonaté calcique et sont très dures. L'eau de mélange des 5 puits est conforme aux limites et références de qualité du code de la santé publique. Les analyses réalisées sur chaque puits montrent des différences notables entre les puits 5 et les autres puits : le puits 5 présente des concentrations en nitrates importantes (parfois supérieures à 20 mg/l) alors qu'ils sont absents sur les puits 1 à 4. Inversement, des concentrations excessives de fer et de manganèse sont détectées sur les puits siphonnés alors qu'ils sont absents sur le puits 5. Ces différences s'expliquent par un milieu réducteur sur les puits siphonnés (dénitrification) et un milieu oxydant au droit du puits 5.

La deuxième phase de l'étude a consisté à réaliser une prospection géophysique pour connaître les possibilités d'amélioration des captages existants et de réalisation d'un nouveau puits.

Des panneaux électriques ont été réalisés au droit des ouvrages existants pour connaître précisément la géométrie du substratum en périphérie de l'ouvrage. Cette technique permet d'identifier les secteurs favorables à l'implantation de drains horizontaux sur les cuvelages existants : les panneaux permettent de mettre en évidence les hauts fonds du substratum et les parties colmatées de l'aquifère.

Les panneaux électriques ont permis de confirmer la géométrie des terrains et ont mis en évidence l'hétérogénéité de l'aquifère à la fois dans sa nature et dans sa géométrie. Il est très chenalisé et de moins bonne qualité dans le secteur des puits 1 et 2. Les puits 3 et 4 sont, quant à eux, implantés au droit d'alluvions plus résistantes. Le puits 5 se trouve dans un secteur hydrogéologique favorable puisque l'aquifère est plus épais et plus grossier (résistivité plus élevée).

Au vu des résultats de la géophysique, il semble envisageable d'implanter 2 drains parallèles à la Saône sur le puits 2, un drain sur le puits 3 (en direction du sud-est), 2 drains sur le puits 4 (parallèles au fleuve) et 3 drains sur le puits 5 (2 parallèles à la Saône et un perpendiculaire au versant). Les travaux sur les puits siphonnés devront se faire sous eau (présence de fer et manganèse) tandis que la foration des drains sur le puits 5 pourrait être effectué par un pompage d'épuisement. Après calculs, ces travaux ne permettraient pas d'accroître significativement les débits spécifiques. Des travaux plus simples pourraient être envisagés et consisteraient à ôter la virole interne des puits : cette opération a permis d'augmenter considérablement le débit spécifique du puits 4.

L'augmentation de la capacité de production passe donc pas la création d'un nouvel ouvrage.

D'autres panneaux électriques ont donc été réalisés dans les secteurs identifiés comme favorables lors de l'étude géophysique de 1977. Le premier secteur prospecté, à l'ouest du puits 5, est assez homogène, mais les résistivités de l'aquifère sont peu élevées et donc peu favorables à la création d'un nouvel ouvrage.

Le secteur prospecté entre le puits 4 et le puits 5 est de meilleure qualité mais la nature des alluvions est très hétérogène. Le substratum est très chahuté mais une zone perpendiculaire à la Saône semble de bonne qualité et un surcreusement a été identifié (intersection panneau 12 et panneau 13). Les reconnaissances mécaniques réalisées au droit de la zone ont montré un aquifère hétérogène composé d'une alternance de sables argileux et de formations sablo-graveleuses. Les premiers calculs réalisés à partir d'estimations (sur la perméabilité) montrent qu'un nouvel ouvrage pourrait débiter entre 35 et 90 m³/h. Ils ne pourront être affinés que par la réalisation d'un forage d'essai et d'essais de pompage.

D'autres panneaux électriques ont permis de caractériser l'ancienne décharge en amont du puits 1. Le remblaiement n'est que superficiel dans la partie nord-ouest (2,5 m d'épaisseur) et il devient plus épais en se rapprochant de la Saône où l'épaisseur de déchets atteint 7 m. Les déchets peuvent donc être directement en contact avec la nappe.

Les derniers panneaux réalisés dans la plaine alluviale ont mis en évidence une couverture argileuse importante (5 m) au droit du ruisseau le Croassier et d'une zone d'emprunt d'argile au nord des puits. Cet horizon isole donc l'aquifère des eaux de surface et le ruisseau ne peut alimenter la nappe que par percolation au travers des matériaux argileux (et de façon très faible).



