

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET ETUDE BAC

RAPPORT DE PHASE I

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com

eau
environnement
géophysique...



SOMMAIRE

1 Préambule	5
2 Moyens mis en œuvre	6
3 Description du captage de Côte Gagère	7
3.1 Caractéristique de ouvrage	7
3.2 Inondation du PPI.....	8
3.3 Station de traitement	8
3.4 Débit d'exploitation	9
3.5 Qualité des eaux	9
3.5.1 Généralités	9
3.5.2 Turbidité.....	11
3.5.3 Température	12
3.5.4 Bactériologie	13
3.5.5 Résidus médicamenteux.....	16
3.5.6 Conclusions	17
3.6 Fluctuations piézométriques	18
3.7 Caractéristiques hydrodynamiques	21
3.8 Contextes géographique, hydrologique et hydroclimatique	21
3.8.1 Contexte géographique.....	21
3.8.2 Contexte hydrologique	22
3.8.3 Risques d'inondation.....	22
3.8.4 Bilan hydroclimatique.....	24
4 Contexte géologique et hydrogéologique.....	28
4.1 Contexte géologique régional	28
4.2 Contexte géologique local	28
4.3 Géométrie de l'aquifère	29
4.3.1 Sondages mécaniques anciens	29
4.3.2 Coupe des piézomètres nouvellement réalisés	30
4.3.3 Aquifère en présence.....	31
4.4 Prospection géophysique	31
4.4.1 Principe.....	31
4.4.2 Prospections électriques antérieures	32
4.4.3 Prospection électromagnétique EM31	32
4.4.4 Essais d'infiltration	33
4.4.5 Prospection par panneaux électriques	34

4.5 Contexte hydrogéologique.....	35
4.5.1 Esquisses piézométriques	35
4.5.2 Pompages d'essais.....	37
4.5.3 Traçages.....	39
4.5.4 Suivi de la qualité bactériologique.....	41
5 Conclusions	43



FIGURES

Figure 01 : Carte de situation générale

Figure 02 : Coupes technique et lithologique du puits

Figure 03 : Environnement du puits

Figure 04 : Contexte géologique

Figure 05 : Prospection géophysique de 1980

Figure 06 : Implantation des ouvrages

Figure 07 : Implantation et résultats de la prospection géophysique de 1977

Figure 08 : Implantation et résultats de la prospection électromagnétiques EM31 de 1993 et 2012

Figure 09a : Implantation des profils de panneaux électriques

Figure 09b et 09 c : Résultats des panneaux électriques

Figure 10 : Esquisse piézométrique statique

Figure 11 : Esquisse piézométrique statique de hautes eaux

Figure 12 : Esquisse piézométrique dynamique de hautes eaux

Figure 13 : Evolution des niveaux dynamiques lors du pompage d'essai longue durée

Figure 14 : Résultats et interprétation du traçage radial convergent entre le puits et Pz2

Figure 15 : Implantation du dispositif de traçage global depuis la Fure

Figure 16 : Evolution de la résistivité au cours du temps sur chaque électrode

ANNEXES

- Annexe 1 : Synoptique de la station de traitement
- Annexe 2 : Qualité bactériologique de l'eau du puits de Côte Gagère
- Annexe 3 : Mise en évidence de la participation occasionnelle de la Fure dans l'alimentation du puits de Cote Gagère
- Annexe 4 : Campagne nationale de mesures de résidus de médicaments en France (DGS)
- Annexe 5 : Essai de pompage de 1979 et interprétation
- Annexe 6 : Fiche SEQ-Eau de la Fure aval à Bonpertuis
- Annexe 7 : Bilan hydroclimatique
- Annexe 8 : Coupe géologique du forage d'essai
- Annexe 9 : Compte rendu des travaux de forage des piézomètres (AQUIFORE)
- Annexe 10 : Compte rendus des tests d'infiltration
- Annexe 11 : Interprétation en régime transitoire de l'essai de pompage longue durée

1

Préambule

Le **Syndicat des Eaux de la Région d'Apprieu** assure l'alimentation de 3 communes : Apprieu, Colombe et Oyeu. Le Syndicat utilise comme principale ressource le puits au lieu-dit « Côte Gagère », situé dans la nappe alluviale de la Fure (Commune d'Apprieu).

La zone de captage est composée d'un puits à barbacanes de 4 m de diamètre et de 8 m de profondeur par rapport au sol. Il a été réalisé en 1978 dans la plaine alluviale de la Fure et est entouré d'une galette annulaire en béton censée le protéger de l'infiltration des eaux de surface.

La qualité de l'eau du puits est médiocre du point de vue bactériologique et deux épisodes de contamination se sont produits en 2002 et 2008 provoquant deux épidémies de gastro-entérites. Ces événements ont mis en avant la forte vulnérabilité de cette zone de captage.

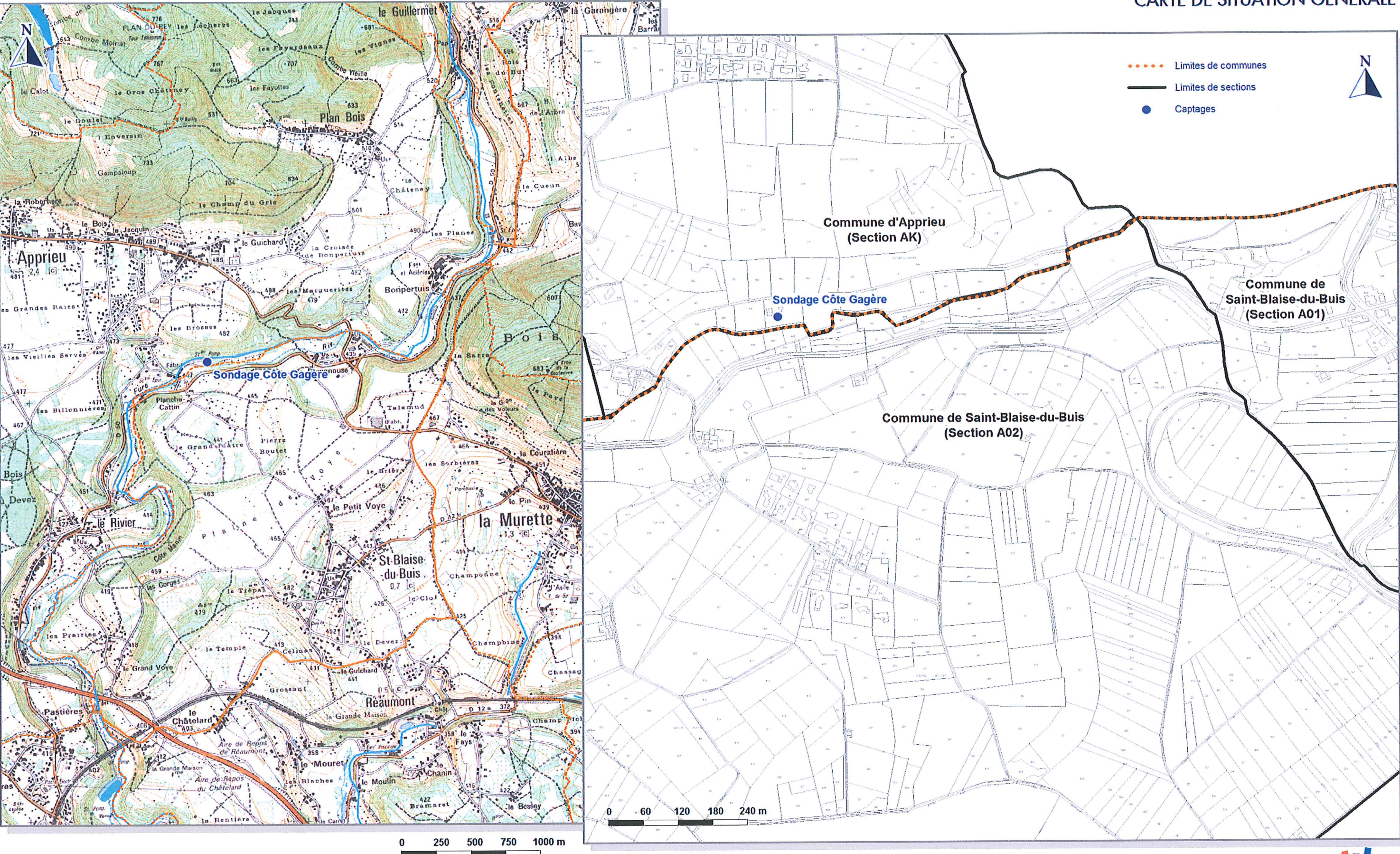
La relation entre la Fure et sa nappe alluviale est aujourd'hui mal connue et l'alimentation du puits par la rivière n'a pas été clairement identifiée, même si elle est a priori, responsable des contaminations bactériologiques.

Cette étude vise donc à déterminer le fonctionnement hydrogéologique de la nappe alluviale de la Fure au niveau de Planche-Cattin.

Cette première phase d'étude sera complétée dans un deuxième temps par une étude de vulnérabilité et de risques et d'une étude de type « Bassin d'Alimentation de Captage ».

Le présent rapport constitue la phase 1.

CARTE DE SITUATION GÉNÉRALE



2

Moyens mis en œuvre

L'étude hydrogéologique de phase 1 se décompose en plusieurs volets :

- Une première phase comprenant une visite du site, le recueil et l'analyse de la documentation existante;
- Une campagne de prospections géophysiques complémentaires permettant la mise en évidence éventuelle d'une chenalisation des formes alluviales, de la présence d'une couverture protectrice ou non ;
- Le suivi d'exploitation des captages sur 2 jours, destiné à apprécier les caractéristiques des captages de la nappe, afin d'établir l'impact des pompages sur la nappe;
- La réalisation d'un traçage entre la Fure et le puits ;
- La synthèse des données aboutissant à la détermination des hypothèses des origines de la contamination bactériologique.

3

Description du captage de Côte Gagère

3.1 Caractéristique de ouvrage

La zone de captage d'Apprieu a été réalisée en 1978. Elle est constituée d'un puits de 4 m de diamètre intérieur (diamètre extérieur de 4,80m) en béton. Les coupes lithologique et technique du puits se trouvent sur la figure 02.

Le cuvelage est muni de barbacanes en PVC ($\varnothing$ 98/100 mm) entre 3,80 et 7,00m par rapport au sol. Le puits est ainsi équipé de 9 rangées de 40 barbacanes (3 rangs par mètre).

Dans sa partie hors sol, le puits est surmonté d'une construction bétonnée qui est fermée par une porte abritant deux pompes. Ce cuvelage est aussi muni de grilles d'aération et d'une trappe d'accès. Il est situé au sommet d'une « digue » d'environ 70 cm de haut qui a été remblayée pour éviter la submersion de l'ouvrage lors des périodes de crues.

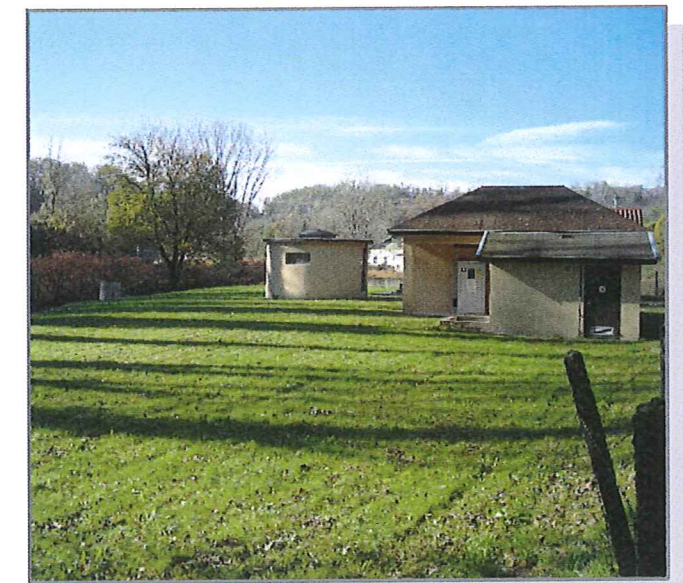
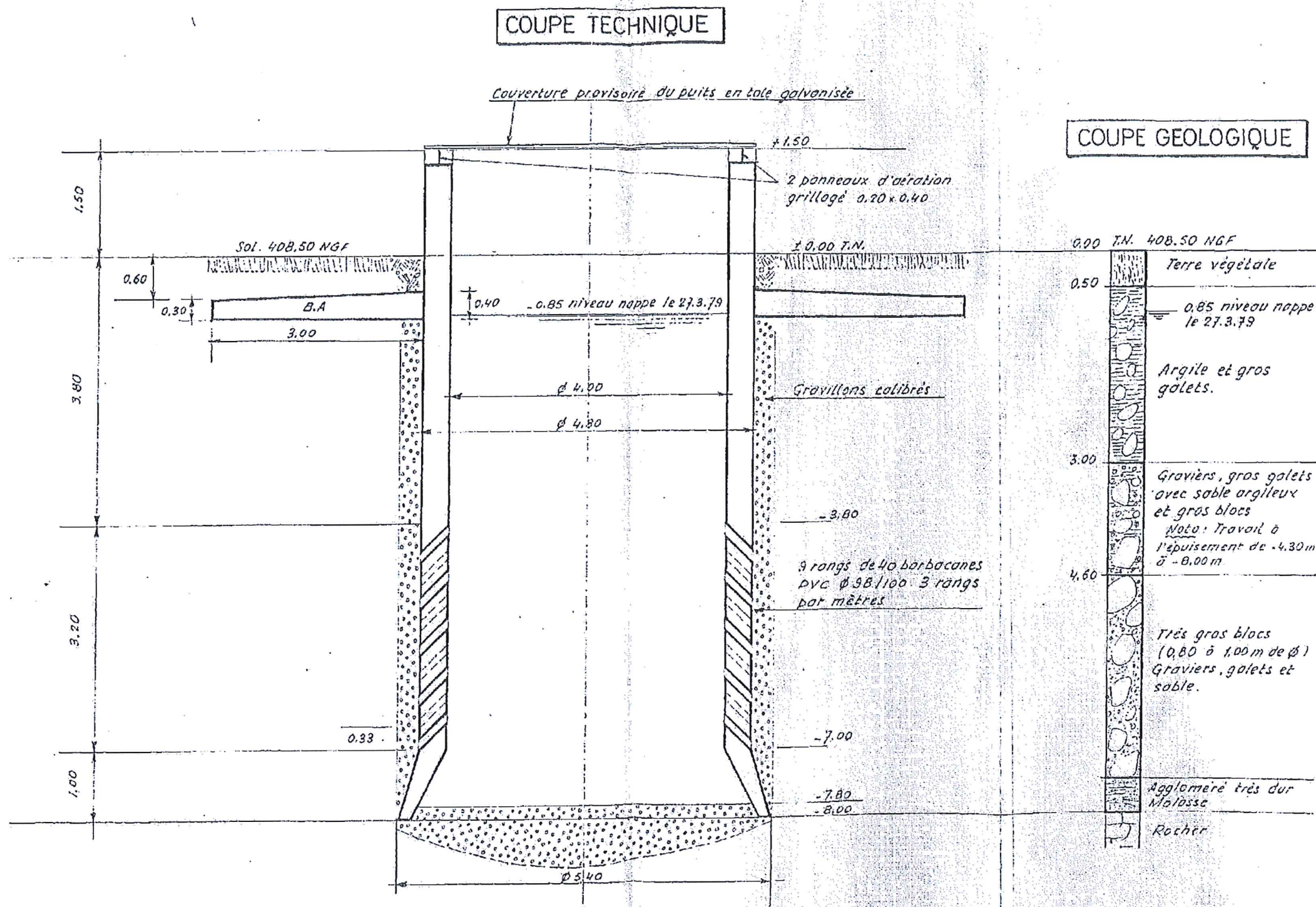
Elle fait écran aux eaux de surface qui pourraient s'infiltrer dans le massif filtrant interannulaire. Cette surélévation a été réalisée lors de la mise en service du puits en 1979/1980. Le remblai a ensuite été étendu vers l'aval jusqu'en limite de parcelle, lors des travaux de création de la station de traitement (en 2005).

Ce remblai permet d'éviter la submersion de la tête de puits, mais une partie des parcelles du PPI restent inondées en période de crues.

A 0,60 m sous le sol, une galette annulaire en béton de 0,30m d'épaisseur et de 3m de largeur entoure le puits pour le protéger des infiltrations. Il est important de noter qu'il n'existe pas de « bouchon » d'argiles. Un rapport géologique de S. Du Chauffaut de juin 1995 précise cependant que cette galette est probablement désolidarisée du puits, du fait de la création de la digue.

Le puits est en très bon état extérieur et il est à proximité de la station de traitement. Le périmètre immédiat est entièrement clôturé par des fils barbelés et l'accès au PPI est possible par un portail d'accès fermé à clé.

Une station d'alerte a été réalisée en pied de remblai entre le puits et la Fure. Au-delà d'une cote d'alerte de 408,40 m NGF, qui n'induit aucun risque de submersion du puits (cote de la margelle à 410,40 m NGF), les pompes du puits sont arrêtées.

COUPES TECHNIQUE ET LITHOLOGIQUE
DU PUIS D'APPRIEU

3.2 Inondation du PPI

Le puits se situe, comme indiqué dans le paragraphe précédent, en bordure de la Fure dans la vallée de la rivière qui est très étroite dans ce secteur (150 m de largeur, cf. figure contexte géologique). Jusqu'en 2008, un canal de dérivation de la Fure, se trouvant à 35 m au nord du puits, était en service. Depuis sa mise à sec, le fonctionnement hydraulique ne semble pas avoir été affecté. L'hypothèse selon laquelle le canal pouvait participer à la recharge de la nappe et du puits est donc a priori à mettre de côté.

Le régime hydrologique de la Fure est complètement artificialisé, puisqu'il dépend essentiellement du débit de fuite du lac de Paladru qui est ajusté en fonction du niveau dans le lac.

Des débordements réguliers sont observés en bordure du puits et en pied de remblai dès que le débit de la Fure augmente. Ces débordements semblent provenir de la zone en amont où le lit fait deux bifurcations successives à 90°. En fonction du débit et de la présence d'obstacles à l'écoulement (branches par exemple), la rivière reprend un cours rectiligne et passe dans le PPI. Ces débordements semblent réguliers, puisqu'une zone particulièrement humide est présente dans ce secteur (zone boisée en amont du captage).

Les buses permettant le passage des eaux de la Fure sous la route en aval du captage, sont sous dimensionnées et entraînent la mise en charge de la rivière en amont du pont. Cet ouvrage doit donc participer au débordement de la rivière dans le secteur du puits.

Des observations faites par l'association « Agir Pour l'Environnement d'Apprieu » (lors de la crue de novembre 2002) ont permis d'émettre l'hypothèse que le PPI était inondé dès lors que le débit à la sortie du lac de Paladru dépassait les 2,3 m³/s. A partir du suivi des débits à la sortie du Lac, l'association aurait dénombré 7 périodes d'inondations entre 1993 et novembre 2002.

3.3 Station de traitement

Avant 2005, l'eau du puits ne subissait qu'un traitement de désinfection : du bioxyde de chlore était injecté directement dans le puits. Depuis 2005, une station de traitement a été mise en place. L'eau brute pompée dans le puits se dirige vers deux filtres à charbons actifs en grains qui ont pour but d'éliminer les pesticides (entre autres). Les eaux filtrées sont ensuite dirigées vers une bache d'eau traitée de 80 m³ dans laquelle se produit l'injection de chlore gazeux. Le temps de contact est supérieur à 40 minutes et les eaux sont ensuite repompées à 100 m³/h et dirigées vers le réseau d'adduction/distribution. Des mesures du chlore résiduel sont effectuées dans le réservoir de la Couchonnière et à la sortie de la bache traitée, ce qui permet d'ajuster la quantité de chlore à injecter.

Le synoptique de la station de traitement se trouve en annexe n°1.

Les filtres sont lavés par l'eau brute du puits à contre-courant. Les eaux de lavage sont ensuite dirigées vers une bache d'eau de lavage de 60 m³ et sont reprises par une pompe et acheminées dans un filtre à sable avant leur rejet dans la Fure.

ENVIRONNEMENT DU PUIS

Périmètre de protection immédiate du puits d'Apprieu inondée



3.4 Débit d'exploitation

Le pompage des eaux se fait sur environ 12h. La production journalière varie en fonction des saisons et en fonction des années. Le tableau ci-dessous montre une production annuelle plutôt constante jusqu'en 2009. A partir de 2010, une forte diminution de la production est à noter, du fait de l'arrêt du puits pendant les périodes à risques.

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011 (sans décembre)
Production annuelle (m ³)	242 259	354 660	348 459	364 665	103 634	48 778

Tableau 1 : volume de production du puits de Côte Gagère

Les volumes produits proviennent du seul puits du captage, équipé de deux pompes de 80 m³/h. Le débit critique du puits a été calculé lors de l'étude de Hubert Dehays de 1980, il serait de l'ordre 120 m³/h. Il est cependant important de noter que ce débit correspond au débit autorisé et qu'il est parfois supérieur à la capacité de la nappe en période d'étiage. Il conviendrait de moduler le débit en fonction du régime hydrologique de la nappe.

Le temps de fonctionnement moyen en 2010 a été de 3,5 h par jour, alors qu'il était de 11,5 h par jour entre 2006 et 2009.

Le volume produit à Côte Gagère est renforcé par les sources de Planche Cattin qui se situent aussi sur la commune d'Apprieu et qui fournissent un volume de l'ordre de 960 m³/j.

3.5 Qualité des eaux

3.5.1 Généralités

Les chroniques de qualité présentées ci-après sont issues des données de l'ARS de l'Isère et des données de l'autocontrôle fait par l'exploitant. Le paramètre bactériologique qui pose aujourd'hui le plus de problèmes sera abordé dans un paragraphe spécifique.

L'eau est moyennement minéralisée (conductivité de 385 à 501 µS/cm à 25°C), dure (TH moyen proche de 30°F), le pH est de l'ordre de 7,5. L'eau a un faciès physico-chimique à dominante bicarbonatée calcique et il n'y a pas d'indice de milieu réducteur.

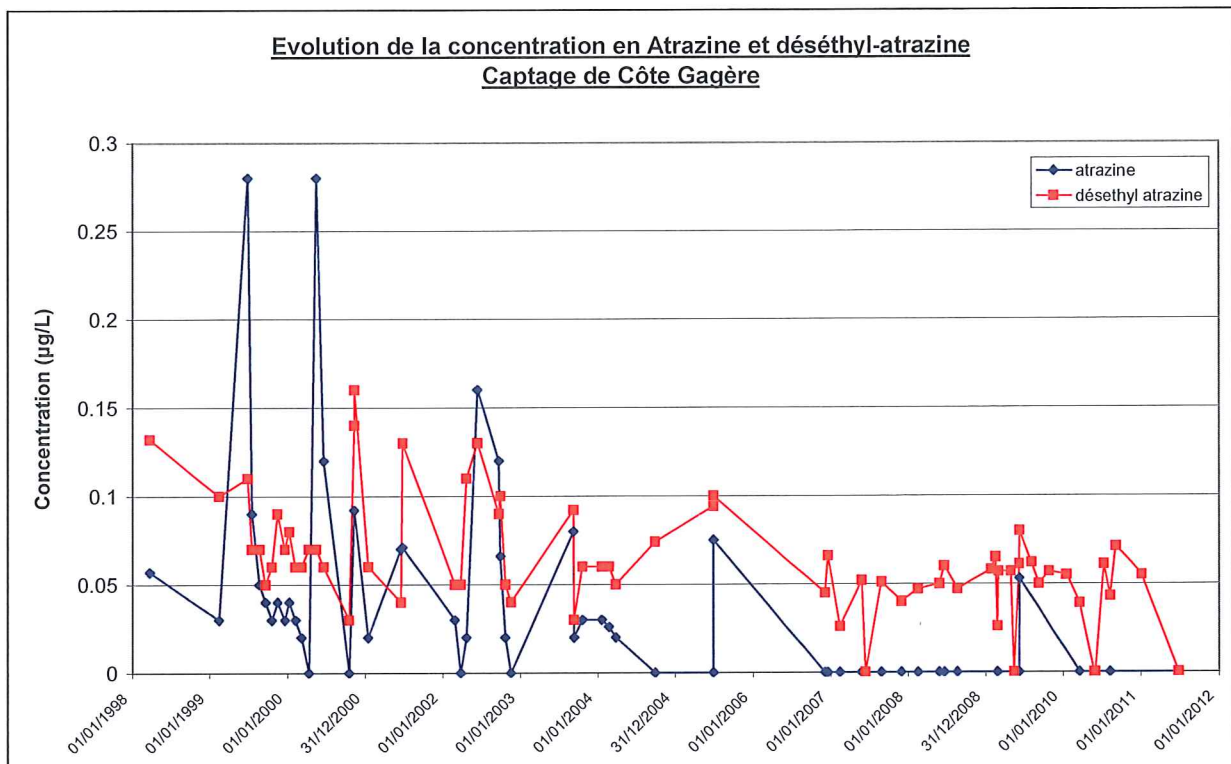
Les variations de conductivité de plus de 100 µS/cm sont susceptibles de souligner des différences d'alimentation de la nappe, mais aucune relation claire ne peut être établie. L'amplitude de variation de pH de 0,55 unité peut également souligner ces apports.

Malgré la présence de la Fure à proximité, les concentrations en COT sont très faibles (< 1 mg/l) et toujours inférieures à la référence de qualité du code de la santé publique.

Les pressions anthropiques, notamment agricoles, se font ressentir sur l'eau brute du puits.

Du point de vue des pesticides, certaines substances sont détectées dans les eaux, les plus fréquemment détectées étant l'atrazine et le déséthylatrazine. L'atrazine et d'autres herbicides dérivés de la famille des triazines sont interdits à la commercialisation depuis le 30 septembre 2002 et leur usage est interdit depuis le 1^{er} octobre 2003. La présence de l'une de ces deux

molécules dans les eaux souterraines montre que les pratiques culturales ont un impact sur la qualité de la ressource.



Graphique 1 : évolution des concentrations en atrazine et déséthylatrazine dans l'eau brute

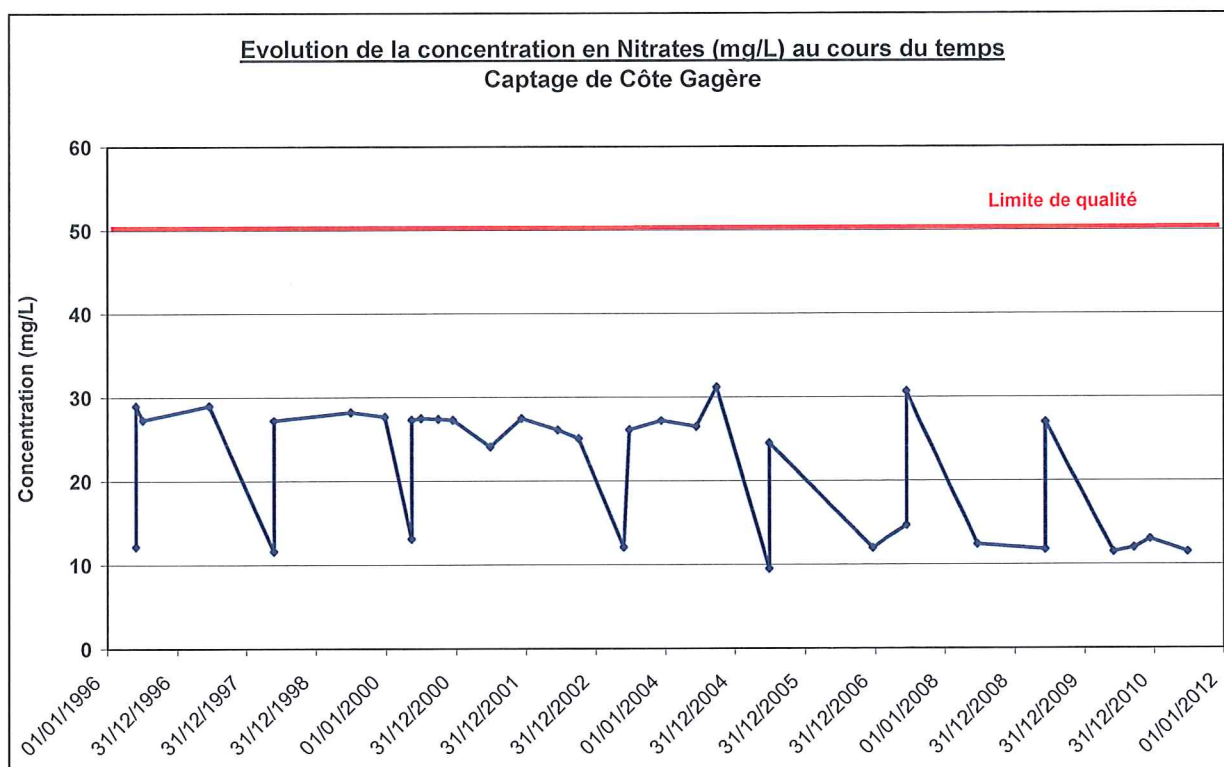
Ce graphique montre la contamination notable de l'eau souterraine au niveau du captage. L'atrazine et son dérivé sont toujours présents depuis 1998 à des concentrations maximales respectives de 0,28 µg/l et 0,16 µg/l. Depuis 2002, les concentrations en atrazine ont fortement diminué et ce composé n'a pas été retrouvé dans l'eau brute depuis juin 2009. Par contre, son dérivé est aujourd'hui toujours présent et à des concentrations qui semblent être stables depuis 2007 (0,05 µg/l). Malgré l'interdiction d'utilisation de l'atrazine il y a dix ans, son dérivé est donc toujours détecté.

La limite de qualité par substance individuelle (0,1 µg/l) est respectée depuis 2003 pour ces deux paramètres. Il faut tout de même noter la présence occasionnelle de métolachlore en 2008 où la concentration a atteint 1,06 µg/l le 29/05/2008. Il n'a pas été détecté depuis.

La station de traitement et les filtres aux charbons actifs permettent néanmoins d'abattre les pesticides de l'eau brute.

La teneur en nitrates témoigne également de la pression anthropique, mais les concentrations sont toujours inférieures à la limite de qualité de 50 mg/L. Ces teneurs sont tout de même supérieures au bruit de fond naturel et témoignent des activités anthropiques du secteur d'étude.

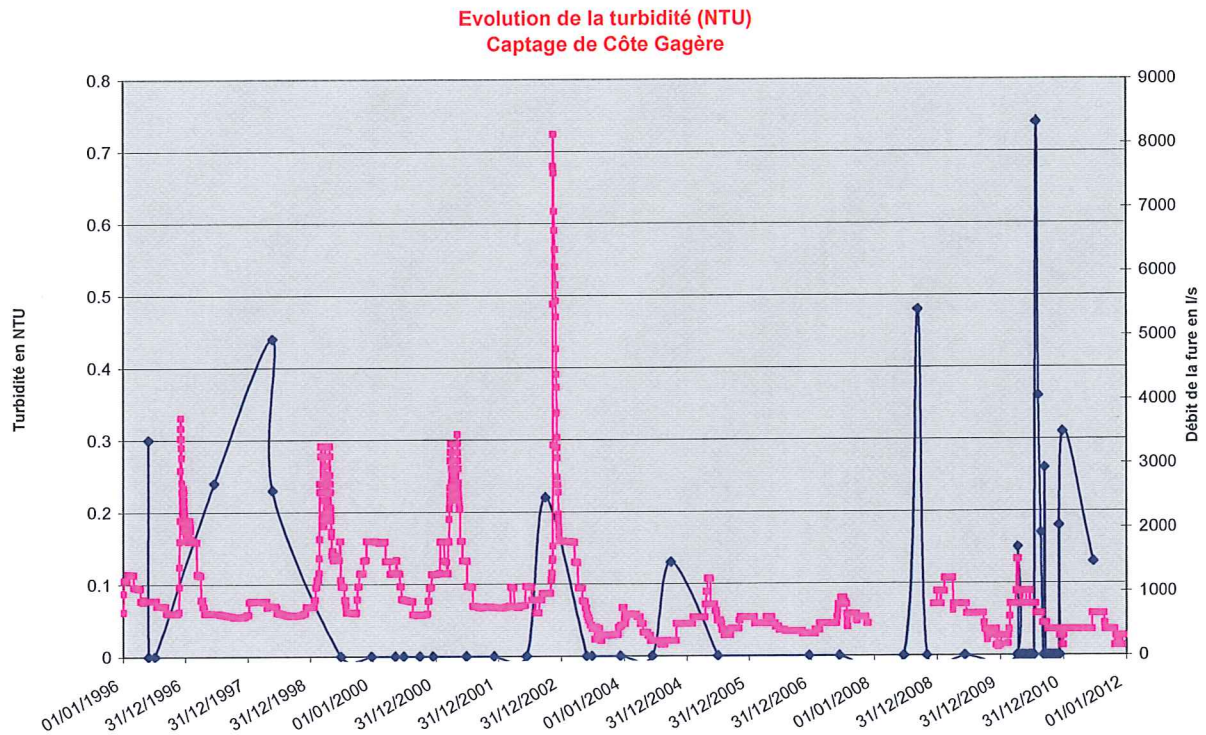
Les concentrations observées ont une valeur moyenne de 25 mg/L entre 1996 et 2009 et semblent aujourd'hui avoir une tendance à la baisse. Il est intéressant de noter qu'à l'origine de la création du puits, la première analyse indiquait une concentration de nitrates de 7,5 mg/l.



Graphique 2 : évolution des concentrations en nitrates dans l'eau brute

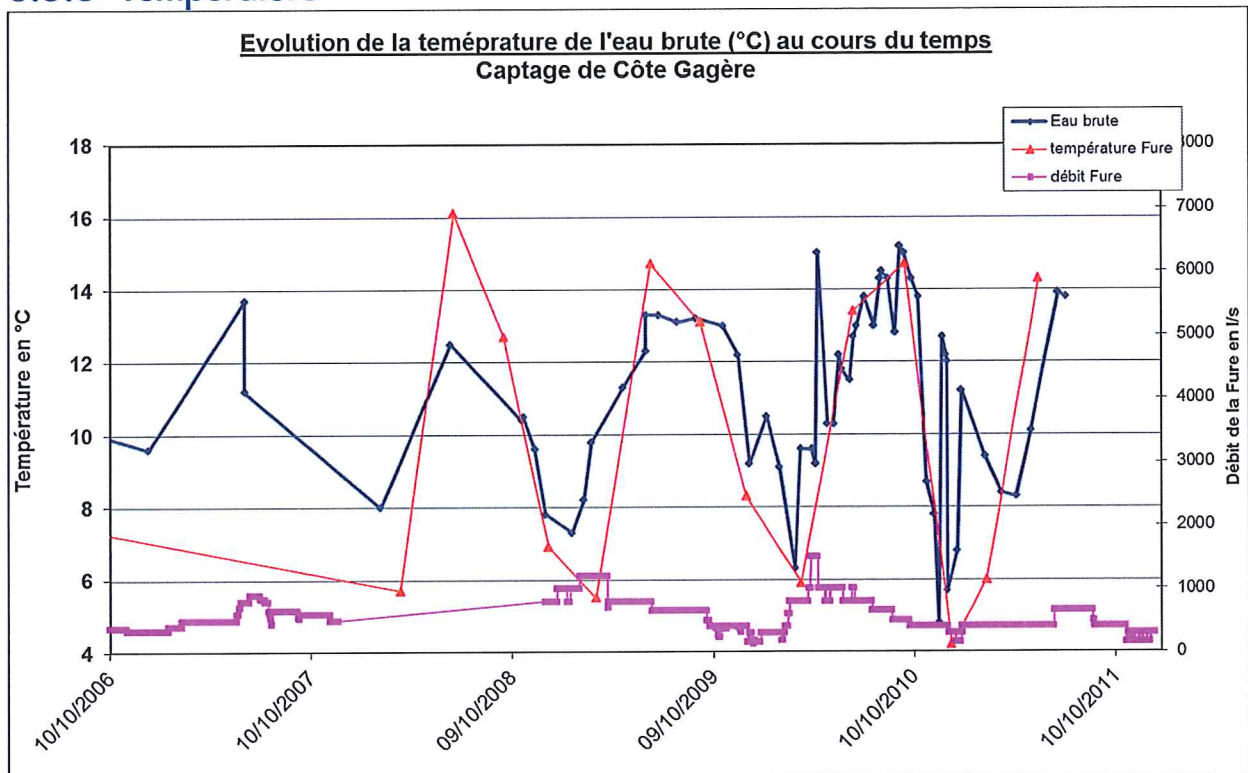
3.5.2 Turbidité

La turbidité (cf. graphique 3 ci-après), malgré la présomption de participation de la Fure, reste toujours très faible même en périodes de hautes eaux. Nous avons reporté l'évolution du débit sur le graphique de l'évolution de la turbidité : il n'y a pas de relation franche entre augmentation du débit (et donc du niveau) et augmentation de la turbidité. Cette absence de corrélation peut être le fait d'analyses disparates qui ne sont en plus pas forcément synchrones avec les épisodes de hautes eaux. Des analyses plus fréquentes ont été effectuées entre mai et décembre 2010 et confirment l'absence de relations évidentes entre turbidité de l'eau souterraine et débit de la Fure.



Graphique 3 : évolution de la turbidité au cours du temps

3.5.3 Température



Graphique 4 : évolution de la température au cours du temps

L'amplitude des variations de température est très importante sur la période considérée puisque la température minimum est de 4,8°C et la maximale est de 15,2°C. Nous avons superposé sur le même graphique les variations de température de la Fure qui se calquent assez bien sur celles de la nappe. Il faut tout d'abord y voir un lien de saisonnalité puisque les deux milieux sont affectés par la température de l'air ambiant. Néanmoins, l'absence de déphasage entre les eaux souterraines et les superficielles et surtout la forte amplitude des variations, pourraient laisser penser à une alimentation de la nappe par la rivière. Cette hypothèse avait déjà été soulignée dans la thèse de M. DEHAYS.

3.5.4 Bactériologie

3.5.4.1 Evolution temporelle

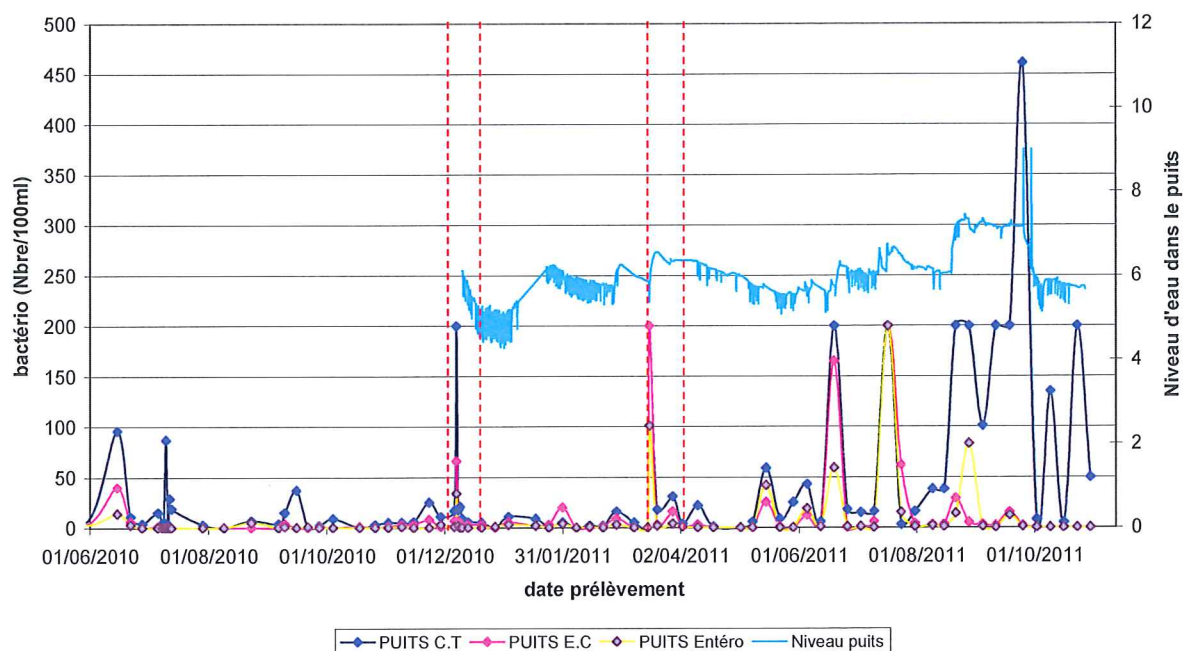
Lors de la création de l'ouvrage, des analyses bactériologiques avaient été réalisées (cf. annexe 02). Les résultats avaient montré la bonne qualité bactériologique de l'eau puisqu'aucun germe n'avait été détecté (pas de coliformes, ni d'*Escherichia Coli*, ni de germes revivifiables à 20°C et 37°C).

Le graphique suivant présente l'évolution temporelle du nombre d'*Escherichia coli* et de coliformes présents dans l'eau brute des puits: Ces deux types de bactéries sont les témoins d'une contamination d'origine fécale de l'eau souterraine.

Le graphique présent en annexe 02, montre l'évolution entre 1995 et aujourd'hui. Cependant, la chloration étant effectuée dans le puits jusqu'en 2005, ces analyses ne reflètent pas l'absence de bactéries d'origine fécale dans l'eau souterraine mais la bonne efficacité du traitement de désinfection. Quelques colonies sont tout de même détectées épisodiquement avant 2005, signe que la nappe est bien impactée par ces germes.

En décembre 2008, une augmentation brutale du nombre de bactéries a fait suite à un débordement du canal longeant le PPI (et alimentant l'ancienne papeterie). La distribution avait alors été interrompue pour raison sanitaire.

Nous avons donc choisi de nous intéresser plus spécifiquement aux mesures effectuées par l'exploitant entre mai 2010 et octobre 2011. La fréquence d'analyses était hebdomadaire.

Suivi de la qualité bactériologique depuis 2010
du puits de Côte Gagère

Graphique 5 : évolution des germes d'origine fécale dans l'eau brute

Ce graphique témoigne de la contamination récurrente des eaux de la nappe par des germes d'origine fécale.

Globalement, d'après les analyses SDEI, le nombre de germes varie de :

- 0 à 461 coliformes totaux par 100mL
- 0 à >200 Escherichia Coli par 100mL
- 0 à >200 Streptocoques fécaux par 100mL.

L'eau est rarement exempte de tout germe et le nombre de bactéries augmente brutalement. Pour essayer d'expliquer ces hausses subites, nous avons rajouté sur le graphique les variations du niveau dans le puits de Côte Gagère. Nous avons initialement intégré les variations du débit de la Fure, mais cette donnée ne permet de tirer aucune conclusion (débit assez stable).

Les données les plus récentes permettent un rapprochement entre le niveau de la nappe et le nombre de bactéries. En effet, entre août et octobre 2011, la nappe est remontée brutalement à la suite de fortes pluies en juin et juillet (pas de variation subite de débit au niveau de l'exutoire du Lac de Paladru). Il s'en est suivi une augmentation du nombre de coliformes totaux (supérieure à 200 germes) qui a perduré jusqu'à la diminution tout aussi brutale du niveau piézométrique.

Les autres augmentations de germes entre mai et août 2011 ne peuvent être corrélées avec une variation du niveau piézométrique.

Les deux pics de décembre 2010 et d'avril 2011 ont été mesurés alors que des rejets « suspects » de la STEP de Charavines avaient été observés par l'agent de la SDEI (rejet de couleur suspecte). La fréquence d'analyses a ainsi été augmentée (analyses journalières) et elles ont permis de constater une dégradation de la qualité bactériologique du puits. En avril 2011, le puits était à l'arrêt depuis plusieurs semaines.

Les analyses effectuées sur l'eau de la rivière ont montré la présence quasi systématique de plus de 2 400 coliformes totaux, entérocoques et escherichia coli. La rivière est donc contaminée de façon récurrente par des germes d'origine fécale.

Ces observations tendraient à démontrer que la rivière alimente la nappe, et qu'une dégradation de la qualité de la rivière, par les rejets de la STEP par exemple, se répercute ainsi sur la nappe.

3.5.4.2 Pollution de novembre 2002

Ces données sont tirées du rapport de novembre 2002 de l'Institut de Veille Sanitaire.

A la suite de forts épisodes pluvieux en novembre 2011 (123,7 mm du 14 au 16 novembre 2002), la Fure a débordé et a inondé une partie du PPI. Ces fortes pluies ont aussi entraîné un dépassement de la capacité de traitement de la STEP de Charavines qui a ainsi déversé des eaux usées directement dans la Fure. De plus, le 14 novembre (72,2 mm de pluie) le trop fort débit d'entrée dans la STEP a provoqué une remontée des boues dans le décanteur qui se sont ensuite déversées dans le cours d'eau. Le canal de dérivation qui était encore en eau, débordait également en amont du captage.

Il s'en est suivi une épidémie de gastro-entérite dans les 4 communes desservies par le captage (Apprieu, Réaumont, Saint-Blaise-du-Buis et Colombe). Le taux d'attaque pour des personnes ayant consommé de l'eau sur cette période a été estimé, après enquête de l'IVS, à 41%. Les analyses virales effectuées sur les malades et dans l'eau du réseau ont mis en cause le même virus (Calicivirus de génogroupe II).

Cette concordance entre les analyses a conduit l'IVS à conclure que l'épidémie était bien due à l'eau du puits de Côte Gagère qui aurait pu être contaminée par les dysfonctionnements observés sur la STEP de Charavines.

3.5.4.3 Expérience de débordement de la Fure

Une étude hydrogéologique a été menée en 1994 par M. BIJU-DUVAL de la DDA 38 pour mettre en évidence la participation occasionnelle de la Fure dans l'alimentation du puits (cf. annexe 03). L'expérience a consisté à suivre les niveaux piézométriques dans le puits et le piézomètre en condition d'exploitation normale (à l'étiage lors des mesures).

Les premières conclusions ont été que le niveau dynamique ne se stabilisait pas et que la productivité à l'étiage était donc inférieure à 85 m³/h. Un prélèvement a également été effectué pour analyse bactériologique.

La deuxième étape de l'expérience a consisté à pomper de l'eau de la rivière et à la rejeter dans le PPI à proximité de la digue de protection du puits (6,7 m³ d'eau de la Fure ont été déversés pendant 10 minutes dans un point bas du PPI sur environ 60 m²). Cela a conduit à une remontée très rapide du niveau piézométrique dans le puits (remontée de 90 cm sur la durée de l'expérience). Il a également été observé une baisse de la conductivité de l'eau de la

nappe qui provient de l'apport de la rivière. L'infiltration de l'eau de la rivière était visible et a été confirmée par l'injection d'un colorant dans l'eau de la rivière, qui a été retrouvé après 33 minutes dans le puits (la concentration maximale est atteinte en un peu plus de 1 heure).

Après le premier pic, la courbe est irrégulière, cela traduit que l'eau utilise différents cheminements pour s'infiltrer vers la nappe.

Une analyse bactériologique a également été effectuée ; les résultats étant résumés dans le tableau ci-après :

		Avant le débordement de la Fure	Après le débordement de la Fure
Germes test de contamination fécale	Bactéries aérobies revivifiables à 22°C /ml	62	2304
	Bactéries aérobies revivifiables à 37°C /ml	2	640
	Coliformes /100 ml	1	400
	Coliformes thermotolérants / 100ml	0	210
	Streptocoques fécaux /100 ml	0	60

Tableau 2 : résultats des analyses bactériologiques avant et après le débordement de la Fure au niveau du PPI

Ces analyses démontrent donc que, en plus d'alimenter considérablement le puits, les eaux de débordement de la Fure le contaminent de germes d'origine fécale.