En octobre 2007, la DDASS 71 a fait réaliser des analyses de HAP sur les puits 1 et 2 pour vérifier l'absence d'impacts des travaux de la voie bleue réalisée en amont de ces captages. Des concentrations notables ont été détectées et le suivi a été étendu à l'ensemble des ouvrages du champ captant pendant plus de 1 an. Il s'est avéré que les puits 1 à 4 étaient les plus contaminés et que des pics sporadiques atteignaient des concentrations de près de 90 µg/l pour la somme des 6 HAP (novembre 2007 sur le puits 2). Les concentrations relevées dans les autres puits sont plus faibles. Les HAP ne sont que très rarement détectés sur le puits 5 et les concentrations de la somme des HAP sont sans commune mesure avec celles des autres puits.

Les dernières analyses effectuées (octobre-novembre 2008) sur les puits montrent que la pollution n'est pas terminée : le pic d'octobre 2008 est le plus fort enregistré sur les puits 1 et 3 depuis le début des analyses. Le suivi analytique ayant été arrêté pour des contraintes financières et du fait de l'absence de HAP dans l'eau de mélange, nous n'avons pas de données disponibles pour l'année 2009.

Une enquête environnementale a été menée aux alentours du champ captant pour déterminer la(les) origine(s) potentielle(s) de la pollution observée dans les puits. Nous avons recensé la présence d'une ancienne décharge en amont du puits 1 qui se situe en bordure de la voie bleue nouvellement réalisée. Des dépôts sont encore visibles en surface (fûts métalliques, débris divers) et il est possible que des déchets relarguent des quantités importantes de HAP (bidons d'huiles par exemple). Cette « fuite » de HAP pourrait être antérieure aux travaux de la voie bleue (pas d'analyse de HAP avant ces travaux) ou avoir été provoquée par un remaniement des déchets lors des travaux. Le revêtement de la voie bleue lui-même ne peut être incriminé, puisque des analyses sur les lixiviats de l'enrobé ont montré une présence très faible de HAP.

Une deuxième décharge a été identifiée en limite de versant (hameau Chauvort) mais les dépôts observés en surface semblent être temporaires (déblais de chantiers, graviers) : ils comportent néanmoins des morceaux de goudrons qui sont susceptibles de relarguer des HAP. Le talus qui borde ces dépôts contient des déchets et des débris métalliques plus anciens en surface.

Une troisième piste conduit à la station service désaffectée du hameau de Chauvort (à l'ouest de la deuxième décharge) qui se trouve en amont hydraulique des puits du Syndicat. Peu d'informations sont disponibles : cette station a été fermée il y a une quinzaine d'années et le volume des cuves est semble-t-il de 31 m³. Ces cuves sont toujours en place et l'exploitation a été arrêtée lorsqu'elles étaient vides. Elles contenaient de l'essence et du fioul qui contiennent peu de HAP mais si ces cuves sont en mauvais état, elles peuvent contribuer à la dégradation de la qualité de l'eau souterraine. Un bâtiment annexe à la station servait de garage automobile et peut, quant à lui, contenir de l'huile usagée très riche en HAP.

Les autres « points noirs » relevés sur le site (chemin remblayé avec des fragments de goudrons, présence d'une motopompe) ne permettent pas d'expliquer à eux seuls les concentrations mesurées dans les puits : ils peuvent contribuer néanmoins au « bruit de fond » de la pollution.

Afin de confirmer ou d'inflimer les différentes hypothèses, une campagne de prélèvements d'eau souterraine a été mise en œuvre pour déterminer les concentrations en HAP sur toute la zone. Les points de prélèvements ont été répartis en amont et en aval des sites potentiellement polluants identifiés et répartis de manière homogène sur toute la plaine.



Les piézomètres réalisés dans le cadre de cette étude ont aussi été mis à profit pour cette campagne.

Les résultats d'analyses n'ont pas mis en évidence de concentration importante en HAP : sur les vingt points de prélèvement, seuls deux présentent des concentrations en HAP supérieures aux limites de détection du laboratoire (Puits station service et puits à l'extrême ouest de la plaine). Les concentrations étant faibles et les proportions différentes de la pollution sur les puits AEP, cette campagne n'a pas mis en évidence l'origine de la pollution.

Enfin une modélisation mathématique a permis de reproduire informatiquement les écoulements souterrains se produisant dans l'aquifère capté par les puits. La modélisation a été basée sur la piézométrie de février 2001 et sur la géométrie des terrains connue sur la zone (puits, piézomètres et panneaux électriques).

Des simulations en régime dynamique ont montré qu'en régime de pompage moyen ($2\ 200\ m^3/h$) la Saône participe à hauteur de 15% dans l'alimentation des puits. En régime de pompage de pointe ($3\ 500\ m^3/j$) et dans la configuration actuelle, la participation de la Saône s'élèverait à 40%. L'implantation d'un nouveau puits entre le puits 4 et le puits 5 permettrait de fournir le volume journalier de pointe et de « soulager » les autres puits.

Les simulations en régime hydrodispersif ont permis de tester différents scénarii de pollution. Une pollution depuis l'ancienne station service polluerait les puits 1 à 4 mais épargnerait le puits 5. Les taux de restitution sont faibles et sont compris entre 1 et 4%.

Au contraire, une pollution depuis l'ancienne décharge ne contaminerait que le puits 1, la majorité du flux étant évacuée directement dans la Saône. Les 3 autres puits siphonnés et le puits 5 ne seraient pas impactés. En conservant une certaine prudence vis-à-vis de la modélisation, la décharge ne semble pas être à l'origine de la pollution en HAP.

Enfin, la troisième simulation a permis de mettre en évidence la vulnérabilité des puits à une pollution de la Saône. Un épisode de pollution de la rivière impactera l'ensemble des ouvrages : les taux de restitution sont compris entre 2,5 % et 7 %. En cas de pollution de ce type, la production ne pourrait être maintenue et le champ captant devra être arrêté au plus tôt afin de ne pas faire « rentrer » le polluant dans la nappe.

Franck BONNET

Hydrogéologue



Syndicat Intercommunal des Eaux
de la Basse Dheune

Champ captant d'Allerey-sur-Saône

ANNEXE 1

COUPE GEOLOGIQUE DES PUITS 1 ET 5

Étude 09-061/71

Septembre 2010

CPGF-HORIZON
Centre-Est

 eau
environnement
géophysique...

"Le Rivel" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58
www.cpgf-horizon-ce.com


L'INGÉIERIE QUALIFIÉE
N° 08.06.1986

553-4-28
Pièce n° 3

Syndicat des Eaux de la Basse-Dheune

Commune d'ALLEREY

Sondage N° 2 Profondeur II m,50

Coupe des Terrains

0	
0 ,90	Sable argileux
2 ,10	Argile légèrement sablonneuse
3 ,60	Sable argileux
4 ,50	Sable fin niveau de l'eau à 4 m,20 du sol
5 ,30	Sable très fin
	Gravier sablonneux propre
9 ,10	Marne bleue molle
9 ,40	Sable marneux très fin
9 ,60	Marne noirâtre compacte
II ;50	

Sondage exécuté du 28 AVRIL au 3 Mai



056074
05534X0028

ROMANECHÉ-THORINS le 7 Mai 1947

CINQUIN FRÈRES
ENTREPRENEURS
S. N. C.
ROMANECHÉ-THORINS
(S.-B.-L.) — Téléph. 41

CINQUIN Frères

TRAUX HYDRAULIQUES ROMANECHE-THORINS

71570 La Chapelle de Guinchay
Téléphone (85) 37.54.12

Client : Sat BASSE DHFUNE 553.4 x - 0040

Lieu des travaux : ALLEREY

SONDAGE n° A5.

Date : 30-10-1978

CINQUIN Frères

TRAUX HYDRAULIQUES ROMANECHE-THORINS

71570 La Chapelle de Guinchay
Téléphone (85) 37.54.12

Client : S^{dt} BASSE DHEUNE 553-4 x 0032

Lieu des travaux : ALLEREY

SONDAGE n° A.10'' Date : 23.11.1978

A 10'' Date : 23_11_1978

Syndicat Intercommunal des Eaux
de la Basse Dheune

Champ captant d'Allerey-sur-Saône

ANNEXE 2

RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTROMAGNETIQUE EM 31

Étude 09-061/71

Septembre 2010

CPGF-HORIZON

Centre-Est



eau
environnement
géophysique...