Cette expérience a permis de conclure qu'un débordement de la Fure au niveau du puits provoquait une remontée subite des niveaux piézométriques et une alimentation de l'ordre de 50% du puits par l'eau de la rivière (participation sans doute plus importante dans des conditions réelles de crues). Cette alimentation pourrait être rendue possible par la désolidarisation de la dalle bétonnée de protection (ou à sa fissuration) et/ou la discontinuité de la couverture argileuse.

3.5.5 Résidus médicamenteux

Une campagne nationale de mesures de résidus de médicaments a été organisée en France par la Direction Générale de Santé (DGS). Le captage de Côte Gagère a été choisi car il peut être influencé par le rejet d'une STEP ou un rejet industriel. Les résultats de l'analyse se trouvent en annexe 4.

Des traces de résidus de neuroleptiques (carbamazepine) et 4 ng/l de 10,11 epoxy-carbamazepine (métabolite) ont été retrouvés dans l'eau brute du puits. Aucun autre résidu médicamenteux n'a été identifié.

Ces résultats témoignent eux aussi de l'alimentation du puits par la Fure, puisqu'il s'agit de neuroleptiques consommés par les humains et non présents à l'état naturel dans les nappes. Ces composés après avoir été consommés, se retrouvent ensuite dans les STEP, via les réseaux d'eaux usées et sont ensuite rejetés dans les rivières.

La présence de ces résidus témoigne donc de la sensibilité du captage à la qualité de la rivière et aux rejets de la STEP entre autres. Elle confirme la participation de la Fure dans l'alimentation du puits.

Ces deux molécules n'ont cependant pas été retrouvées dans l'eau traitée, et ont sans doute été retenues par les filtres à charbons actifs.

3.5.6 Evolution spatiale de la qualité

Afin de compléter les informations, nous avons réalisé une campagne de prélèvements sur les nouveaux piézomètres et les eaux superficielles le 01/06/2012. Les prélèvements ont été effectués après une période de pompage à l'aide d'une pompe 2 pouces : ils ont été réalisés lorsque les paramètres mesurés sont devenus stables. Les résultats se trouvent dans le tableau suivant :

	PZ 1	PZ 2	PZ 3	PZ 4	Riviere	Etang
pH	7,6	7,5	7,4	7,5	8,1	7,4
T (°C)	17,7	18,6	16,8	17,3	19	19,1
Cond (µS/cm)	330	340	370	340	320	350
NO3- (mg/l)	1,3	7,5	2,7	6,6	6,6	5,8

La qualité physico-chimique de l'eau est globalement homogène sur toute la plaine : le pH est légèrement basique (7,5) et la conductivité moyenne (environ 350 µS/cm). Les concentrations en nitrates sont faibles et légèrement plus élevées sur Pz 2, Pz4 et les eaux superficielles.

La température est relativement élevée sur les eaux souterraines et voisine de celle des eaux superficielles, ce qui confirme la probable relation entre les deux milieux.

3.5.7 Conclusions

Les analyses physicochimiques de l'eau brute du puits de Côte Gagère montrent une eau qui est de bonne qualité du point de vue physico-chimique. Les concentrations en nitrates sont faibles et celles des pesticides tendent à diminuer et respectent aujourd'hui les limites de qualité du code de la santé publique.

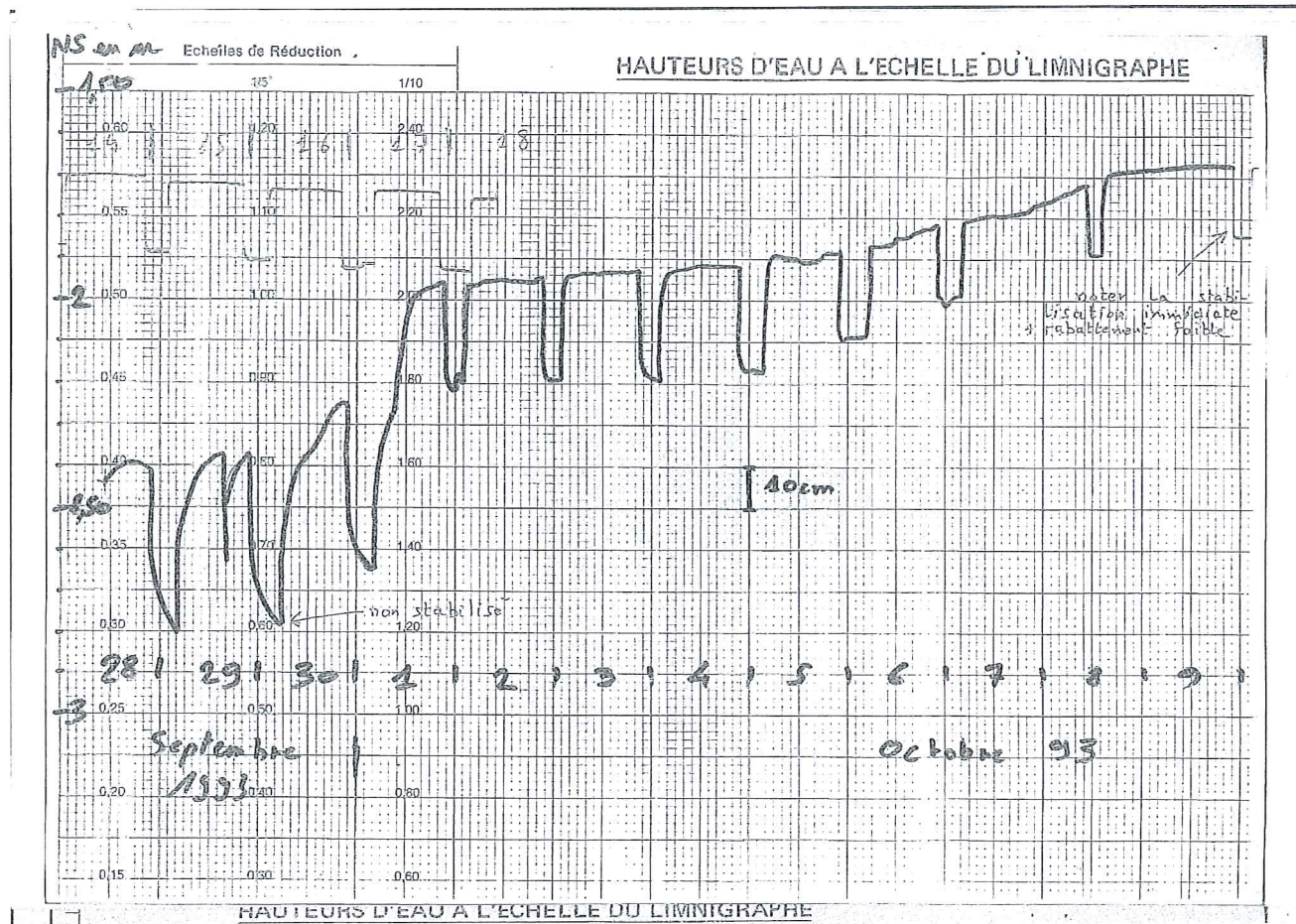
Le paramètre le plus problématique est la bactériologie, et notamment les germes de contamination fécale qui apparaissent de manière récurrente dans le captage. L'analyse temporelle ne permet pas de mettre en évidence une relation claire entre ces contaminations et le débit de la Fure. Cependant, des expériences ont montré que des infiltrations se produisaient en pied de talus dans le PPI et que les eaux de surface dégradaient la qualité bactériologique de l'eau.

La présence de résidu médicamenteux dans l'eau souterraine témoigne également de la participation des eaux de surface et de l'impact de la qualité de l'eau de la Fure, et donc des rejets dans le milieu superficiel (STEP, rejets industriels...).

3.6 Fluctuations piézométriques

Dans l'étude d'Hubert Dehays, les variations de débits de la Fure et du niveau piézométrique de la nappe ont été comparées sur presque 2 ans. L'amplitude maximale des battements de la nappe est de 3,1 mètres. Le niveau piézométrique dans la nappe fluctue en fonction du débit de la Fure, ce qui peut souligner l'alimentation de la nappe par la rivière.

Lors de l'étude de 1993 de M. Biju-Duval, un enregistreur de niveau avait été mis en place du 28 septembre au 19 novembre dans le puits d'exploitation. L'évolution piézométrique est représentée sur le graphique suivant :



Graphique 6 : évolution du niveau dynamique dans le puits de Côte Gagère

Les mesures de rabattements montrent deux types de fonctionnement différents :

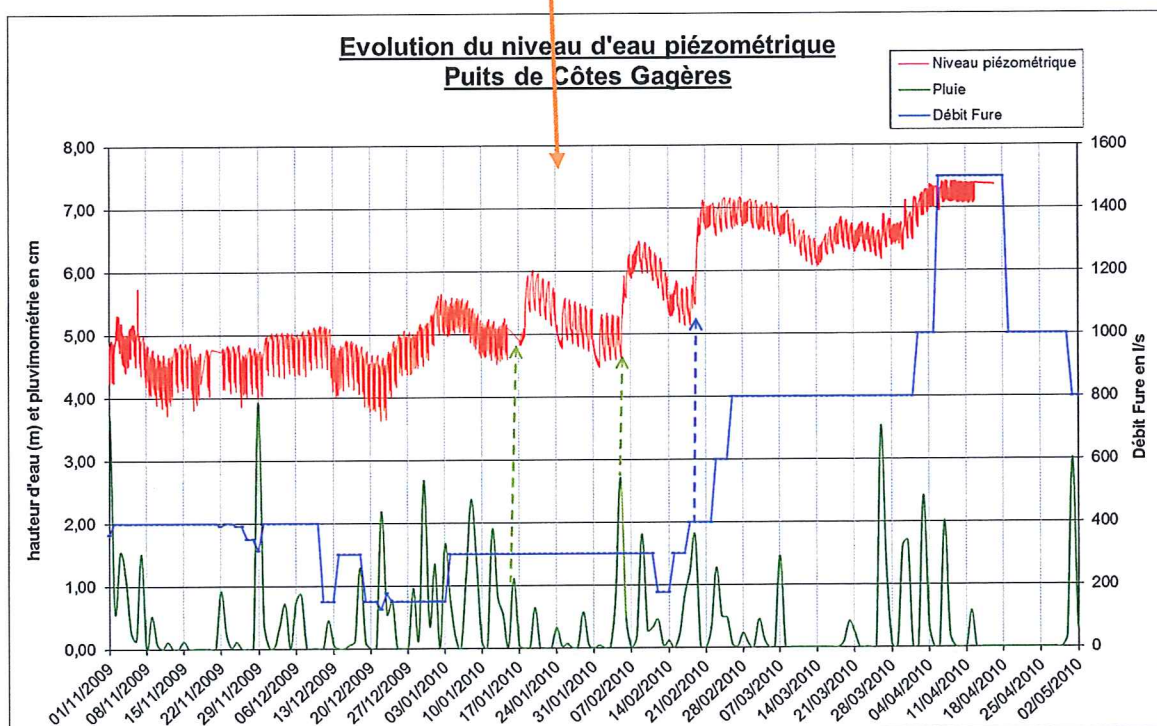
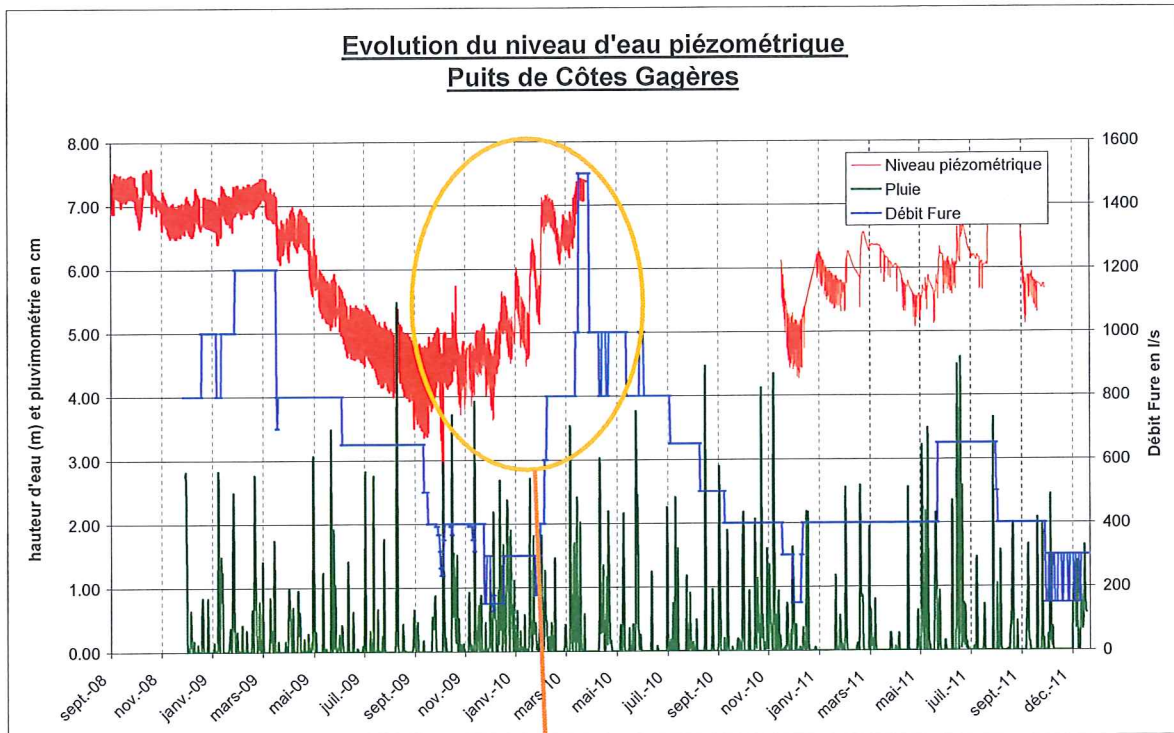
- ✓ Un rabattement non stabilisé (> 40 cm) : du 28 septembre au 1^{er} octobre, la stabilisation du niveau dynamique n'est jamais atteinte, même après 9h de pompage. Ce comportement est celui d'un aquifère à extension latérale modeste, avec la proximité d'une zone étanche. Il y a surexploitation de la nappe.
- ✓ Un rabattement stabilisé : du 2 au 29 octobre, le rabattement devient moins important (une trentaine de centimètres) et le niveau dynamique se stabilise rapidement. Ce comportement est plus représentatif d'un aquifère à forte transmissivité. Il correspond

aussi à une période de pluies exceptionnellement fortes avaient eu lieu sur le bassin versant de la Fure (entre le 3 septembre et le 8 octobre 1993).

Lors d'épisodes de pluies intenses, le régime hydraulique du puits change. Il est alimenté en plus grande quantité, ce qui permet au niveau dynamique de se stabiliser lors du pompage.

Une autre hypothèse de l'origine d'un tel changement hydraulique serait qu'à la suite du premier événement pluvieux, la rivière ait débordé et que l'eau se soit ensuite infiltrée pour rejoindre le puits. La baisse du niveau piézométrique du 31 octobre indiquerait que toute l'eau stagnante sur site a été infiltrée et que la rivière est retournée dans son lit.

Afin de compléter les connaissances, nous avons analysé les fluctuations des niveaux dynamiques dans le puits qui sont suivis par une sonde automatique par la SDEI. Ce suivi est effectif depuis avril 2008. Nous avons également reporté sur le graphique les variations de débit de la Fure ainsi que la pluviométrie. Ces deux dernières données ont été récupérées auprès du Syndicat Intercommunal du Bassin de la Fure et de l'ASA de la Fure (débit et pluviométrie au niveau de l'exutoire du lac de Paldru). Les valeurs de débits sont estimées par une mesure de niveau d'eau dans le canal de sortie du lac.



Graphique 7 : évolution du niveau piézométrique dans le puits, de la pluie et du débit de la Fure
Le graphique montre, malgré l'interruption des enregistrements d'avril à novembre 2010 :

- ✓ De janvier à mars : la période de hautes eaux.

- ✓ De juillet à novembre : la période d'étiage.
- ✓ Le maximum de battement de la nappe est de l'ordre de 4m.

En « zoomant » sur la période entre novembre 2009 et mai 2010, des augmentations subites des niveaux d'eau sont imputables aux fortes pluies (notamment le 07 février 2010) puisque le débit de la Fure est resté inchangé à l'aval du barrage. Le 21 février 2010, c'est la combinaison entre forte pluies et l'augmentation du débit de la rivière qui provoque une hausse du niveau de la nappe.

Les augmentations des niveaux piézométriques sont très rapides (un à quelques jours) et sont atypiques. Elles pourraient refléter une alimentation directe des eaux souterraines par les eaux superficielles au niveau d'une zone de débordement de la rivière. Ces hausses brutales reflètent également la faible étendue de la nappe. Ce phénomène est sans doute également lié aux apports de versants qui deviennent plus importants en période pluvieuse et qui peuvent se réinfiltrer à leur arrivée dans la plaine alluviale à la faveur d'une couverture perméable.

Il est également intéressant de constater qu'à partir d'un certain débit de la Fure, le niveau piézométrique n'augmente plus.

3.7 Caractéristiques hydrodynamiques

En mars 1979, des pompages d'essais avaient été réalisés à l'issue de la réalisation du puits. Ils nous ont permis d'estimer la transmissivité et la conductivité hydraulique de la nappe. L'interprétation se situe en annexe n°5 et les résultats sont résumés ci-dessous :

Rem : nous avons pris une épaisseur d'aquifère de 2,9 m et considéré que la partie de graviers argileux n'était pas aquifère.

- Transmissivité : $T = 1,25.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Conductivité hydraulique : $k \approx 3.10^{-3} \text{ m/s}$.
- Débit spécifique : $Q_s = 100 \text{ m}^3/\text{h/m}$.

Ces caractéristiques seront recalculées lors des pompages d'essai détaillés dans un paragraphe suivant.

3.8 Contextes géographique, hydrologique et hydroclimatique

3.8.1 Contexte géographique

La zone d'étude se situe dans la partie du Bas-Dauphiné, c'est-à-dire dans la zone nord du département de l'Isère. Cette région est appelée « Terres Froides ».

Cette zone est constituée de reliefs (collines) séparés de vallées plus ou moins profondes. La forme topographique de cette région est directement liée à son histoire géologique.

Apprieu se situe sur le versant sud de cet ensemble des Terres Froides. Cette zone est constituée de nombreuses terrasses (cf. Contexte géologique). Le site de Côte Gagère se trouve dans la vallée où s'écoule la rivière La Fure. Cette vallée est à une altitude moyenne de 400 à 410 m près du captage. Les collines qui l'entourent atteignent, quant à elles, presque 800 m d'altitude.

3.8.2 Contexte hydrologique

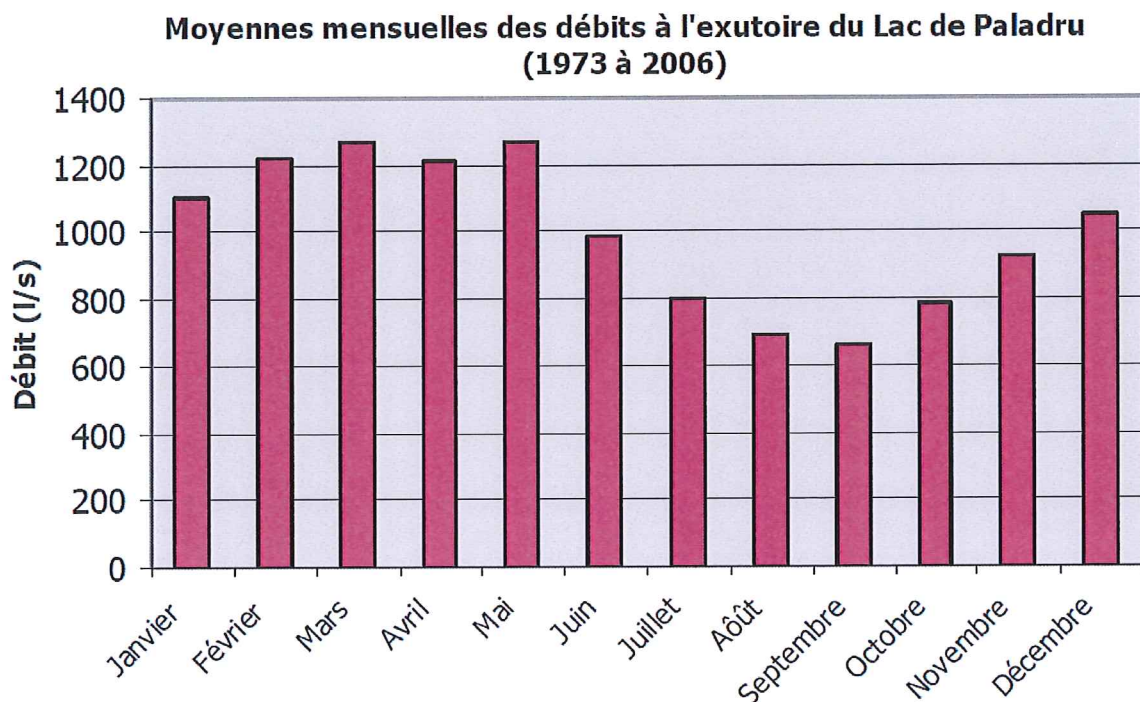
3.8.2.1 Débits de la Fure

Le graphique ci-après représente l'évolution des moyennes mensuelles des débits à l'exutoire du Lac de Paladru entre 1973 et 2006 (source étude BURGEAP).

Le suivi des débits permet d'observer le comportement de la rivière, avec les basses eaux entre juillet et septembre et les hautes eaux entre décembre et mai.

Il faut tout même noter que les débits de La Fure sont contrôlés par un système de vannes en sortie du lac de Paladru. Le débit de la rivière est donc artificiel.

Avant 2009, le débit de la Fure était régulé (par l'ASA) en fonction des besoins des industriels situés dans la vallée. Mais à la suite d'études réalisées par BURGEAP pour le SIBF, un arrêté préfectoral a été mis en place. Il indique que le débit de la Fure doit être régulé en fonction du le niveau d'eau du lac.



3.8.3 Risques d'inondation

Aucune information sur l'existence d'un Plan d'Exposition aux Risques d'Inondation (P.E.R.I) sur la commune d'Apprieu n'est indiquée sur le portail CARTORISQUE (site d'information et de

connaissance du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire).

Cependant, en périodes de fortes crues, il a été observé que la rivière submerge le Périmètre de Protection Immédiate (PPI). Ces inondations sont fortement influencées par une rectification du lit au niveau du champ captant, celui-ci formant des coudes.

La margelle du puits avait été surélevée au-dessus du niveau des plus hautes eaux observé afin de le protéger d'éventuels débordements. Cependant, de telles inondations engendrent des eaux stagnantes pouvant former un marécage et accroissent la vulnérabilité du champ captant.

3.8.3.1 Canal de dérivation de la Fure

A partir du lieu-dit de Ravignouse, il existe un ancien canal de dérivation de la Fure. Il a été fermé en 2008 et est actuellement sec. Il semble que sa fermeture n'est eu aucun impact sur le fonctionnement hydraulique de nappe.

3.8.3.2 Qualité de la Fure

Ce bilan est issu de l'étude pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un nouveau règlement de gestion du lac de Paladru par BURGEAP.

Un bilan de la qualité des eaux de la Fure a été réalisé par Gay Environnement entre 2003 et 2006. La qualité physico-chimique et hydrobiologique des eaux de la Fure a été déterminée par l'application du SEQ-Eau (Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau) et du SEQ-Bio.

Six stations d'étude réparties le long de la Fure sont utilisées et deux campagnes de prélèvement sont réalisées annuellement (printemps et automne).

La qualité physico-chimique de la Fure apparaît globalement:

- « bonne » en amont des premiers ouvrages d'épuration du haut bassin versant (STEP Charavine, STEP Arjo Wiggins) ;
- « moyenne » sur la grande majorité de son parcours en raison d'une surcharge généralisée en nitrates et localisée en phosphore (à l'aval de Charavines) ou en matières azotées (à l'aval de Rives et Renage).

De manière plus précise :

- Directement à l'aval du Lac de Paladru, la qualité est « bonne ». Les seules perturbations constatées sont liées à l'origine lacustre des eaux, le mélange entre les eaux de surfaces et les eaux profondes étant variable ; en effet, en situation d'étiage, le débit du siphon soutire des eaux peu oxygénées du fond du lac ;
- En aval des stations d'épuration de la papeterie Arjo Wiggins et de Charavines (récupérant les eaux usées des communes du tour du lac), la qualité devient « moyenne ». Toutefois, le déclassement par les nitrites n'est qu'automnal (époque où la température de l'eau est relativement élevée : ~ 15°C) ;

La qualité hydrobiologique sur la Fure est contrastée. Elle est globalement « bonne » en amont de Rives, puis devient « médiocre » à « mauvaise » en aval de cette agglomération.

De manière plus précise, le long du linéaire de la Fure, la qualité hydrobiologique de la Fure est « bonne » jusqu'aux ouvrages d'épuration de Charavines (STEP de la papeterie ARJO WIGGINS, STEP de Charavines) puis devient « médiocre » plus en aval.

D'autres campagnes d'analyses ont été effectuées entre 2008 et 2010 sur la rivière de La Fure à l'aval de Bonpertuis. Les résultats ont été interprétés sous la forme d'une fiche qui se trouve en annexe n°6 ; elle amène aux conclusions suivantes :

- L'eau de la rivière est de moyenne qualité vis-à-vis des nutriments et des diatomées (micro-organismes indicateurs de la bonne santé de la rivière);
- Les autres paramètres analysés ne démontrent pas de dégradation particulière quant à la température, à l'acidification de l'eau,... L'eau de la Fure montre globalement un bon état chimique.

Cependant, ces résultats ne peuvent pas montrer les éventuelles pollutions ponctuelles. En effet, ils ont été interprétés à partir de mesures réalisées une fois par trimestre dans la rivière. Cela montre que la rivière ne subit pas une pollution diffuse.

3.8.4 Bilan hydroclimatique

3.8.4.1 Généralités

Les données climatiques mensuelles moyennes de précipitations et de températures des dix dernières années (de 2001 à 2010) ont été acquises auprès de Météo France, pour la station de Saint-Geoirs (code Météo France : 38384001), environ 17 km à l'ouest d'Apprieu et à une altitude de 384 m (représentatif du bassin versant de La Fure).

Le tableau suivant résume les précipitations et de températures moyennes annuelles, ainsi que les calculs d'ETP qui en résultent :

Années	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Précipitations (mm)	912.4	1159.4	769.4	750.9	831.3	784.2	884.8	998.4	730.2	916.1
Températures (°C)	11.5	11.5	12.0	10.9	10.5	11.7	11.2	11.0	11.5	10.2
ETP (mm)	618.3	614.3	663.6	594.9	582.1	624.1	606.1	598.2	616.6	571.7
Qs (l/s/km²)	9.3	15.4	8.1	8.5	9.0	7.6	7.7	12.8	6.7	12.1

Sur la période 2001-2010, la moyenne annuelle des précipitations s'élève, sur le secteur d'étude, à 874 mm. Elle varie entre un minimum d'environ 730 mm en 2009 et un maximum d'environ 1159 mm en 2002.

Tableau 3 : précipitation et température moyenne annuelle à la station météo de Saint-Geoirs

La température annuelle moyenne est de 11,2°C, avec un pic à 12°C en 2003, et un minimum à 10,2°C en 2010.

L'ETP (Evapotranspiration potentielle) annuelle moyenne, calculée d'après les données de Météo France, est de 605 mm.

3.8.4.2 Principe du bilan hydroclimatique

Réaliser un bilan hydroclimatique sur un bassin versant consiste à dresser le bilan des entrées et des sorties d'eau de ce système. Il peut se résumer par la relation suivante :

$$P = ETR + Q$$

Avec : P = précipitations (mm) ;

ETR = évapotranspiration réelle (mm) ;

Q = pluie efficace correspondant à la somme de R (ruissellement) + I (infiltration) ;

P constituant le terme entrant (E) et ETR, I et R constituant les termes sortants (S).

Ce bilan peut se révéler :

- ✓ équilibré, si (E) = (S) ;
- ✓ déficitaire, si (E) < (S), ce qui se traduira par un appauvrissement de la réserve globale en eau ;
- ✓ ou enfin excédentaire, si (E) > (S), ce qui permettra une recharge des nappes.

Le calcul du bilan hydroclimatique nécessite, en premier lieu, d'estimer l'évapotranspiration réelle (ETR). Celle-ci se détermine à partir des valeurs mensuelles de d'ETP et de la pluviométrie P.

On admet que les premières couches du sol et du sous-sol contiennent un stock optimum d'eau (soit la portion de réserve hydrique mobilisable, RFU) qu'il faut reconstituer avant qu'il puisse y avoir ruissellement, et dont une partie est mobilisée par l'ETP en cas de déficit pluviométrique.

Plusieurs cas de figure se posent :

- Si $P > ETP$, on admet qu'il y a suffisamment d'eau disponible, et dès lors $ETR = ETP$;
- Si $P < ETP$, on admet que toute la pluie est reprise par l'évaporation. La valeur d'ETR se situera alors entre la valeur d'ETP (valeur maximale), et la valeur des précipitations (valeur minimale). C'est ensuite la réserve hydrique mobilisable stockée dans le sol, la RFU, qu'il faut estimer et qui déterminera la valeur définitive de l'ETR.

La RFU dépend des caractéristiques du sol ; elle a été fixée à une valeur moyenne de 100 mm. A partir des valeurs de P et de RFU, sont calculées des valeurs de pluie efficace ou débit d'écoulement Q et Q3, exprimées en lame d'eau en mm et en l/s/km². Le débit Q (mm) est calculé sur la base des précipitations et de la RFU du mois (m-1). Le débit Q3 (mm) est calculé en répartissant sur 3 mois la pluie efficace, en additionnant 50 % de l'écoulement du mois (m0), 30 % de l'écoulement du mois précédent (m-1) et 20 % de l'écoulement d'il y a deux mois (m-2).

Enfin, le débit spécifique Qs (l/s/km²) traduit la valeur de débit Q rapportée à la surface du bassin versant. Il est estimé de la manière suivante :

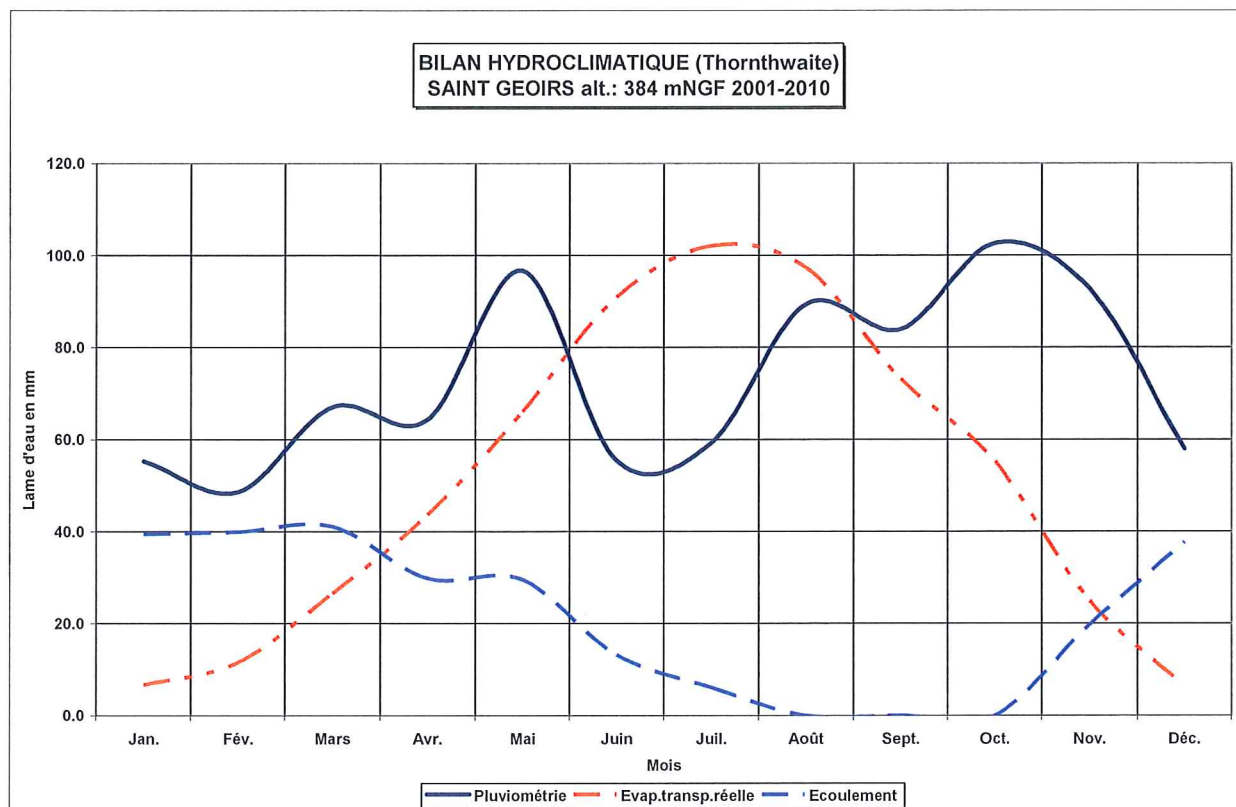
$$Q_s = \frac{Q_3 \times 10^6}{(\text{nombre de jours dans le mois}) \times 24 \times 3600}$$

3.8.4.3 Résultats

Le tableau suivant présente le bilan hydroclimatique à l'échelle mensuelle, calculé à partir des valeurs mesurées entre 2001 et 2010 :

BILAN HYDROCLIMATIQUE													Station : Saint Geoirs	Année: 2001-2010	RFUini	100
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total			
Pluvio. (mm)	55.3	48.7	67.1	64.4	96.7	55.5	59.3	89.4	84.0	102.6	92.8	58.0	873.7			
Temp(degC)	2.3	3.6	7.0	10.4	14.5	18.8	20.6	19.9	15.8	12.6	6.6	2.2	11.2			
ETP(mm)	6.7	11.6	26.6	43.7	66.1	91.0	102.1	97.4	73.2	55.3	25.0	6.4	605.1			
RFU	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	64.5	21.7	13.7	24.5	71.8	100.0	100.0				
ETR(mm)	6.7	11.6	26.6	43.7	66.1	91.0	102.1	97.4	73.2	55.3	25.0	6.4	605.1			
Q(mm)	48.6	37.1	40.5	20.7	30.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.6	51.6	268.6			
Q3 (mm)	39.5	40.0	41.1	29.9	29.6	13.3	6.1	0.0	0.0	0.0	19.8	37.7	257.0			
Qs(l/s/km2)	14.7	16.5	15.3	11.5	11.1	5.1	2.3	0.0	0.0	0.0	7.6	14.1	8.2			

Tableau 4 : bilan hydroclimatique sur la période 2001-2010



Graphique 8 : graphique de l'écoulement du bilan hydroclimatique

Des bilans ont été calculés pour toutes les années de 2001 à 2010 (cf. annexe 07).

Avec une pluviométrie annuelle de 874 mm, la pluie efficace est de l'ordre de 270 mm, ce qui représente un débit spécifique de 8,2 l/s/km² pour l'année moyenne 2001-2010.

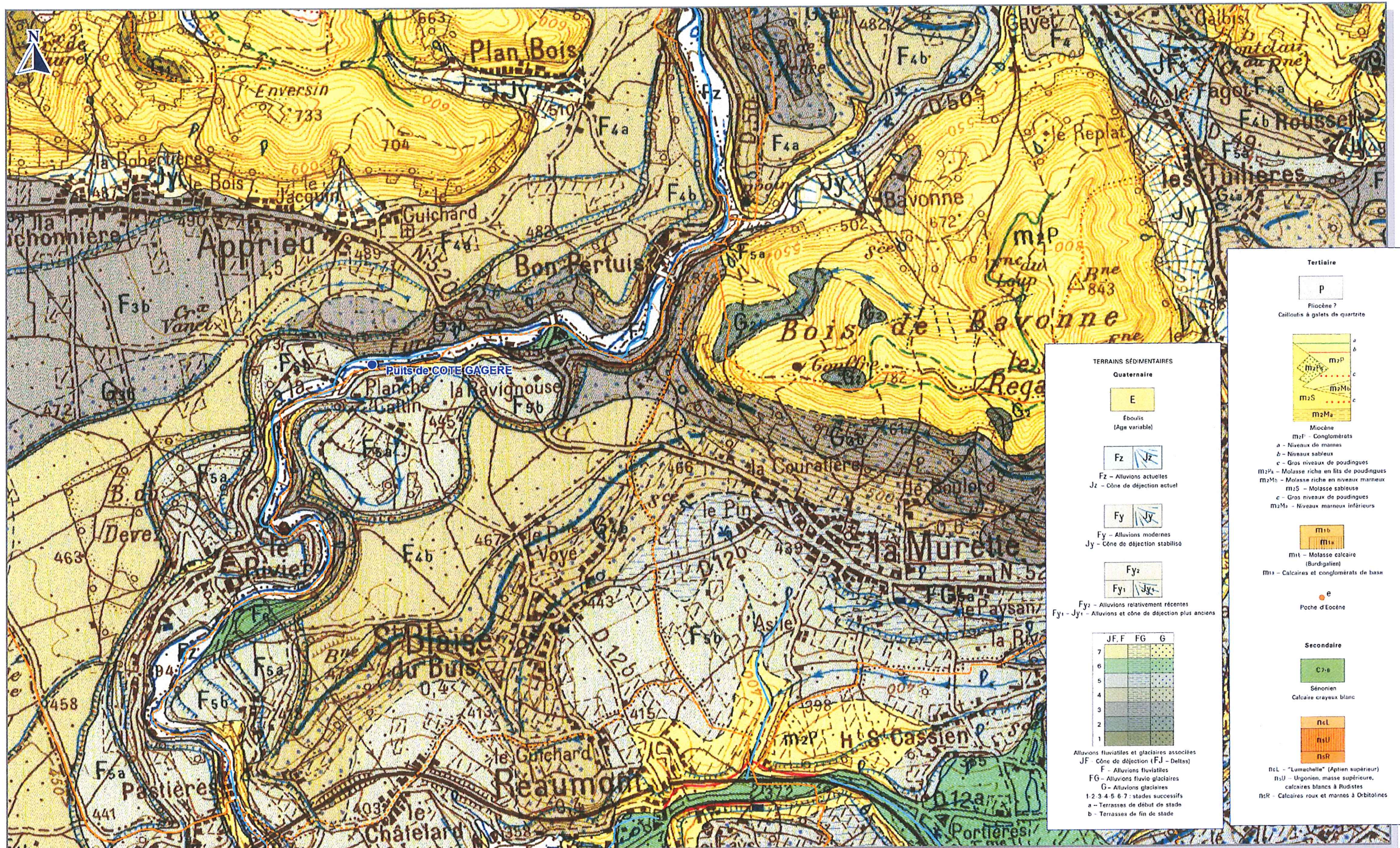
Sur ces 10 années, la pluie efficace a fluctué entre 200 mm (2006) et 545 mm (2002).

Les précipitations moyennes étant inférieures à l'évapotranspiration (ETR) moyenne entre juin et août, la réserve (RFU) est sollicitée du mois de juin jusqu'au mois de septembre. Ceci a pour effet de ralentir les écoulements, qui deviennent très faibles entre juillet et septembre.

On retiendra un débit spécifique moyen de l'ordre de 8,2 l/s/km² qui se répartira entre ruissellement et infiltration.

La Fure et ses alluvions au niveau du captage ne collectent pas l'ensemble des écoulements du bassin versant. En effet, la présence d'un important chenal au niveau de Ravignouse (cf. contexte géologique) draine une grande partie de l'eau souterraine en amont de la plaine alluviale de Côte Gagère, limitant ainsi l'extension du BAC

CADRE GEOLOGIQUE



0 200 400 600 800 m

4

Contexte géologique et hydrogéologique

4.1 Contexte géologique régional

L'extrait de la carte géologique de « Voiron » se trouve sur la figure 04. La zone d'étude se situe dans la zone des Alpes dénommée « Zone de Collines Molassiques du Bas-Dauphiné ». Le substratum proche de toute la région est constitué, sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, par la molasse miocène, caractérisée par son faciès sablo-gréseux, avec quelques lits de poudingues en interstratifications.

Ce socle a été entièrement recouvert, au Quaternaire, par le vaste glacier du Rhône et de l'Isère, qui a surcreusé les vallées préexistantes. Après son retrait (-12 000 ans), ces dépressions ont été remblayées d'alluvions fluvio-glaciaires provenant du remaniement par les eaux fluviales, des moraines laissées par le glacier.

Au sein de ces alluvions, la Fure s'écoule et a déposé en surface ses propres alluvions. Elles se matérialisent sous la forme de galets enveloppés dans une matrice de graviers assez grossiers et peu consolidés. Les alluvions de la Fure et les alluvions fluvio-glaciaires profondes sont en contact.

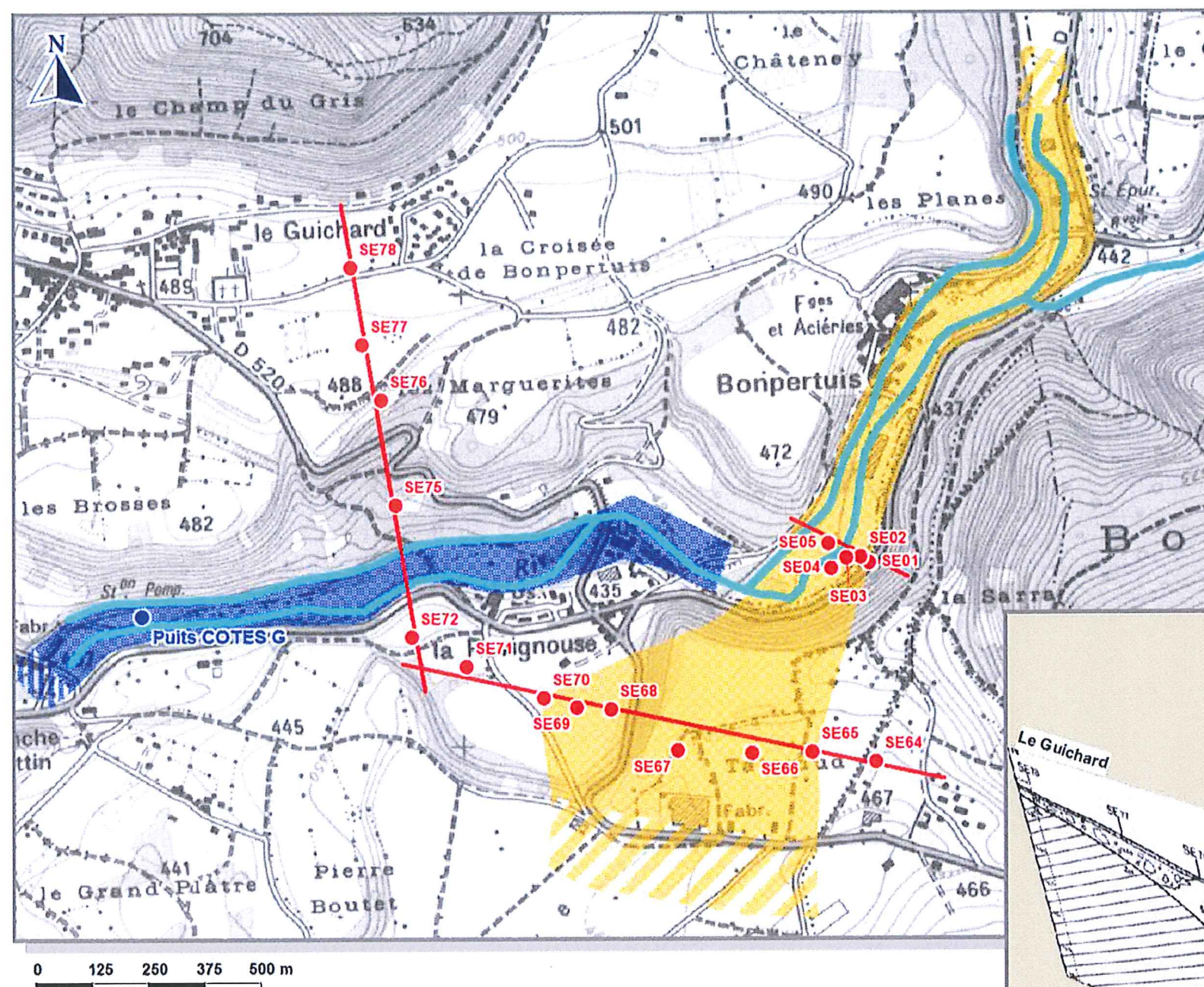
Par-dessus ces alluvions, des formations de pied de versant se sont formées par endroits, sous forme de d'amas de cailloux anguleux enrobés dans une matrice sablo-argileuse. La zone du captage de Côte Gagère serait recouverte de cette formation argileuse.

4.2 Contexte géologique local

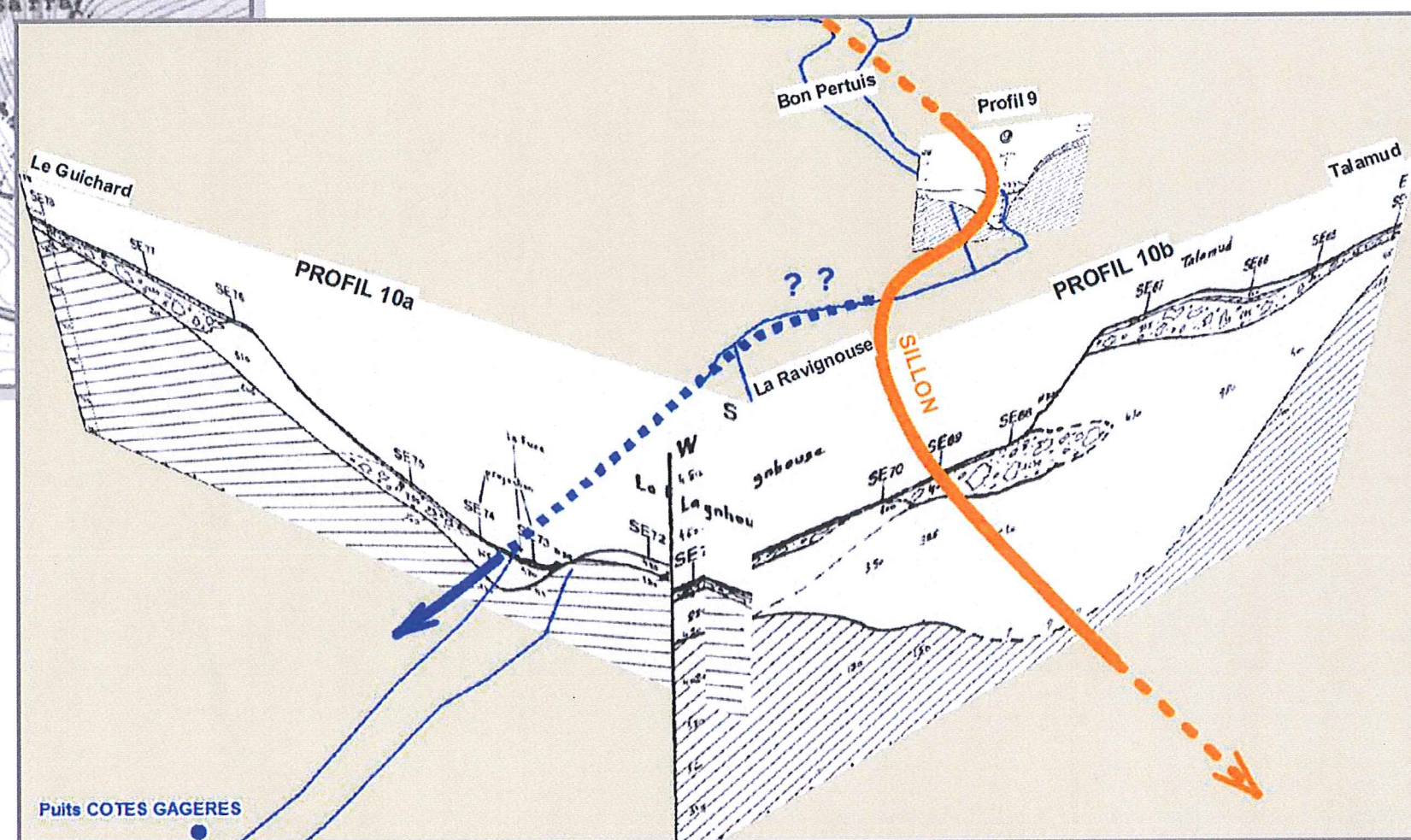
Le substratum molassique dans la région d'Apprieu a été creusé par les eaux de fontes des glaciers qui ont déposé du matériel fluvioglaciaire qui s'est disposé en terrasses visibles de part et d'autre du cours d'eau de la Fure (formations notées F4b et F5b au niveau de la zone d'étude). Cette dernière a par ailleurs entaillé les formations fluvioglaciaires et a déposé ses propres alluvions (récentes, notées Fz sur la carte géologique). Au niveau de la plaine de la Fure, il existe donc une superposition d'alluvions récentes et d'alluvions fluvioglaciaires.