"Le Rivel" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU

Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



OPOIBI

INGÉNIERIE QUALIFIÉE

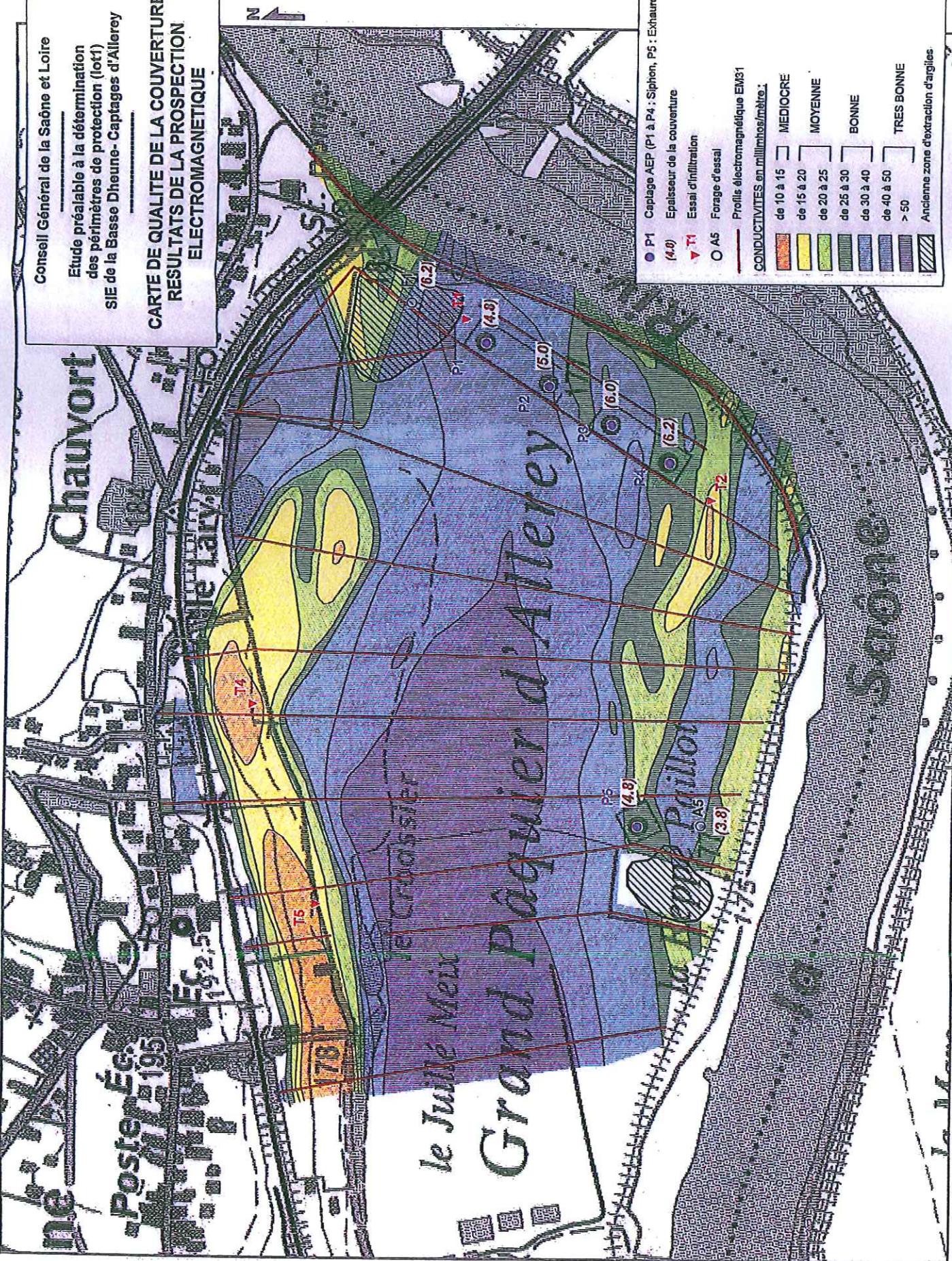
REGISTRE N°

N° 08 06 1986

Conseil Général de la Saône et Loire

Etude préalable à la détermination
des périmètres de protection (lot1)
SIE de la Basse Dheune- Captages d'Allerey