En 1980, dans le cadre d'une étude scientifique (Thèse de M. Dehays) sur les ressources en eaux de la Haute Vallée de la Fure et des relations avec les bassins de Paladru et de l'Ainan, des sondages électriques ont été réalisés dans le but de retrouver le tracé et l'ampleur d'un surcreusement formé lors du retrait des glaciers. L'implantation des sondages électriques qui concernent la zone d'étude ainsi que l'interprétation se trouvent sur la figure 05.

PROSPECTION GEOPHYSIQUE DE 1980



- Puits de Cotes Gageres
- Sondages électriques 1979
- Profils de sondages électriques
- Le Fure (Cours d'eau)
- Sillon
- Extension de la nappe de Fure



Trois profils de sondages en particulier nous intéressent, ils ont été réalisés dans le secteur de Ravignousse et plus en amont au niveau de Bonpertuis.

La coupe 10a au niveau de la vallée de la Fure à Ravignousse montre un surcreusement de faible ampleur (maximum de 20 m) rempli par des formations résistantes de l'ordre de 400 ohm.m. Ces résultats traduisent un milieu certainement constitué de gros galets avec une bonne perméabilité. Sur ces formations résistantes, les sondages révèlent la présence d'une couche plus conductrice d'environ 3 m d'épaisseur. Cette couche est constituée d'argile et se situe uniquement dans le fond de vallon de la Fure.

Au niveau du profil 10b, le surcreusement est beaucoup plus important, puisque malgré la réalisation de sondages électriques AB-300m, le substratum molassique n'a pas été identifié au niveau du sondage SE68. Ce surcreusement, attribuable à un sillon fluvio-glaciaire, est assez large et s'étend sur plus de 600 m de largeur. Les profondeurs de ce sillon sont supérieures à 60 m et sont sans aucune mesure comparables au surcreusement identifié sur le profil 10a.

Ce sillon est identifiable sur le profil 09 et atteint 60 m d'épaisseur au niveau du SE01. Il est beaucoup plus étroit mais pourrait avoir la même origine que le sillon du profil 10b.

Les sondages électriques ont permis de mettre en évidence un sillon fluvioglaciaire profond (≥ 60 m) qui est continu entre Bonpertuis et Ravignousse. La limite latérale de ce sillon n'a pas pu être identifiée mais ce sillon n'est pas retrouvé au niveau du profil 10a.

La vallée de la Fure est donc drainée par le sillon fluvioglaciaire, et la nappe captée par le puits de Côte Gagère n'est en relation avec la Fure qu'à partir de Ravignousse (limite précise inconnue). Cela permet, dans le cadre de notre étude, de limiter la zone d'investigations hydrogéologiques à la branche secondaire du chenal comprise entre le captage de Côte Gagère et Ravignousse.

Cela ne permet pas d'exclure en fonction du régime hydraulique et des niveaux piézométriques, une relation entre la nappe du sillon et la nappe de la Fure au niveau de Ravignousse.

Cette hypothèse, sans une carte piézométrique précise, ne peut être vérifiée, mais dans le cadre de cette étude, l'incertitude semble relative par rapport à la proximité probable des sources de contamination.

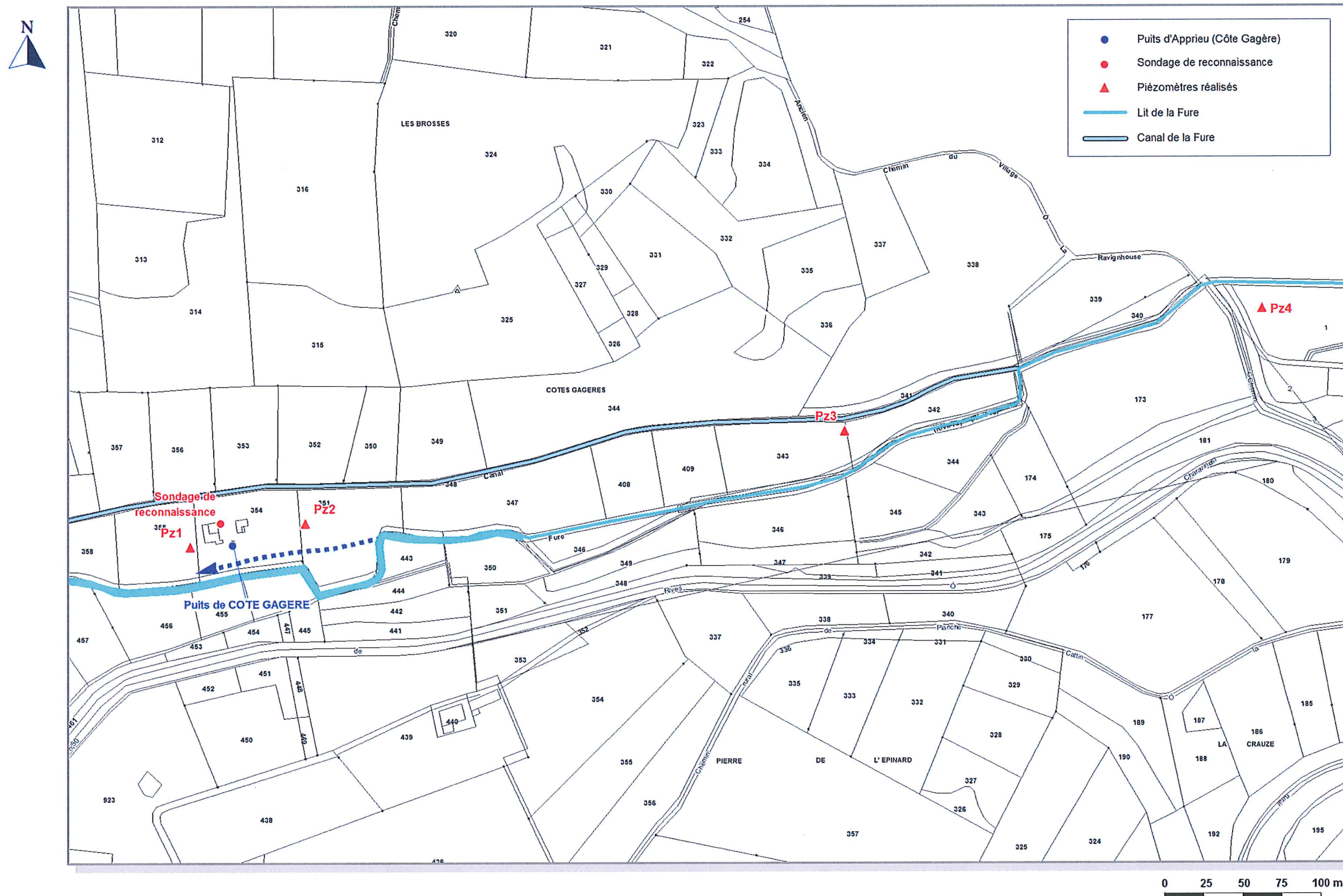
4.3 Géométrie de l'aquifère

4.3.1 Sondages mécaniques anciens

Un sondage de reconnaissance a été réalisé en 1977 dans le cadre de l'étude de recherche en eau potable dans le secteur. Cette étude a permis la réalisation ultérieure du puits de Côte Gagère dont la coupe géologique est présentée sur la figure 02. L'emplacement des différents ouvrages est reporté en figure 06.

Les coupes géologiques des ouvrages se situent dans la figure 02 et annexe n°8.

IMPLANTATION DES PIÉZOMÈTRES DE RECONNAISSANCE



		Puits Côte Gagère	Sondage de 1977
Cote du mur de l'horizon en m	Terre végétale	0,50	0,40
	Argiles à galets	3	1,8
	Graviers, gros galets avec sables argileux	4,6	4,5
	Sables graviers et galets avec très gros blocs	7,5	8,3
	Molasse	7,5	>8.3

Tableau 5 : coupe lithologique du puits et du forage de reconnaissance

Les coupes montrent en surface une couche de terre végétale d'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur. Elle recouvre un premier horizon lithologique composé de gros galets à matrice argileuse d'une puissance de 2,5 m au niveau du puits et de 1,40 m au niveau du forage de reconnaissance.

Sous cette couverture globalement peu perméable, se trouvent deux horizons plus grossiers qui peuvent être distingués en deux parties :

- Le premier est constitué essentiellement de sables, de graviers et de gros blocs dans une matrice argileuse ;
- Le deuxième a une lithologie plus grossière, puisque les graviers, galets et sables sont mêlés à de très gros blocs, d'un diamètre de 0,8 à 1 m. C'est sans doute ce dernier horizon qui est le plus perméable.

Enfin, le substratum est rencontré entre 7,5 m et 8,3 m et est constitué de molasse décrite comme un aggloméré très dur. Ce matériau est réputé être imperméable dans ce secteur.

4.3.2 Coupe des piézomètres nouvellement réalisés

4 nouveaux piézomètres ont été réalisés lors de cette étude pour préciser la géométrie de l'aquifère et mesurer la piézométrie de la nappe. Les travaux de forage se sont déroulés du 10 au 18 avril 2012 et ont été réalisés par la société AQUIFORE.

L'implantation de ces ouvrages est présentée sur la figure 06 et le compte-rendu de travaux se trouve en annexe n°9.

Le tableau suivant résume les cotes des différents horizons sur les quatre piézomètres :

	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4
Argiles à galets	2	2	2	1
Graviers moyens à fins, roulés et concassés avec sables fins à grossiers	de 2 à 8 m	de 2 à 8 m	de 2 à 6 m	de 1 à 10,5 m
Molasse	> 8 m	> 8 m	> 6 m	> 10,5 m

Tableau 6 : coupes des piézomètres de reconnaissance

Les coupes sont typiques du secteur, mais les limites d'horizons sont moins facilement identifiables du fait de la méthode de foration par rotoperçusion notamment sur le Pz4. La présence de limons à partir de 6 m pourrait indiquer le début du substratum molassique.

L'épaisseur moyenne de l'aquifère est de l'ordre de 6 m et le substratum est à une profondeur moyenne de 8 m. Sur les trois premiers piézomètres, la couverture d'argile graveleuse est de l'ordre de 2 à 3 m d'épaisseur alors qu'elle semble plus réduite sur le Pz4 (seulement 1 m). Ces coupes confirment donc les résultats de l'EM31 qui avaient montré une diminution des conductivités en amont de la plaine.

4.3.3 Aquifère en présence

Dans la vallée de la Fure, au niveau du captage de Côte Gagère, les forages réalisés (cf. tableau 03) ont permis d'apprécier les différents terrains en présence.

Deux horizons plus grossiers apparaissent sous la couverture argileuse. Dans le premier, les éléments grossiers (galets, graviers) sont mêlés à des sables argileux. La perméabilité de cette formation est donc faible et son caractère aquifère incertain.

Par contre, la formation basale est composée d'une matrice sableuse avec de nombreux éléments grossiers dont des blocs de 1 m de diamètre. Ce dernier horizon est aquifère : son épaisseur est de 2,90 m sur le puits et de 3,80 m sur le forage de reconnaissance.

Rem : en considérant l'horizon argilo-graveleux comme aquifère, les épaisseurs d'aquifère passent à 6,50 m et 4,50 respectivement sur le forage de reconnaissance et le puits.

Lors de la foration du puits, le niveau statique s'établissait à -1m/sol. La nappe est donc captive, sous la couverture d'argile à blocs dans le secteur de Côte Gagère.

Il faut noter que la molasse du Miocène du « Bas-Dauphiné » est réputée non aquifère dans le secteur. En effet, elle est conglomératique (assimilée à du rocher dans la coupe des foreurs) et sans doute de faible perméabilité.

La nappe captée par le puits de Côte Gagère est alimentée par la pluviométrie, éventuellement par la Fure, mais aussi par des sources de versants prenant naissance dans les terrasses fluvio-glaciaires et s'infiltrant à leur arrivée dans la plaine.

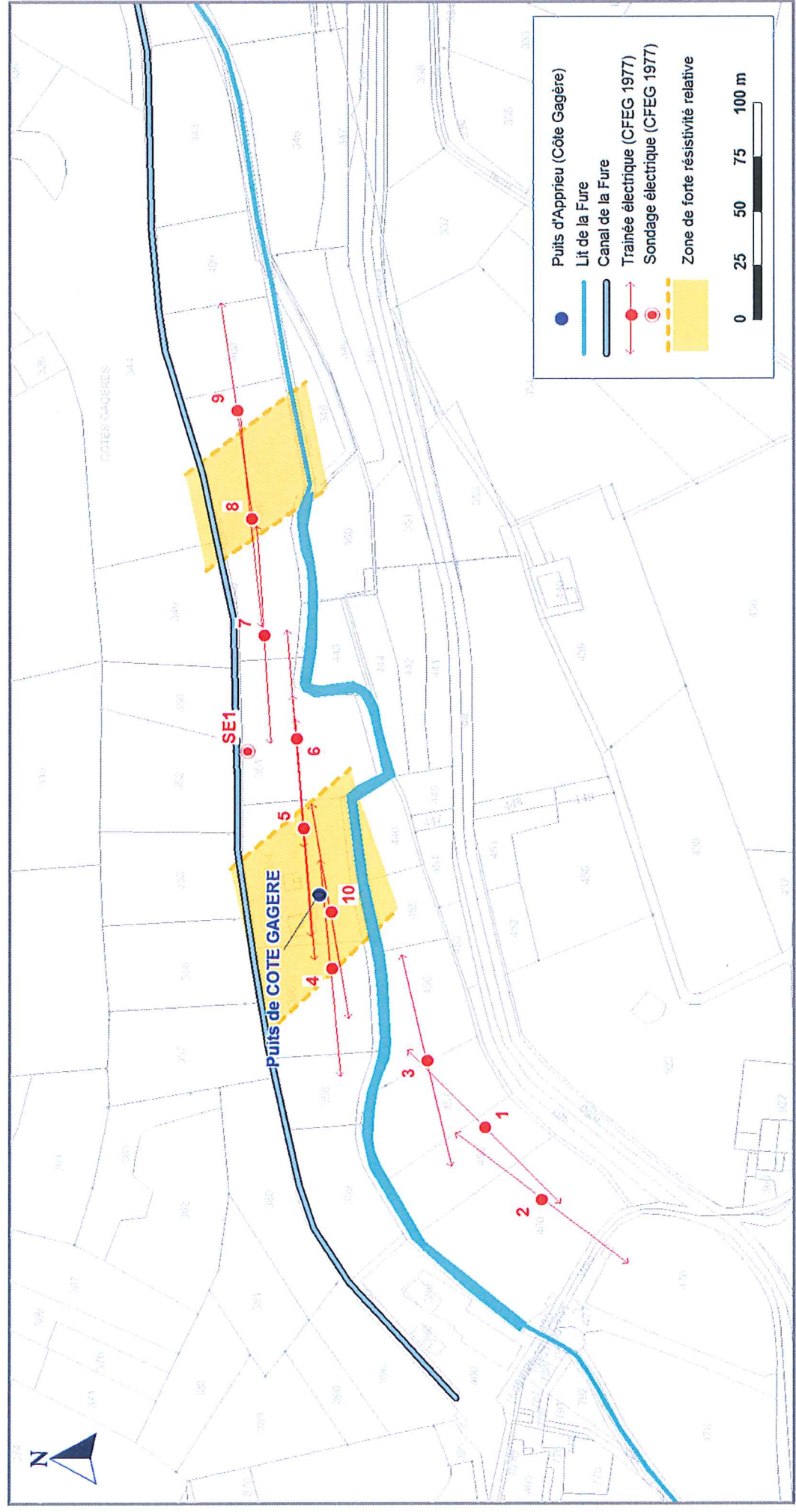
4.4 Prospection géophysique

4.4.1 Principe

La prospection électrique est une méthode non destructive permettant de déterminer indirectement la structure et la qualité des terrains. Le principe de la méthode électrique est basé sur l'identification des couches de terrains par leur résistivité. Celle-ci varie en fonction de deux paramètres principaux :

- ✓ **la nature lithologique** : plus un terrain est argileux, plus sa résistivité sera faible. Ainsi, un sable argileux sera plus conducteur qu'un sable propre ou qu'un grès, un calcaire compact sera plus résistant qu'un calcaire fissuré ou altéré ;

IMPLANTATION DE LA TRAINEE ELECTRIQUE (CFEG 1977)



- ✓ **la teneur en eau et la minéralisation de l'eau** : un terrain saturé en eau sera beaucoup plus conducteur qu'un terrain sec, plus l'eau d'imbibition sera minéralisée et plus le terrain sera conducteur. La présence d'un fluide très minéralisé dans un terrain rendra celui-ci très conducteur.

Ainsi, en fonction du contexte géologique, il est possible, à partir des valeurs de résistivité, de déterminer la nature lithologique des terrains rencontrés. La détermination de ces résistivités se fait à partir de l'interprétation des sondages électriques. Cette interprétation aboutit à la détermination d'une coupe géoélectrique du terrain en résistivités, suivant la profondeur.

Les valeurs de résistivités suivantes avaient été retenues lors de l'interprétation du sondage électrique réalisé au droit du puits par la société CFEG :

- ✓ Terre végétale : 200 $\Omega.m$;
- ✓ Argiles et gros galets ; graviers et galets avec sables argileux : 110 $\Omega.m$;
- ✓ Graviers, galets, sables et gros blocs : 360 $\Omega.m$;
- ✓ Molasse : 250 $\Omega.m$ (résistante).

4.4.2 Prospections électriques antérieures

4.4.2.1 Trainées et sondages électriques de 1977

Une première étude a été réalisée en 1977 par CFEG, dans le cadre de l'étude de recherche en eau potable. 8 trainées électriques et 2 sondages électriques ont été réalisés afin de localiser un éventuel ancien chenal, comblé par les alluvions. L'implantation et l'interprétation se trouvent sur la figure 07.

L'étude a déterminé deux zones où la résistivité est plus importante.

- Une première zone, où le captage a été implanté.
- Une seconde zone située en amont, au niveau de la trainée électrique N° 8.

L'étroitesse de la vallée n'a permis de faire qu'une seule trainée électrique et l'identification d'un chenal a été rendu impossible. Les terrains les plus résistants ont été rencontrés dans les terrains compris entre 7,5 m et 25 m, soit d'après les coupes de sondages mécaniques, dans la base de l'aquifère et le substratum molassique conglomératique.

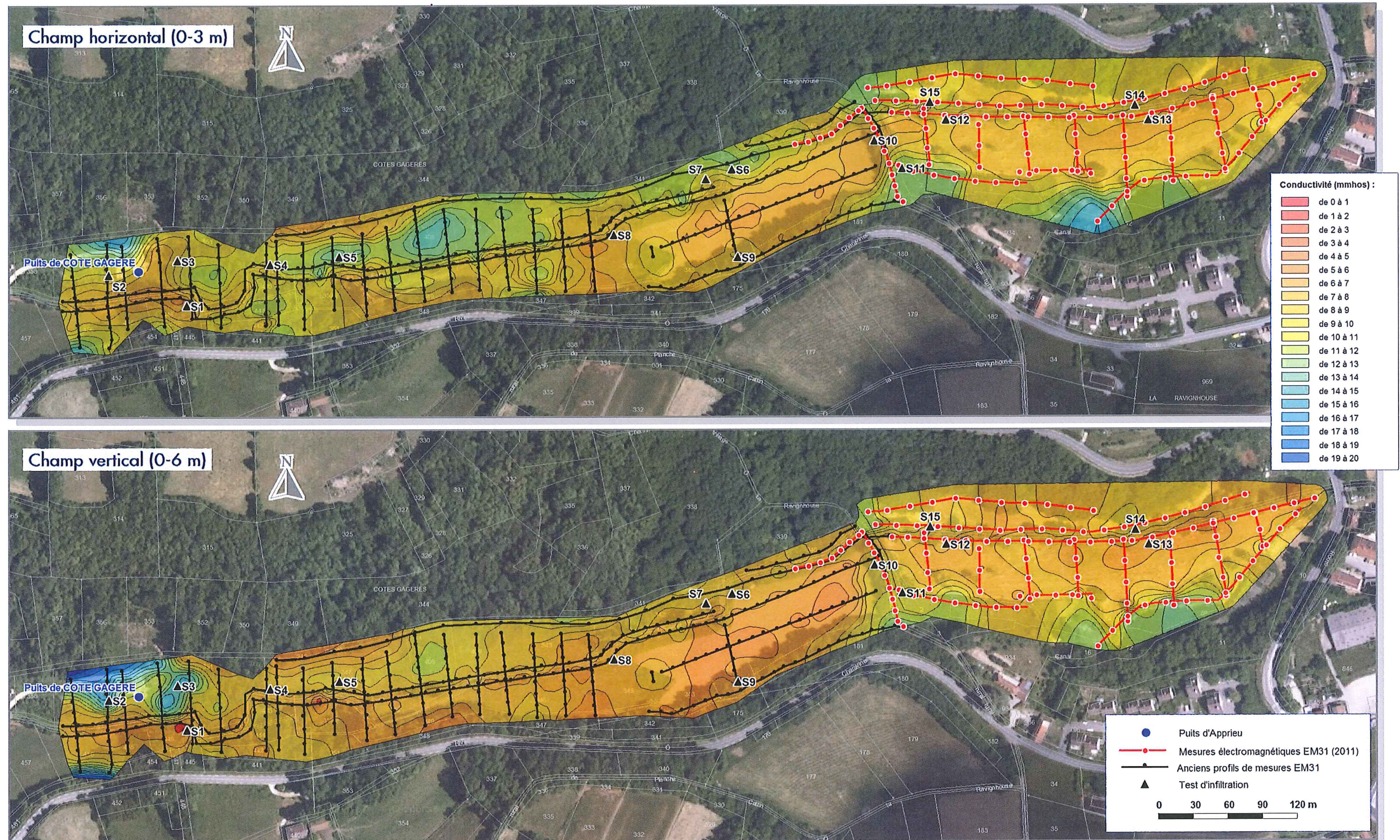
Ces résultats soulignent ainsi la difficulté d'interprétation des méthodes électriques dans un contexte aquifère résistant sur substratum résistant.

4.4.3 Prospection électromagnétique EM31

Dans le cadre d'une mise en conformité des périmètres de protection des captages, une prospection électromagnétique EM31 a été réalisée afin de reconnaître la qualité du recouvrement, le colmatage des berges de la Fure et d'éventuels paléo-chenaux. L'implantation se situe sur la figure 08 et nous avons complété la prospection déjà réalisée en 1993 par Techsol.

La prospection électromagnétique EM31 est une méthode de prospection géophysique légère qui permet de mesurer la conductivité apparente des terrains exprimée en mmohs/m, inverse de la résistivité exprimée en $\Omega.m$.

IMPLANTATION ET RESULTATS DES MESURES ELECTROMAGNETIQUES (EM31)



Le dispositif de mesures consiste en un émetteur et un récepteur séparés par une distance fixe. La bobine émettrice émet un champ magnétique qui induit de faibles courants dans le sol. La profondeur d'investigation dépend de la distance émetteur-récepteur, distance fixe dans le cas présent, mais aussi de la configuration dans l'espace des bobines. L'appareillage utilisé permet d'investiguer la tranche de terrain comprise entre 0 et 6 m de profondeur.

Les mesures sont influencées par la nature des terrains, leur granulométrie et la présence ou non d'eau interstitielle ainsi que la minéralisation de cette eau. Des terrains argileux seront très conducteurs (fortes valeurs) alors que des terrains plus sableux seront moins conducteurs.

La prospection mise en œuvre a consisté à mesurer les conductivités sur la tranche 0 – 3 m (champ horizontal) et sur la tranche 0 – 6 m (champ vertical). Nous avons complété la prospection de 1993 par 100 points de mesures supplémentaires à l'est du chemin rural et jusqu'à la RD 520 (profils en rouge sur la figure 08). Afin de se recaler avec les points de mesure précédents de 1993, nous sommes repassés sur des profils déjà existants pour s'assurer de la répétitivité des mesures et se recaler au mieux avec la prospection précédente.

Globalement, les valeurs de conductivité apparente s'étalent entre 7 et 15 mS/m de 0 à 3m et 6 à 15 mS/m de 0 à 6 m. La rive droite de la Fure est plus conductrice que la rive gauche.

Au niveau de la station de pompage, des terrains plus conducteurs apparaissent (tons de bleu) mais reflètent sans doute la présence de canalisations plutôt que de terrains plus conducteurs.

Sur la moitié est du secteur, les valeurs de conductivités sont assez homogènes entre prospection de surface et prospection profonde, ce qui souligne l'homogénéité des terrains sur les 6 premiers mètres. Les terrains de surface, notamment au droit des zones cultivées et de la zone amont de la plaine, ont une conductivité assez faible, ce qui peut favoriser l'infiltration des eaux de surface.

Sur la moitié ouest, quelques différences sont observées, notamment au niveau de la prairie en amont du puits. Les terrains de surface apparaissent plus conducteurs (> 10 mS/m) et témoignent d'une couverture argileuse dans ce secteur.

Cependant, au niveau du captage jusqu'en amont au niveau des deux coudes à angle droit de la Fure, les terrains deviennent moins conducteurs et les conductivités sont de l'ordre de 6 à 7 mS/m dans la tranche 0-3 m et de l'ordre de 7 mS/m dans la tranche 0 – 6 m. **Ces conductivités sont équivalentes à une résistivité de l'ordre de 150 ohm.m qui reflète la couverture argileuse à blocs. La couverture protectrice dans ce secteur semble donc être de moins bonne qualité. Elle peut permettre l'infiltration des eaux de surface depuis la rivière et jusque dans le PPI.**

4.4.4 Essais d'infiltration

Afin d'apprécier la qualité de la couverture, nous avons réalisé des sondages à la tarière et des tests d'infiltration sur toute la zone. L'implantation de ces sondages à la tarière se trouve sur la figure 08 et les résultats en annexe 10.

Sous une couche de terre végétale pluridécimétrique, un horizon tantôt argilo-limoneux, tantôt limono-argileux est retrouvé. A partir d'une certaine profondeur, la présence de cailloux est détectée limitant ainsi la profondeur d'investigation.

Le tableau suivant résume les valeurs de perméabilités de la couverture :

Numéro sondage	K (m/s)
S1	$7,2 \cdot 10^{-6}$
S2	$2 \cdot 10^{-6}$
S3	$8,2 \cdot 10^{-6}$
S4	$2 \cdot 10^{-6}$
S5	$1,4 \cdot 10^{-6}$
S6	$6,3 \cdot 10^{-6}$
S7	$1,2 \cdot 10^{-5}$
S8	$2,3 \cdot 10^{-6}$
S9	$6,4 \cdot 10^{-6}$
S10	$3,4 \cdot 10^{-6}$
S11	$1,9 \cdot 10^{-6}$
S12	$6,5 \cdot 10^{-6}$
S13	$1,1 \cdot 10^{-5}$
S14	$1,4 \cdot 10^{-6}$
S15	$1,3 \cdot 10^{-6}$

Tableau 7 : valeurs de perméabilités de la couverture

Les essais d'infiltration confirment l'homogénéité de la couverture qui a une perméabilité moyenne de $5 \cdot 10^{-6}$ m/s soit environ 20 mm/h.

Cela confirme que la couverture n'est pas « étanche » et qu'elle ne confère qu'une protection relative à l'aquifère sous-jacent.

4.4.5 Prospection par panneaux électriques

4.4.5.1 Principe

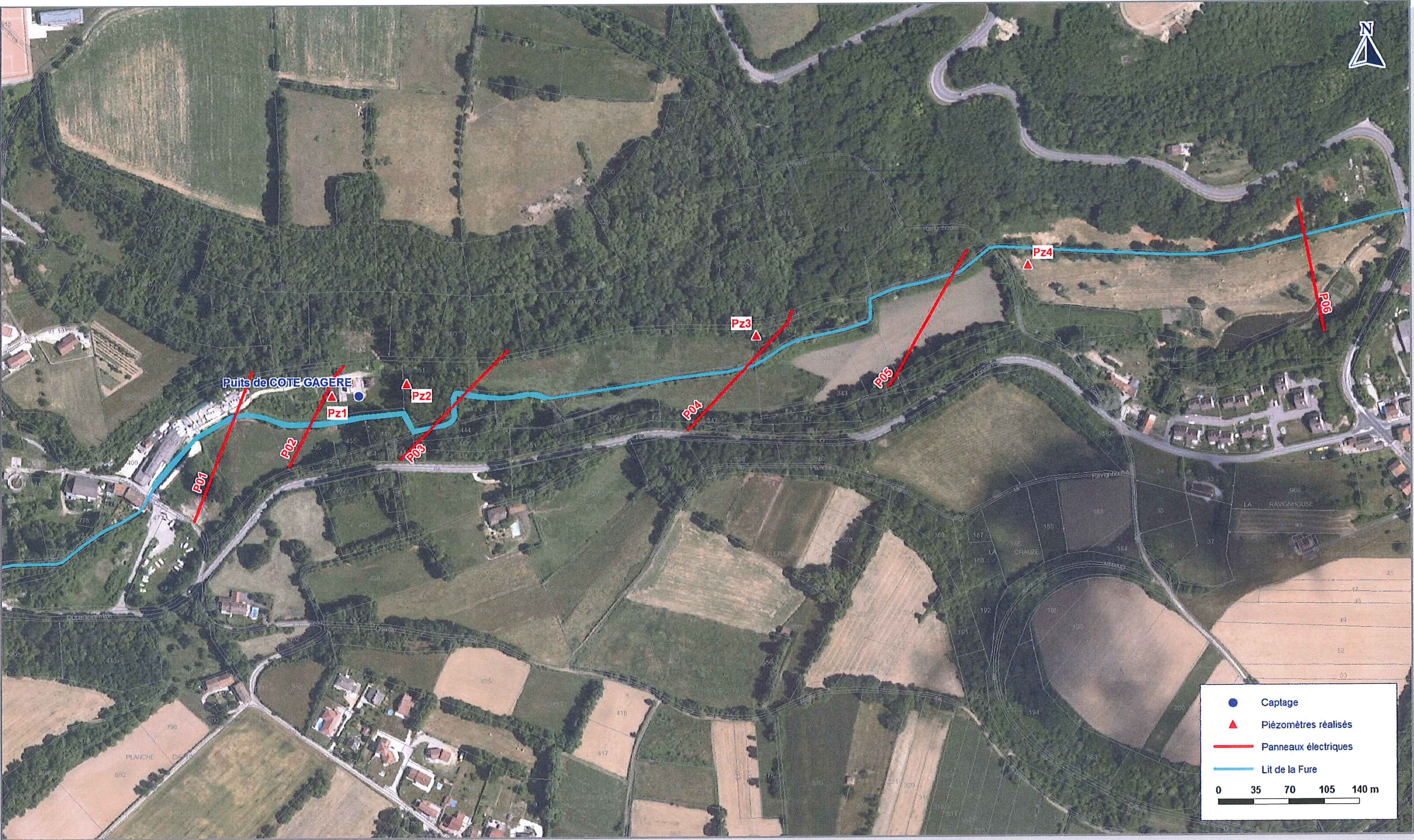
Les panneaux électriques permettent d'obtenir des coupes de la répartition des terrains en fonction de leur résistivité « vraie » sur une profondeur d'investigation dépendant de la géométrie du dispositif.

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 200 m**. Les panneaux ont été réalisés avec un pas de mesures de 2,50 mètres (longueur de 157,50 m) permettant d'atteindre une profondeur de 20 mètres environ. Les mesures ont été réalisées entre le 16 janvier et le 17 janvier 2012.

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

IMPLANTATION DES PANNEAUX ELECTRIQUES



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.

4.4.5.2 Résultats

L'implantation des profils de panneaux électriques est reportée sur la figure 09a et les résultats sur la figure 09 b et c.

Les profils ont été implantés perpendiculairement à la vallée et leur extension a été limitée du fait du dénivelé abrupt des coteaux.

Tout d'abord, et conformément à ce qui avait été observé sur la prospection EM 31, la vallée de la Fure peut être scindée en deux parties avec du panneau 1 à 4, une couverture peu résistante (entre 100 et 125 ohm.m) et à l'est du panneau 4, une couverture très résistante (>200 ohm.m). Quelques zones plus conductrices apparaissent localement sur les panneaux à l'est.

Dans la partie amont de la vallée, la résistance des formations de surface ne confère à l'aquifère qu'une faible protection et laisse entrevoir une infiltration possible des eaux superficielles. Dans la partie aval, les résistances sont plus faibles, mais la couverture ne constitue certainement pas une « barrière efficace » contre l'infiltration.

Sur les panneaux 1 à 4, la transition entre l'aquifère fluvioglaciaire est assez nette et a été affinée avec les coupes des piézomètres. Le substratum molassique est détecté à une cote proche de 400 m NGF et semble remonter en direction du sud-ouest. Le substratum est plus chahuté sur les panneaux 1 et 2, notamment sur le premier profil où un surcreusement s'individualise au nord-est au niveau de la Fure (ancien chenal ?).

Sur les panneaux 5 et 6, la limite entre la molasse et les alluvions n'est pas nette et les piézomètres sont trop éloignés pour recalculer les panneaux. L'épaisseur de l'aquifère semble néanmoins s'amincir en direction de l'est et notamment sur le panneau 6 où seul un surcreusement est identifié au niveau de la Fure.

Sur l'étendue de la zone prospectée, l'aquifère capté par le puits de Côte Gageré semble donc continu, mais son épaisseur diminue en amont. La résistance de la couverture diminue en direction de l'aval, mais les valeurs restent tout de même élevées et laissent entrevoir une infiltration des eaux superficielles possible.

4.5 Contexte hydrogéologique

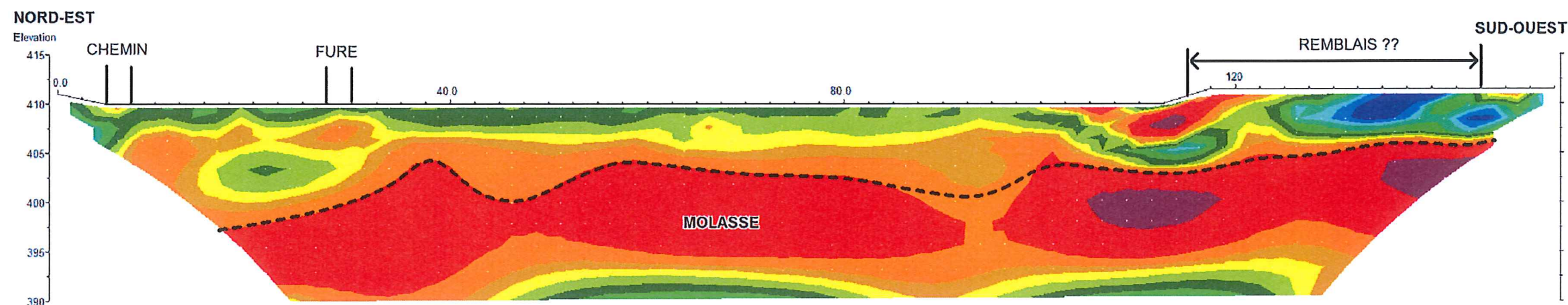
4.5.1 Esquisses piézométriques

Plusieurs relevés piézométriques ont permis de tracer des esquisses piézométriques de la nappe en régime statique et dynamique. Les niveaux d'eau superficielles et souterraines ont été nivelés afin d'être ramenés dans le même référentiel. Les niveaux dans la Fure et les seuils ont été pris en compte sur tout son cours.

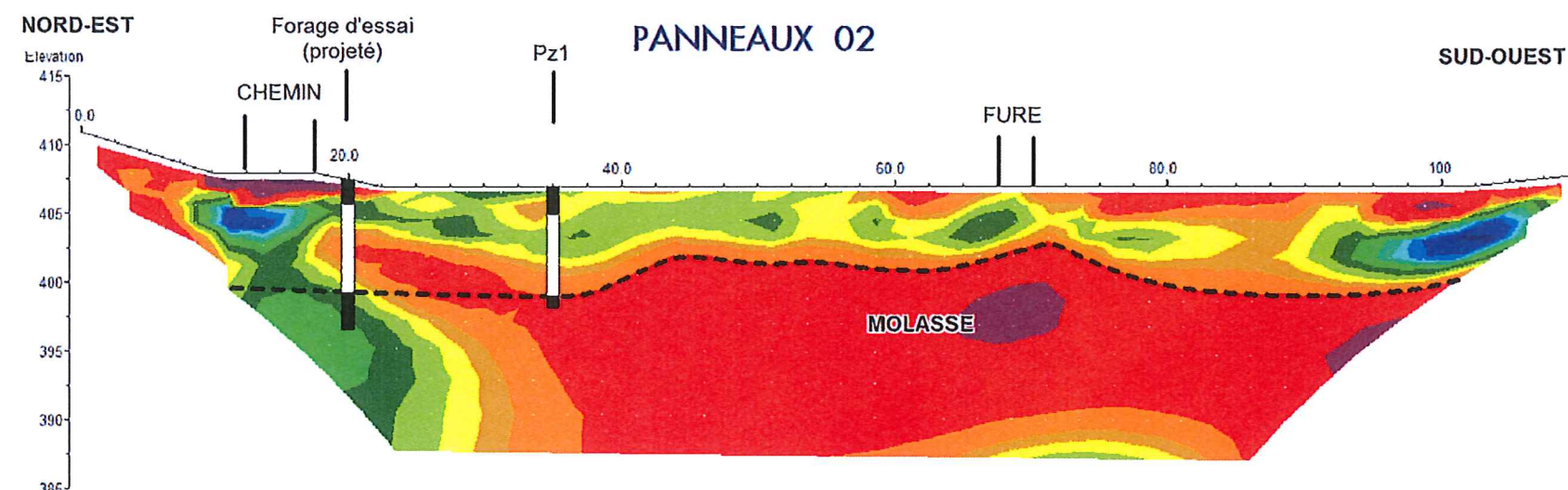
Les mesures se sont déroulées entre le 21 mai et le 26 mai 2012 dans une période relativement humide. En effet, d'après les relevés effectués au Lac de Paladru, la pluviométrie journalière était la suivante :

RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES

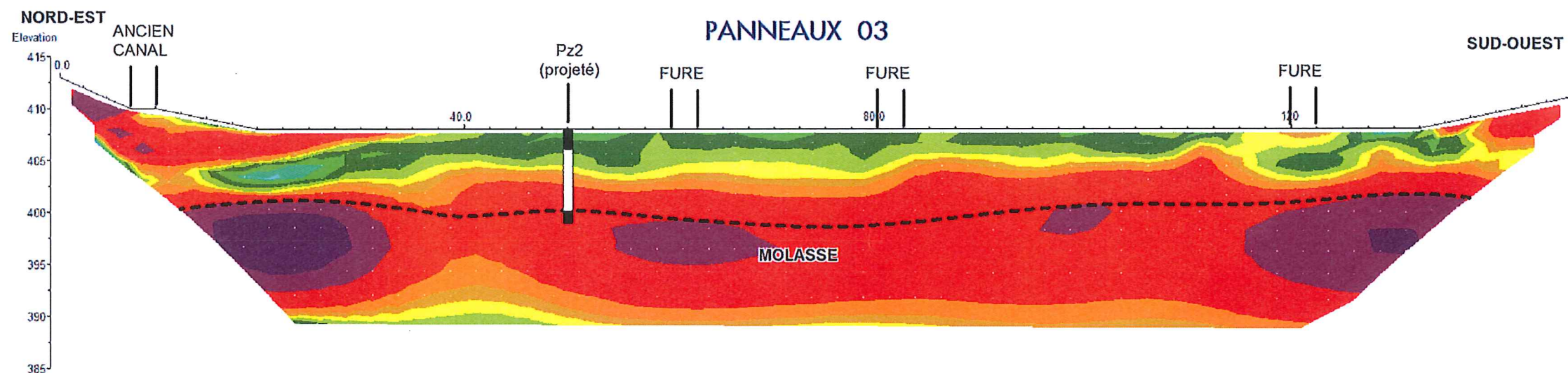
PANNEAUX 01



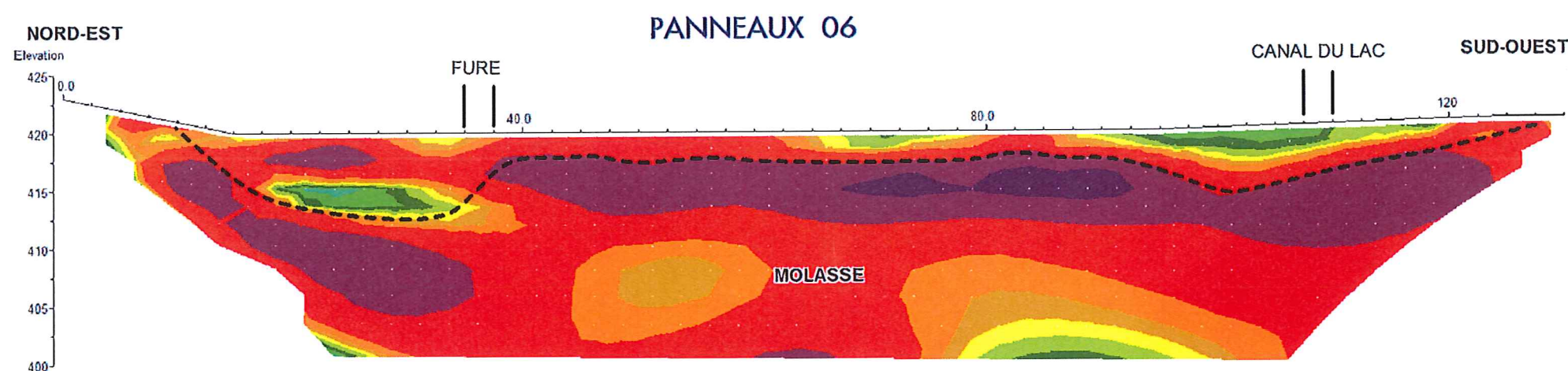
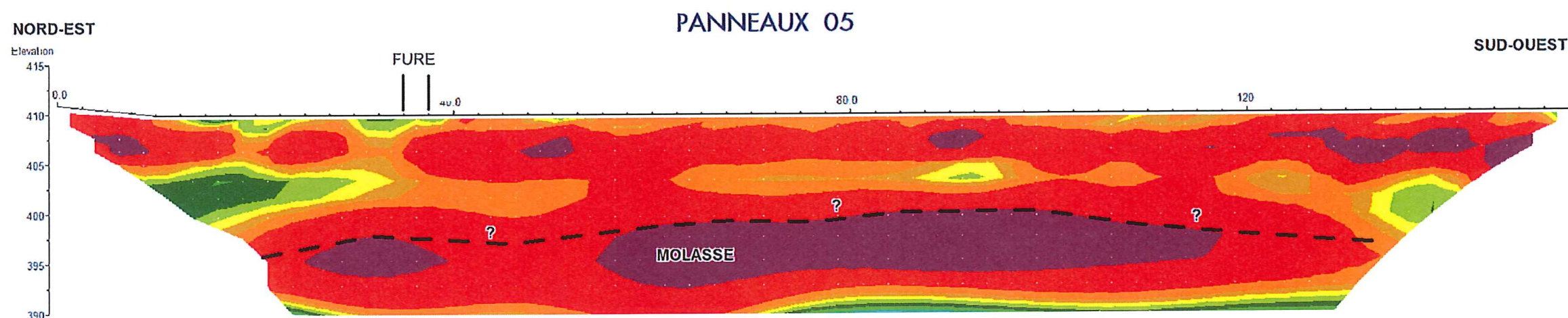
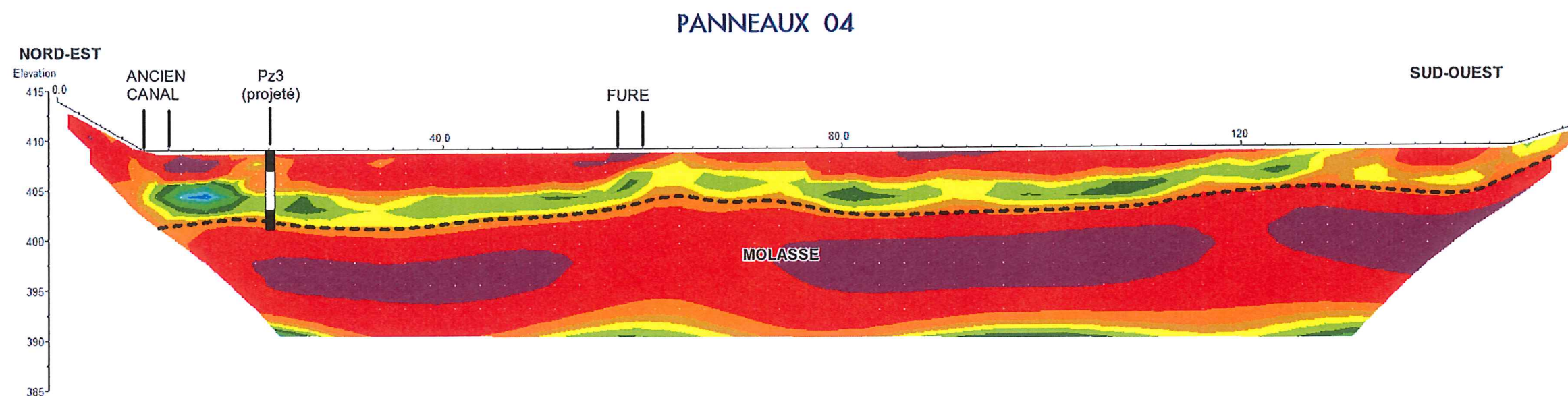
PANNEAUX 02



PANNEAUX 03



RESULTATS DES PANNEAUX ELECTRIQUES



	17/5/12	18/5/12	19/5/12	20/5/12	21/5/12	22/5/12	23/5/12	24/5/12	25/5/12	26/5/12
Pluviométrie en mm	1,8	1,5	0,4	36,2	39,8	16,9	0,2	0	0	0
Débit de la Fure à l'exutoire du Lac de Paladru en l/s	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1500	1500	1500	1500

Tableau 8 : pluviométrie journalière et débit de la Fure pendant les essais de pompage

Il a donc plu près de 100 mm en une semaine, ce qui a conduit à augmenter le débit de « fuite » du Lac de Paladru à 1 500 l/s le 23 mai 2012.

Les campagnes de mesures se sont donc déroulées en relative hautes eaux, période pendant laquelle la qualité bactériologique de l'eau souterraine se dégrade particulièrement.

4.5.1.1 Esquisse piézométrique statique

La piézométrie statique a été relevée le 21 mai 2012 avant les essais de pompage. Le puits était arrêté depuis de nombreux jours. L'esquisse piézométrique est présentée sur la figure 10.

Elle montre un écoulement global parallèle à celui de la rivière à savoir est-ouest. Le gradient de la nappe est relativement élevé entre Pz1 et Pz4, puisqu'il est de l'ordre de 1,2% et est égal au gradient de la rivière.

Sur toute la zone prospectée, la Fure est en équilibre avec la nappe et quatre secteurs se distinguent :

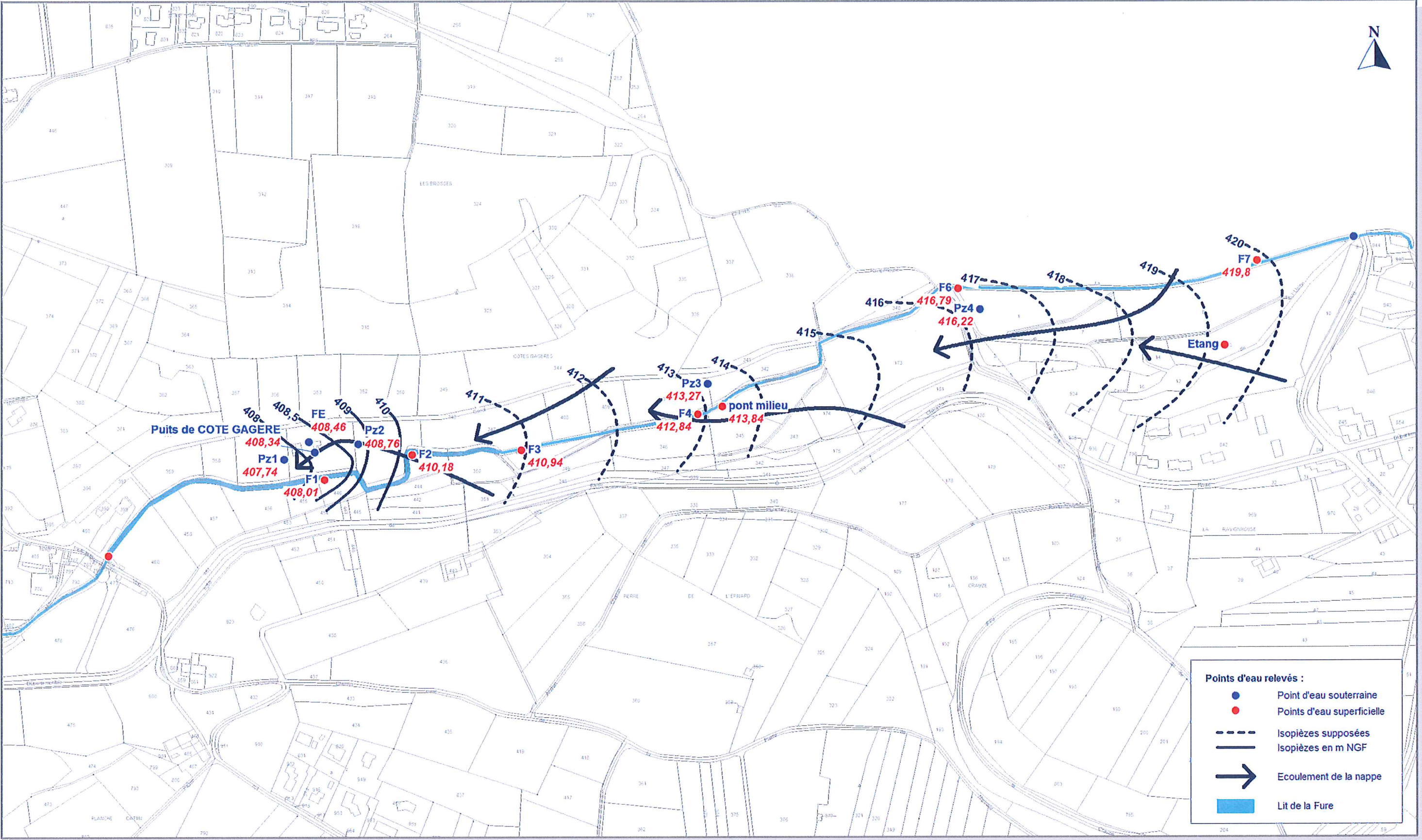
- Dans la partie amont, jusqu'à la jonction entre l'ancien canal et la rivière, la Fure est en position haute et alimente probablement la nappe ;
- Dans la partie centrale, jusqu'au brusque changement de direction de la Fure à 90°, la rivière draine la nappe. La forme des isopièzes souligne les apports de versants des terrasses ;
- Dans la zone de méandres de la Fure, la rivière alimente la nappe en rive droite ;
- Enfin, dans la partie aval, la Fure repasse en position drainante.

La formule de Darcy permet d'estimer le flux de la nappe au droit du puits à près de 170 m³/h (en considérant une largeur de la plaine de 80 m, une transmissivité de 5.10⁻² m²/s et un gradient de 1,2%)

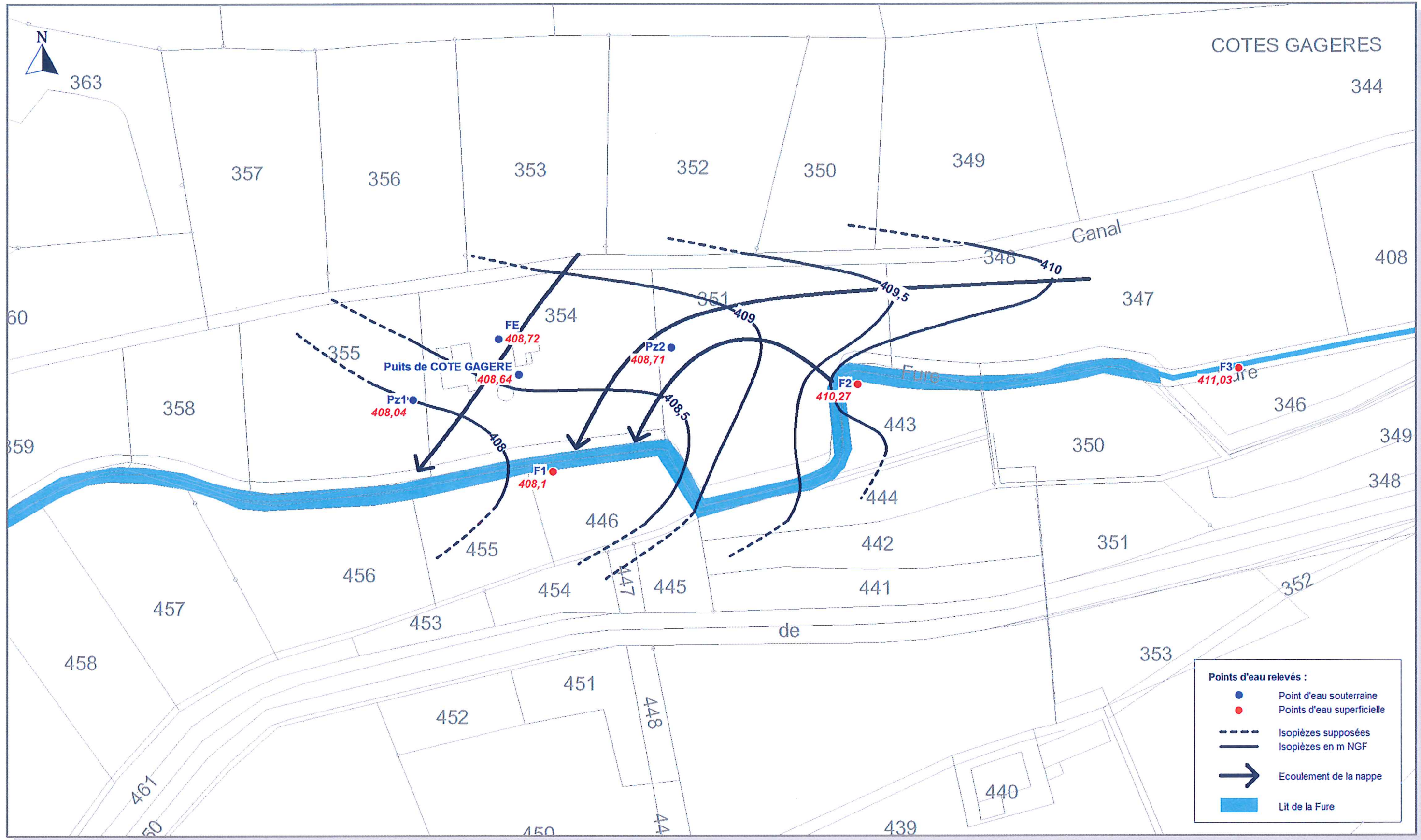
4.5.1.2 Esquisse piézométrique statique « hautes eaux »

Entre le 21 et le 22 mai 2012, 56,7 mm de pluie se sont abattus dans le secteur. Même si le niveau de la Fure n'a pas beaucoup varié, l'augmentation des niveaux a été suffisamment importante pour provoquer le débordement de la rivière au niveau du premier méandre (constatation effectuée le 22 mai, tandis que le 21 mai la rivière était encore dans son lit). Nous avons donc tracé une nouvelle esquisse piézométrique le 22 mai avant les pompages, qui représente une piézométrie statique de hautes eaux (Cf. figure 11) avec un débordement de la Fure.

ESQUISSE PIEZOMETRIQUE STATIQUE- 21 MAI 2012



ESQUISSE PIEZOMETRIQUE STATIQUE HAUTES EAUX - 22 MAI 2012



La différence la plus notable est l'inflexion des isopièzes au droit des méandres qui souligne une alimentation plus marquée de la nappe par la rivière. La zone alimentée s'étend en direction du Pz 2 avant d'être redrainé en aval par la Fure.

La principale conclusion de cette esquisse est, qu'en cas de débordement de la Fure au niveau de ses méandres dans la zone boisée, l'eau se réinfiltré dans les terrains et vient alimenter la nappe.

4.5.1.3 Esquisse piézométrique dynamique « hautes eaux »

La troisième esquisse piézométrique a été tracée à partir des mesures faites le 23 mai 2012 à 10 heures, lorsque les niveaux dynamiques étaient les plus bas (et avant une remontée subite des niveaux dans la nappe). Elle est présentée sur la figure 12.

Elle diffère légèrement de la précédente du fait des rabattements provoqués par le pompage dans le puits (pompage continu à 80 m³/h depuis 25 h). **L'isopièze 408,5 m se décale ainsi vers l'est et laisse entrevoir l'alimentation possible du puits par la Fure. La rivière déborde en effet au niveau du méandre, s'infiltré et transite dans l'axe du Pz2 jusqu'au puits.**

Les faibles rabattements provoqués par les pompages dans ce régime hydraulique ne permettent pas de mettre en évidence l'alimentation de la Fure perpendiculairement au puits. L'alimentation en amont est suffisante (notamment par la Fure au niveau des méandres) pour ne pas solliciter la rivière au droit du puits.

4.5.1.4 Conclusions des campagnes piézométriques

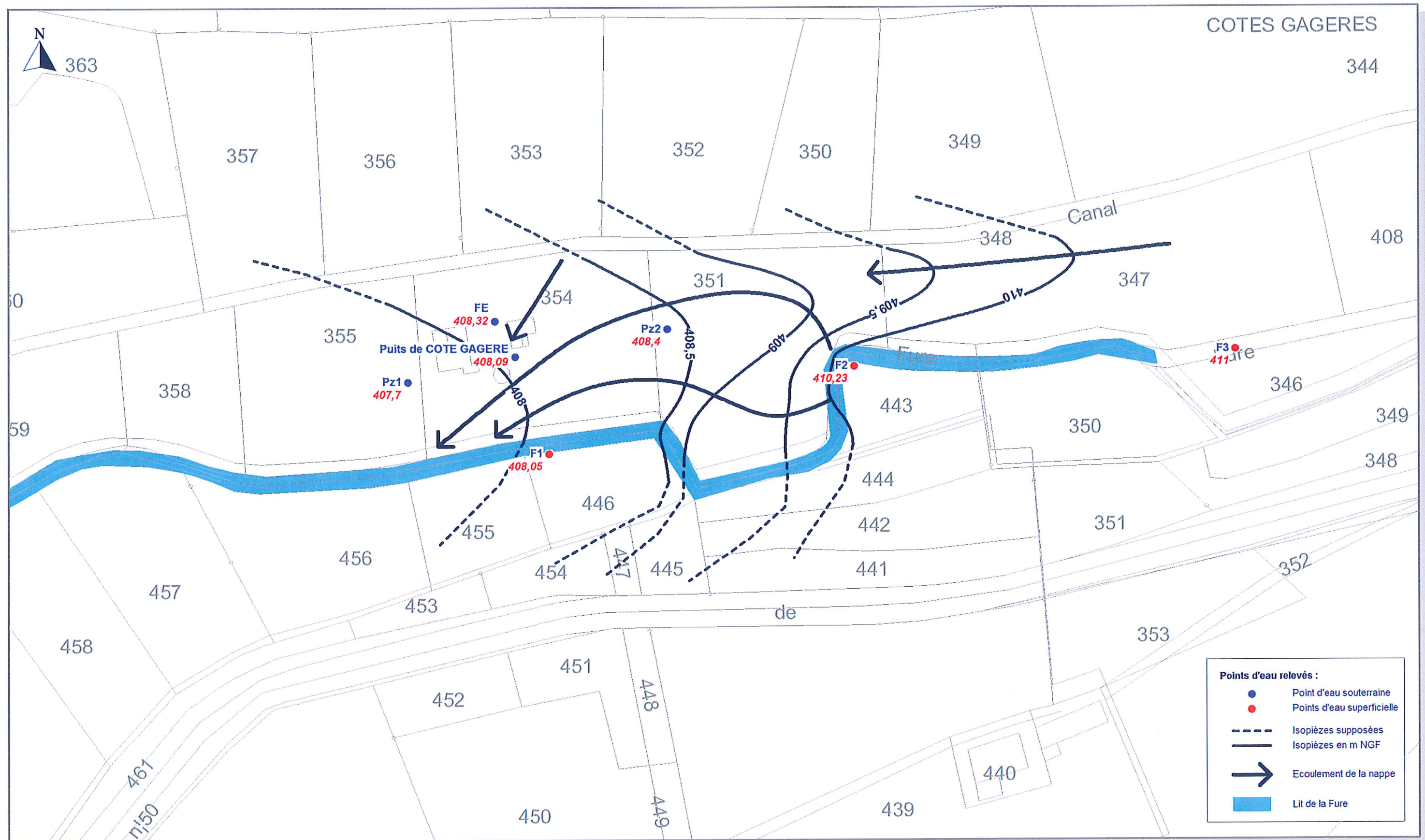
Les différentes mesures effectuées ont permis de déterminer les sens d'écoulement dans la nappe en régime statique et dynamique. Globalement, la rivière peut alimenter la nappe en amont de la vallée et au niveau des méandres de la Fure en amont des puits. En cas de débordement de la Fure au niveau de son premier méandre marqué, l'eau superficielle se réinfiltré dans la nappe et en cas d'exploitation du puits, est susceptible d'alimenter cet ouvrage.

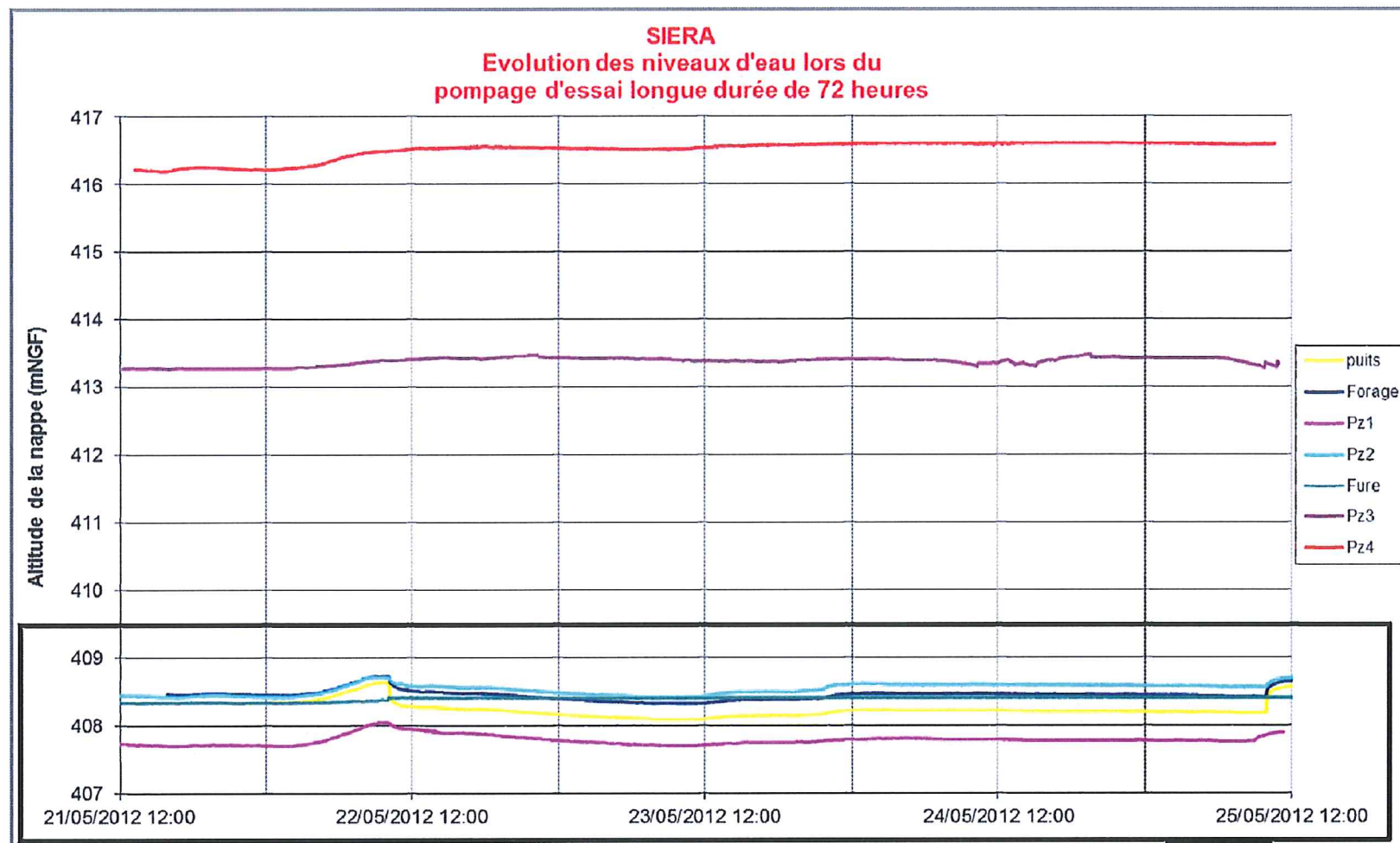
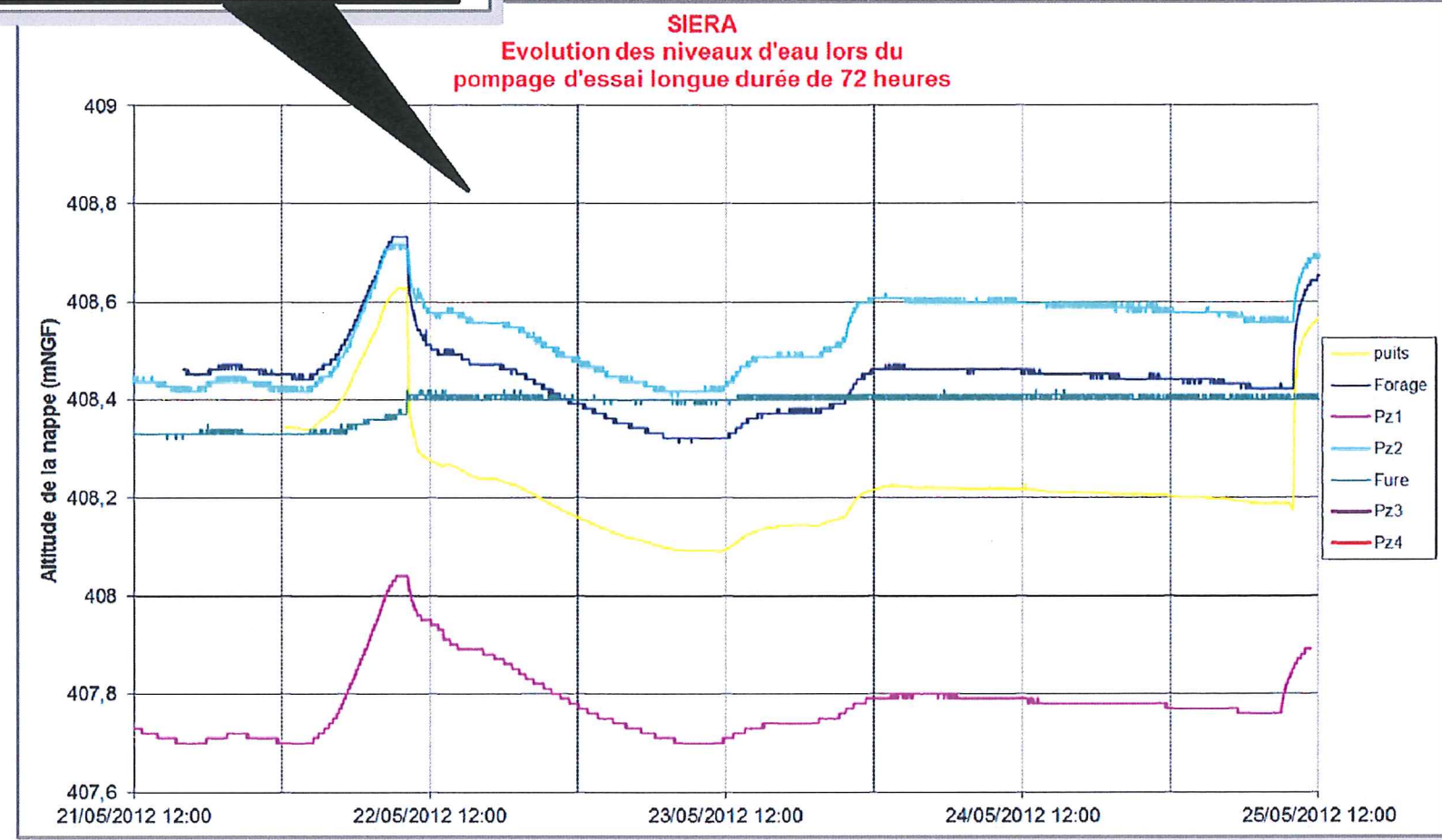
L'alimentation de la Fure n'est donc pas seulement marquée en cas de débordement dans le PPI, elle l'est également en cas de débordement à l'amont du PPI dans la zone boisée. La dégradation de la qualité de la rivière peut donc entraîner la dégradation de la qualité de l'eau captée par le puits. Cette hypothèse sera vérifiée à partir du traçage global.

4.5.2 Pompages d'essais

Nous avons réalisé un pompage d'essai longue durée à partir d'un groupe de pompage qui rejetait l'eau dans la Fure. Le débit de pompage a été maintenu constant à 79,7 m³/h pendant 72h. Les volumes et débits ont été mesurés à l'aide d'un compteur volumétrique sur la colonne de refoulement.

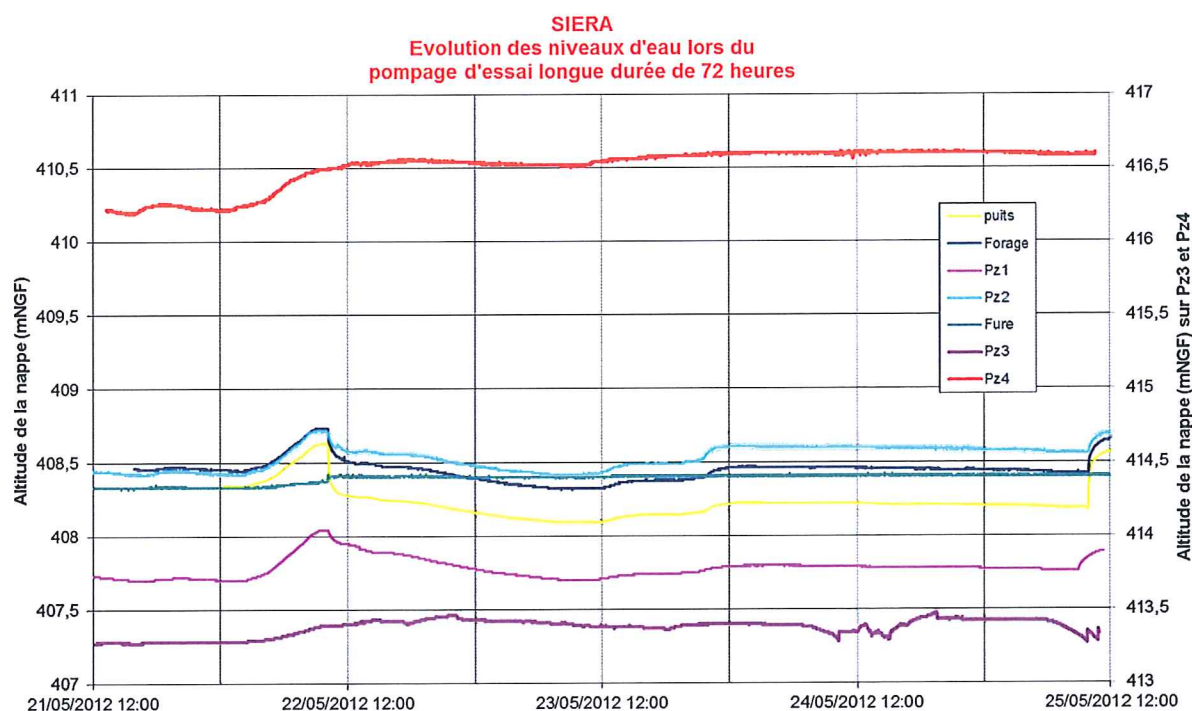
L'évolution des niveaux d'eau a été suivie à l'aide de sondes pressiométriques automatiques qui ont été installées dans les piézomètres, le puits, le forage d'essai et la Fure, soit 7 sondes au total. L'évolution des niveaux d'eaux est présentée sur la figure 13.



EVOLUTION DES NIVEAUX D'EAU
LORS DU POMPAGE LONGUE DUREE 72 HEURESZOOM : Evolution des niveaux d'eau
lors du pompage longue durée 72 heures

Quelques heures avant le démarrage des pompes, le niveau de la nappe est monté subitement de 30 cm en 9h. Cette hausse peut s'expliquer, outre par les fortes pluies qui se sont abattues et les apports de versants, par le débordement de la Fure qui est venue subitement réalimenter la nappe.

Le graphique suivant permet de comparer l'évolution des niveaux dans la nappe entre Pz1 et Pz4 : les niveaux piézométriques sur Pz3 et Pz4 ont été reportés sur un axe des ordonnées secondaires afin de s'affranchir de la différence d'altitude (les échelles sont identiques sur les deux axes afin de comparer les hausses et baisses de niveaux).



Graphique 9 : évolution des niveaux d'eau lors des pompages d'essais

Cette représentation permet de constater que la hausse brutale des niveaux d'eaux sur les ouvrages proches du puits l'est beaucoup moins sur les Pz3 et Pz4 en amont. L'amplitude est identique mais les niveaux augmentent avec plus d'inertie.

Cela conforte l'hypothèse d'une alimentation localisée de la Fure au niveau de ses méandres, qui ferait augmenter les niveaux de la nappe dans le secteur de débordement. Puis, par effet de « barrière hydraulique », cette hausse se répercute en amont (telle une onde de crue). L'amplitude identique d'amont en aval fait penser à un aquifère d'extension limitée.

A noter que l'augmentation des niveaux d'eau en amont peut aussi refléter une alimentation de la rivière dans le secteur de Pz4 et/ou un apport de versant plus important. La remontée plus rapide des niveaux sur les piézomètres en aval pourrait aussi être le reflet de la captivité de la nappe dans ce secteur alors qu'elle pourrait être libre au niveau de Pz4.

Rem : les variations de niveau sur le Pz3 deviennent atypiques à partir du 24 mai 2012, puisque des hausses et baisses subites d'une amplitude maximum de 20 cm se produisent. Ces variations ne sont observées sur aucun autre ouvrage ; le phénomène est donc localisé.

Ce piézomètre est en bordure de versant et peut bénéficier des apports des terrasses qui pourraient être discontinus et variables.

L'interprétation des essais de pompages est rendue délicate par tous ces phénomènes décrits précédemment, puisque les variations ne sont pas essentiellement dues aux pompages. Nous avons donc essentiellement interprété le début de l'essai en régime transitoire. Les interprétations se trouvent en annexe n°11, et le tableau ci-après résume les résultats :

	Transmissivité (m ² /s) Descente	Perméabilité (m/s) Descente	S en %	Transmissivité (m ² /s) Montée	Perméabilité (m/s) Montée
Puits	5,8.10 ⁻²	1,3.10 ⁻²		4.10 ⁻²	8,9.10 ⁻³
Forage FE	5,3.10 ⁻²	4,9.10 ⁻³	0,81%		
Pz1	4,4.10 ⁻²	7,3.10 ⁻³	5,00%		
Pz2	7,6.10 ⁻²	1,3.10 ⁻²	0,30%		

Tableau 9 : caractéristiques hydrodynamiques tirées des pompages d'essais

Les transmissivités sont assez homogènes sur les quatre ouvrages testés et sont en moyenne de 5,8.10⁻² m²/s. La perméabilité est plus variable mais est très élevée sur le puits (1,1.10⁻³ m/s), ce qui caractérise la bonne qualité des alluvions basales. Des perméabilités équivalentes sont retrouvées sur le Pz2, tandis que les valeurs sont plus faibles sur le forage d'essai et le Pz1. Les valeurs d'emménagement auraient tendance à démontrer la semi-captivité de la nappe.

Le graphique en annexe 11 présente le rabattement observé dans chaque ouvrage (après 25 heures de pompage) en fonction de la distance au puits. L'intersection de la droite avec l'axe des abscisses permet de déterminer le rayon d'action du puits en pompage. Les points s'alignent presque parfaitement sur une droite (dont la pente confirme la transmissivité calculée avec les pompages d'essais), alors que le forage d'essai est en position latérale, le Pz1 en aval et le Pz 2 en amont. Cela tendrait à nouveau à démontrer la faible extension de l'aquifère, mais le fort gradient mesuré dans la nappe devrait théoriquement limiter le rayon d'action et surtout créer une anisotropie. La droite conduit à un rayon d'action de l'ordre de 5 km, ce qui semble surestimé.

Cependant, d'après la piézométrie et la formule de Darcy, le débit transitant au droit du puits est de l'ordre de 170 m³/h dans ce régime hydrologique. Le débit d'exploitation du puits représente donc près de 50% du flux de la nappe ce qui peut expliquer la forte incidence des pompages. La baisse des niveaux observée sur les Pz 3 et Pz 4 est donc sans doute le reflet de l'impact du pompage (quelques cm).

Cela confirme également qu'à l'étiage, le débit d'exploitation du puits est trop élevé puisqu'il est supérieur à 50 % du débit de la nappe.

Le rabattement maximal mesuré sur le puits est de 0,54 cm ce qui conduit à un débit spécifique de près de 150 m³/h.

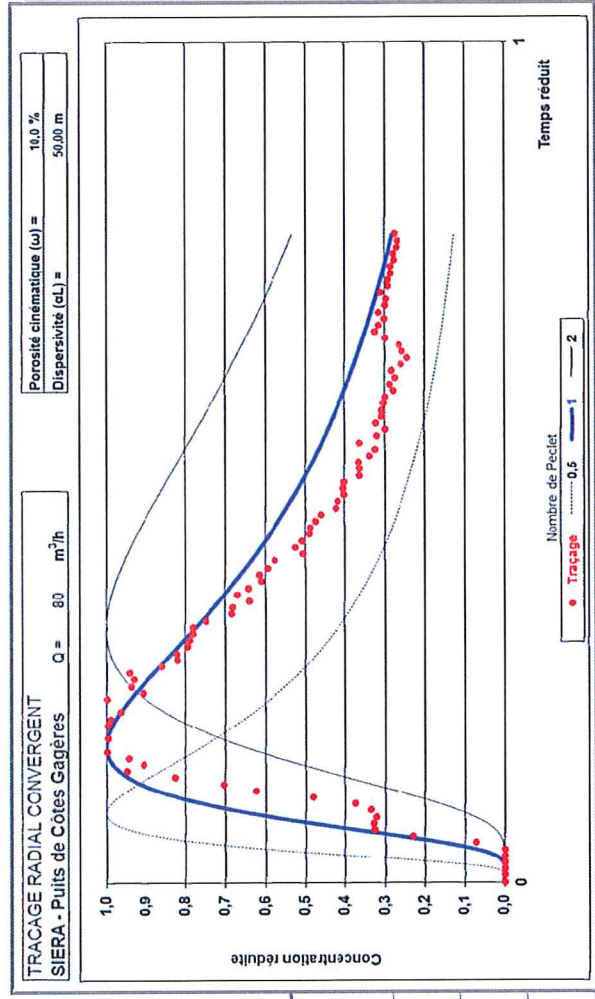
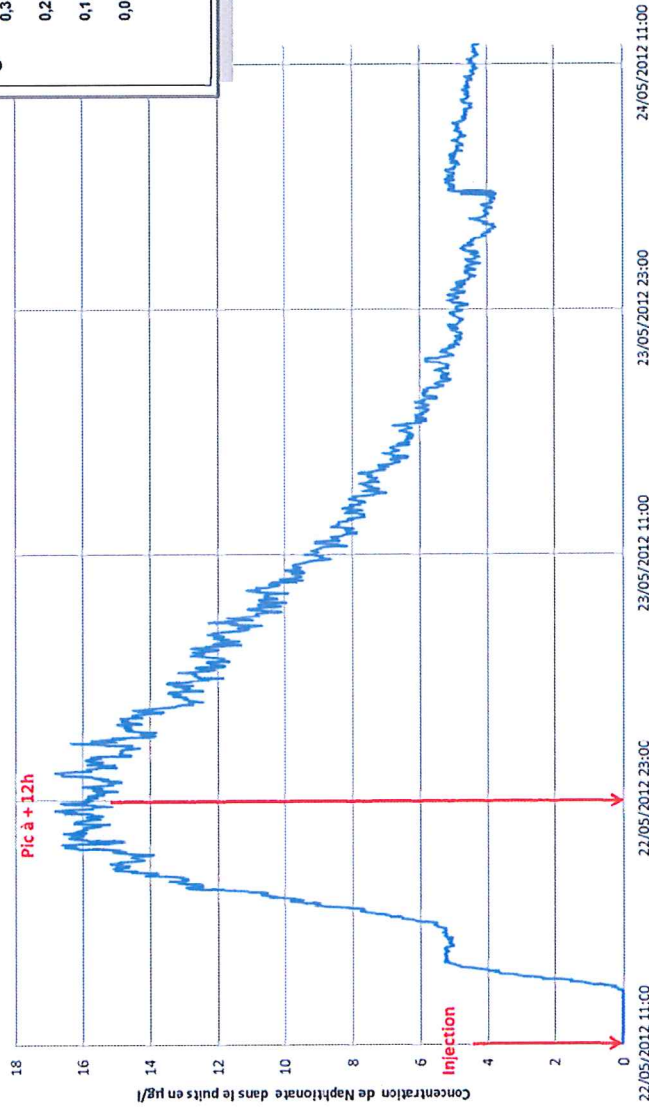
4.5.3 Traçages

4.5.3.1 Traçage radial convergent

Durant l'essai de pompage, un traçage radial convergent a été réalisé entre le puits et le Pz2. Il a consisté à injecter un colorant alimentaire (naphthionate incolore à de faibles concentrations)

TRAÇAGE RADIAL CONVERGENT ENTRE LE PZ2 ET LE PUIT

Evolution de la concentration en naphthionate
dans le puits en fonction du temps



dans le Pz2 et à suivre sa restitution dans le puits à l'aide d'une sonde fluorimétrique GGUN-FI. 1 kg de Naphthionate dilué dans 10 l d'eau a ainsi été poussé avec 500 l d'eau le 22 mai 2012 à 11 heure, une heure après le début du pompage. La figure 14 montre la courbe de restitution du traçage ainsi que l'interprétation.

Ce traçage conduit à une valeur de porosité cinématique de 10% et à une dispersivité longitudinale de 50 m.

4.5.3.2 Traçage global

4.5.3.2.1 Principe

Le traçage global est une méthode de traçage utilisant les principes de la prospection géophysique électrique. Dans un aquifère, la résistivité des terrains saturés dépend de la granulométrie des matériaux et de leur teneur en argile. Ces paramètres sont censés ne pas évoluer, tout au moins à l'échelle humaine.

La résistivité dépend d'autre part de la minéralisation de l'eau, que l'on peut artificiellement faire varier, par exemple en injectant une solution saumâtre. L'augmentation de la minéralisation de l'eau s'accompagne ainsi d'une augmentation de la conductivité de la zone saturée. Cette augmentation est mesurable depuis la surface à l'aide d'un réseau d'électrodes disposé entre la berge du cours d'eau et les puits en pompage.

4.5.3.2.2 Méthodologie

Dans le cas présent, nous avons implanté un profil de panneau électrique de 157,5 m de long parallèlement à la Fure à environ 15 m de distance des berges. Dans la zone des méandres, le profil a été implanté parallèlement à la zone de débordement. La méthodologie et le principe des panneaux électriques sont détaillés dans un paragraphe précédent. Les 64 électrodes de mesure ont été implantées tous les 2,5 mètres. L'implantation du profil de panneau électrique est présentée sur la figure 15.

Des sacs de sel alimentaire ont donc été répartis régulièrement en face du panneau électrique. Nous avons ainsi disposé le long des berges de la rivière des sacs de sel de 25 kg tous les 5 m environ sur un linéaire de 160 m (cf. figure 15).

Le traçage s'est déroulé lors du pompage d'essai longue durée sur le puits à 80 m³/h.

Nous avons injecté le sel en déversant le contenu des sacs en bordure de rivière. Cette opération a été réalisée le 22 mai 2012 à 11h45, soit deux heures après le démarrage du pompage.

Un panneau électrique a été réalisé avant l'injection de sel pour avoir un « état 0 » de la résistivité apparente avant le passage du panache de sel.

Les mesures par panneaux électriques se sont ensuite déroulées toutes les 2 à 4 heures jusqu'au 25 mai 2012 à 08h00. Au final, 16 panneaux électriques ont été réalisés sur la période de mesure.

TRAÇAGE GLOBAL DEPUIS LA FURE



4.5.3.2.3 Résultats

Nous avons reporté sur la figure 16, les courbes d'évolution des résistivités sur chaque électrode de mesure en fonction du temps. Cette représentation permet de visualiser l'évolution tendancielle de la résistivité sur chaque électrode et pour toutes les mesures effectuées (16). Ces courbes ont été tracées pour les profondeurs de mesure à -1,9, -3,2, et -4,6 m/sol.

Ces courbes montrent clairement une diminution de la résistivité sur tous les niveaux présentés (donc hausse de conductivité) entre les électrodes 16 et 56. Cette augmentation de conductivité est attribuable à la pénétration du sel dans l'aquifère et met donc en évidence la participation de la Fure dans l'alimentation de la nappe.

Cela confirme les hypothèses émises lors des esquisses piézométriques, à savoir que lorsque la Fure déborde dans la zone boisée entre ces méandres, l'eau s'écoule et s'infiltre en partie en direction de la nappe. En pompage, le puits semble également solliciter les berges face à lui et en amont. Dans ce cas particulier, la Fure a probablement une part non négligeable dans l'alimentation du puits. Une dégradation de la qualité de la rivière aura donc un impact sur la qualité de l'eau captée par le puits.

4.5.4 Suivi de la qualité bactériologique

La Lyonnaise des Eaux a réalisé des analyses bactériologiques sur l'eau brute lors des pompages d'essais, sur des prélèvements que nous réalisons quotidiennement. Le tableau suivant regroupe ces résultats.

Date prélèvement	Coliformes Totaux	E.Coli	Entérocoque
	(Nbre/100ml)	(Nbre/100ml)	(Nbre/100ml)
22/05/2012	816	60	163
23/05/2012	179	54	14
24/05/2012	>200	101	27
25/05/2012	>200	109	32

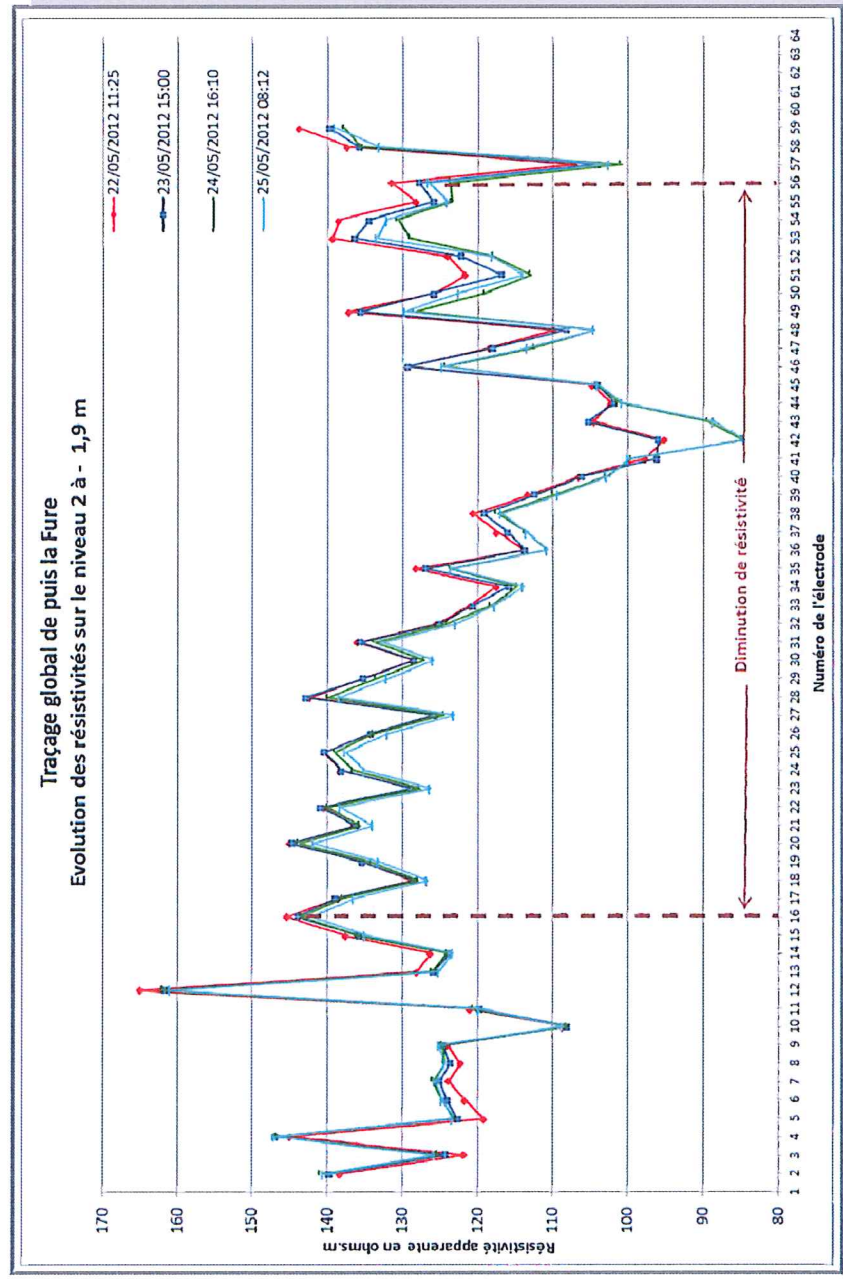
Tableau 10 : évolution des bactéries d'origine fécale lors du pompage

Le 24 et le 25 mai, la technique analytique a changé et ne permet plus de quantifier les bactéries au-delà de 200 UFC.

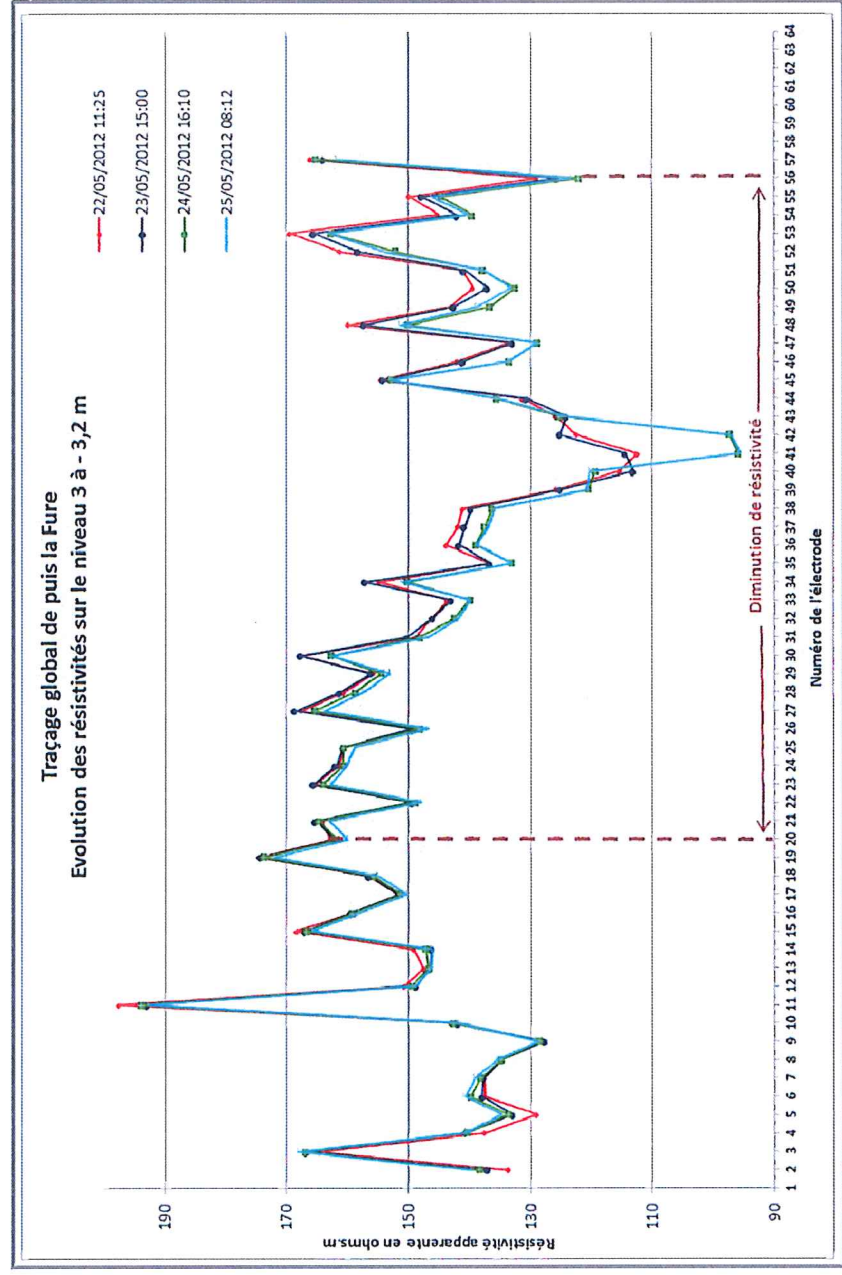
Une contamination élevée en germes d'origine fécale est détectée notamment le premier jour, ce qui peut provenir de l'inexploitation du puits depuis un certain temps. Il y a globalement une diminution le lendemain, puis une augmentation croissante des germes jusqu'à la fin du pompage. Le deuxième jour, la contamination ne peut être le reflet d'une eau stagnante, le puits étant en fonctionnement depuis 24 heures et l'eau étant renouvelée.