CARTE DE QUALITE DE LA COUVERTURE
RESULTATS DE LA PROSPECTION
ELECTROMAGNETIQUE



Syndicat Intercommunal des Eaux
de la Basse Dheune

Champ captant d'Allerey-sur-Saône

ANNEXE 3

RAPPORT D'ANALYSES DU LABORATOIRE WESSLING

Étude 09-061/71

Septembre 2010

CPGF-HORIZON
Centre-Est


eau
environnement
géophysique...

"Le Rivel" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58
www.cpgf-horizon-ce.com


N° 08 06 1986



Laboratoires WESSLING
Z.I. de Chesnes Tharabie
30 rue du Ruisseau • 38070 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0) 4 749996 20 • Fax +33 (0) 4 749996 37
labo@wessling.fr

CPGF Horizon
Monsieur Franck BONNET
Le rivet 5 allée du levant
38300 Bourgoin-Jallieu

Interlocuteur: Mathieu Winter
Ligne directe: +33 (0) 474 999-632
E-Mail: m.winter
@wessling.fr

Allerey Sur Saone

N° rapport d'essai **ULY10-05555-1**

Commande n°: **ULY-04256-10**

Date **17.06.2010**

Page 1 de 9

SARL au capital de 50.917,20 EUR
RCS Vienne 423 257 542 - APE 7120B

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparié entre le prélèvement et l'analyse préconisé dans les normes suivies.
Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.
Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.
Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DGA sous le numéro DAP-PL-1237-99. La portée d'accréditation COFRAC n°1364
essais est disponible sur www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon. Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit
que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

N°rapport d'essai **ULY10-05555-1**Commande n°: **ULY-04256-10**Date **17.06.2010**
Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-01	10-057290-02	10-057290-03
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	PZ1 explore	PZ2 explore	Pt 1
Type d'échantillons:	Eau	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010	03.06.2010
Récipient:	500mL	500mL	500mL
Température de réception (C°):	5	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N°d'échantillon		10-057290-01	10-057290-02	10-057290-03
Désignation d'échantillon		PZ1 explore	PZ2 explore	Pt 1
Paramètre	Unité	LQ		
Naphthalène	µg/l E/L	0,02	<0,04	<0,04
Acénaphtylène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Acénaphthène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-

N°rapport d'essai **ULY10-05555-1** Commande n°: **ULY-04256-10** Date **17.06.2010**

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-04	10-057290-05	10-057290-06
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	pt4	pts6	pt7-p4
Type d'échantillons:	Eau	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010	03.06.2010
Récipient:	500mL	500mL	500mL
Température de réception (C°):	5	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N°d'échantillon		10-057290-04	10-057290-05	10-057290-06
Désignation d'échantillon		pt4	pts6	pt7-p4
Paramètre	Unité	LQ		
Naphthalène	µg/l E/L	0,02	<0,04	<0,04
Acénaphtylène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Acénaphtène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-

N°rapport d'essai ULY10-05555-1

Commande n°: ULY-04256-10

Date 17.06.2010

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-07	10-057290-08	10-057290-09
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	pt8-p3	pt9-p2	10-p1
Type d'échantillons:	Eau	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010	03.06.2010
Récepteur:	500mL	500mL	500mL
Température de réception (C°):	5	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N°d'échantillon		10-057290-07	10-057290-08	10-057290-09
Désignation d'échantillon		pt8-p3	pt9-p2	10-p1
Paramètre	Unité	LQ		
Naphthalène	µg/l E/L	0,02	<0,04	<0,04
Acénaphtylène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Acénaphtène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluoranthrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-