La présence de ces germes est le témoin d'une alimentation par une eau « contaminée » par une pollution d'origine fécale. Lors des essais de pompage, nous avons remarqué une forte odeur de boues de station d'épuration dans la Fure. Il semble que la station d'épuration de Charavines ait des dysfonctionnements en cas de fortes pluies : le débit entrant est trop élevé

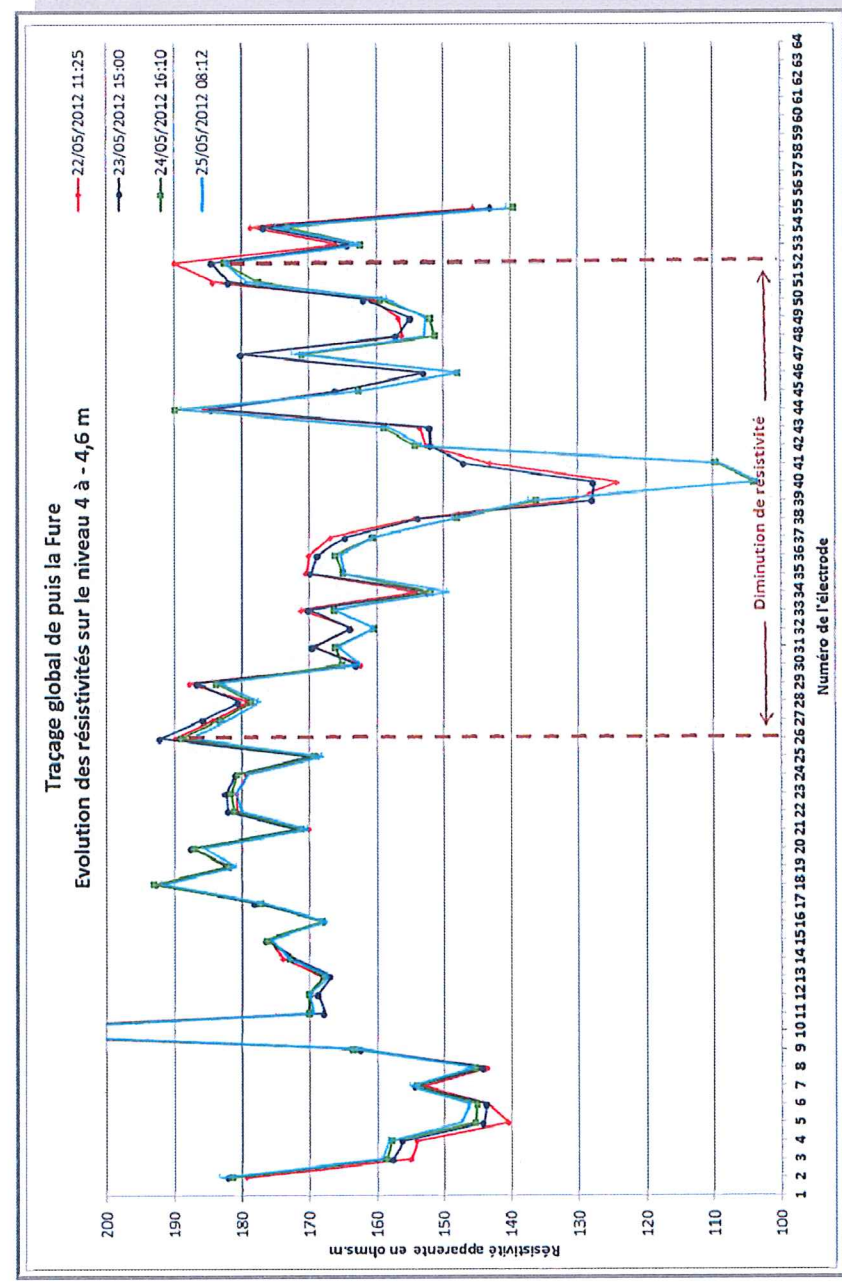
TRACAGE GLOBAL : EVOLUTION DE
LA RESISTIVITE A LA PROFONDEUR
DE -1,9 M ; -3,2 M ET -4,6 M



PROFONDEUR
DE -1,9 M



PROFONDEUR
DE -3,2 M



PROFONDEUR
DE -4,6 M

et une partie se déverse dans la rivière. De plus, lors de fortes pluies, il arrive qu'il y ait des remontées de boues dans le décanteur et qu'elles soient ensuite rejetées dans la rivière.

Le fonctionnement de cette STEP sera analysé en phase 2 si les données sont suffisantes.

Si ces dysfonctionnements de la STEP sont identifiés, et d'après les résultats des pompages et des traçages, un tel relargage pourrait contribuer à la dégradation bactériologique de l'eau du puits de Côte Gagère.

5

Conclusions

La zone de captage d'Apprieu a été réalisée en 1978. Elle est constituée d'un puits de 4 m de diamètre intérieur (diamètre extérieur de 4,80m) en béton.

Dans sa partie hors sol, le puits est surmonté d'une construction bétonnée qui est fermée par une porte abritant deux pompes. Il est situé au sommet d'une « digue » d'environ 70 cm de haut qui a été remblayée pour éviter la submersion de l'ouvrage lors des périodes de crues. Une station d'alerte a été réalisée en pied de remblai entre le puits et la Fure pour arrêter le fonctionnement du puits en fonction d'une cote piézométrique.

A 0,60 m sous le sol, une galette annulaire en béton de 0,30m d'épaisseur et de 3m de largeur entoure le puits pour le protéger des infiltrations. Il est important de noter qu'il n'existe pas de « bouchon » d'argiles. Un rapport géologique de S. Du Chauffaut de juin 1995 précise cependant que cette galette est probablement désolidarisée du puits du fait de la création de la digue.

Les analyses physicochimiques de l'eau brute du puits de Côte Gagère montrent une eau qui est de bonne qualité du point de vue physico-chimique. Les concentrations en nitrates sont faibles et celles des pesticides tendent à diminuer et respectent aujourd'hui les limites de qualité du code de la santé publique.

Le paramètre le plus problématique est la bactériologie et notamment les germes de contamination fécale qui apparaissent de manière récurrente dans le captage. L'analyse temporelle ne permet pas de mettre en évidence une relation claire entre ces contaminations et le débit de la Fure. Cependant, des expériences ont montré que des infiltrations se produisaient en pied de talus dans le PPI et que les eaux de surface dégradaient la qualité bactériologique de l'eau. L'IVS a également mis en évidence qu'une épidémie de gastro entérite avait pour origine la contamination de l'eau souterraine par des germes d'origine fécale. Ceux-ci pourraient avoir pour origine un dysfonctionnement de la STEP de Charavines qui relargue des boues lors de forts épisodes pluvieux.

La présence de résidus médicamenteux dans l'eau souterraine témoigne également de la participation des eaux de surface et de l'impact de la qualité de l'eau de la Fure, et donc des rejets dans le milieu superficiel (STEP, rejets industriels...).

Le substratum molassique dans la région d'Apprieu a été creusé par les eaux de fontes des glaciers qui ont déposé du matériel fluvioglaciaire qui s'est disposé en terrasses visibles de part et d'autre du cours d'eau de la Fure. Cette dernière a par ailleurs entaillé les formations fluvioglaciaires et a déposé ses propres alluvions. Au niveau de la plaine de la Fure, il existe donc une superposition d'alluvions récentes et d'alluvions fluvioglaciaires qui constituent l'aquifère capté par le puits.



Les mesures géophysiques et les tests d'infiltration ont montré que la couverture de l'aquifère était continue mais diminuait vers l'amont. La perméabilité de la couverture laisse entrevoir une possibilité de transit des eaux superficielles vers les eaux souterraines.

Les esquisses piézométriques ont montré que l'écoulement souterrain était parallèle à la Fure et que cette dernière semblait être en équilibre avec la nappe sur tout son cours. Elle semble alimenter la nappe en amont et la drainer en aval. Toutefois, lors des mesures, de fortes pluies se sont abattues et ont provoqué le débordement de la Fure dans la zone boisée en amont du PPI. La rivière reprend alors son cours rectiligne au niveau des deux méandres à 90°. La piézométrie montre que dans cette configuration, la rivière alimente la nappe.

L'alimentation par la Fure n'est donc pas seulement marquée en cas de débordement dans le PPI, elle l'est également en cas de débordement à l'amont du PPI dans la zone boisée. La dégradation de la qualité de la rivière peut donc entraîner la dégradation de la qualité de l'eau captée par le puits.

Le traçage global a confirmé cette donnée puisque le sel disposé dans la rivière a provoqué une hausse de conductivité dans l'aquifère.

Les pompages d'essais et les suivis des niveaux ont également montré cette participation puisque des augmentations brutales de niveau de la nappe se produisent. Le pompage continu à 80 m³/h pendant 72 heures a permis d'estimer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère :

- Transmissivité $\approx 5,8.10^{-2}$ m²/s ;
- Perméabilité $\approx 1,1.10^{-3}$ m/s
- Porosité ≈ 10 %.

Lors de ces pompages, la qualité bactériologique a eu tendance à se dégrader avec le temps de pompage.

Le bilan de cette première phase est donc que la nappe exploitée par le puits de Côte Gagère est en relation avec la Fure qui l'alimente et/ou la draine suivant le lieu et le régime hydrologique. La zone boisée en amont du PPI semble donc être une zone propice à l'infiltration des eaux de surface. Une dégradation de la qualité de la Fure aura donc une répercussion sur la qualité de l'eau souterraine. Les apports de versants (terrasses fluvioglaciaires) jouent sans doute un rôle important dans l'alimentation de la nappe à la faveur d'une infiltration dans la plaine alluviale.

Les études géophysiques des années 1980 ont montré que **la vallée de la Fure est drainée par un sillon fluvioglaciaire et que la nappe captée par le puits de Côte Gagère, n'est en relation avec la Fure qu'à partir de Ravignousse (limite précise inconnue).**

La phase II de l'étude permettra de déterminer le BAC du captage de Côte Gagère, tandis que la phase III permettra de déterminer sa vulnérabilité intrinsèque.

Franck BONNET

Hydrogéologue

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 1

SYNOPTIQUE DE LA STATION DE TRAITEMENT

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est

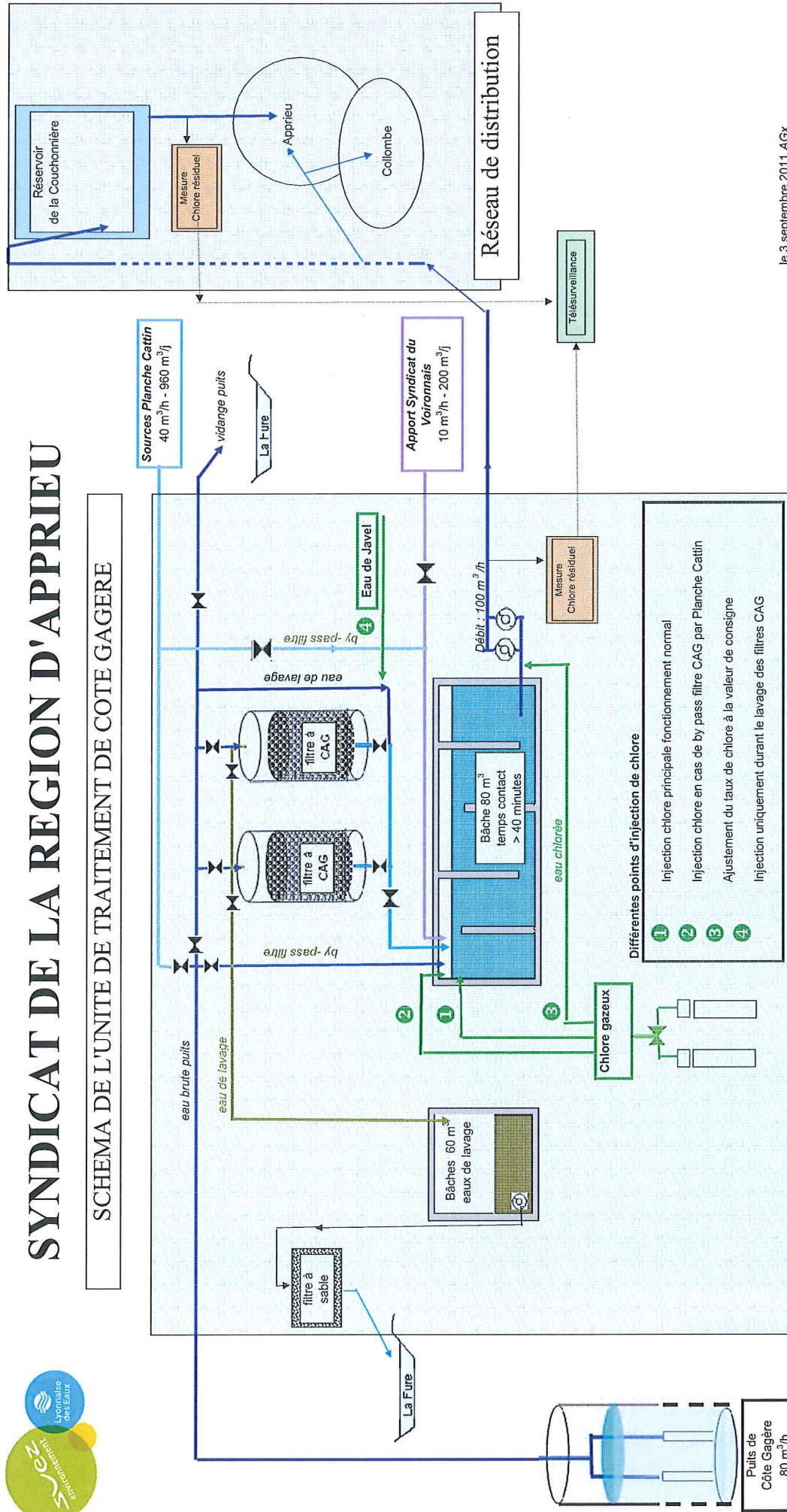
"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com

eau
environnement
géophysique...



SCHEMA DE L'UNITE DE TRAITEMENT DE COTE GAGERE



SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 2

QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DU PUIS DE COTE GAGERE

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est

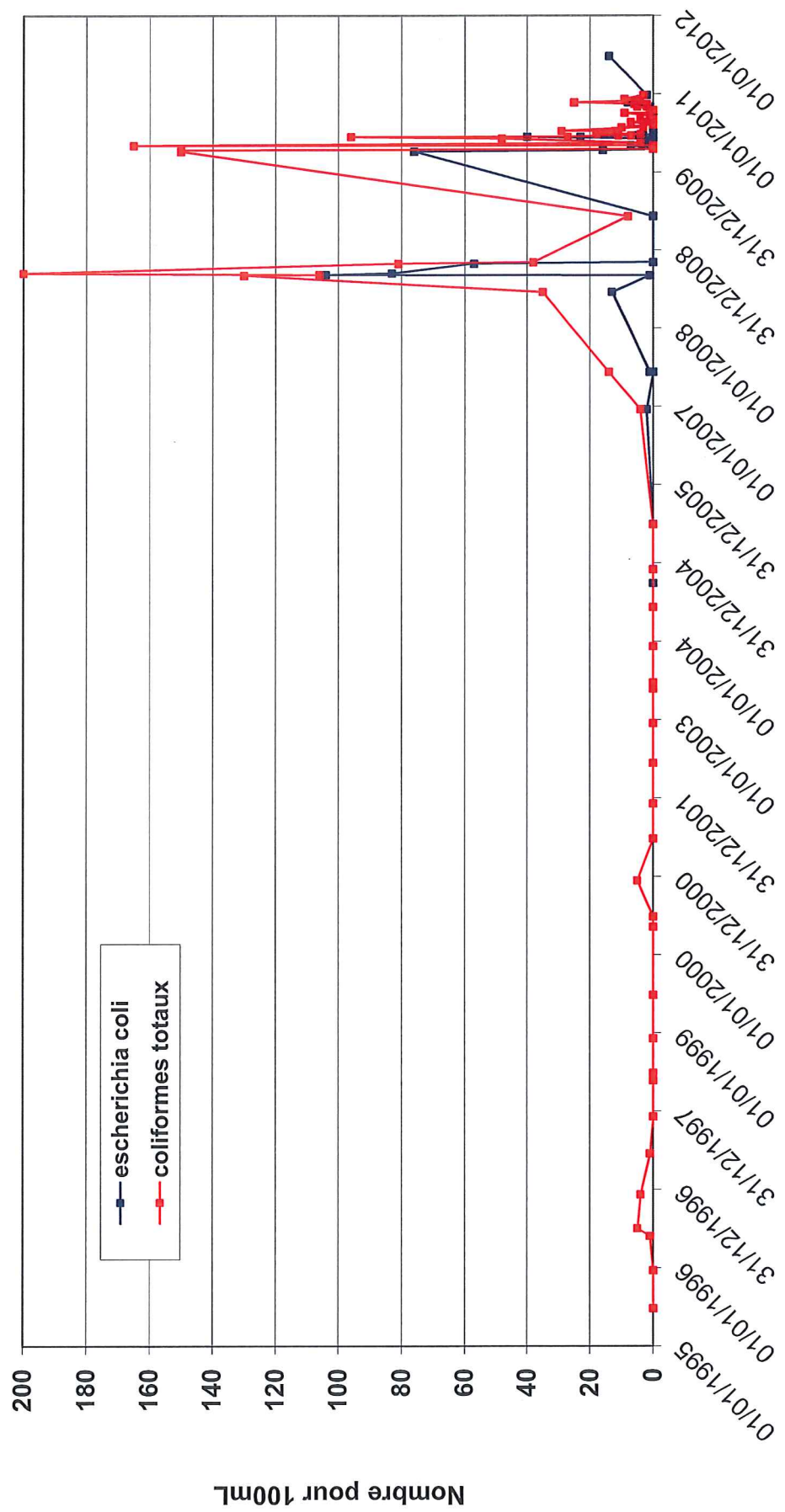
eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



Evolution du nombre d'escherichia coli et de coliformes dans 100mL d'eau



SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

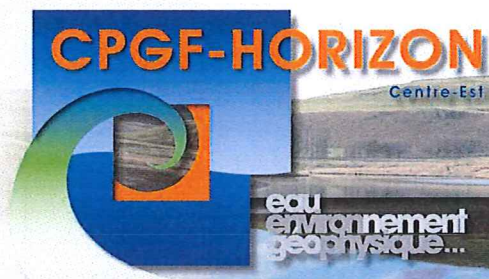
CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 3

MISE EN EVIDENCE DE LA PARTICIPATION OCCASIONNELLE DE LA FURE
DANS L'ALIMENTATION DU PUIS DE COTE GAGERE

Étude 11-067/38

Juin 2012



"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



Syndicat des Eaux de la Région d'APPRIEU

Mise en évidence de la participation occasionnelle de la Fure dans l'alimentation du puits des Côtes Gagères

Dans un précédent rapport (8 Avril 1994), j'avais indiqué, sur la base de mesures piézométriques, la très forte probabilité d'une infiltration des eaux de la Fure au niveau même du puits, en période d'inondation.

Une expérience réalisée le 11 Octobre 1994 avec la collaboration de la SDEI, démontre de façon spectaculaire la très grande vulnérabilité du captage aux inondations, et l'incidence sur la qualité des eaux.

L'essai a comporté plusieurs phases :

Phase 1 - Pompage continu sans réalimentation

La situation est la suivante : le débit de la Fure est modéré ; il n'y a aucun débordement à l'amont susceptible d'inonder partiellement le périmètre de protection immédiate ; la nappe est très basse avec des niveaux en pompage à plus de 6 m (au lieu de 2,50 m environ en Octobre 1993).

Un pompage continu à 85 m³/h débute à 0h le 11 Octobre 1994.

Il entraîne un rabattement très important, et au bout de 10 h de pompage, le niveau dynamique n'est toujours pas stabilisé. Il y a manifestement surexploitation de la nappe, dont la productivité en étiage est donc inférieure à 85 m³/h.

Malgré la faible distance au puits (17 m), la réalimentation de la nappe par la Fure est inexistante ou très faible..

Un échantillon prélevé à 10 h (analyse n° 3832) suffisamment longtemps après arrêt du traitement au dioxyde de chlore, montre que l'eau de la nappe est de bonne qualité bactériologique (1 seul coliforme, absence de germe test de contamination fécale).

La conductivité de l'eau est stabilisée à 447 µS et la température à 13,1°.

Phase 2 - Inondation partielle du périmètre immédiat

Entre 10h05 et 10h15, trois pompes totalisant environ 40 m³/h ont successivement été mises en marche pour déverser de l'eau de la Fure dans un point bas du périmètre de protection immédiate, immédiatement à la base du remblai sensé protéger la tête du puits. On reconstitue ainsi de façon plus modeste ce qui se passe naturellement chaque fois que la Fure déborde de son lit à l'amont de la zone de captage. La surface inondée ne dépassera jamais 60 m² pendant l'expérience, et la hauteur d'eau, 10 cm au point le plus bas. L'infiltration rapide de l'eau est parfaitement perceptible.

Le pompage dans le puits étant maintenu, le niveau d'eau continue à baisser pendant une quinzaine de minutes, puis amorce rapidement une remontée spectaculaire (voir graphique joint) ; la remontée totale pendant la durée de l'expérience est de 0,90 m. Le délai de réaction du piézomètre est un peu plus long (environ 30 minutes).

La baisse de conductivité de l'eau de la nappe, suite à l'introduction d'eau de la rivière, est plus difficile à apprécier (faible contraste entre les deux eaux, mesures irrégulières dues au mélange imparfait dans le puits), mais elle semble débuter environ 30 minutes après le début de l'infiltration.

En fin d'opération, la conductivité de l'eau du puits se stabilise vers 430 μ S. Un calcul simple (nappe « pure » : 447 μ S ; Fure : 411 μ S) permet de définir que dans les conditions de l'expérience 47% environ de l'eau pompée dans le puits provient de la zone inondée par l'eau de la rivière ! il n'est donc pas étonnant de constater une détérioration sévère de la qualité de l'eau (voir analyse n° 3833 à 13 h 10)

Afin de préciser la vitesse d'infiltration de l'eau vers le puits, on a déversé de façon instantanée dans la zone inondée 15 grammes de rhodamine G (colorant rouge). Il a permis de mettre en évidence visuellement que l'essentiel de la percolation se faisait latéralement, vers le remblai à une vitesse assez élevée.

L'arrivée du colorant par les barbacanes à la surface de l'eau dans le puits est parfaitement visible, et quantifiée par analyse au fluorimètre à la sortie de la pompe (voir graphique).

Les premières particules de colorant arrivent en 33 minutes, et la concentration maximale est atteinte en 1 h 15. L'irrégularité de la courbe de restitution matérialise la multitude de cheminements possibles à travers le terrain, à des vitesses différentes.

Phase 3 - Arrêt de la recharge

Les pompes de la Fure sont arrêtées à 14 h 15. L'eau résiduelle s'infiltré très rapidement et disparaît totalement de la surface en moins de 10 minutes.

Les niveaux d'eau (puits et piézomètre) continuent à remonter légèrement pendant un certain temps (respectivement 15 et 30 minutes) puis s'abaissent à nouveau.

En l'absence de réalimentation, on retrouve des conditions de surexploitation de la nappe.

En fin d'expérience, le pompage dans le puits a été arrêté pendant 19 h, ce qui entraîne une remontée progressive du niveau de la nappe. Aucun niveau d'équilibre n'est atteint et, à la reprise du pompage, les niveaux mesurés sont :

- 4,54 m sur le puits (405,76m N.G.F.)
- 4,38 m sur le piézomètre (405,70m N.G.F.)

Le pompage prolongé qui fait suite, induit à nouveau un rabattement important, supérieur à 2 m, avec aggravation rapide de l'effondrement du niveau dynamique ; le limnigramme joint illustre bien les conditions de fonctionnement du puits sur cette période.

Conclusions et recommandations

La nappe alluviale de la vallée de la Fure, exploitée par le puits des Côtes Gagères, présente en étiage un potentiel d'exploitation limité, bien inférieur au débit d'équipement de 85 m³/h.

Dans ces conditions, l'eau du puits est protégée de façon satisfaisante, et, il n'existe pas de relation directe avec des eaux de surface, en particulier celles de la Fure.

Par contre, celle-ci déborde souvent en période de crue, bien à l'amont de la zone de captage, et inonde la partie basse du périmètre de protection immédiate.

Le remblai autour du puits n'est pas imperméable ; la dalle bétonnée dite « de protection » ne l'est plus (fissurée, désolidarisée du cuvelage...). Aussi se produit-il une infiltration massive et rapide d'eau de la Fure, à travers les terrains remaniés par les travaux de mise en place du puits, et l'espace annulaire de graviers calibrés. Dans les conditions de l'expérience réalisée le 11 Octobre 1994, la part d'eau de surface atteint presque la moitié de l'eau pompée ; elle peut être bien supérieure en cas d'inondation importante.

La protection du puits contre les infiltrations de la Fure nécessite :

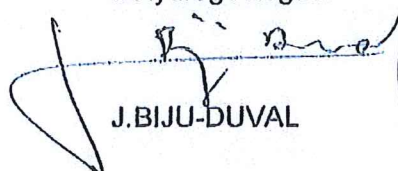
- l'édification d'une digue de 60 à 80 cm de hauteur en matériaux argileux compactés, à l'amont du périmètre de protection immédiate (ce qui implique l'achat d'une bande de terrain d'une dizaine de mètres de largeur),
- la confortation du talus existant le long de la Fure de façon à pouvoir contenir les débits de crue sans risque de débordement en rive droite,
- le comblement de la cuvette située au pied du remblai, avec des matériaux argileux.

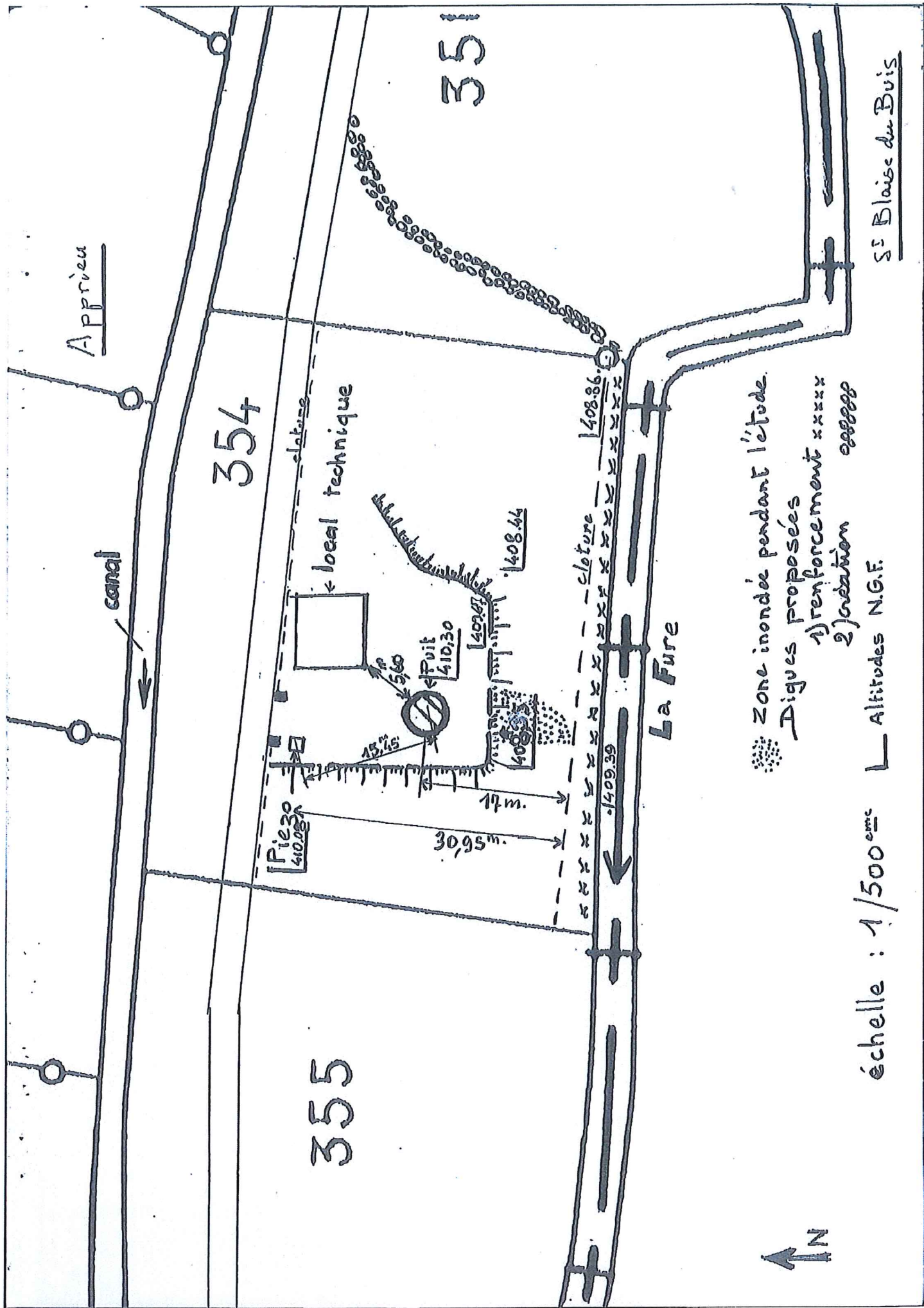
Le lit de la Fure semble soit établi dans des formations argileuses, soit colmaté. Tous travaux de curage sont donc à prohiber dans cette zone, afin de maintenir l'isolation existante.

Enfin, le géologue officiel devra être sollicité pour établir un rapport tenant compte au mieux des nouvelles connaissances sur le fonctionnement de l'aquifère. Je pense que le périmètre de protection éloignée devrait mieux intégrer les risques de pollution dans la vallée même de la Fure, plutôt que d'hypothétiques circulations sous la terrasse de St Blaise du Buis (hypothèse de travail en 1978, non vérifié depuis).

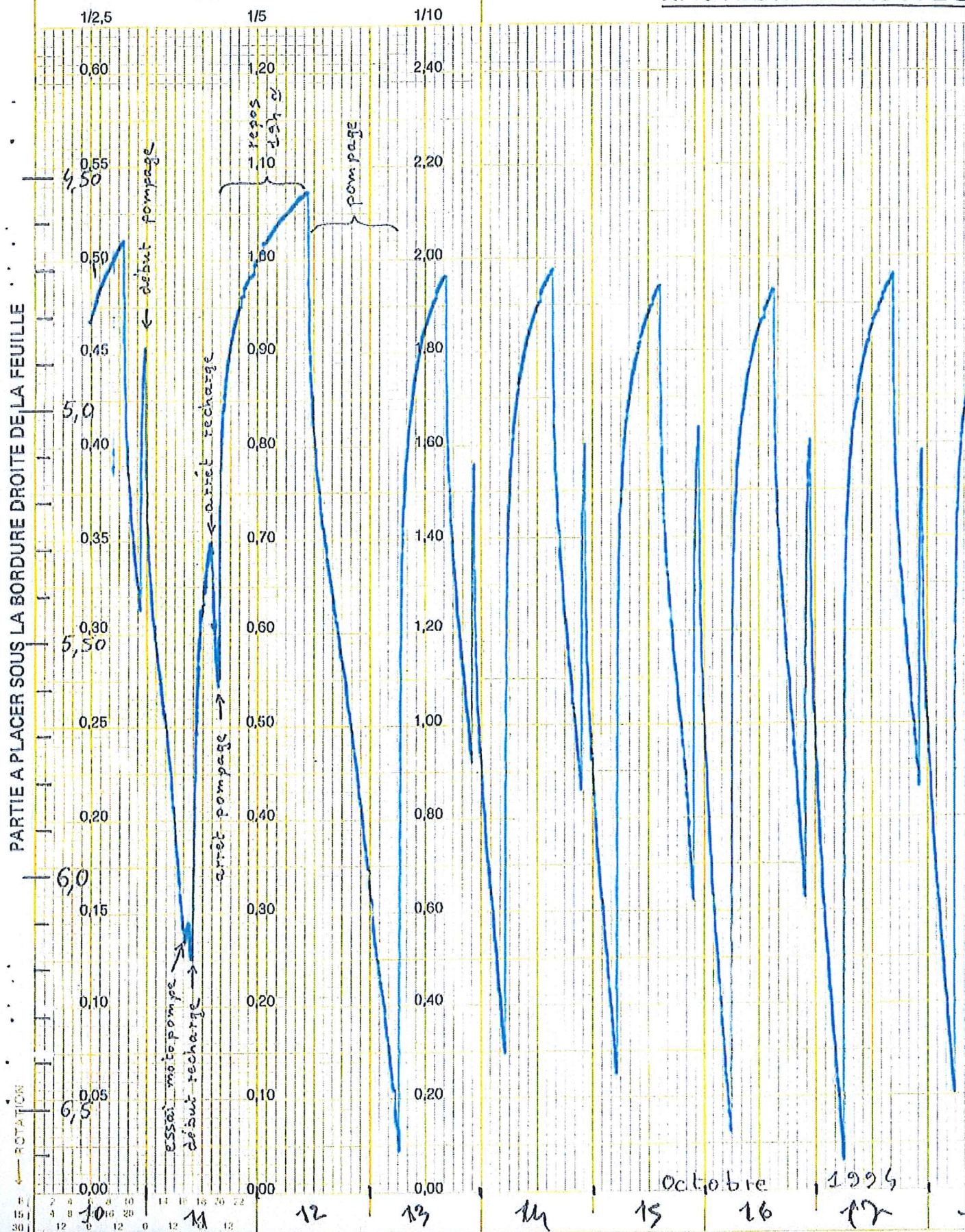
Fait à Grenoble, le 3 Novembre 1994

L'Hydrogéologue


J.BIJU-DUVAL

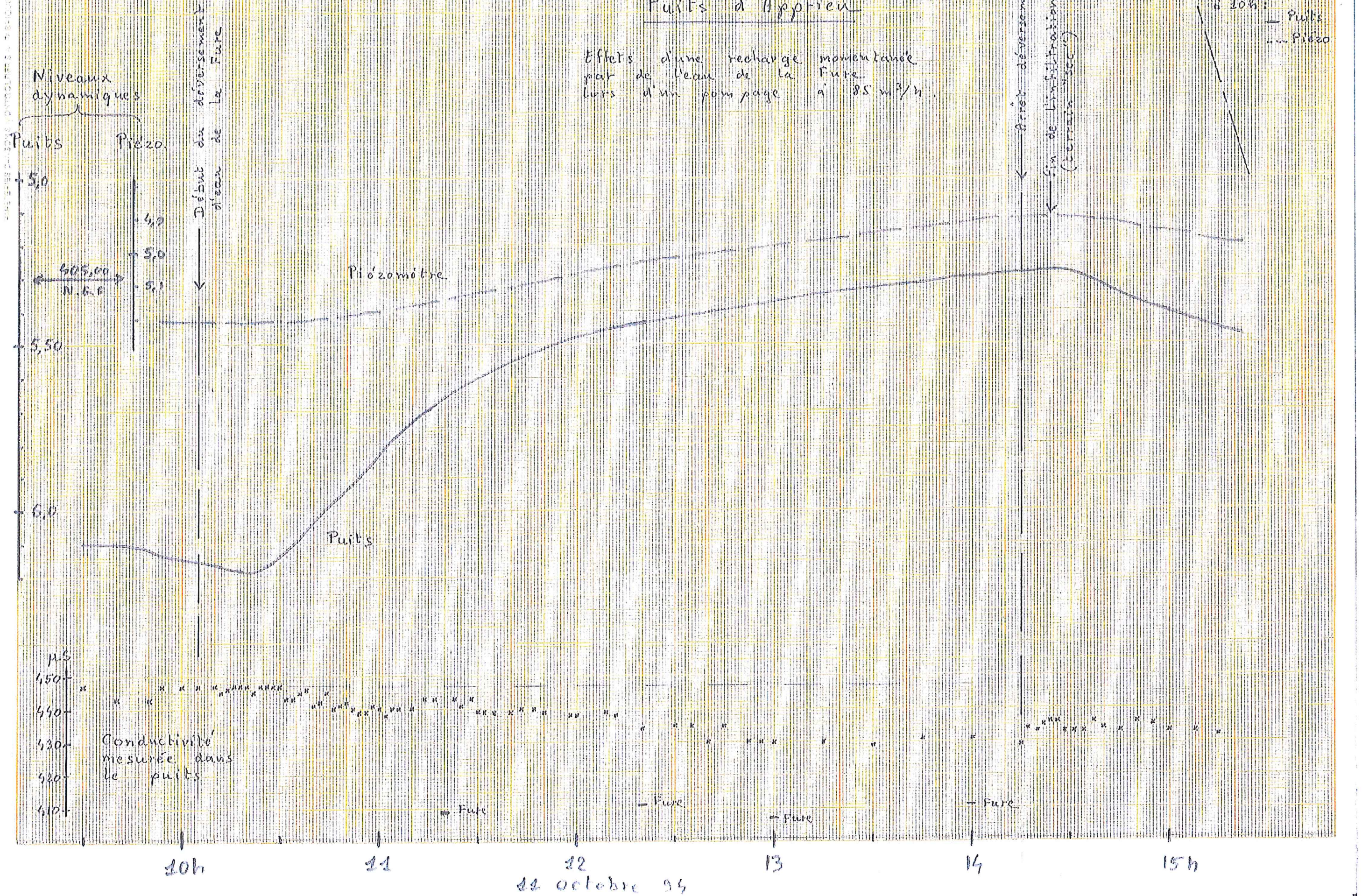


HAUTEURS D'EAU A L'E

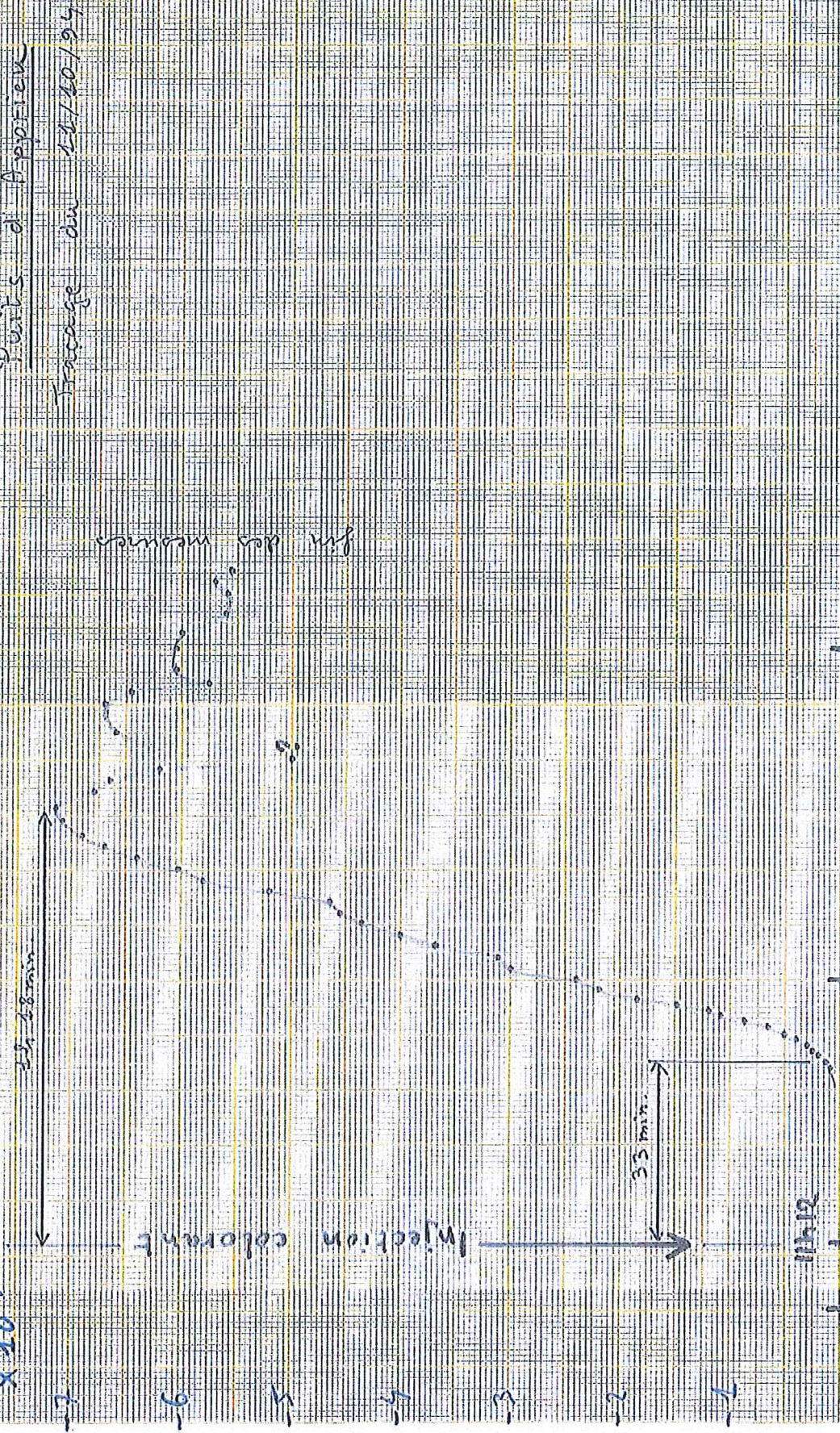


Puits d'Apprien

Effets d'une recharge momentanée par de l'eau de la Fure lors d'un pompage à $85 \text{ m}^3/\text{h}$.



Concentration
en colorant
(sortie pompe)
 $\times 10^{-9}$



14.12

15.68

47.42



laboratoire régional d'analyses des eaux

agréé par le ministère de la santé

géré par l'ass.p.s.a.n (association régie par la loi de 1901)

Professeur R. Magnin, directeur - P. Chevallier, docteur en pharmacie, chef de laboratoire

adresse

laboratoire d'hygiène de la faculté de médecine
38700 la tronche

tél. 76 42 05 73

télécopie 76 63 13 47

RESULTATS D'ANALYSE D'EAU

N° 02933

TYPE B2

ANALYSE D'EAU D'USAGES DOMESTIQUES

Pour le compte de : CONSEIL GENERAL ISERE

Lieu de prélèvement : APRIFU

COTES GAGERES - STATION DE POMPAGE

Réseau de distribution

Origine de l'eau : NAPPE 9,40 m

Eau non traitée

Prélèvement effectué le 11/10/94 à 13h10 par H. BILU DUVAL (DDAF)

Importance des pluies dans les 10 jours précédents : Faibles

Température atmosphérique du lieu de prélèvement : 16 °C Température de l'eau : 13 °C

Analyse commencée le 11/10/94

NR - INFILTRATION EAU DE LA FURE

Nombre de bactéries aérobies revivifiables à 22 °C /ml	2304
Nombre de bactéries aérobies revivifiables à 37 °C /ml	640
Nombre de coliformes dans 100 ml	400
Nombre de coliformes thermotolérants dans 100 ml	210
Nombre de streptocoques fécaux dans 100 ml	60

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE REDUITE :

Le nombre total de bactéries est très élevé.

Présence de coliformes.

Présence importante de germes test de contamination fécale
(coliformes thermotolérants et streptocoques fécaux).

CONCLUSION :

Eau non conforme aux normes des eaux destinées à la consommation humaine
(Décret du 03/01/89) doit subir une épuration bactériologique préalable.

10/10/94

P. Chevallier
Le Directeur



laboratoire régional d'analyses des eaux

agréé par le ministère de la santé

géré par l'as po.san (association régie par la loi de 1901)

Professeur R. Magnin, directeur - P. Chevallier, docteur en pharmacie, chef de laboratoire

adresse

laboratoire d'hygiène de la faculté de médecine

38700 la tronche

tél. 76 42 05 73

télécopie 76 63 13 47

RESULTATS D'ANALYSE D'EAU

NO 02032

TYPE B2

Pour le compte de : CONSEIL GENERAL ISERE

Lieu de prélèvement : APTHEU

COTES BASSES - STATION DE POMPAGE

Réseau de distribution

Origine de l'eau : RAPPE 9x40 m

Eau non traitée

Prélèvement effectué le 11/10/94 à 10h00 par M. BLOU DUVAL (DDAF)

Importance des pluies dans les 10 jours précédents : Faibles

Température atmosphérique du lieu de prélèvement : 16 °C Température de l'eau : 13,1 °C

Analyse commencée le 11/10/94

Nombre de bactéries aérobies revivifiables à 22 °C /ml	62
Nombre de bactéries aérobies revivifiables à 37 °C /ml	2
Nombre de coliformes dans 100 ml	1
Nombre de coliformes thermotolérants dans 100 ml	0
Nombre de streptocoques fécaux dans 100 ml	0

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE REQUISE :

Le nombre total de bactéries est faible.

Présence de coliformes.

Absence de germes test de contamination fécale.

CONCLUSION :

Eau de qualité bactériologique satisfaisante pour les paramètres analysés.

18/10/94

Le Directeur

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 4

CAMPAGNE NATIONALE DE MESURES DE RESIDUS DE MEDICAMENTS EN FRANCE (DGS)

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est



eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



Épidémie de gastro-entérite en Isère

Novembre 2002



Drass Rhône-Alpes
Ddass Isère
Cdre Rhône-Alpes



Institutions et personnes ayant contribué à l'investigation

Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (Ddass) d'Isère, Grenoble

Agnès Alexandre-Bird
Xavier Giraudeau
Luc Belleville
Lysiane Rey-Giraud

Laurence Josso
Marie-Noëlle Cris
Marie-France Valentin
Anne-Marie Coquelle

Katy Rousselle
Sylvette Entresangle
Murielle Mothais
Bernard Anxionnaz

Cellule interrégionale d'épidémiologie d'intervention (Cirei) Rhône-Alpes, Lyon

Nathalie Encrenaz (Programme de formation à l'épidémiologie de terrain)

Institut de veille sanitaire (InVS), Saint-Maurice

Estelle Checlair
Eugénia Gomes do Espírito Santo
Pascal Beaudeau
Hélène Tillaut (Programme de formation à l'épidémiologie de terrain)

Laboratoire de virologie du centre hospitalier universitaire de Dijon

Evelyne Kohli

Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), Nantes

Pierre Le Cann

Rapport rédigé par Hélène Tillaut, Nathalie Encrenaz, Estelle Checlair, Eugénia Gomes do Espírito Santo, Pascal Beaudeau.

Liste des abréviations

AEP : Adduction d'eau potable
CHU : Centre hospitalier universitaire
Cirei : Cellule interrégionale d'épidémiologie d'intervention
CNR : Centre national de référence
Ddass : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
DUP : Déclaration d'utilité publique
GE : gastro-entérite
GEA : gastro-entérite aiguë
IC : Intervalle de confiance
Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
Insee : Institut national de la statistique et des études économiques
InVS : Institut de veille sanitaire
RR : Risque relatif
Sise-Eaux : Système d'information santé / environnement eaux destinées à la consommation humaine
Step : Station d'épuration

Résumé

Introduction

Le 19 novembre 2002, la Ddass de l'Isère est alertée de la survenue d'un nombre élevé de cas de gastro-entérite dans les communes d'Apprieu, Colombe, Saint-Blaise-du-Buis et Réaumont desservies par le même réseau d'eau. Une investigation à visée descriptive et analytique a été réalisée afin de confirmer l'existence d'une épidémie et d'en préciser l'origine infectieuse et/ou environnementale.

Méthode

Une enquête auprès des pharmaciens et des médecins généralistes ayant accepté de participer a permis de recueillir le nombre de consultations totales et pour gastro-entérite avant, pendant et après la période épidémique ainsi que la consommation des principaux médicaments utilisés pour traiter ces affections. Une enquête de cohorte rétrospective a été conduite sur un échantillon de 176 foyers inscrits sur les listes téléphoniques (soit 521 personnes) des quatre communes concernées. Les sujets ont été inclus par sondage aléatoire en grappe à 2 degrés. Un cas était défini comme toute personne résidente d'une des quatre communes ayant présenté diarrhée ou vomissements entre le 15 et le 28 novembre 2002. L'exposition au facteur de risque était définie comme la consommation habituelle d'eau du robinet non bouillie pour la boisson. Des analyses virologiques des selles des malades et de l'eau du réseau, ainsi qu'une enquête environnementale ont été réalisées.

Résultats

Les consultations pour gastro-entérite des médecins généralistes des communes ont représenté 20 % des consultations totales entre le 18 et le 24 novembre 2002 (8 % après le 24 novembre). Une augmentation dans la consommation de médicaments pour traiter la gastro-entérite aiguë confirme cette observation. Le taux d'attaque observé dans la cohorte a été de 41 % (212/521). Le risque de survenue d'une gastro-entérite était plus élevé chez les consommateurs d'eau du robinet ($RR=4,6$ $IC_{95\%}=[2,6-8,0]$) ; ce risque augmentait avec la quantité d'eau consommée. Les analyses virologiques ont montré la présence de Norovirus du génogroupe II dans les selles de 7 des 9 malades prélevés et dans l'eau du réseau. Un dysfonctionnement de la station d'épuration située en amont du captage et l'inondation du périmètre de protection immédiat lors des fortes pluies ayant précédé l'épidémie, ainsi que le mauvais état du puits de captage ont entraîné la contamination du réseau d'eau potable par des eaux parasites provenant de la rivière.

Conclusion

Les conditions ayant entraîné la contamination du réseau par des eaux usées ne sont pas exceptionnelles ; d'autre part, la possibilité d'intrusion d'eaux parasites provenant de la rivière dans le captage lors de l'inondation du périmètre de protection immédiat est connue depuis 1994, les travaux préconisés n'ont pas été réalisés. L'ensemble des investigations menées montre qu'une épidémie du même type est susceptible de se reproduire, le captage alimentant ces quatre communes d'Isère doit être considéré comme une installation à risque.

Sommaire

I. Contexte	7
II. Objectifs de l'investigation	7
III. Méthodes	8
III.1 Enquête auprès des médecins et des pharmaciens des quatre communes	8
III.2 Enquête de cohorte rétrospective dans quatre communes d'Isère	8
1. Définition de la population	8
2. Echantillonnage et effectif de la cohorte	9
3. Recueil des données	9
4. Analyse des données	10
III.3 Analyses microbiologiques	10
1. Analyses virologiques des selles	10
2. Analyses microbiologiques de l'eau	10
III.4 Enquête environnementale	10
IV. Résultats de l'enquête chez les pharmaciens et médecins libéraux	11
IV.1 Consultations des médecins libéraux	11
IV.2 Médicaments vendus pour traiter les GEA par des pharmaciens	11
V. Résultats de l'enquête de cohorte retrospective	12
V.1 Description de la cohorte	12
1. Les répondants	12
2. Représentativité de la cohorte	12
3. Modalités d'alimentation en eau potable	14
4. Consommation d'eau dans la cohorte avant la diffusion des restrictions d'usage	14
V.2 Description de l'épidémie	16
1. Taux d'attaque	16
2. Courbe épidémique	17
3. Description des symptômes	18
4. Recours aux soins et impact social	19
5. Impact des mesures de restriction d'usage de l'eau	20
6. Recherche des facteurs de risque	21
7. Fraction de risque attribuable et estimation du nombre de malades dans les communes d'Apprieu, Saint-Blaise-du-Buis, Réaumont et Colombe	23

VI. Résultats des analyses microbiologiques.....	24
VI.1 Analyses virologiques des selles	24
VI.2 Analyses microbiologiques de l'eau	24
1. Résultats du contrôle sanitaire.....	24
2. Analyses spécifiques.....	24
VII. Résultats de l'enquête environnementale	25
VII.1 Description du captage, traitement et distribution de l'eau du réseau	25
VII.2 Environnement du captage.....	26
VII.3 Protection du puits de captage	27
VII.4 Qualité des eaux	30
VII.5 Situation météorologique juste avant l'épidémie	32
VII.6 Hypothèses de contamination du réseau d'eau	32
VIII. Discussion.....	33
IX. Recommandations	35
IX.1 Investigations d'épidémie	35
IX.2 Gestion de l'eau potable	35
X. Conclusion.....	35
Références	36
Annexes.....	37

I. Contexte

La Ddass de l'Isère a été informée le mardi 19 novembre 2002 au matin par un particulier de la survenue de nombreux cas de gastro-entérite dans les communes d'Apprieu, Saint-Blaise-du-Buis, Réaumont et Colombe. Deux pharmaciens installés à Apprieu et La Murette, dans l'Isère, ont par la suite confirmé cette recrudescence de cas. Ils avaient répertorié entre 300 et 400 prescriptions pour gastro-entérite à partir du 17 novembre parmi les résidents des quatre communes. Les médecins et pharmaciens contactés ont rapporté une activité importante de diagnostics pour gastro-entérite aiguë (GEA) avec un tableau clinique dominé par des vomissements, fièvre, nausées, douleurs abdominales et peu de diarrhées. Huit coprocultures ont été réalisées au CHU Dijon au cours de la 2^{ème} semaine d'épidémie et ont montré la présence de Norovirus dans sept prélèvements.

Ces quatre communes étant desservies par un même réseau de distribution d'eau, la consommation d'eau du robinet a été très rapidement soupçonnée d'être à l'origine de l'épidémie. Dès le 19 novembre la Ddass a fait passer un avis recommandant la non-consommation de l'eau du robinet et des mesures pour l'augmentation de la chloration de l'eau ont été mises en oeuvre. Ce même jour, l'analyse de l'eau du réseau d'adduction (AEP) a montré des signes bactériologiques de contamination fécale (*E. coli*, entérocoques). Le Service santé-environnement de la Ddass a réalisé ultérieurement des prélèvements d'eau en des points du réseau où le temps de séjour est prolongé pour des analyses de virus. Les échantillons ont été envoyés à l'Ifremer.

La Ddass a souhaité ainsi qu'une enquête soit menée pour avoir, d'une part, une description détaillée de l'épidémie qui témoigne de l'existence de ce type de problème et, d'autre part, pour qu'une meilleure compréhension du problème serve à améliorer la gestion et la qualité de l'eau distribuée.

D'autre part, le département santé-environnement de l'InVS, ayant inclus dans son programme d'activité un projet visant l'amélioration de la détection et des investigations d'épidémies d'origine hydrique, considère que la réalisation de cette enquête permet de documenter de manière précise ce type d'événements, ceci afin d'améliorer la connaissance des microorganismes responsables de gastro-entérites d'origine hydrique dans le contexte français.

II. Objectifs de l'investigation

- Confirmer l'existence d'une épidémie de gastro-entérite survenue à partir du 15 novembre dans les communes d'Apprieu, Réaumont, Colombe et Saint-Blaise-du-Buis.
- Décrire l'épidémie en termes de taux d'attaque, de répartition des cas dans le temps et dans l'espace, décrire les caractéristiques des personnes atteintes par âge, sexe et commune, préciser le tableau clinique et appréhender la proportion de cas médicalisés.
- Connaître l'agent ou les agents pathogènes à l'origine de cette épidémie.
- Tester l'hypothèse de consommation de l'eau du réseau pour expliquer l'origine de l'épidémie.
- Emettre des hypothèses sur les causes de la contamination du réseau d'eau.
- Décrire les effets des mesures de gestion mises en place par la Ddass (recommandation de ne pas consommer l'eau (cf. avis diffusé par les mairies en annexe I) et surchloration).

III. Méthodes

III.1 Enquête auprès des médecins et des pharmaciens des quatre communes

Les caractéristiques de l'épidémie sont appréhendées au travers d'une enquête auprès des médecins généralistes des quatre communes et auprès des pharmacies desservant ces communes.

Six médecins généralistes exercent sur les communes d'Apprieu, Colombe, Saint-Blaise-du-Buis et Réaumont. Deux médecins ont accepté de fournir des informations concernant :

- le nombre de consultations par jour entre le 16 novembre et le 11 décembre 2002 ;
- le nombre de consultations par jour pour gastro-entérite.

Deux pharmacies desservent les quatre communes. Les pharmaciens ont été interrogés sur la vente de médicaments entre le 11 et le 30 novembre 2002. Les médicaments les plus vendus pendant cette période sont des médicaments utilisés pour le traitement des gastro-entérites : Lacteol, Motilium, Panfurex, Spasfon, Vogalene, Carbolevure, Smecta.

Les données recueillies ont été exploitées sous Excel.

III.2 Enquête de cohorte rétrospective dans quatre communes d'Isère

Une enquête de cohorte rétrospective menée par sondage au sein de la population des quatre communes a permis de :

- obtenir une description plus précise des cas ;
- tester l'hypothèse d'une contamination par l'eau du réseau ;
- décrire les effets des mesures de gestion mises en œuvre.

L'événement étudié est la survenue d'une gastro-entérite infectieuse entre le 15 et le 28 novembre 2002. L'exposition étudiée est la consommation d'eau du robinet entre le 15 et le 28 novembre 2002.

1. Définition de la population

1) Définition de cas

Un cas a été défini comme toute personne résidente des communes d'Apprieu, Réaumont, Saint-Blaise-du-Buis et Colombe ayant présenté diarrhée ou vomissement entre le 15 et le 28 novembre 2002.

2) Population exposée

Toutes les personnes incluses dans la cohorte ont été considérées comme étant potentiellement exposées sans distinction du mode d'alimentation du foyer en eau potable. En effet, les personnes alimentées par un puits ont pu consommer de l'eau du réseau des communes en dehors de leur habitation. L'exposition a été définie comme la consommation d'eau du robinet non chauffée comme boisson ainsi que la consommation de boissons allongées d'eau du robinet froide entre le 15 et le 20 novembre 2002, date de la diffusion des mesures de restriction d'usage de l'eau.

3) Population cible

La population cible pour cette cohorte rétrospective est constituée de l'ensemble des personnes ayant séjourné au moins un jour dans les communes de Colombe, Apprieu, St-Blaise-du-Buis, Réaumont entre le 15 et le 28 novembre 2002.

4) Population source

La population source est composée par l'ensemble des résidents des quatre communes précitées disposant d'un numéro de téléphone inscrit sur les listes téléphoniques de France Télécom. Sur l'ensemble des quatre communes, 1 550 foyers disposent d'une ligne téléphonique (Apprieu : 697, Réaumont : 226, Saint-Blaise-du-Buis : 221, Colombe : 413, liste rouge non incluse). En 1999, 1 882 foyers ont été recensés par l'Insee pour ces quatre communes (Apprieu : 859, Réaumont : 263, Saint-Blaise-du-Buis : 282, Colombe : 478). La proportion de foyers non inscrits sur les listes téléphoniques est de 18 %.

2. Echantillonnage et effectif de la cohorte

La base de sondage est constituée par la liste des numéros de téléphone de l'annuaire pour les quatre communes. Les sujets sont inclus par sondage aléatoire en grappe à 2 degrés. Le 1^{er} degré correspond aux foyers tirés au sort à partir de l'annuaire téléphonique, le 2^{ème} degré (grappe) étant constitué de l'ensemble des membres résidents au foyer. Les numéros téléphoniques appelés sont déterminés par tirage au sort systématique à partir de l'annuaire avec un pas de sondage, le premier numéro de téléphone ayant été tiré au sort aléatoirement à l'intérieur du pas de sondage.

Pour une fréquence d'exposition de 80 %¹ et une fréquence attendue de la maladie chez les sujets non exposés au facteur de risque recherché de 10 % en période épidémique², il est nécessaire d'inclure 189 sujets exposés (soit 236 sujets au total), pour mettre en évidence un risque relatif de 3 avec une puissance de 80 % au risque $\alpha=0,05$. Cependant, la faible variance attendue à l'intérieur de chaque foyer concernant la consommation d'eau du réseau risque d'être responsable d'une perte de précision de la relation consommation d'eau/gastro-entérites, incitant à augmenter le nombre de sujets à inclure. En prenant en compte un effet sondage de 2, une proportion attendue de non-répondants de 40 % (d'après les données d'enquêtes similaires antérieures : Gourdon, 2000³ et Dracy-le-Fort, 2001⁴) et un nombre moyen de personne par foyer de 2,3 (moyenne nationale), le nombre calculé de foyers à interroger est de 287, qu'on arrondira à 300.

3. Recueil des données

Les données ont été recueillies par appel téléphonique auprès de la population tirée au sort entre le 11 et le 18 décembre 2002. Un questionnaire a été complété pour chaque membre du foyer (en général, la mère de famille répondait pour l'ensemble des membres du foyer) et recueillait les données suivantes (cf. questionnaire en annexe II) :

- Nombre de personnes vivant au foyer ;
- Données démographiques ;
- Modalités d'alimentation en eau potable ;
- Consommation de plats cuisinés, fruits de mer, pâtisseries ou lait cru ;
- Consommation d'eau du robinet avant et après le 20 novembre, ébullition ou non de l'eau du robinet après le 20 novembre ;
- Consommation d'eau en bouteille avant et après le 20 novembre ;
- Information reçue concernant les mesures de restriction, par quel moyen (presse écrite, télévision, radio, courrier...) ;
- Type et date de début des symptômes, durée des symptômes, impact médical et social,

¹. Dans cette région, les consommateurs d'eau du robinet sont très majoritaires, Beaudou et al., 2003, ERS, Vol.2 n°3 : 147-158

². La probabilité annuelle de gastro-entérite est de 0,8 pour un individu. Sur une période de 15 jours, le nombre attendu de personnes atteintes d'une gastro-entérite est de 3/100. En période épidémique, la fréquence attendue de la maladie chez les personnes non exposées au facteur de risque principal est estimée à 10 % compte tenu des autres expositions possibles (contact avec un cas,...).

³. Institut de veille sanitaire et ministère de l'Emploi et de la Solidarité, Épidémie de gastro-entérite à germes multiples liée à la consommation de l'eau de distribution, Gourdon, Lot (46), 1-48, 2000

⁴. Institut de veille sanitaire, Épidémie de gastro-entérite à *Cryptosporidium*, Dracy-le-Fort, Saône et Loire (71), septembre 2001, 1-72, 2003

4. Analyse des données

Les données ont été saisies et analysées avec le logiciel EpiInfo 2002. La force de l'association entre l'exposition et la survenue d'une gastro-entérite a été évaluée par l'estimation du risque relatif et de son intervalle de confiance à 95 %, les tests de significativité effectués sont les tests du Khi². L'influence de tiers facteur a été testée ainsi que l'existence d'une relation dose-effet. Les individus ayant une probabilité d'inclusion dans l'échantillon égale, le design de l'échantillonnage n'a pas été pris en compte pour le calcul de prévalence ni pour la construction de l'intervalle de confiance à 95 %.

III.3 Analyses microbiologiques

Des analyses microbiologiques sur les selles des patients et sur l'eau du réseau permettent de connaître les microorganismes pathogènes à l'origine de l'épidémie et de tester l'hypothèse d'une contamination du réseau d'eau par le même agent infectieux que celui impliqué chez les malades.

1. Analyses virologiques des selles

Des prélèvements de selles de malades ont donc été envoyés au CHU de Dijon pour une recherche de virus.

2. Analyses microbiologiques de l'eau

Deux prélèvements d'eau avaient été effectués sur le réseau par le service santé-environnement de la Ddass dès le mardi 19 novembre, lorsque l'épidémie battait son plein. L'un des échantillons a été utilisé pour faire les analyses bactériologiques classiques du contrôle sanitaire. Des analyses particulières de microorganismes pathogènes devaient être réalisées sur le 2^{ème} échantillon ; cependant, suite à une erreur, ce prélèvement a été jeté. De nouveaux échantillons d'eau ont été prélevés le 22 novembre 2002 dans des endroits du réseau où les microorganismes pathogènes étaient susceptibles d'avoir survécu à l'ajout de chlore en grande quantité :

- A la station de refoulement de Planche Cattin (commune d'Apprieu) ;
- A la vanne de vidange du réservoir de Plan bois (commune d'Apprieu) ;
- Chez un particulier au lieu-dit le Tramoud (commune de Colombe).

Ces prélèvements (3 échantillons de 1L) ont été placés en glacière réfrigérée et acheminés par transporteur au laboratoire de microbiologie de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) à Nantes pour une recherche de virus suivant le protocole décrit en annexe IV.

L'exploitant de la ressource desservant les quatre communes a fait réaliser des recherches de parasites (*Giardia* et *Cryptosporidium* selon la norme NFT 90-455).

III.4 Enquête environnementale

La réalisation d'une enquête environnementale permet d'émettre des hypothèses sur les causes possibles de contamination du réseau d'adduction d'eau. Cette enquête comporte plusieurs volets :

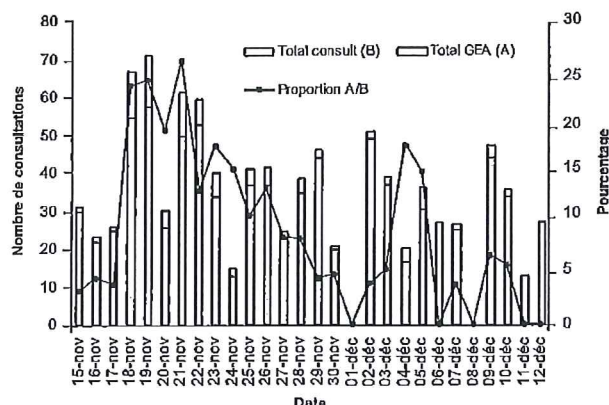
- Description de la production d'eau potable : captage (type et contexte géologique), traitement appliqué, réseau d'adduction. Ce volet a été renseigné par une visite du captage et par une rencontre de l'exploitant ainsi que par la documentation présente au service santé environnement de la Ddass 38 ;
- Description de l'environnement du captage, renseignée par une visite du site et des alentours à l'amont du captage et par la documentation présente au service santé environnement de la Ddass 38 ;
- Description de la qualité de l'eau distribuée aux habitants des quatre communes desservies renseignée par les données de la base Sise-Eaux du ministère de la santé ;
- Description des conditions climatiques avant la survenue de l'épidémie renseignée par les données de Météo-France.

IV. Résultats de l'enquête chez les pharmaciens et médecins libéraux

IV.1 Consultations des médecins libéraux

Entre le 16 novembre et le 12 décembre 2002, le nombre total de consultations réalisées par deux médecins libéraux généralistes installés dans les communes d'Apprieu et de Colombes était de 868 dont 98 (11 %) consultations pour des symptômes de gastro-entérite (GE). Le nombre et la proportion de consultations pour GE ont augmenté à partir du 18 novembre (Figure 1). La proportion de consultations pour GE était de 6 % avant le 18 novembre. Entre le 18 et le 24 novembre, cette proportion atteint 21 % contre 9 % entre le 25 et le 30. Ces chiffres ont diminué sensiblement à partir du 26 novembre jusqu'au 1^{er} décembre. La semaine suivante, la proportion de consultations pour gastro-entérite par rapport au nombre de consultations totales semble de nouveau en hausse.

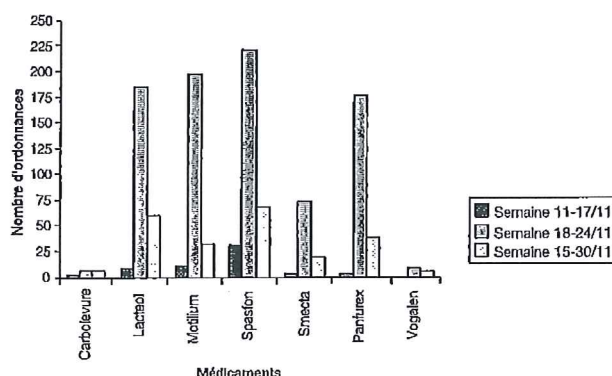
Figure 1. Nombre de consultations générales et pour GEA pour deux médecins libéraux entre le 15 novembre et le 12 décembre 2002, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



IV.2 Médicaments vendus pour traiter les GEA par des pharmaciens

Les informations sur la figure 2 concernent les ventes de médicaments des deux pharmacies les plus fréquentées par les habitants des quatre communes. Entre le 18 et le 24 novembre une augmentation de la vente de médicaments utilisés couramment pour traiter les gastro-entérites aiguës, a été observée, suivie par une diminution à partir du 25 novembre. Les médicaments présentés à la figure 2 sont ceux pour lesquels une augmentation des ventes a été observée sur l'ensemble des médicaments vendus par ces deux pharmacies.

Figure 2. Vente de médicaments pour le traitement de GEA dans deux pharmacies entre le 11 et le 30 novembre 2002, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



V. Résultats de l'enquête de cohorte rétrospective

V.1 Description de la cohorte

1. Les répondants

Lors de l'enquête en population générale, 303 foyers des communes d'Apprieu, Colombe, Réaumont et St-Blaise-du-Buis ont été contactés ; 127 (42 %) foyers ont été exclus pour diverses raisons :

- 49 ont refusé de répondre à l'enquête (39 %) ;
- 60 sans réponses après un minimum de 3 appels à 3 moments différents de la journée (47 %) ;
- 18 numéros non attribués (14 %).

Au total, 176 foyers ont été inclus et 521 personnes ont été interrogées.

L'âge moyen des personnes incluses dans la cohorte est de 34 ans, la médiane est de 35 ans (étendue de 0 à 89 ans). Le sexe ratio H/F est de 1,1 (268/248, le sexe n'était pas renseigné pour 5 personnes). La répartition de la cohorte par classe d'âge et par sexe est présentée dans le tableau 1 (l'âge n'était pas renseigné pour 6 personnes).

Tableau 1. Répartition de la cohorte selon l'âge et le sexe, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classes d'âge	Hommes n (%)	Femmes n (%)	Total n (%)
0-4	24 (9,1)	14 (5,7)	38 (7,5)
5-14	42 (15,9)	39 (15,9)	81 (15,9)
15-39	85 (32,2)	84 (34,1)	169 (33,1)
40-64	98 (37,1)	86 (35,0)	184 (36,1)
65+	15 (5,7)	23 (9,3)	38 (7,5)
Total	264 (100,0)	246 (100,0)	510* (100,0)

* L'âge ou le sexe n'étaient pas renseignés pour 11 personnes (au total, 521 personnes dans la cohorte)

2. Représentativité de la cohorte

1) Représentativité par âge et sexe

Les effectifs par classes d'âge de la cohorte sont comparés aux données du recensement Insee de 1999 pour les quatre communes d'Apprieu, Réaumont, Colombe et Saint-Blaise-du-Buis (cf. tableau 2). La distribution des classes d'âge de la cohorte est représentative de la distribution réelle de la population des quatre communes d'Apprieu, Saint-Blaise-du-Buis, Réaumont et Colombe ($p=0,06$).

Tableau 2. Effectifs observés et attendus dans la cohorte par classes d'âge, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classe d'âge	Effectif de la cohorte	%	Effectif Insee	%	Effectif attendu
0-4	40	7,8	301	5,4	29
5-14	84	16,3	925	16,5	85
15-39	169	32,8	1842	32,9	169
40-64	184	35,7	1942	34,6	179
65+	38	7,4	595	10,6	53
Total	515*	100,0	5605	100,0	515

* L'âge n'était pas renseigné pour 6 personnes (au total, 521 personnes dans la cohorte)

Le tableau 3 présente les effectifs observés et attendus par sexe dans la cohorte, l'analyse ne montre pas de différence significative entre les répartitions par sexe observées et attendues de la cohorte ($p=0,60$).

Tableau 3. Effectifs observés et attendus dans la cohorte par sexe, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Sexe	Effectif de la cohorte	%	Effectif Insee	%	Effectif attendu
H	268	51,9	2846	50,8	262
F	248	48,1	2759	49,2	254
Total	516*	100,0	5605	100,0	516

* Le sexe n'était pas renseigné pour 5 personnes (au total, 521 personnes dans la cohorte)

2) Représentativité de la cohorte selon la taille des foyers

La comparaison de la taille moyenne des ménages dans la cohorte (2,96 personnes par foyer ; écart-type=1,30) avec la taille moyenne des foyers dans la population cible (2,96 personnes par foyer, données Insee, 1999) ne montre pas que ces 2 moyennes sont différentes.

3) Représentativité de la cohorte au sein des communes

Tableau 4. Répartition de la population au sein des quatre communes, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Commune	Effectif observé	%	Effectif Insee	%
Apprieu	286	54,9	2530	45,1
Colombe	48	9,2	1430	25,5
Réaumont	85	16,3	791	14,1
St Blaise	102	19,6	854	15,2
Total	521	100,0	5605	100,0

La répartition de la population de la cohorte dans les quatre communes est différente significativement ($p=8.10^{-6}$) de la répartition de la population source. Cette différence s'explique par une erreur dans la base de sondage, une partie de la population de Colombe n'a pas été interrogée. La base de sondage était constituée par les pages de l'annuaire des quatre communes. Pour la commune de Colombe, une page n'a pas été prise en compte : 73 foyers de Colombe n'ont donc pas été interrogés. En considérant un taux de non réponse de 42 % identique à celui de la cohorte, 31 foyers auraient dû être inclus dans la cohorte, soient 91 personnes en considérant une taille de foyer identique dans cette sous population que dans la population de la cohorte. L'influence de cette erreur sera évaluée en testant les hypothèses les plus défavorables quant à la consommation d'eau de cette partie de la population.

3. Modalités d'alimentation en eau potable

Pour les quatre communes considérées, la très grande majorité des foyers (170/176, soit 97 %) était alimentée par le réseau d'eau potable. Quatre foyers déclarent être alimentés par un puits uniquement et 2 foyers possèdent les 2 modes d'alimentation (cf. tableau 5).

Tableau 5. Répartition de la cohorte selon le mode d'alimentation en eau, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Mode d'alimentation en eau	Nb de foyers n (%)	Nb de personnes n (%)
Réseau	170 (96,6)	503 (96,5)
Puits	4 (2,3)	14 (2,7)
Les 2	2 (1,1)	4 (0,8)
Total	176 (100,0)	521 (100,0)

Dans le cadre de cette analyse, toutes les personnes incluses dans la cohorte sont considérées comme étant potentiellement exposées sans distinction du mode d'alimentation du foyer en eau potable. En effet, les personnes alimentées par un puits ont pu consommer de l'eau du réseau des communes en dehors de leur habitation.

4. Consommation d'eau dans la cohorte avant la diffusion des restrictions d'usage

1) Nature de l'eau consommée avant les mesures de restriction d'usage de l'eau

Le tableau 6 présente le nombre et la proportion de personnes exposées au facteur de risque investigué dans la cohorte. Parmi les résidents des quatre communes, 395 personnes (soit 76 %) déclarent consommer de l'eau du robinet parfois ou exclusivement ; et 229 personnes (soit 44 %) consomment de l'eau en bouteille parfois ou exclusivement. D'autre part, parmi les personnes qui déclarent ne pas consommer de l'eau du robinet, 22/126 (18 %) déclarent consommer des boissons allongées d'eau du robinet.

Tableau 6. Consommateurs d'eau du robinet avant les mesures de restriction d'usage de l'eau, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

	Effectif	%
Consommateurs d'eau du robinet	417	80,0
Non consommateurs d'eau du robinet	104	20,0
Total	521	100,0

2) Quantité d'eau consommée

La quantité médiane d'eau du robinet consommée est de 5 verres par jour et par personne, soit environ 1 litre. Pour les personnes consommant de l'eau en bouteille, la quantité médiane bue est de 4 verres par jour et par personne. Les caractéristiques de la distribution de la quantité d'eau consommée, mesurée en nombre de verres, sont présentées dans le tableau 7.

Tableau 7. Caractéristiques de la distribution de la quantité d'eau consommée, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Min	P25*	Médiane	P75*	Max	Mode	Moyenne	Ecart-type
1 verre/j	3 verres/j	5 verres/j	8 verres/j	15 verres/j	5 verres/j	5,2 verres/j	2,4 verres/j

*P 25 et P75 : percentiles 25 et 75

3) Consommation d'eau du robinet selon l'âge

Le tableau 8 présente la consommation d'eau du robinet selon les différentes classes d'âge.

Tableau 8. Consommation d'eau du robinet par classes d'âge avant la diffusion des mesures de restriction d'usage, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classe d'âge	Consommateurs	Total	%
0-4	26	40	65,0
5-14	76	84	90,5
15-39	141	169	83,4
40-64	144	184	78,3
65+	25	38	65,8
Total	412	515*	80,0

* L'âge n'était pas renseigné pour 6 personnes (au total, 521 personnes dans la cohorte)

Chez les personnes âgées de plus de 65 ans et de moins de 5 ans, les consommateurs d'eau du robinet sont moins nombreux que dans les autres classes d'âge. Cependant, l'analyse statistique ne permet pas de mettre en évidence une différence significative entre les consommations d'eau par classe d'âge ($p=0,47$).

4) Consommation d'eau du robinet selon les communes

L'analyse statistique ne met pas en évidence une différence significative entre les consommations d'eau par commune (cf. tableau 9 ; $p=0,66$).

Tableau 9. Consommation d'eau du robinet par commune avant la diffusion des mesures de restriction d'usage, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Commune	Consommateurs	Total	%
Apprieu	216	286	75,5
Saint-Blaise-du-Buis	87	102	85,3
Réaumont	73	85	85,9
Colombe	41	48	85,4

V.2 Description de l'épidémie

1. Taux d'attaque

Parmi les 521 personnes interrogées, 212 remplissent la définition de cas, soit un taux d'attaque de 41 %. Le tableau 10 présente les taux d'attaque par classe d'âge. L'âge médian des cas est de 29 ans.

Tableau 10. Taux d'attaque par classe d'âge, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classe d'âge	Nb. cas	Total	Taux d'attaque (%)	RR	IC _{95%}	
0-4	20	40	50,0	2,71	1,3	5,67
5-14	41	84	48,8	2,65	1,31	5,36
15-39	81	169	47,9	2,60	1,31	5,17
40-64	60	184	32,6	1,77	0,88	3,57
65+	7	38	18,4	Réf.	-	-
Total	209	515	40,6			

* L'âge n'était pas renseigné pour 6 personnes (au total, 521 personnes dans la cohorte)

Les taux d'attaque par classes d'âge sont significativement différents ($p=0,02$). Le calcul des risques relatifs dans les différentes classes d'âge par rapport à la classe d'âge des personnes âgées de plus de 65 ans, qui présente le plus faible taux d'attaque, montre que les personnes plus jeunes ont eu un risque significativement plus élevé d'être malades que les personnes plus âgées. Le risque de la survenue d'une gastro-entérite diminue avec l'âge ($\text{K}hi^2$ de tendance linéaire = 15 ; $p<0,0001$).

Le tableau 11 présente les taux d'attaque par sexe dans la cohorte.

Tableau 11. Taux d'attaque par sexe, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Sexe	Nb. cas	Total	Taux d'attaque (%)	RR	IC _{95%}	
Hommes	104	268*	38,8	0,91	0,74	1,12
Femmes	106	248*	42,7	Réf		

* Le sexe n'était pas renseigné pour 5 personnes (au total, 521 personnes dans la cohorte)

L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les taux d'attaque par sexe.

Les taux d'attaque par communes sont donnés dans le tableau 12.

Tableau 12. Taux d'attaque par commune, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Commune	Nb. cas	Total	Taux d'attaque (%)	RR	IC _{95%}	
Apprieu	97	286	33,9	Réf.	-	-
Colombe	20	48	41,7	1,23	0,85	1,78
St Blaise	48	102	47,1	1,39	1,07	1,8
Réaumont	47	85	55,3	1,63	1,27	2,09
Total	212	521	40,7			

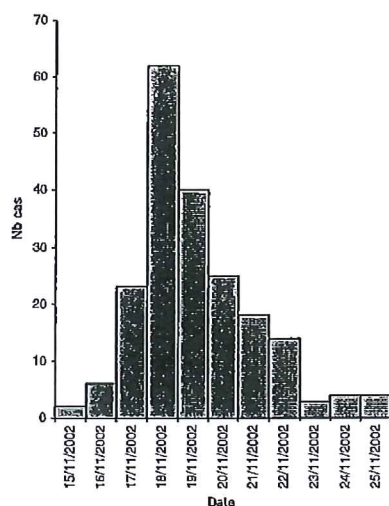
Les taux d'attaque ont été significativement différents entre les communes ($p=0,03$).

2. Courbe épidémique

1) Courbe épidémique globale

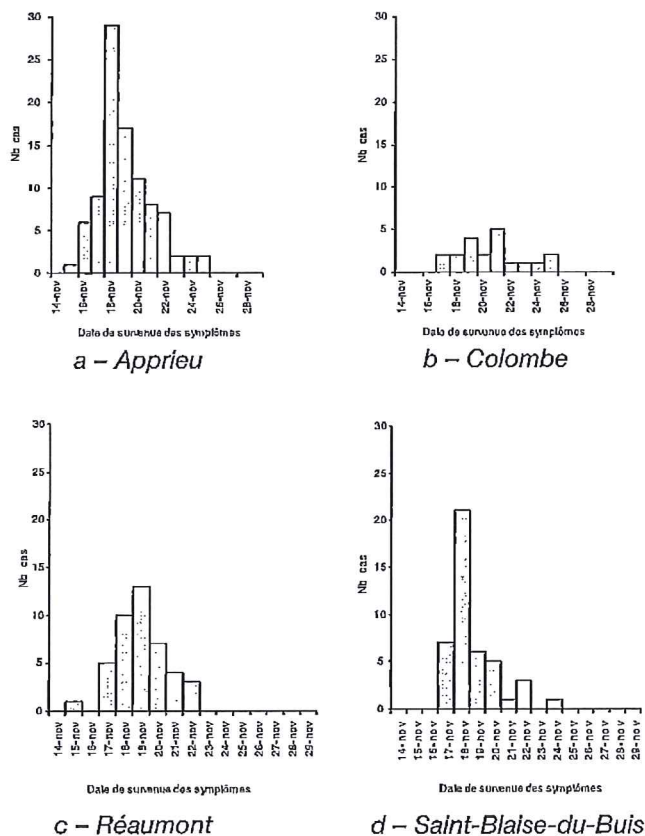
La forme de la courbe épidémique plaide en faveur d'une source commune ponctuelle (cf. figure 3).

Figure 3. Distribution des cas en fonction de la date de survenue des symptômes, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



2) Courbe épidémique par commune

Figure 4. Distribution des cas en fonction de la date de survenue des symptômes par commune, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



L'observation des courbes épidémiques par commune (figure 4) montre que l'épidémie a commencé le 16 novembre à Apprieu et le 17 novembre dans les autres communes. Le maximum du nombre de cas est apparu le 18 novembre à Apprieu et Saint-Blaise-du-Buis et le 19 novembre à Réaumont et Colombe.

3. Description des symptômes

Le tableau 13 présente les effectifs et les pourcentages des cas ayant déclaré chacun des symptômes. Parmi les cas ayant déclarés d'autres symptômes, 72 % ont déclaré une fatigue.

Tableau 13. Fréquence des symptômes déclarés par les cas, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Symptôme	Effectif	%	Total
Diarrhée	175	82,9	211*
Vomissements	123	60,0	205*
Douleurs abdominales	169	84,1	201*
Nausées	143	72,2	198*
Fièvre	53	27,5	193*
Maux de Tête	90	46,2	195*
Perte d'appétit	140	69,7	201*
Autres	25	12,4	202*

* 212 cas /521, les données manquantes sont des données non renseignées

Les cas déclarés avant le mercredi 20 novembre présentaient vomissements et diarrhées alors qu'après le mercredi 20 novembre, la diarrhée restait le symptôme prédominant (cf. tableau 14).

Tableau 14. Présence de diarrhées et vomissements en fonction de la date d'apparition des symptômes, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

Date déclaration	Symptôme	Effectif	%	Total
Avant 20/11/2002	Diarrhées	108	81,8	132*
	Vomissements	87	67,4	129*
Après 20/11/2002	Diarrhées	59	86,8	68*
	Vomissements	33	49,3	67*

* La date de déclaration des symptômes était renseignée pour 201/212 cas, 133 cas sont apparus avant le 20/11/2002, 68 cas sont apparus après cette date. Les données manquantes sont des données non renseignées.

Le tableau 15 présente les caractéristiques des distributions des nombres de selles et de vomissements par jour pour lequel la maladie était la plus intense.

Tableau 15. Distributions des nombres de selles liquides et de vomissements par jour, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

	Minimum	P25*	Médiane	P75*	Maximum	Mode
Diarrhées	1	3	4	6	20	4
Vomissements	1	2	3	4	20	3

* P25 et P75 : percentiles 25 et 75.

La durée des symptômes varie de 1 à 15 jours, la médiane est de 3 jours. Le jour de l'interrogatoire, 12 personnes ont déclaré que leurs symptômes persistaient (diarrhée : 5/12, douleurs abdominales : 7/12, perte d'appétit : 5/12).

4. Recours aux soins et impact social

1) Recours à des activités de soins et modification des activités quotidiennes

Le tableau 16 présente les effectifs et pourcentages des cas ayant eu recours à une consultation et à la consommation de médicaments, ainsi que le nombre de cas qui ont arrêté leurs activités, qui sont restés alités et les cas hospitalisés.

Tableau 16. Effectifs et pourcentages des cas ayant eu recours à des activités de soins et ayant modifié leurs activités, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

	Nb. cas ayant eu recours à :	Effectif	%
Consultation d'un médecin	63	210*	30,0
Consommation de médicaments	164	208*	78,8
Arrêt des activités	106	209*	50,7
Alitement	72	207*	34,8
Hospitalisation	3	210*	1,4

* 212 cas /521, les données manquantes sont des données non renseignées

Le nombre de jours d'arrêt des activités varie de 1 à 7, la médiane est de 2 jours. La somme des jours d'arrêt des activités s'élève à 191 jours. Le nombre médian de jours d'alitement est de 1 (étendue : 1 à 5 jours). Les 3 personnes hospitalisées ne sont pas restées plus de 2 jours à l'hôpital.

2) Provenance et nature des médicaments consommés

Le tableau 17 présente la provenance des médicaments consommés.

Tableau 17. Provenance des médicaments consommés par les cas, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Type de médicaments	Fréquence	%
Prescription médicale	67	42,1
Automédication		
Pharmacie	30	18,9
Stock	62	39,0
Total	159*	100,0

*164 personnes déclarent avoir consommé des médicaments, les données manquantes sont des données non renseignées

Les médicaments les plus consommés ont été Imodium (10 %), Panfurex (7 %), Smecta (13 %), Spasfon (13 %), Lacteol (8 %), Motilium (10 %). Le tableau 18 présente les classes de médicaments consommés durant cette épidémie et leur provenance.

Tableau 18. Classes et provenance des médicaments consommés, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

Type de médicament	Analgésique (%)	Antidiarrhéique (%)	Antibactérien (%)	Antiémitique (%)	Antispasmodique (%)	Total (%)
Prescription	13 (10,1)	44 (34,1)	17 (13,2)	28 (21,7)	27 (20,9)	129 (100,0)
Pharmacie	5 (9,4)	34 (64,2)	2 (3,8)	7 (13,2)	5 (9,4)	53 (100,0)
Stock	14 (16,7)	32 (38,1)	6 (7,1)	15 (17,9)	17 (20,2)	84 (100,0)
Total	32 (12,0)	110 (41,4)	25 (9,4)	50 (18,8)	49 (18,4)	266 (100,0)

3) Caractéristiques des cas ayant consulté un médecin

La proportion de médicaments antiémétiques consommée est plus importante chez les personnes ayant consulté un médecin que chez les personnes ayant acheté leurs médicaments sans prescription médicale (22 % vs 13 %, cf. tableau 18). Les personnes atteintes de vomissements ont plus souvent consulté un médecin. Cette tendance est confirmée par le fait que parmi les cas qui ont consulté un médecin, les proportions de personnes présentant diarrhées et vomissements sont identiques (80 %). Parmi les cas n'ayant pas consulté de médecins, cette proportion reste la même pour les diarrhées, mais la proportion de personnes présentant des vomissements est de 50 % (cf. tableau 19).

Tableau 19. Caractéristiques des cas et consultation d'un médecin, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

	Diarrhée (%)	Total	Vomissements (%)	Total
Cas ayant consulté un médecin	51 (81,0)	63*	49 (79,0)	62*
Cas n'ayant pas consulté un médecin	122 (83,6)	146*	73 (51,8)	141*

* 63/209 cas déclarent avoir consulté un médecin, les données manquantes sont des données non renseignées

5. Impact des mesures de restriction d'usage de l'eau

Lorsque la Ddass a été alertée de l'épidémie de gastro-entérite (le mardi 19 novembre 2002), la consigne a été donnée aux maires des communes en cause d'émettre la recommandation de ne pas consommer l'eau du robinet jusqu'à nouvel ordre (cf. annexe I). Cet avis fut distribué le mardi 19 novembre au soir dans les boîtes aux lettres des habitants des communes d'Apprieu, Colombe, Réaumont et Saint-Blaise-du-Buis. Les résidents ne l'ont, pour la plupart, reçu que le lendemain, le mercredi 20 novembre, en relevant leur courrier. L'information a été largement diffusée, 511 (511/514 : 99 %, 7 non réponses) personnes ont déclaré avoir été informées des mesures de restrictions d'usage de l'eau ; parmi les personnes ayant reçu l'information, 94 % (444/472, 39 non réponses) étaient informées à la date du mercredi 20 novembre. La très grande majorité des personnes informées (475/480 : 99 %, 31 non réponses) l'ont été par l'intermédiaire du courrier distribué dans les boîtes aux lettres. La presse, la radio, la télévision sont citées de manière anecdotique comme source de l'information. Parmi les personnes ayant cité une autre source d'information, le bouche à oreille et l'information grâce à la connaissance d'un élu d'une des communes interviennent pour respectivement 30 % et 26 %.

Le tableau 20 présente les consommations d'eau directes et indirectes des habitants des quatre communes étudiées avant et après le mercredi 20 novembre (date à laquelle les personnes ont été informées de la non potabilité de l'eau).

Tableau 20. Comparaison des consommations d'eau avant et après la diffusion des mesures de restriction d'usage de l'eau, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

	Avant 20/11/2002			Après 20/11/2002		
	Consommateurs	Total	%	Consommateurs	Total	%
Eau robinet	395	521*	75,8	55	519*	10,6
Thé, café	389	518*	75,1	245	511*	47,9
Boissons allongées d'eau du robinet	216	518*	41,7	46	518*	8,9
Lavages des crudités	454	517*	87,8	305	509*	59,9

* 521 personnes sont incluses dans la cohorte, les données manquantes sont des données non renseignées

Les consommations sont significativement différentes ($p < 0,05$) avant et après la diffusion des mesures de restriction d'usage de l'eau. Parmi les personnes ayant bu de l'eau du robinet après la diffusion des mesures de restriction d'usage de l'eau, 29 % (9/31, 24 non réponses) ont déclaré avoir fait bouillir leur eau avant de la consommer.

6. Recherche des facteurs de risque

1) Association entre la consommation d'aliments et d'eau avant le 20 novembre 2002 et la survenue d'une gastro-entérite

La recherche d'une association entre la consommation d'aliments (plats cuisinés, fruits de mer, pâtisseries, lait cru) et la survenue d'une gastro-entérite n'a pas mis en évidence la présence d'un facteur de risque. La consommation d'eau du robinet apparaît comme le seul facteur de risque associé à la survenue d'une gastro-entérite (cf. tableau 21).

Tableau 21. Risque de survenue de gastro-entérite suite à la consommation de quelques aliments et d'eau du robinet comme eau de boisson non bouillie, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

	Consommateurs			Non consommateurs			RR	IC 95%	
	Nb. cas	Total	Taux d'attaque (%)	Nb. cas	Total	Taux d'attaque (%)			
Plats cuisinés	70	189	37,0	141	322	43,8	0,85	0,68	1,06
Fruits de mer	21	76	27,6	189	441	42,9	0,64	0,44	0,94
Pâtisseries	103	279	36,9	103	230	44,8	0,82	0,67	1,02
Lait cru	131	309	42,4	72	202	35,6	1,19	0,95	1,49
Eau en bouteille	61	229	26,6	151	292	51,7	0,52	0,40	0,66
Eau du robinet	201	417	48,2	11	104	10,6	4,56	2,58	8,04

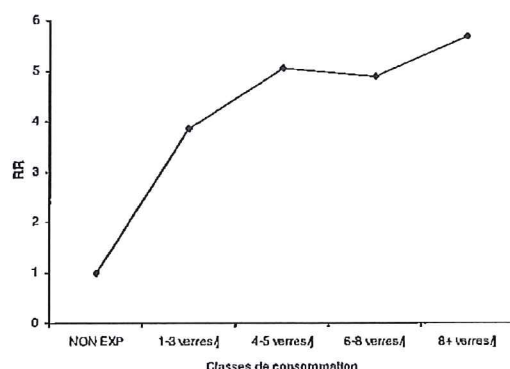
2) Relation exposition risque selon la quantité d'eau consommée

Pour mettre en évidence une relation dose-effet, des classes de consommation d'eau du robinet ont été construites suivant la répartition en quartile de la distribution de la consommation d'eau (cf. Tableau 7). Le tableau 22 et la figure 5 récapitulent ces classes de consommation et présentent le risque relatif associé.