N° rapport d'essai ULY10-05555-1

Commande n°: ULY-04256-10

Date 17.06.2010

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-10	10-057290-11	10-057290-12
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	12	pt13	pts14
Type d'échantillons:	Eau	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010	03.06.2010
Récipient:	500mL	500mL	500mL
Température de réception (C):	5	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N°d'échantillon	10-057290-10	10-057290-11	10-057290-12
Désignation d'échantillon	12	pt13	pts14
Paramètre	Unité	LQ	
Naphthalène	µg/l E/L	0,02	<0,04
Acénaphthylène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Acénaphthène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-	-/-
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-

N° rapport d'essai **ULY10-05555-1**

Commande n°: **ULY-04256-10**

Date **17.06.2010**

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-13	10-057290-14	10-057290-15
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	pt15	pts16	21b
Type d'échantillons:	Eau	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010	03.06.2010
Récipient:	500mL	500mL	500mL
Température de réception (C):	5	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N°d'échantillon		10-057290-13	10-057290-14	10-057290-15
Désignation d'échantillon		pt15	pts16	21b
Paramètre	Unité	LQ		
Naphthalène	µg/l E/L	0,02	<0,04	<0,04
Acénaphtylène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Acénaphthène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-

N° rapport d'essai **ULY10-05555-1**

 Commande n°: **ULY-04256-10**

 Date **17.06.2010**

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-16	10-057290-17	10-057290-18
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	pt22	22b	pt23b
Type d'échantillons:	Eau	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010	03.06.2010
Récipient:	500mL	500mL	500mL
Température de réception (C):	5	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N° d'échantillon		10-057290-16	10-057290-17	10-057290-18
Désignation d'échantillon		pt22	22b	pt23b
Paramètre	Unité LQ			
Naphthalène	µg/l E/L 0,02	<0,04	<0,04	<0,03
Acénaphtylène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Acénaphthène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Phénanthrène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Anthracène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L 0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-	-/-

N°rapport d'essai **ULY10-05555-1**

 Commande n°: **ULY-04256-10**

 Date **17.06.2010**

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	10-057290-19	10-057290-20
Date de réception:	08.06.2010	08.06.2010
Désignation	pt25	pt27
Type d'échantillons:	Eau	Eau
Prélèvement:	03.06.2010	03.06.2010
Récipient:	500mL R=11/06 - 2*1LV	500mL R11/06 - 2*1LV
Température de réception (C°):	5	5
Début des analyses:	08.06.2010	08.06.2010
Fin des analyses:	17.06.2010	17.06.2010

Résultats d'analyse

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

N°d'échantillon		10-057290-19	10-057290-20
Désignation d'échantillon		pt25	pt27
Paramètre	Unité	LQ	
Naphthalène	µg/l E/L	0,02	<0,04
Acénaphtylène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Acénaphthène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Fluorène	µg/l E/L	0,02	0,04
Phénanthrène	µg/l E/L	0,02	0,06
Anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Pyrène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(a)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Chrysène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l E/L	0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène (*)	µg/l E/L	0,02	<0,02
Somme des HAP	µg/l E/L	0,10	0,09
Somme des 4 HAP	µg/l E/L	-/-	-/-
Somme des 6 HAP (*)	µg/l E/L	-/-	-/-

N°rapport d'essai **ULY10-05555-1** Commande n°: **ULY-04256-10** Date **17.06.2010**

10-057290-01

Commentaires des résultats:

HAP E/L (GC), Naphthalène: Seuil de détermination augmenté en raison d'interférences chimiques pour tous les seuils augmentés.

HAP E/L (GC), Somme des HAP: Non extrait dans le flacon d'origine : présence d'un dépôt, pour les échantillons 07 et 18.

10-057290-11

Commentaires des résultats:

HAP E/L (GC), Somme des HAP: Seuil de détermination augmenté en raison du manque de matrice.

10-057290-19

Commentaires des résultats:

HAP E/L (GC), Naphthalène: Seuil de détermination augmenté en raison d'interférences chimiques pour tous les seuils augmentés.

Les seuils de quantification indiqués correspondent à la limite de quantification analytique du procédé

Méthode	Norme	Laboratoire d'analyse	
HAP - Méthode Interne V2 selon	d'ap. NFT 90-115 ^A	Umweltanalytik Lyon	
E/L	Eau/lixiviat		

Ce document est édité électroniquement, il est valide sans signature.

Mathieu Winter