Tableau 22. Risque de survenue d'une gastro-entérite selon la quantité d'eau consommée avant la diffusion des mesures de restriction d'usage, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classe de consommation	Nb cas	TOTAL	Taux d'attaque (%)	RR	IC 95%	
NON EXP	11	104	10,6	Réf.		
1-3 verres/j	38	93	40,9	3,86	2,10	7,11
4-5 verres/j	71	133	53,4	5,05	2,82	9,02
6-8 verres/j	44	85	51,8	4,89	2,70	8,88
8+ verres/j	9	15	60,0	5,67	2,83	11,37

Figure 5. Risque de survenue d'une gastro-entérite selon la quantité d'eau du robinet consommée quotidiennement, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002



Le calcul des risques relatifs par rapport à la classe des consommateurs de 1 à 3 verres d'eau du robinet ne met pas en évidence une relation linéaire statistiquement significative entre la quantité d'eau ingérée quotidiennement et la survenue de gastro-entérites (Khl2 de tendance linéaire=2,88, p=0,09). Le risque de survenue d'une gastro-entérite semble se stabiliser lorsque la consommation d'eau dépasse 4-5 verres par jour.

3) Association entre la survenue d'une gastro-entérite et la consommation d'eau par classe d'âge

Le tableau 23 présente les taux d'attaque en fonction de l'exposition et les risques relatifs par classes d'âge.

Tableau 23. Risque de survenue d'une gastro-entérite suite à la consommation d'eau du robinet comme eau de boisson et non bouillie par classe d'âge, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classe d'âge	Consommateurs			Non consommateurs			RR IC _{95%}		
	nb cas	Total	Taux d'attaque (%)	nb cas	Total	Taux d'attaque (%)			
0-4	16	26	61,5	4	14	28,6	2,15	0,89	5,20
5-39	119	217	54,8	3	36	8,3	6,58	2,21	19,58
40-59	50	129	38,8	3	34	8,8	4,39	1,46	13,22
60+	13	40	32,5	1	19	5,3	6,18	0,87	43,81
							pFischer = 0,02*		
Total	198	412	48,1	11	103	10,7	4,50	2,55	7,94

* Un effectif attendu est inférieur à 5, le résultat du test de Fischer bilatéral est à privilégier

Les risques relatifs brut et de Mantel-Haenszel ne sont pas différents ($RR_{brut}=4,5$ $IC_{95\%}=[2,6-7,9]$; $RR_{MH}=4,5$ $IC_{95\%}=[2,5-8,1]$). Cependant, bien que le test d'interaction entre les strates est non significatif ($p=0,41$), on observe un risque relatif sensiblement supérieur pour les classes d'âge supérieures à 4 ans (5-39 ans et >60 ans).

4) Association entre la survenue d'une gastro-entérite et la consommation d'eau du robinet par commune

Le tableau 24 présente les risques relatifs par commune.

Tableau 24. Risque de survenue d'une gastro-entérite suite à la consommation d'eau du robinet comme eau de boisson et non bouillie par commune, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Classe d'âge	Consommateurs			Non consommateurs			RR IC _{95%}		
	nb cas	Total	Taux d'attaque (%)	nb cas	Total	Taux d'attaque (%)			
Apprieu	90	216	41,7	7	70	10,0	4,17	2,03	8,56
Saint-Blaise	48	87	55,2	0	15	0,0	Inf.	pFischer=2,5.10 ⁻⁵	
Réaumont	44	73	60,3	3	12	25,0	2,41	0,89	6,54
Colombe	19	41	46,3	1	7	14,3	3,24	0,51	20,51

Les risques relatifs brut et de Mantel-Haenszel ne sont pas différents ($RR_{brut}=4,6$ $IC_{95\%}=[2,6-8,0]$; $RR_{MH}=4,4$ $IC_{95\%}=[2,5-7,7]$). Le fait de résider dans une commune différente ne modifie pas l'effet de la relation entre la survenue d'une gastro-entérite et la consommation d'eau du robinet.

5) Association entre la survenue d'une gastro-entérite et la consommation indirecte d'eau du robinet

Le tableau 25 présente les risques de survenue d'une gastro-entérite chez les personnes non consommatrices d'eau du robinet mais ayant été exposées de manière indirecte.

Tableau 25. Risque de survenue d'une gastro-entérite suite à la consommation indirecte d'eau du robinet chez les non consommateurs d'eau, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

		Nb cas	Total	Taux d'attaque (%)	RR	IC _{95%}	
Lavage des crudités	Oui	12	101	11,9	0,71	0,25	2,02
	Non	4	24	16,7			
Thé Café	Consommateurs	12	90	13,3	1,17	0,40	3,38
	Non consommateurs	4	35	11,4			
Glaçons	Consommateurs	6	45	13,3	1,10	0,42	2,88
	Non consommateurs	9	74	12,2			
Lavage des dents	Oui	12	118	10,2	0,20	0,09	0,49
	Non	4	8	50,0			

* Un effectif attendu est inférieur à 5, le résultat du test de Fischer bilatéral est à privilégier

La consommation indirecte d'eau du robinet n'est pas un facteur de risque de la survenue d'une gastro-entérite, quelque soit la forme sous laquelle l'eau est consommée.

7. Fraction de risque attribuable et estimation du nombre de malades dans les communes d'Apprieu, Saint-Blaise-du-Buis, Réaumont et Colombe

On peut estimer la proportion de cas de gastro-entérite qui peuvent être imputés à la consommation d'eau du robinet contaminée par le calcul de la fraction de risque attribuable. Au vu des taux d'attaque chez les exposés et les non exposés (cf. tableau 21), on obtient une proportion de 78 % des cas de gastro-entérite attribuables à la consommation d'eau du robinet.

Dans l'échantillon, la proportion de consommateurs d'eau est de 80 %. On estime alors le nombre de personnes consommatrices d'eau du robinet parmi l'ensemble des 5 605 habitants des quatre communes à 4 500 personnes. En appliquant aux consommateurs d'eau du robinet des quatre communes le taux d'attaque observé dans la cohorte chez les personnes exposées (48 %), on estime à 2 000 le nombre de malades parmi les consommateurs d'eau du robinet. Parmi les non consommateurs d'eau du robinet, le taux d'attaque observé dans la cohorte est de 11 %, on peut alors estimer le nombre de malades chez les non consommateurs d'eau dans la population des quatre communes à 100 cas. Pendant cette épidémie, le nombre total de personnes atteintes d'une gastro-entérite est estimé à 2 100 personnes.

VI. Résultats des analyses microbiologiques

VI.1 Analyses virologiques des selles

Neuf échantillons de selles ont été examinés par le laboratoire de virologie du Centre hospitalier universitaire (CHU) de Dijon (cf. annexe III). Les Astrovirus, Adénovirus types 40 et 41, les Rotavirus et les Calicivirus humains (Norovirus et Sapovirus) ont été recherchés. Sept échantillons se sont avérés positifs aux Calicivirus. Les résultats d'hybridation et le séquençage des produits amplifiés mettent en évidence la présence de 2 souches de Calicivirus différentes appartenant aux génogroupes I et II du genre Norovirus dans 3 échantillons.

VI.2 Analyses microbiologiques de l'eau

1. Résultats du contrôle sanitaire

Les prélèvements réalisés par le service santé-environnement de la Ddass 38 le 19 novembre 2002 en différents points du réseau présentent une contamination bactériologique (cf. tableau 26).

Tableau 26. Résultats des analyses microbiologiques réalisées sur les prélèvements Ddass 38 du 19/11/2002, épidémie de gastro-entérite en Isère, novembre 2002

Lieux	Coliformes totaux N/100mL	Coliformes fécaux N/100mL	Streptocoques fécaux N/100mL	Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices N/20mL
Côte Gagère	4	4	13	<2
Apprieu, mairie	6	0	0	<2
Réaumont, mairie	5	3	0	<2
Colombe	56	42	29	<2
Limite de qualité	0/100mL	0/100mL	0/100mL	0/100mL

2. Analyses spécifiques

Trois échantillons d'eau du réseau d'adduction des communes d'Apprieu, Saint-Blaise-du-Buis, Réaumont et Colombe ont été analysés : les recherches d'astrovirus, de calicivirus, d'entérovirus, des rotavirus et du virus de l'hépatite A ont été effectuées par le laboratoire de microbiologie de l'Ifremer (cf. annexe IV). La présence d'entérovirus, d'astrovirus et de calicivirus a été mise en évidence. Les calicivirus détectés appartiennent au génogroupe II.

La syndicat des eaux de la région d'Apprieu a recherché les parasites *Giardia* et *Cryptosporidium* sur des prélèvements effectués le 21 novembre 2002. Les résultats de ces analyses sont donnés ci-dessous :

- Station Cote Gagère (eau traitée) :

Giardia : (NFT 90-455) <0,006 Kystes/ L et *Cryptosporidium* : (NFT 90-455) 0,011 Oocystes/ L

- Evier de la mairie de Réaumont (eau traitée) :

Giardia : (NFT 90-455) <0,005 Kystes/ L et *Cryptosporidium* : (NFT 90-455) <0,005 Oocystes/ L

- Captages Planche Cattin (Eau brute hors service) :

Giardia : (NFT 90-455) <0,005 Kystes/ L et *Cryptosporidium* : (NFT 90-455) <0,005 Oocystes/ L

VII. Résultats de l'enquête environnementale

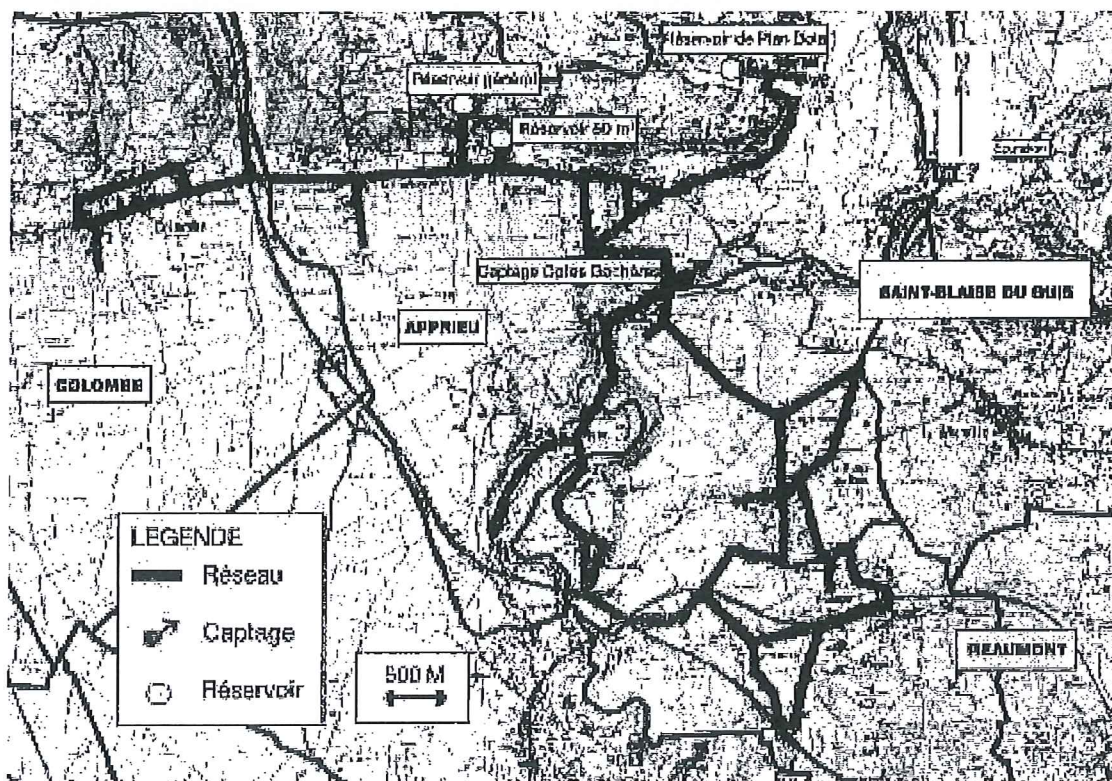
VII.1 Description du captage, traitement et distribution de l'eau du réseau

Le syndicat des eaux de la région d'Apprieu exploite le puits de Côtes Gagères pour alimenter en eau potable les communes d'Apprieu, Colombe, St-Blaise-du-Buis et Réaumont (5 600 habitants).

Le puits d'une profondeur de 8 mètres est situé à Apprieu dans la vallée de la Fure, en rive droite et à une vingtaine de mètres du lit de la Fure. L'eau pompée provient de la nappe alluviale de la Fure. La pompe est mise en marche automatiquement en fonction du niveau du réservoir de stockage. L'eau est traitée au dioxyde de chlore (ClO_2) injecté directement dans le puits au niveau des pompes. Le résiduel de chlore est mesuré en continu. Ce taux de chlore était enregistré uniquement sur papier à la station de pompage.

Le débit de pompage est de $85\text{m}^3/\text{h}$. Une partie de l'eau pompée alimente directement Réaumont et St-Blaise-du-Buis et l'autre partie est stockée dans des réservoirs pour être acheminée ensuite sans rechloration vers les communes de Colombe et Apprieu (cf. figure 6).

Figure 6. Schéma du réseau AEP, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002, Source : Ddass 38



Le puits est implanté dans la plaine alluviale de la Fure. D'après le forage de reconnaissance de 1977, ces alluvions sont constituées depuis la surface⁵ :

- D'une couverture imperméable de 4,50 m de sables argileux et argiles à galets,
- D'une zone aquifère de 3 m d'épaisseur de sables, graviers et galets,
- A 8 m de profondeur, le substratum imperméable est composé d'une molasse.

⁵. EDACERE SA, SIE de la région d'Apprieu, Périmètres de protection des captages, Puits de Côtes Gagères, Rapport géologique et étude géologique complémentaire, Ddaf 38, 1995

La nappe alluviale de la Fure est probablement alimentée par des infiltrations provenant de la rivière et de quelques petits affluents drainant les terrasses des versants de la vallée.

D'après une étude géophysique de conductivité datée de septembre 1993⁶, la Fure n'apparaît nulle part en relation directe avec les graviers aquifères. La filtration par la matrice sableuse semble satisfaisante.

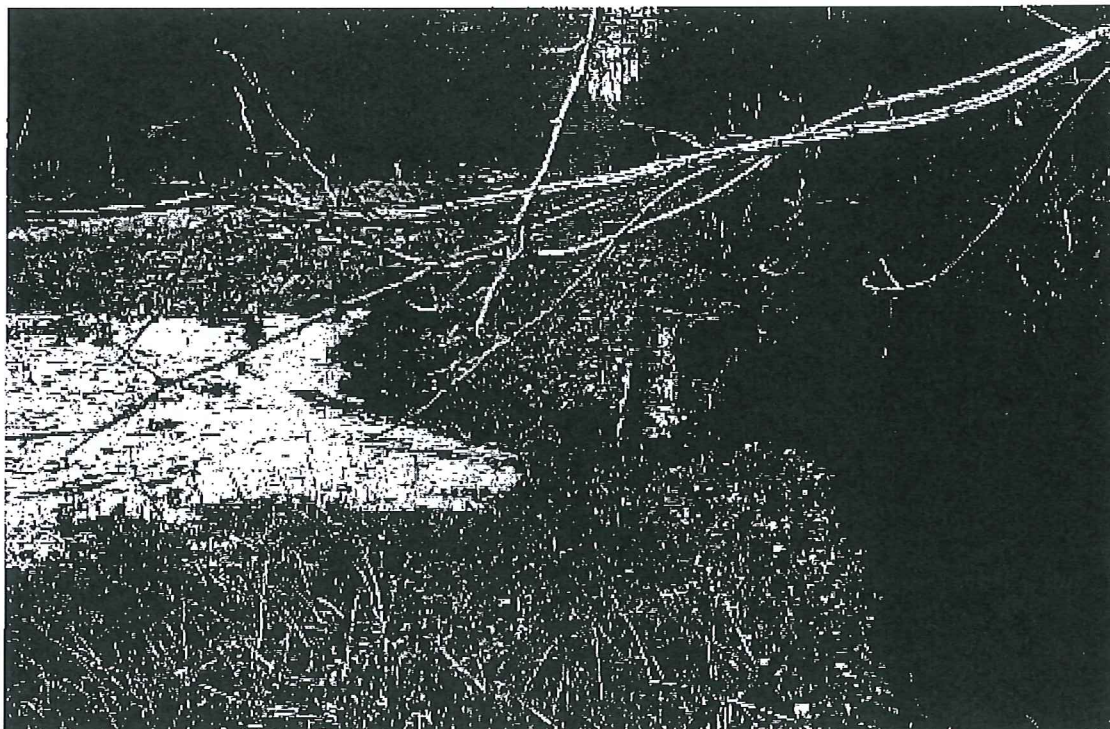
VII.2 Environnement du captage

Le captage est situé à une vingtaine de mètres de la fure. Cette rivière s'écoule depuis le lac de Paladru jusqu'à sa confluence avec la Morge sur une longueur de 23 km.

L'environnement agricole de la vallée de la Fure est constitué de cultures de maïs et de pâturages bovins.

Un canal de dérivation alimentant l'ancienne papeterie de Planche Catin passe à 3 m du captage. Ce canal peut déborder et par conséquent polluer le captage situé en contrebas (cf. figure 7).

Figure 7. Débordement du canal de dérivation, amont du captage, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



A l'amont du captage sont situées (cf. figure 8) :

- Les papeteries de la Ravignouse, à 800 m à l'Est du puits,
- Les forges et aciéries de Bonpertuis à 1,8 km au nord-est du captage,

Ces industries rejettent des effluents dans la rivière.

- La station d'épuration (Step) de Charavines - lac de Paladru à 2 km au nord-est du puits.

La station d'épuration de Charavines - lac de Paladru a été construite en 1987 et a été conçue pour une capacité de 11 500 équivalents-habitants. Elle est gérée par la Générale des eaux. Sept communes y sont connectées : Billieu, Charavines, Chirens, Montferrat, Paladru, Le Pin, Valencogne soit une population de 7 800 habitants. Les traitements sur les eaux usées sont les suivants⁷ :

⁶. TECHSOL, Prospection électromagnétique à Apprieu, Ddaf 38, 1993

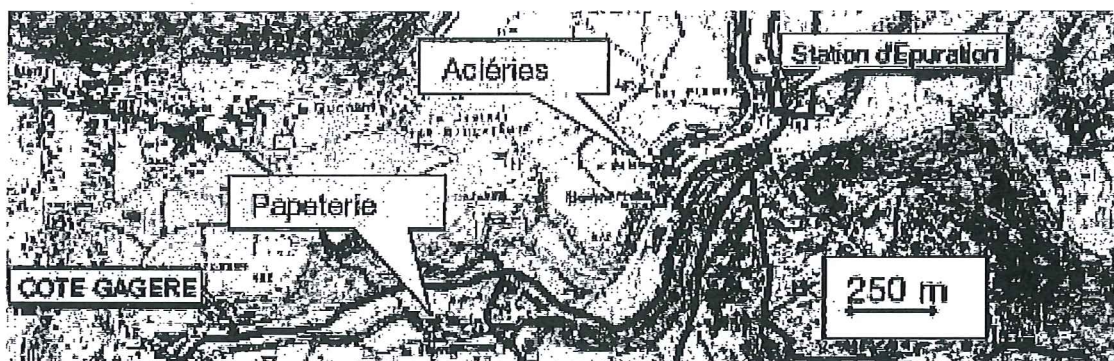
⁷. SOGREAH, Etude d'impact de la station d'épuration de Charavines, Syndicat mixte du lac de Paladru, Ddaf 38, 1986

- prétraitements physiques,
- boues activées, aération prolongée,
- nitrification,
- dénitrification.

L'effluent est rejeté dans la rivière sans traitement spécifique de la charge microbiologique. En régime normal, la station fonctionne avec un débit journalier de 8 000 m³. Le débit rejeté à la rivière, en sortie de Step n'est pas mesuré.

Le réseau de collecte des eaux usées alimentant la Step est un réseau séparatif (i.e. seules les eaux usées domestiques parviennent à la Step, les eaux pluviales sont rejetées directement à la rivière). Cependant, les fortes augmentations de débit observées en entrée de la Step en cas de pluies montrent que de nombreux mauvais raccordements sont probablement à l'origine d'arrivées d'eaux pluviales sur la station d'épuration. Lorsque le débit en entrée de station est trop important, un système de trop-plein dérive le surplus de débit : les eaux usées sont rejetées sans traitement dans la rivière. Cette situation est fréquente en période de fortes pluies.

Figure 8. Plan de situation, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002, Source : Ddass 38.



VII.3 Protection du puits de captage

Dans le cadre des études de mise en conformité des périmètres de protection du captage^{8,9}, réalisées entre 1993 et 1995, des enregistrements du niveau de la nappe en fonction de la pluviométrie montrent une recharge anormalement rapide de la nappe lors de fortes précipitations quand la Fure déborde et inonde ainsi une partie du périmètre de protection immédiate. Une infiltration de l'eau à travers le remblai perméable qui ceinture le puits et le massif annulaire de gravier filtre semble l'hypothèse la plus probable pour expliquer une participation directe de l'eau de la Fure à la réalimentation du puits. Le puits était initialement entouré d'une galette de béton de 30 cm d'épaisseur de 3 m de largeur pour le protéger des infiltrations⁹. Cette galette a été recouverte d'un remblai perméable de 2 m de hauteur (cf. figure 9) qui a pu provoqué son affaissement et sa désolidarisation du puits : un espace a ainsi pu s'ouvrir permettant des infiltrations d'eau de surface.

Cette hypothèse a été confirmée par la suite par une expérience réalisée en octobre 1994¹⁰. Au cours de cette expérience, l'eau du puits a été pompée pendant plusieurs heures en l'absence d'inondation, un rabattement très important de la nappe est observé, un échantillon prélevé et analysé montre que l'eau est de bonne qualité bactériologique (1 coliforme dans 100mL, absence de germes témoins de contamination fécale). La base du remblai de protection du puits a ensuite été inondée artificiellement avec l'eau de la Fure, pour reconstituer de manière plus modeste ce qui se passe lorsque la Fure déborde de son lit à l'amont du captage. Le niveau de la nappe accuse alors une remontée spectaculaire dans le

⁸. Ddaf 38, Syndicat des eaux de la région d'Apprieu : observations sur la protection du puits de Côtes Gagères, 1994

⁹. EDACERE SA, SIE de la région d'Apprieu, Puits de Côtes Gagères : descriptif technique détaillé, Ddaf 38, 1995

¹⁰. Ddaf 38, Syndicat des eaux de la région d'Apprieu : mise en évidence de la participation occasionnelle de la Fure dans l'alimentation du puits de Côtes Gagères, 1994

puits 15 à 20 minutes après le début de l'expérience. L'analyse bactériologique de cette eau montre un nombre élevé de coliformes (400 dans 100mL) et la présence importante de germes témoins de contamination fécale. A l'arrêt des pompes de la Fure, l'eau résiduelle au pied du remblai s'infiltre très rapidement. Les mesures des conductivités de l'eau de la nappe avant et pendant l'expérience et de l'eau de la Fure ont permis de montrer que près de 50 % de l'eau pompée pendant la simulation de l'inondation provenait de la Fure.

Les protections autour du puits (remblai, margelle de protection) ne sont donc plus imperméables. En période de crue, la Fure déborde fréquemment et inonde le périmètre de protection immédiate (cf. figure 9, figure 10, figure 11), provoquant ainsi une infiltration rapide et massive d'eau de la rivière dans la nappe. Le puits est alors alimenté pour moitié par la rivière et peut être plus en cas de fortes inondations.

Deux hydrogéologues ont préconisé la construction de digues pour protéger le captage des débordements de la Fure et l'agrandissement du périmètre de protection immédiate du puits^{5,10}. Le dossier sur l'établissement des périmètres de protections passe en Déclaration d'utilité publique (Dup). Les travaux demandés ne seront obligatoires que lorsque la Dup sera signée mais peuvent cependant être réalisés avant cette signature.

Figure 9. Situation du captage, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

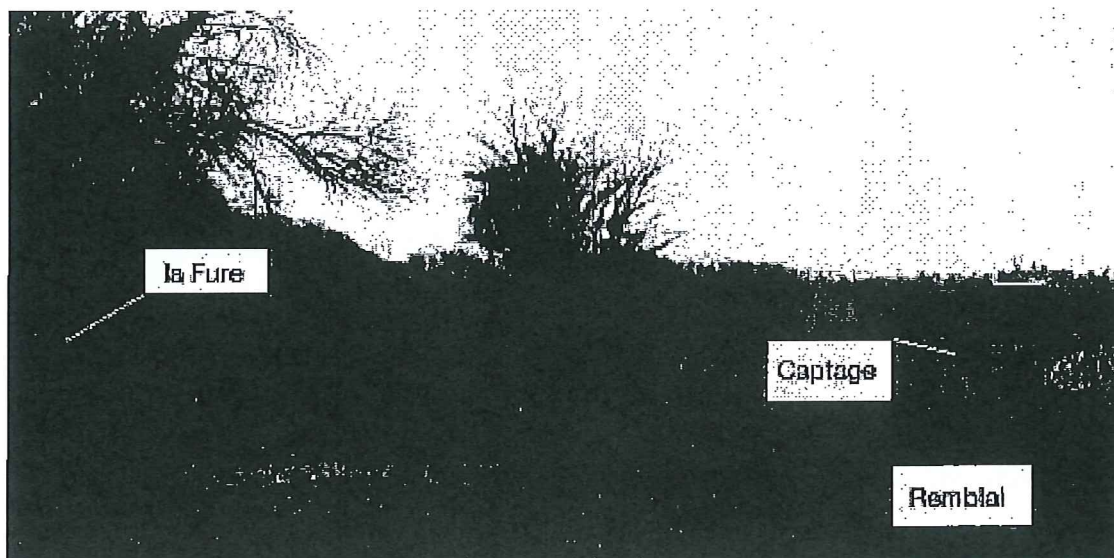


Figure 10. Inondation du périmètre de protection immédiat, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

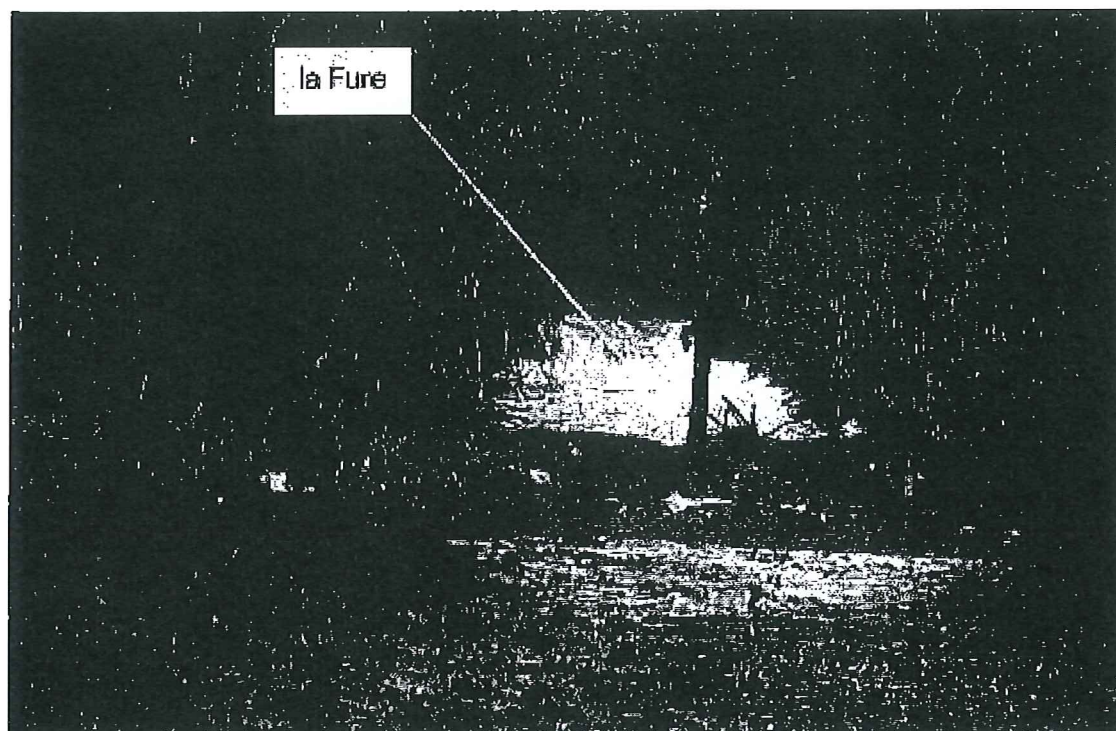


Figure 11. Inondation du pied du remblai du captage, périmètre de protection immédiat, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



VII.4 Qualité des eaux

La qualité bactériologique n'est pas parfaite. La Ddass 38 nous a fourni les résultats du contrôle sanitaire en interrogeant la base Sise-Eaux. Trois types d'eau sont analysés :

- Eau brute prélevée dans le puits de Côtes Gagères (arrêt de la chloration),
- Eau traitée (chloration au puits) prélevée dans le puits de Côtes Gagères,
- Eau distribuée prélevée en différents points du réseau de distribution.

Les paramètres bactériologiques analysés par le contrôle sanitaire au niveau de cette unité de distribution sont les suivants :

- Bactéries aérobies revivifiables à 22°C-72h,
- Bactéries aérobies revivifiables à 37°C-24h,
- Coliformes thermotolérants/100ml-MS,
- Coliformes totaux /100ml-MS,
- Entérocoques /100ml-MS,
- Spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices / 20ml.

Les données transmises ont été l'intégralité des données enregistrées : depuis 1991 pour l'eau brute et l'eau distribuée (soit 11 ans de données), et depuis 1993 pour l'eau traitée (soit 9 ans de données). Il y a eu 27 prélèvements d'eau brute, 30 d'eau traitée et 145 d'eau distribuée.

Nous avons analysé ces données en considérant les coliformes thermotolérants et les entérocoques comme indicateur de pollution fécale. Une analyse contenant au moins un coliforme thermotolérant est considérée comme non conforme pour ce paramètre et une analyse contenant au moins un entérocoque est considérée comme non conforme pour ce paramètre pour les eaux traitées et distribuées. Une eau est non-conforme au plan de la bactériologie si l'un ou l'autre de ces deux paramètres est non-conforme. Les résultats sont illustrés dans le tableau 27.

Tableau 27. Résultats des analyses du contrôle sanitaire pour l'unité de distribution desservant Apprieu, Réaumont, St-Blaise-du-Buis et Colombe, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

Type d'eau	Eau brute	Eau traitée	Eau distribuée
Période (années)	11	9	11
Nombre de prélèvements	27	30	145
* Coliformes thermotolérants (CTh) seuls	14,8 %	3,3 %	2,1 %
* Entérocoques (E) seuls	0,0 %	6,7 %	0,7 %
* CTh et E	14,8 %	0,0 %	2,8 %
* Pas de CTh ni de E	70,4 %	90,0 %	94,5 %
Total	100 %	100 %	100 %
Taux de contamination fécale (*Cth ou E)	29,6 %	10,0 %	5,5 %

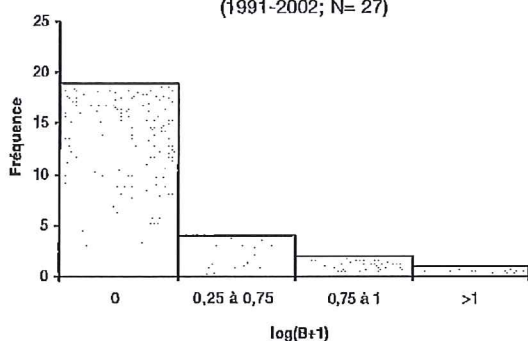
* Proportion d'échantillons contenant les paramètres indiqués

La distribution statistique des contaminations a été faite pour tous les paramètres biologiques (cf. figure 12 et annexe V). La présence en germes témoins de contamination fécale est peu importante sur l'eau brute et rare sur l'eau chlorée.

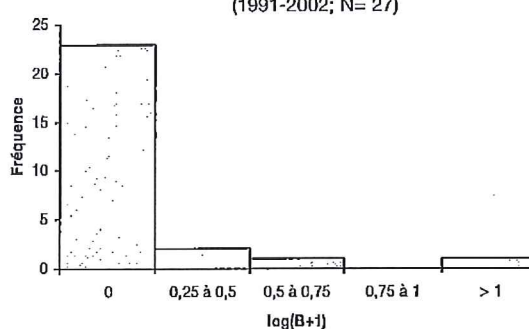
Figure 12. Distribution statistique des contaminations selon trois types d'eau, et deux indicateurs bactériologiques. Données du contrôle sanitaire de la Ddass 38. Epidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002. B = Bactérie ; N = nombre de prélèvements.

Valeur de log (B+1)	Nombre bactéries /100 mL
0	0
0,25 à 0,5	1 ou 2
0,5 à 0,75	3 ou 4
0,75 à 1	5
>1	> 6

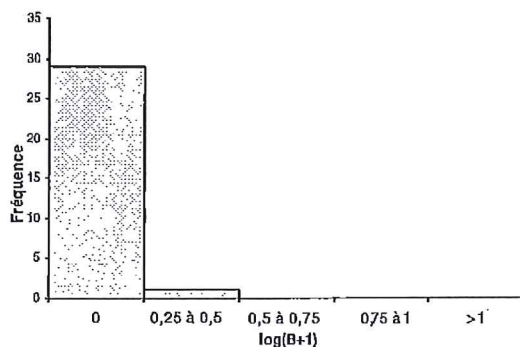
A : Eau brute, Coliformes thermotolérants / 100ml-MS, (1991-2002; N= 27)



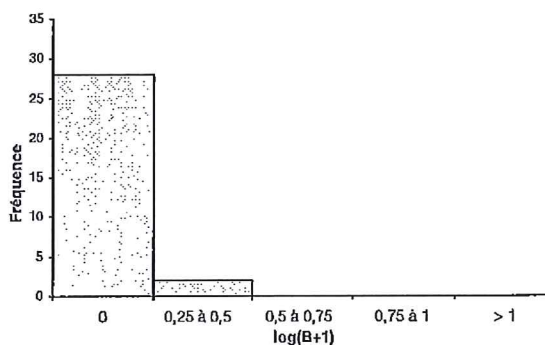
B : Eau brute, Entérocoques /100ml-MS, (1991-2002; N= 27)



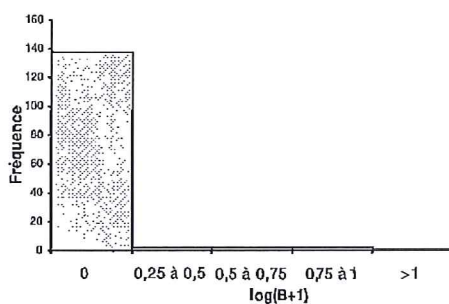
C : Eau traitée, Coliformes thermotolérants / 100ml-MS, (1993-2002; N= 30)



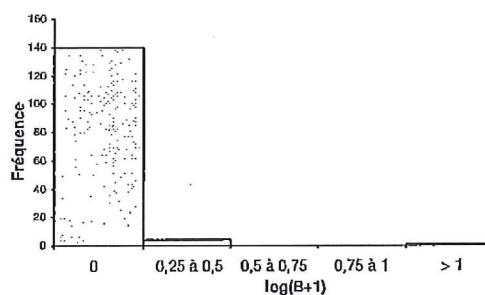
D : Eau traitée, Entérocoques /100ml-MS, (1993-2002; N= 30)



E : Eau distribuée, Coliformes thermotolérants / 100ml-MS, (1991-2002; N= 145)



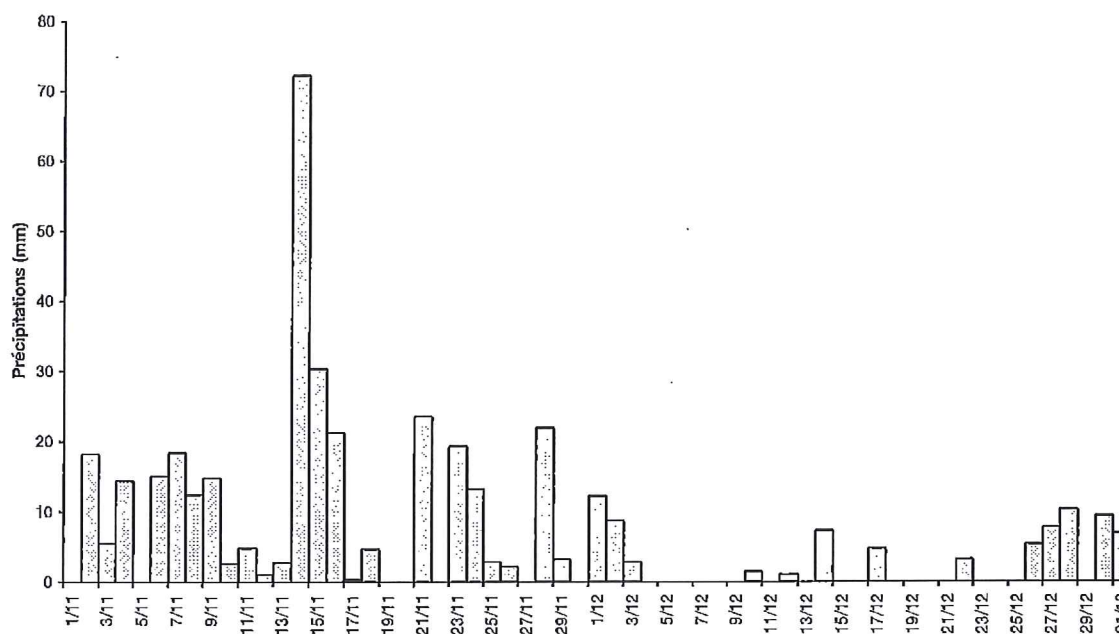
F : Eau distribuée, Entérocoques /100ml-MS, (1991-2002; N= 145)



VII.5 Situation météorologique juste avant l'épidémie

Les 14, 15 et 16 novembre 2002 ont été particulièrement pluvieux. Les précipitations ont atteint 72,2 mm le jeudi 14 novembre, 30,3 mm le 15 novembre et 21,2 mm le 16 novembre. Donc 123,7 mm de pluie sont tombés en 3 jours (cf. figure 13).

Figure 13. Précipitations quotidiennes des mois de novembre et décembre 2002, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002



VII.6 Hypothèses de contamination du réseau d'eau

La contamination du réseau d'eau peut être le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs.

- D'une part, à la suite des quelques jours de fortes pluies de la mi-novembre, le ruisseau de la Fure a débordé provoquant une inondation du périmètre de protection immédiate et par conséquent une infiltration des eaux de la Fure au niveau du captage les 15 et 16 novembre. Cette situation est relativement fréquente (plusieurs fois par an) mais n'entraîne pas la survenue d'une épidémie remarquable à chaque débordement.
- Les 14, 15 et 16 novembre 2002, la capacité de traitement de la Step a été dépassée provoquant un rejet d'eau non traitée dans la Fure. De plus, le jeudi 14, en raison d'un trop fort débit en entrée, les boues sont remontées à la surface du décanteur et ont été chassées directement dans le ruisseau, cet incident a entraîné l'arrêt la station. Toutes les eaux usées arrivant à la station ont été rejetées sans traitement dans la Fure pendant la période d'inactivité de la Step.
- La présence de calicivirus dans l'eau du réseau, témoins d'une contamination fécale d'origine humaine, nous oriente vers une possible pollution par des eaux usées. La période d'incubation d'un Norovirus étant de 24 ou 48h en général, la contamination du réseau a probablement eu lieu à partir du 15 ou 16 novembre 2002.

La mesure de chlore résiduel n'a pas été enregistrée les jours précédant l'épidémie investiguée à la suite d'une pénurie de papier du rouleau enregistreur. Il n'est donc pas possible de vérifier si la chloration était effective pendant les jours précédant l'épidémie.

La contamination du réseau semble donc être le résultat de l'inondation du périmètre de protection immédiate par les eaux de la Fure très chargées en microorganismes d'origine fécale humaine suite au dysfonctionnement de la station d'épuration de Charavines située en amont.

VIII. Discussion

Cette étude a permis de confirmer l'existence d'une épidémie de gastro-entérite d'origine virale dans quatre communes de l'Isère. L'enquête auprès des médecins a montré une augmentation de la proportion de consultations pour gastro-entérites par rapport au nombre de consultations totales. L'enquête en population générale a permis de montrer que le risque de survenue d'une gastro-entérite était quatre fois plus élevé chez les consommateurs d'eau du robinet que chez les non-consommateurs ($RR=4,6$ $IC_{95\%}=[2,6-8,0]$). D'autre part, ce risque augmente avec la quantité d'eau consommée quotidiennement. Les analyses virologiques réalisées ont révélé la présence de norovirus du génogroupe II dans les selles des malades et dans des échantillons d'eau du réseau. Enfin, l'enquête environnementale a permis de mettre en évidence l'enchaînement des événements ayant conduit à la contamination du réseau d'eau : depuis les dysfonctionnements de la station d'épuration située en amont du captage en période de fortes précipitations aux infiltrations d'eaux parasites de la rivière dans le puits de captage lors d'inondations du périmètre de protection immédiat du captage. La contamination du réseau de distribution d'eau potable par des microorganismes pathogènes est la cause très vraisemblable de l'épidémie de gastro-entérite survenue dans les communes de Colombe, Réaumont, Apprieu et Saint-Blaise-du-Buis en novembre 2002. La contamination est probablement d'origine virale, cependant aucune analyse bactériologique et parasitologique n'a été réalisée pour écarter l'hypothèse d'une contamination polymicrobienne.

Les conditions météorologiques ayant entraîné le dysfonctionnement de la station d'épuration et l'inondation du périmètre de protection du captage ne sont pas exceptionnelles et sont susceptibles de se reproduire plusieurs fois au cours d'une année. D'autre part, la vulnérabilité du captage vis-à-vis des intrusions d'eau parasites est connue depuis 1994 (date des études réalisées dans le cadre de la mise en place des périmètres de protection), les travaux préconisés n'ont toujours pas été réalisés. Le captage de Côtes Gagères peut être considéré comme une installation à risque, d'autres épidémies comme celle investiguée ici sont susceptibles de survenir.

L'erreur d'échantillonnage (ayant entraîné la sous représentation de la commune de Colombe dans la cohorte) ne biaise pas sensiblement le résultat : en considérant les deux hypothèses les plus défavorables quant à la consommation d'eau du robinet dans cette population (i.e. 1) les 91 personnes consomment de l'eau du robinet et 2) les 91 personnes ne consomment pas d'eau du robinet), la survenue d'une gastro-entérite reste associée de manière significative à la consommation d'eau du robinet ($RR=4,4$ $IC_{95\%}=[2,5-7,8]$ et $RR=2,0$ $IC_{95\%}=[1,5-2,6]$ respectivement).

Le mode de recueil de l'information sur les symptômes ressentis par les cas est basé sur leur déclaration. Dès qu'une personne déclarait avoir présenté des symptômes objectifs tels que l'apparition d'une diarrhée (à partir d'une selle molle par jour) ou de vomissements (à partir d'un vomissement par jour), elle était considérée comme étant un cas. Cette définition sensible a pu permettre d'appréhender l'étendue des symptômes, qui peuvent varier en intensité en fonction de la quantité d'eau consommée. D'autre part, compte tenu du délai de 3 semaines entre l'épidémie et l'enquête, seuls 50 % des cas interrogés ayant présenté diarrhées ou vomissements ont été capables de renseigner le nombre de selles ou de vomissements par jour (l'information était connue pour 85 cas/175 et 64 cas/123 respectivement). Pour appréhender l'effet de la définition de cas sur le calcul du risque relatif, les résultats obtenus ont été comparés avec le niveau de risque calculé avec une définition de cas plus restrictive (diarrhée ≥ 3 selles/j ou vomissement) : la nouvelle définition de cas augmente le risque relatif de survenue de gastro-entérite suite à la consommation d'eau du robinet ($RR=5,5$ $IC_{95\%}=[2,7-11,3]$ vs. $RR=4,6$ $IC_{95\%}=[2,6-8,0]$).

Les premiers contacts avec les pharmaciens au moment de l'alerte laissaient à penser que les vomissements étaient prédominants dans le tableau clinique, l'enquête a montré par la suite qu'il n'en était rien. Cet artefact peut provenir du fait que les premiers cas présentaient plus souvent des vomissements que les cas plus tardifs. D'autre part, les personnes ayant consulté un médecin présentaient plus souvent des vomissements que les personnes n'ayant pas consulté. Enfin, on peut supposer que les stocks familiaux de médicaments contiennent plus souvent des médicaments anti-diarrhéiques qu'antiémétiques. Ces observations montrent que la seule interrogation des médecins et pharmaciens lors d'une épidémie peut être à l'origine d'un biais de sélection. La mise en œuvre d'une étude de cohorte rétrospective auprès d'un échantillon de la population générale permet de décrire les effets de la maladie chez les personnes non médicalisées et d'appréhender de manière globale le tableau clinique.

L'information sur la quantité d'eau consommée était recueillie après l'épidémie. La mobilisation des cas autour de cette épidémie a pu être à l'origine d'un biais de médiatisation et donc d'une surestimation de la consommation d'eau pendant la période épidémique ; ce phénomène a pu entraîner ainsi une surestimation du risque. D'autre part, on peut s'interroger sur la représentativité des informations concernant la distribution de la consommation d'eau dans la population recueillies lors d'une épidémie.

Certains habitants des communes desservies par le captage de Côte Gagères se sont constitués en association pour tenter d'obtenir la mise en place de traitements supplémentaires ou l'abandon de ce captage qu'ils soupçonnent de fournir une eau de qualité médiocre. La mobilisation de la population à ce sujet a pu être à l'origine d'un biais d'information et d'une surestimation de la consommation d'eau du robinet chez les personnes atteintes de gastro-entérite ou une exagération dans la déclaration des symptômes entraînant ainsi une surestimation du risque de survenue d'une gastro-entérite suite à la consommation d'eau du robinet.

Les analyses virologiques réalisées ont permis de mettre en évidence la présence de Calicivirus de génogroupe II dans les selles des malades et dans l'eau du réseau. Cependant, les signes cliniques ayant orienté dès le départ vers une origine probablement virale, aucune recherche bactériologique ni parasitologique n'a été réalisée dans les selles des malades. Des recherches de microorganismes pathogènes plus poussées dans les selles des malades et dans l'eau auraient pu mettre en évidence une éventuelle contamination par plusieurs pathogènes et apporter ainsi des informations supplémentaires sur l'origine de la pollution.

Les limites de cette étude, passées en revue, ne remettent pas en cause le lien de causalité très vraisemblable entre la consommation d'eau du robinet et la survenue d'une gastro-entérite dans les communes d'Apprieu, de Réaumont, de Colombe et de Saint-Blaise-du-Buis entre le 15 et le 28 novembre 2002.

La vulnérabilité du captage de Côtes Gagères en Isère n'est pas une situation isolée. Les unités de production de petite taille exploitent souvent des ressources souterraines, disposent parfois de traitements simples (filtration sans chloration, simple chloration...) voire inexistantes et sont ainsi particulièrement sensibles au risque microbiologique (d'origine humaine ou animale) lorsque la ressource est vulnérable aux intrusions parasites. La mise en place et le respect des périmètres de protection est un processus long. Les réseaux de distribution peuvent aussi présenter des défaillances dues à l'usure, des interconnexions, un manque d'entretien... Cette situation laisse supposer que des épidémies d'origine hydrique sont susceptibles de se produire, or peu d'événements de ce type sont rapportés : en France, 3 épisodes ont été documentés auparavant (Gourdon³, Dracy⁴, Strasbourg, non publié). Aux Etats-Unis, un système de notification des épidémies d'origine hydrique a été mis en place depuis 1971. Ce système recense le nombre d'épidémies survenues par an dans quelques états volontaires, le type de ressource et de distribution mis en cause, la défaillance survenue, le nombre de cas et l'agent étiologique lorsqu'il est identifié. En 1999 et 2000 par exemple, 39 épidémies ont été recensées dans 25 états¹¹. Ces épidémies ont mis en cause 2068 cas dont 2 morts. Un agent étiologique a été identifié pour 22 (56 %) des 39 épidémies ; 20/22 ont été associées à un microorganisme pathogène (7 i.e. 35 % d'origine parasitaire, 9 i.e. 45 % d'origine bactérienne et 4 i.e. 20 % d'origine virale) et 2/22 à une pollution d'origine chimique. Une ressource souterraine a été mise en cause dans 28 (72 %) des 39 épidémies.

Le risque épidémique lié à l'ingestion d'eau provenant du réseau de distribution d'eau potable est mal connu en France, l'appréhender par l'amélioration de la notification et la standardisation des investigations pourrait permettre de promouvoir la sécurisation de l'ensemble des installations de production et de distribution d'eau potable en France. On pourra ici s'interroger sur la pertinence de réaliser des études de cohorte, par définition assez lourdes à mettre en œuvre, pour investiguer ces épidémies d'origine hydrique. L'amélioration de la connaissance du risque hydrique ne pourrait-elle passer par la mise en place de procédures relativement légères pour documenter les épisodes épidémiques ?

¹¹. Lee S.H., Levy D.A., Craun G.F. et al., Surveillance for waterborne disease outbreaks – United-States, 1999-2000. In: Surveillance Summaries, November 22, 2002. MMWR 2002;51(No. SS-8):1-48

IX. Recommandations

L'expérience tirée de cette épidémie de gastro-entérite liée à la contamination du réseau d'eau potable permet de formuler des recommandations.

IX.1 Investigations d'épidémie

- Surveillance et alerte
 - Rappeler aux médecins libéraux leur rôle de sentinelle pour l'alerte lorsqu'apparaissent des cas groupés d'une symptomatologie identique.
 - Appeler les pharmaciens d'officine à jouer un rôle de sentinelle pour l'alerte quand les ventes de médicaments anti-diarrhéiques dépassent un certain seuil fixé à l'avance.
- Analyses microbiologiques
 - Identifier les différents partenaires susceptibles de réaliser la recherche des microorganismes pathogènes dans les selles des malades et dans l'eau et demander cette recherche rapidement.
 - Recueillir des échantillons d'eau le plus rapidement possible et les stocker en prévision d'éventuelles analyses.
- Nécessité d'un partenariat à multiples compétences pré-organisé
 - Identifier et formaliser la liste des différents partenaires susceptibles d'intervenir lors d'une investigation : microbiologie des selles, de l'eau, investigation environnementale, investigation épidémiologique, gestion.

IX.2 Gestion de l'eau potable

- Les conditions qui ont entraîné la survenue de cette épidémie ne sont pas exceptionnelles, le périmètre de protection du captage est inondé plusieurs fois par an et la station d'épuration atteint régulièrement sa capacité maximale. En conséquence, ce captage doit être considéré comme une installation de distribution d'eau à risque ; il convient donc de réaliser sans délai les travaux demandés par l'hydrogéologue agréé lors de la mise en place du périmètre de protection du captage.

X. Conclusion

Cette étude a permis de confirmer la survenue d'une épidémie de gastro-entérite dans quatre communes du département de l'Isère : Apprieu, Réaumont, Saint-Blaise-du-Buis et Colombe. La consommation d'eau du réseau d'adduction en eau potable est à l'origine de cette épidémie ($RR=4,6$ $IC_{95\%}=[2,6-8,0]$). Le taux d'attaque est élevé (41 %). L'hypothèse de contamination du réseau la plus probable est l'infiltration d'eaux parasites, provenant de la rivière la Fure, au droit du captage suite à l'inondation du périmètre de protection immédiat. Les dysfonctionnements de la station d'épuration située en amont sur la Fure, après les fortes précipitations des jours précédant l'épidémie, pourraient être à l'origine d'une pollution fécale d'origine humaine. Cette hypothèse est renforcée par la présence de Calicivirus de génogroupe II dans les selles des malades et dans l'eau du réseau.

Les conditions qui ont entraîné la pollution du réseau ne sont pas exceptionnelles, le périmètre de protection immédiat du captage qui alimente les quatre communes est inondé plusieurs fois par an et la station d'épuration atteint régulièrement son débit maximum. En conséquence, le puits de Côtes Gagère à Apprieu peut être considéré comme une installation de distribution d'eau à risque, il convient donc de faire réaliser les travaux préconisés pour protéger ce captage dans les plus brefs délais.

Références

Beaudeau P, Zeghnoun A, Ledrans M, Volatier JL. Consommation d'eau du robinet pour la boisson en France métropolitaine : résultats tirés de l'enquête alimentaire INCA1. Environnement, Risques et Santé 2003; Vol. 2, n°3:147-158.

Centers for Disease Control and Prevention. Norovirus Activity – United States [published erratum appears in MMWR; 52:113]. MMWR 2002; 52:41-45.

Fankhauser RL, Monroe SS, Noel JS et al. Epidemiologic and molecular trends of « Norwalk-like viruses » associated with outbreaks of gastroenteritis in the United States. The Journal of Infectious Diseases 2002; 186:1-7.

Institut de veille sanitaire et ministère de l'Emploi et de la Solidarité. Epidémie de gastro-entérite à germes multiples liée à la consommation de l'eau de distribution, Gourdon, Lot (46). 2000; 1-48.

Institut de veille sanitaire. Epidémie de gastro-entérite à *Cryptosporidium*, Dracy-le-Fort, Saône et Loire (71), septembre 2001. 2003; 1-72.

Lee SH, Levy DA, Craun GF et al. Surveillance for waterborne disease outbreaks – United-States, 1999-2000. In: Surveillance Summaries, November 22, 2002. MMWR 2002; 51 (No. SS-8):1-48.

Annexe I :

Avis de restriction d'usage de l'eau du robinet, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

Diffusé le 19 novembre 2002 dans les boîtes aux lettres des résidents des communes d'Apprieu, Colombe, Réaumont et Saint-Blaise-du-Buis



URGENT

De nombreux cas de gastro-entérites ont été signalés sur les territoires des Communes d' APPRIEU, de COLOMBE, de REAUMONT et ST BLAISE DU BUIS.

Suite aux fortes pluies des derniers jours, un risque de contamination microbiologique des eaux distribuées reste envisageable.

Des mesures de chloration ont été renforcées et des prélèvements réalisés en vue de contrôler la qualité de l'eau.

Par précaution, les autorités sanitaires demandent de ne pas utiliser l'eau pour la boisson sauf après ébullition.

Les autres usages domestiques : cuisson, toilettes, sanitaires restent autorisés.

Des eaux embouteillées sont disponibles en Mairie jusqu'au retour à la normale.

Le Président du Syndicat des Eaux de la Région d' APPRIEU

Annexe II :

Questionnaire administré aux personnes interrogées pour l'enquête de cohorte, épidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

Enquête Isère – Décembre 2002 – FICHE FOYER

Nom de l'enquêteur :

N° de téléphone 04 76 / / / / / / / / / /

N° Foyer : / / / / / /

SUIVI DE L'ENQUETE – MISE A JOUR

date du 1^{er} appel / / / / / / / / / /

Résultat :

- ☐ Refus
- ☐ Dossier clos
- ☐ Dossier incomplet
- ☐ Pas de réponse
- ☐ Rappeler à la date du / / / / / / à / / / / h / / /
- ☐ N° de téléphone à rappeler si différent / / / / / / / / / /
- ☐ Foyer exclus : tous les habitants étaient absents pendant la période d'alerte

date du 2^{ème} appel / / / / / / / / / /

Résultat :

- ☐ Refus
- ☐ Dossier clos
- ☐ Dossier incomplet
- ☐ Pas de réponse
- ☐ Rappeler à la date du / / / / / / à / / / / h / / /
- ☐ N° de téléphone à rappeler si différent / / / / / / / / / /
- ☐ Foyer exclus : tous les habitants étaient absents pendant la période d'alerte

date du 3^{ème} appel / / / / / / / / / /

Résultat :

- ☐ Refus
- ☐ Dossier clos
- ☐ Dossier incomplet
- ☐ Pas de réponse
- ☐ Foyer exclus : tous les habitants étaient absents pendant la période d'alerte

Bonjour,

Je suis (nom)..... de la Ddass de l'Isère et nous enquêtons sur l'épidémie de gastro-entérite qui est survenue dans les communes de Colombe, St-Blaise-du-Buis, Apprieu et Réaumont au mois de novembre.

Accepteriez-vous de me consacrer du temps pour répondre à un questionnaire pour chaque membre du foyer pour nous permettre de documenter cet événement ?

Combien de personnes vivent au foyer ?

Le questionnaire prendra donc environ XXX minutes, à raison de XXX minutes par personne résidant au foyer.

Y a-t-il des personnes résidentes au foyer absentes depuis le vendredi 15 novembre ?

Nombre de personnes :

(Si nb = nb de pers. résidentes, critère d'exclusion, arrêter le questionnaire pour tout le foyer et remercier)

Nom de rue, N° , étage :

(vérifier si la commune est bien Colombe, St-Blaise-du-Buis, Apprieu ou Réaumont)

Enquête Isère – Décembre 2002

FICHE SUJET

Date de l'entretien / / / 12/2002

Caractéristiques du foyer

N° du foyer / / / / /

N° personne / / / /

Données démographiques

Nom / / / / / Prénom / / / / /

Age / / / (ans) Age / / / (en mois si enfant < 1 an)

Sexe : ☐ M ☐ F

1. Vous êtes-vous absenté (la personne s'est-elle absentée) >1 jour depuis le vendredi 15 novembre ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si oui, à quelles périodes étiez-vous absent (préciser les dates) du / / / au / / / /

du / / / au / / / /

du / / / au / / / /

INFORMATION SUR LES CONSOMMATIONS :

Les questions suivantes ont pour objectif de connaître votre consommation habituelle de certains produits alimentaires et votre consommation d'eau.

2. Depuis le vendredi 15 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) consommé :

Des plats cuisinés surgelés ou traiteurs ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 - Ne sait pas

Des fruits de mer crus ou peu cuits ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 - Ne sait pas

Des pâtisseries ou crèmes glacées ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 - Ne sait pas

Du lait cru (fromage au lait cru) ou lait de ferme ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 - Ne sait pas

3. Votre habitation est-elle alimentée par :

un puits privé ☐

le réseau de la ville ☐

les deux ☐

4. Avant le mercredi 20 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) consommé de l'eau du robinet ?

☐ 1 - Jamais

☐ 2 - Parfois : Nombre de verres /jr / / /

☐ 3 - Exclusivement : Nombre de verres /jr / / /

5. Avant le mercredi 20 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) consommé de l'eau en bouteille ?

☐ 1 - Jamais

☐ 2 - Parfois : Nombre de verres / / /

☐ 3 - Exclusivement : Nombre de verres / / /

indiquez le nb de verres
1/2 litre = 3 verres
1 litre = 5 verres
1.5 litre = 8 verres

6. Avant le mercredi 20 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) :

- consommé des crudités préparées avec l'eau du robinet ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas
- consommé du thé ou du café préparés avec l'eau du robinet ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas
- consommé des boissons allongées d'eau du robinet (dilution d'un jus de fruit par exemple) ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas
- consommé des glaçons préparés avec l'eau du robinet ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas

7. Avant le mercredi 20 novembre, vous êtes-vous (la personne s'est-elle) brossé les dents en utilisant l'eau du robinet ?

- ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas

8. A partir du mercredi 20 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) consommé de l'eau du robinet ?

- ☐ 1 - Jamais
☐ 2 - Parfois : Nombre de verres / /
☐ 3 - Exclusivement Nombre de verres / /

Si parfois ou exclusivement, l'eau a-t-elle été bouillie ?

- ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas

9. A partir du mercredi 20 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) consommé de l'eau en bouteille

- ☐ 1 - Jamais
☐ 2 - Parfois : Nombre de verres / /
☐ 3 - Exclusivement Nombre de verres / /

10. A partir du mercredi 20 novembre, avez-vous (la personne a-t-elle) :

- consommé des crudités préparées avec l'eau du robinet ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas
- consommé du thé ou du café préparés avec l'eau du robinet ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas
- consommé des boissons allongées d'eau du robinet (dilution d'un jus de fruit par exemple) ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas
- consommé des glaçons préparés avec l'eau du robinet ?
☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas

11. Après le mercredi 20 novembre, vous êtes-vous (la personne s'est-elle) brossé les dents en utilisant l'eau du robinet ?

- ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non ☐ 3 Ne sait pas

12. Avez-vous (la personne a-t-elle) été informé sur les mesures de restriction d'usage de l'eau ?

- ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si « OUI », à quelle date avez-vous été informé ? / / / 11/2002

Si « OUI », avez-vous été (la personne a-t-elle) été informé par :

La radio ☐ 1 - Oui ☐ 2 - NonLa télévision ☐ 1 - Oui ☐ 2 - NonLa presse ☐ 1 - Oui ☐ 2 - NonUne lettre ☐ 1 - Oui ☐ 2 - NonL'affichage en mairie ☐ 1 - Oui ☐ 2 - NonAutres : ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Préciser : _____

INFORMATIONS SUR LA MALADIE

Les questions suivantes ont pour objectif de caractériser les symptômes ressentis lors de cette épidémie de gastro-entérite.

13. Depuis le vendredi 15 novembre avez-vous (la personne a-t-elle) eu ?De la diarrhée ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si oui, nombre de selles liquides maximum par jour : / / jour

Si oui, y avait-il du sang dans les selles : ☐ 1 - Oui ☐ 2 - NonVomissements ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si oui, nombre de vomissements maximum par jour : /___/ / jour

Douleurs abdominales ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Nausées ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Fièvre (>38°) ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Maux de tête ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Perte d'appétit ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

D'autres symptômes ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si oui lesquels :

Si la réponse est « non » à tous ces symptômes passer à la question 24

14. Ces symptômes se sont-ils accompagnés d'une perte de poids ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

15. A quelle date sont apparus ces symptômes ? : /___/___/ 2002

16. Des symptômes persistent-ils aujourd'hui ? : ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si Oui, préciser lesquels :

Diarrhée ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Vomissements ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si oui, nombre de vomissements maximum par jour : /___/ / jour

Douleurs abdominales ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Nausées ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Fièvre (>38°) ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Maux de tête ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Perte d'appétit ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

D'autres symptômes ☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si oui lesquels :

Si Non, combien de jours avez-vous été malade ? : /___/ jours

17. Avez-vous (la personne a-t-elle) consulté un médecin pour ces symptômes ?

☐ 1 Oui ☐ 2 Non

Si oui à quelle date : /___/___/02/

Nom du médecin : /_____/

18. Avez-vous (la personne a-t-elle) consommé des médicaments ?

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lesquels ?

Si oui, les médicaments vous ont-ils été prescrits par le médecin ? ☐

Les avez-vous achetés directement à la pharmacie ? ☐

Proviennent-ils de votre stock ? ☐

19. Avez-vous (la personne a-t-elle) eu un examen des selles ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non (si « non », allez à la question 21)

Si « OUI » coordonnées du laboratoire (nom et commune): /_____/

20. Quel était le résultat des examens réalisés sur les selles ? (coproculture)

☐ Positif Nom de l'agent microbiologique identifié : /_____/

☐ Négatif

☐ Ne sait pas

21. Avez-vous (la personne a-t-elle) interrompu vos (ses) activités quotidiennes (loisirs, écoles, travail) en raison de ces symptômes ?

☐ 1 - Oui Combien de jours : /___/ ☐ 2 - Non

22. Avez-vous été (la personne a-t-elle été) alité(e) en raison de ces symptômes ?

☐ 1 - Oui Combien de jours : /_____/ ☐ 2 - Non

23. Avez-vous (la personne a-t-elle) été hospitalisé pour ce problème ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

Si OUI, date : /__/__/02/

Nom de l'hôpital /_____/

Service /_____/

Combien de temps avez-vous (la personne a-t-elle) été hospitalisé : /__/ jours

24. Dans les jours précédant la maladie, avez-vous (la personne a-t-elle) pris des antibiotiques ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

25. Dans les jours précédant la maladie, avez-vous (la personne a-t-elle) pris des antiacides (contre les brûlures d'estomac) ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

26. Dans les jours précédant la maladie, avez-vous pris (la personne a-t-elle) des corticoïdes ?

☐ 1 - Oui ☐ 2 - Non

A la fin du questionnaire penser à questionner les autres sujets du foyer

*A la fin du dernier questionnaire rempli,
remercier la personne pour sa collaboration et indiquer que les résultats feront l'objet d'une communication
publique à la fin du mois de janvier*

Annexe III :

Analyses virologiques des selles – Résultats – Epidémie de Gastro-entérite, Isère, novembre 2002

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE DIJON

Laboratoire de Virologie

2, Boulevard de Lattre de Tassigny, 21034 Dijon - Tel : 03-80-29-34-37 - Fax : 03-80-29-36-04

Date de réception des examens : 26 Novembre 2002

Examens transmis par : Laboratoire JABIN-PERNOUD 38690 Le Grand Lemps

Date du compte – rendu : 26 Décembre 2002

RECHERCHE DES VIRUS ENTERIQUES

*Astrovirus, Adénovirus types 40 et 41, Rotavirus ⁽¹⁾
Calicivirus humains (Genres Sapovirus anciennement Sapporo-like et Norovirus
anciennement Norwalk-like) ⁽²⁾*

N°	IDENTITE	Astrovirus	Adénovirus 40-41	Rotavirus	Calicivirus
		Négatif	Négatif	Négatif	Positif
		Négatif	Négatif	Négatif	Positif
		Négatif	Négatif	Négatif	Négatif
		Négatif	Négatif	Négatif	Positif
		Négatif	Négatif	Négatif	Négatif
		Négatif	Négatif	Négatif	Positif
		Négatif	Négatif	Négatif	Positif
		Négatif	Négatif	Négatif	Positif

Les résultats d'hybridation ainsi que le séquençage des produits amplifiés pour les échantillons E408, E411 et E413 mettent en évidence la présence de 2 souches différentes appartenant aux génogroupes I et II :

- la souche de calicivirus isolée dans l'échantillon E413 appartient au genre *Norovirus*, génogroupe II et présente 90,9% d'identité avec la souche Lordsdale et 99,2% d'identité avec la souche Grimsby sur la région amplifiée codant l'ARN polymérase.
- la souche de calicivirus isolée dans l'échantillon E411 appartient au genre *Norovirus*, génogroupe I et présente 98,6% d'identité avec la souche Birmingham sur la région amplifiée codant la capside.
- L'échantillon E408 contient les 2 souches

Dr Bvelyne Kohli

(1) Techniques immuno-enzymatiques.

(2) Amplification génique par RT-PCR.

Annexe IV :

Analyses virologiques de l'eau – Résultats – Epidémie de gastro-entérite, Isère, novembre 2002

A la suite de la demande de la Ddass de l'Isère du 25 novembre 2002, la recherche des virus entériques humains suivants a été réalisée par RT-PCR dans l'eau de distribution des communes de Apprieu, Colombe, Réaumont et Saint Blaise du Buis (Isère) : astrovirus, calicivirus, entérovirus, rotavirus et virus de l'hépatite A.

Matériel et méthodes

Echantillons. Trois échantillons d'eau de distribution (1 l) ont été prélevés le 22 novembre 2002 par le service Santé Environnement de la Ddass (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) de l'Isère aux lieux suivants :

- station de refoulement de Planche Catin (commune d'Apprieu) : prélèvement n° 1
- vanne de vidange du réservoir de Plambois (commune d'Apprieu) : prélèvement n° 2
- chez un particulier au lieu dit le Tramoud (commune de Colombe) : prélèvement n° 3

Ces prélèvements ont été placés en glacière réfrigérée et acheminés par transporteur au laboratoire de Microbiologie de Nantes.

Extraction des ARN viraux

100 ml d'eau sont centrifugés à 186 000 g pendant 1h30 à 4°C dans une ultracentrifugeuse Beckman XL80. Le culot est repris dans 200µl d'eau stérile et les ARN viraux sont extraits en utilisant le kit High Pure Viral RNA Kit (Roche Molecular Diagnostics, Mannheim, Germany) selon les instructions du fabricant.

Amorces de RT-PCR et sondes pour l'hybridation des produits de PCR. Les amorces Beg 9, End 9 et la sonde RFP4 décrites par Gouvea (1990), Con2, Con 1 et la sonde VP4 décrites par Gentsch (1992), ont été utilisées pour la détection des rotavirus humains ; les amorces NVp110 (Le Guyader et al., 1996), NVp36 (Wang et al., 1994), SR48-50-52 (Ando et al., 1995) et NI (Green et al., 1995) et les sondes SR 47-61-63, UK3, JV5 et GGII (Vinje et Koopmans, 2000) pour la détection des virus Norwalk-like ; les amorces H7, H8 et la sonde H9 (Bosch, soumis) pour la détection du virus de l'hépatite A ; les amorces AV1, AV2 et la sonde AV3 (Mitchell, 1995) pour la détection des astrovirus ; les amorces PV444, P1 et la sonde P2 (Bosch, 1996 ; Shieh, 1997) pour la détection des entérovirus.

RT-PCR. 2µl d'extrait d'acides nucléiques sont utilisés pour la reverse transcription avec 2.5 µM du primer amont dans un mélange contenant la murine leukemia virus reverse transcriptase (MuLV-RT) (Perkin Elmer, USA). Pour l'ARN double brin de rotavirus, une étape de dénaturation est réalisée par addition de 10 mM hydroxyde de méthylmercure dans un mélange contenant l'échantillon et le primer aval. Après incubation à température ambiante pendant 5 minutes, les autres composants de la RT sont ajoutés (Dubois et al., 1997). Après incubation à 42°C pendant 15 minutes et dénaturation pendant 5 minutes à 95°C les microtubes sont disposés sur la glace. Le mélange de PCR est ajouté pour obtenir une solution contenant 1 µM de chaque amorce selon les instructions du fabricant de la Taq polymérase (Perkin-Elmer). Les conditions d'amplification sont les suivantes : dénaturation initiale à 94 °C pendant une minute; 40 cycles de dénaturation à 94°C pendant 30 s, hybridation des amorces à 50°C pendant 30 s et élongation à 72°C pendant 30 s et élongation terminale à 72°C pendant 7 min dans un thermocycleur.

Les produits d'amplification sont détectés par électrophorèse en gel de polyacrylamide à 9 % et coloration au bromure d'éthidium.

Pour améliorer la sensibilité de la détection, les produits d'amplification sont déposés sur membrane et hybridés avec une sonde spécifique détectée par chimiluminescence.

Résultats

La présence d'entérovirus, d'astrovirus et de calicivirus a été mise en évidence après hybridation des produits de PCR. Il n'a pas été détecté de rotavirus ni de virus de l'hépatite A.

Les résultats obtenus suggèrent une faible contamination. Les calicivirus détectés appartiennent au génogroupe II, comme ceux détectés dans les selles par le laboratoire de Virologie du CHU de Dijon. Des essais vont être réalisés pour essayer d'augmenter la qualité du signal obtenu en PCR en vue d'un séquençage de la souche détectée.

Pierre LE CANN, 5 avril 2002

Références bibliographiques :

- Ando, T., Monroe, S. S., Gentsch, J. R., Jin, Q., Lewis, D. C., and Glass, R. I. (1995). Detection and differentiation of antigenically distinct small round-structured viruses (Norwalk-like viruses) by reverse transcription-PCR and southern hybridization. *J Clin Microbiol* **33**(1),64-71.
- Bosch A., Gajardo R., Diez J.M., Pinto R.M. (1996). Non isotopic automatable molecular procedures for the detection of enteroviruses. *Mol Cel Probes*, **10**:81-89.
- Gentsch, J. R., Glass, R. I., Woods, P., Gouvea, V., Gorziglia, M., Flores, J., Das, B. K., and Bhan, M. K. (1992). Identification of group A rotavirus gene 4 types by polymerase chain reaction. *J Clin Microbiol* **30**(6),1365-73.
- Gouvea, V., Allen, J. R., Glass, R. I., Fang, Z. Y., Bremont, M., Cohen, J., McCrae, M. A., Saif, L. J., Sinarachatanant, P., and Caul, E. O. (1991). Detection of group B and C rotaviruses by polymerase chain reaction. *J Clin Microbiol* **29**(3),519-23.
- Gouvea, V., Glass, R. I., Woods, P., Taniguchi, K., Clark, H. F., Forrester, B., and Fang, Z. Y. (1990). Polymerase chain reaction amplification and typing of rotavirus nucleic acid from stool specimens. *J Clin Microbiol* **28**(2),276-82.
- Green, J., Gallimore, C. I., Norcott, J. P., Lewis, D., and Brown, D. W. (1995). Broadly reactive reverse transcriptase polymerase chain reaction for the diagnosis of SRSV-associated gastroenteritis. *J Med Virol* **47**(4),392-8.
- Le Guyader, F., Estes, M. K., Hardy, M. E., Neill, F. H., Green, J., Brown, D. W., and Atmar, R. L. (1996). Evaluation of a degenerate primer for the PCR detection of human caliciviruses. *Arch Virol* **141**(11),2225-35.
- Shieh Y.S., Baric R.S., Sobsey M.D. (1997). Detection of low level of enteric viruses in metropolitan and airplane sewage. *Appl Environ Microbiol* **63**,4401-4407.
- Vinje, J., and Koopmans, M. P. (2000). Simultaneous detection and genotyping of Norwalk-like viruses by oligonucleotide array in a reverse line blot hybridization format. *J. Clin. Microb.* **38** (7),2595-2601.
- Wang, J., Jiang, X., Madore, H. P., Gray, J., Desselberger, U., Ando, T., Seto, Y., Oishi, I., Lew, J. F., Green, K. Y., and et al. (1994). Sequence diversity of small, round-structured viruses in the Norwalk virus group. *J Virol* **68**(9),5982-90.

Annexe V :

Distribution statistique des contaminations selon trois types d'eau, et deux indicateurs bactériologiques.

Données du contrôle sanitaire de la Ddass 38. Epidémie de gastro-entérite, Isère, nov. 2002

B = Bactérie ; N = nombre de prélèvements.

A : Eau brute, bactéries aérobies revivifiables à 22°-72h, (1991-2002; N= 27).

B : Eau brute, bactéries aérobies revivifiables à 37°-24h, (1991-2002; N= 27)

C : Eau brute, coliformes totaux /100ml-MS, (1991-2002; N= 27)

D : Eau brute, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices / 20ml, (1991-2002; N= 27)

E : Eau traitée, bactéries aérobies revivifiables à 22°-72h, (1993-2002; N= 30).

F : Eau traitée, bactéries aérobies revivifiables à 37°-24h, (1993-2002; N= 30).

G : Eau traitée, coliformes totaux /100ml-MS, (1993-2002; N= 30).

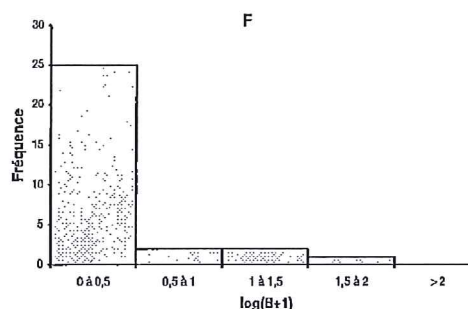
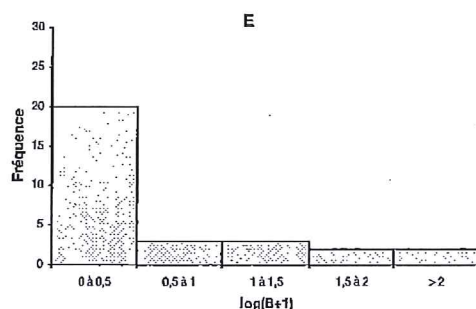
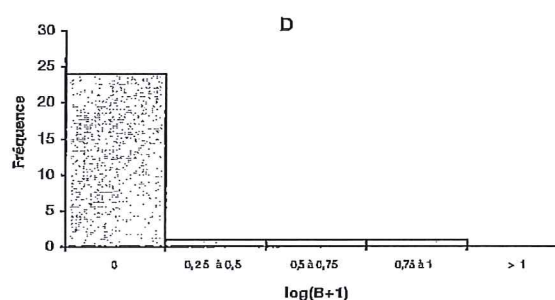
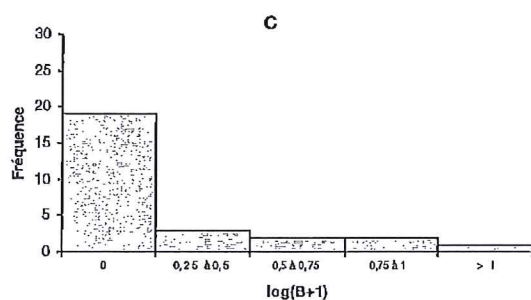
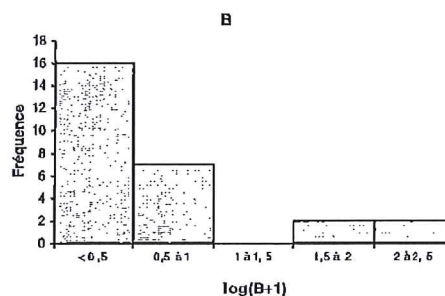
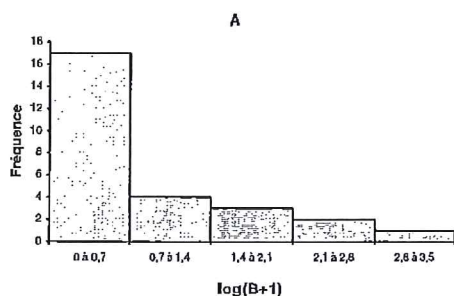
H : Eau traitée, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices / 20ml, (1993-2002; N= 30).

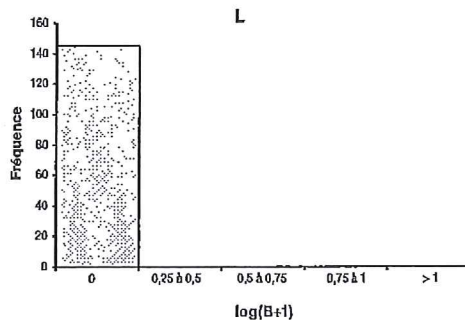
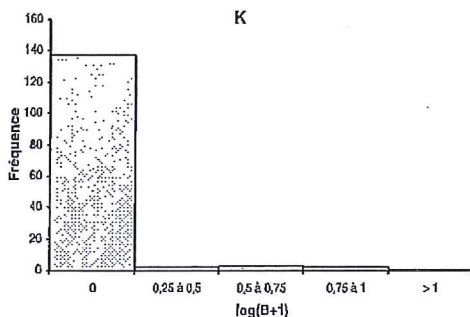
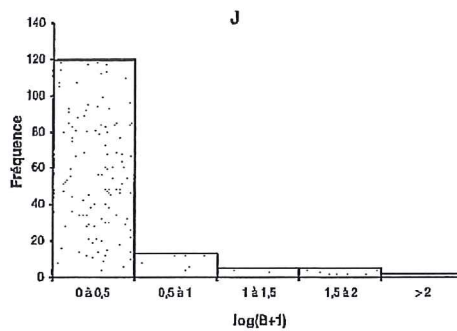
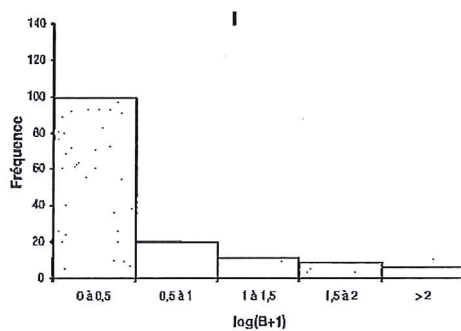
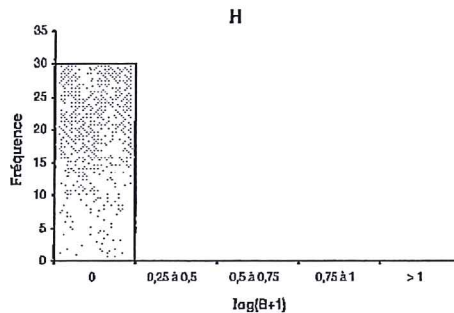
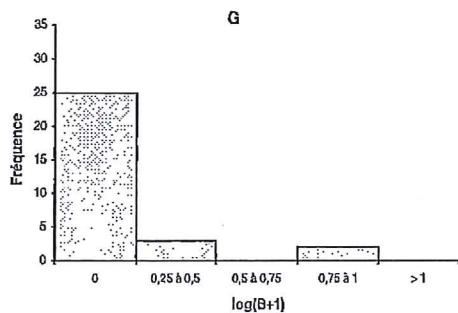
I : Eau distribuée, bactéries aérobies revivifiables à 22°-72h, (1991-2002; N= 145).

J : Eau distribuée, bactéries aérobies revivifiables à 37°-24h, (1991-2002; N= 145).

K : Eau distribuée, coliformes totaux /100ml-MS, (1991-2002; N= 145).

L : Eau distribuée, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices / 20ml, (1991-2002; N= 145).





valeur de log (B+1)	nombre bactéries aérobies n/mL
0 à 0,5	0 à 2
0,5 à 1	3 à 9
1 à 1,5	10 à 16
1,5 à 2	17 à 99
>2	> 100

valeur de log (B+1)	nombre coliformes n/100 mL	nombre B sulfito-red, n/20 mL
0	0	0
0,25 à 0,5	1 ou 2	1 ou 2
0,5 à 0,75	3 ou 4	3 ou 4
0,75 à 1	5	5
>1	> 10	> 10

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 5

ESSAI DE POMPAGE DE 1979 ET INTERPRETATION

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est



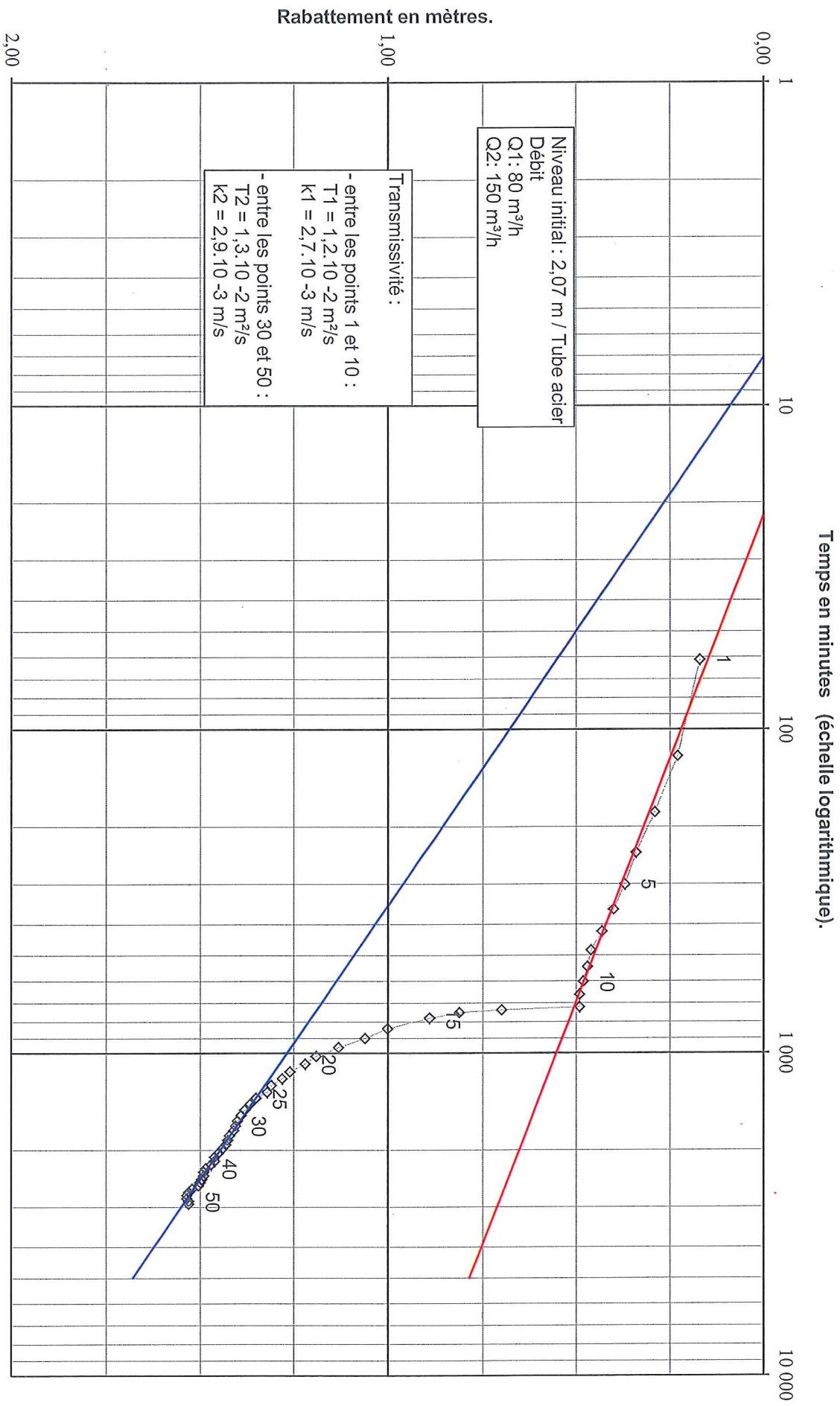
eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



Apprieu
Essai du FORAGE
Pompage longue durée du 28 mars au 29 mars 1979 : descente suivie sur l'ouvrage testé



SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 6

FICHE SEQ-EAU DE LA FURE AVAL A BONPERTUIS

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est



eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



État des eaux de la station

Années	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments	Acidification	Salinité	Polluants spécifiques	Invertébrés benthiques	Diatomées	Poissons	Hydromorphologie	ÉTAT ÉCOLOGIQUE	POTENTIEL ÉCOLOGIQUE	ÉTAT CHIMIQUE
2010	TBE	TBE	MOY ①	BE	?	BE	BE	MOY				MAUV	BE
2009	TBE	TBE	MED ①	TBE	?	BE	BE	BE				MAUV	BE
2008	BE	TBE	MOY ①	TBE	?		TBE	MOY				MAUV	

Légende

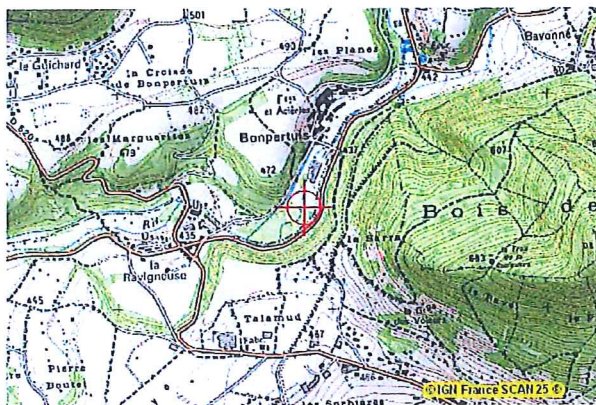
État écologique

TBE	Très bon état
BE	Bon état
MOY	État moyen
MED	État médiocre
MAUV	État mauvais
?	État indéterminé : absence actuelle de limites de classes pour le paramètre considéré ou absence actuelle de référence pour le type considéré (biologie). Pour les diatomées, la classe d'état affichée sera "indéterminé" si l'indice est calculé avec une version de la norme différente de celle de 2007 (Norme AFNOR NFT 90-354)
NC	Non Concerné
	Absence ou insuffisance de données

État chimique

BE	Bon état
MAUV	Non atteinte du bon état
?	Information insuffisante pour attribuer un état
	Absence de données

Plan de situation



Bon potentiel écologique

Objectif spécifique aux masses d'eau artificielles et aux masses d'eau fortement modifiées. Le Potentiel écologique d'une masse d'eau artificielle ou fortement modifiée est défini par rapport à la référence du type de masses d'eau de surface le plus comparable. Par rapport aux valeurs des éléments de qualité pour le type de masses d'eau de surface le plus comparable, les valeurs du bon potentiel tiennent compte des caractéristiques artificielles ou fortement modifiées de la masse d'eau. Le potentiel écologique comporte quatre classes : bon, moyen, médiocre et mauvais.

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 7

BILAN HYDROCLIMATIQUE

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est

eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél.: 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



CALCUL DE BILANS HYDROCLIMATIQUES
ETP THORNTHWAITE

Pluie efficace répartie sur 3 mois

Nom de la station : Saint Geoires
Rfu initiale : 100
Année 1 : 2001

Pour avoir l'année moyenne sur 10 ans, tapez Alt M
Pour imprimer les tableaux, tapez Alt I
Pour imprimer le graphique année moyenne, tapez Alt G

REEMPLIR LES 10 TABLEAUX ANNUELS SUIVANTS :

BILAN HYDROCLIMATIQUE				Station : Saint Geoirs			Année: 2001			RFUini: 100			
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	94,2	14,8	140,8	91,2	94,0	80,2	80,4	70,0	111,0	93,8	29,6	12,4	912,4
Temp (degC)	4,8	5,5	10,4	9,2	16,2	17,6	20,6	20,6	13,7	15,6	4,0	0,0	11,5
ETP (mm)	15,9	18,9	42,5	36,4	74,7	83	101,4	101,4	60,3	71,2	12,6	0	618,3
RFU	100	95,9	100	100	100	97,2	76,2	44,8	95,5	100	100	100	
ETR (mm)	15,9	18,9	42,5	36,4	74,7	83	101,4	101,4	60,3	71,2	12,6	0	618,3
Q (mm)	78,3	0	94,2	54,8	19,3	0	0	0	0	18,1	17	12,4	294,1
Q3 (mm)	46,3	26	62,8	55,7	44,9	16,8	3,9	0	0	9,1	13,9	14,9	294,3
Qs (l/s/km2)	17,3	10,7	23,4	21,5	16,8	6,5	1,5	0	0	3,4	5,4	5,6	9,3

BILAN HYDROCLIMATIQUE				Station :		Saint Geoirs		Année: 2002			RFUini:		100
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	34,4	89,0	28,6	17,4	140,6	61,2	92,4	92,2	126,8	125,0	289,0	62,8	1159,4
Temp (degC)	2,7	6,3	8,2	9,9	12,6	18,8	18,9	18,9	15,0	12,1	8,7	5,3	11,5
ETP (mm)	8,4	23,8	32,9	41,5	55,8	91,3	91,9	91,9	69,1	53,1	35,4	19,2	614,3
RFU	100	100	95,7	71,6	100	69,9	70,4	70,7	100	100	100	100	
ETR (mm)	8,4	23,8	32,9	41,5	55,8	91,3	91,9	91,9	69,1	53,1	35,4	19,2	614,3
Q (mm)	26	65,2	0	0	56,4	0	0	0	28,4	71,9	253,6	43,6	545,1
Q3 (mm)	20,1	42,9	24,8	13	28,2	16,9	11,3	0	14,2	44,5	154,1	112,3	482,3
Qs (l/s/km2)	7,5	17,7	9,3	5	10,5	6,5	4,2	0	5,5	16,6	59,5	41,9	15,4

BILAN HYDROCLIMATIQUE				Station :		Saint Geoirs		Année: 2003			RFUini: 100		
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	52,2	22,6	17,8	58,4	29,6	30,0	24,0	111,4	64,2	155,0	80,2	124,0	769,4
Temp (degC)	1,0	1,7	8,0	10,4	15,5	23,3	21,8	24,8	16,4	9,8	7,6	3,5	12,0
ETP (mm)	2,2	4,4	30,9	43	71	118,7	109,1	128,4	76,2	39,9	28,9	10,9	663,6
RFU	100	100	86,9	100	58,6	0	0	0	0	100	100	100	
ETR (mm)	2,2	4,4	30,9	43	71	88,6	24	111,4	64,2	39,9	28,9	10,9	519,4
Q (mm)	50	18,2	0	2,3	0	0	0	0	0	15,1	51,3	113,1	250
Q3 (mm)	88,8	32,8	15,5	4,8	0,7	0,5	0	0	0	7,6	30,2	75	255,9
Qs (l/s/km2)	33,2	13,6	5,8	1,9	0,3	0,2	0	0	0	2,8	11,7	28	8,1

BILAN HYDROCLIMATIQUE		Station : Saint Geoirs								Année: 2004		RFUini: 100	
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	61,6	39,6	48,8	48,6	46,2	19,4	12,4	178,2	22,6	185,0	41,0	47,5	750,9
Temp (degC)	2,3	2,9	5,9	9,2	13,0	18,3	20,1	20,5	16,7	14,0	5,3	2,3	10,9
ETP (mm)	7,1	9,4	22,3	38,3	58,4	88,6	99,3	101,8	79,2	63,9	19,5	7,1	594,9
RFU	100	100	100	100	87,8	18,6	0	76,4	19,8	100	100	100	
ETR (mm)	7,1	9,4	22,3	38,3	58,4	88,6	31	101,8	79,2	63,9	19,5	7,1	526,6
Q (mm)	54,5	30,2	26,5	10,3	0	0	0	0	0	40,9	21,5	40,4	224,3
Q3 (mm)	71,4	54,1	33,2	19,1	8,4	2,1	0	0	0	20,5	23	34,8	266,6
Qs (l/s/km2)	26,7	22,4	12,4	7,4	3,1	0,8	0	0	0	7,7	8,9	13	8,5

BILAN HYDROCLIMATIQUE		Station : Saint Geoirs								Année: 2005		RFUini: 100	
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	41,6	44,0	33,2	169,0	68,8	24,2	66,8	78,2	49,1	130,6	57,6	68,2	831,3
Temp (degC)	1,9	0,1	6,4	9,2	14,3	19,5	20,3	17,8	16,5	14,3	5,1	0,0	10,5
ETP (mm)	5,8	0,2	25	38,8	66	96	100,8	86	78,5	66	19	0	582,1
RFU	100	100	100	100	100	28,2	0	0	0	64,6	100	100	
ETR (mm)	5,8	0,2	25	38,8	66	96	95	78,2	49,1	66	19	0	539,1
Q (mm)	35,8	43,8	8,2	130,2	2,8	0	0	0	0	0	3,2	68,2	292,2
Q3 (mm)	34,3	40,7	24,4	76,3	42,1	26,9	0,6	0	0	0	1,6	35,1	282
Qs (l/s/km2)	12,8	16,8	9,1	29,4	15,7	10,4	0,2	0	0	0	0,6	13,1	9,0

BILAN HYDROCLIMATIQUE		Station : Saint Geoirs								Année: 2006		RFUini: 100	
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	34,0	43,0	119,2	61,0	74,2	24,8	55,0	91,0	84,4	68,4	85,8	43,4	784,2
Temp (degC)	0,9	1,6	6,2	10,2	14,3	18,9	23,9	17,4	18,8	15,0	8,9	3,8	11,7
ETP (mm)	1,7	3,6	21,2	40,4	62,7	90,1	122,3	80,9	89,5	66,7	33,8	11,2	624,1
RFU	100	100	100	100	100	34,7	0	10,1	5	6,7	58,7	90,9	
ETR (mm)	1,7	3,6	21,2	40,4	62,7	90,1	89,7	80,9	89,5	66,7	33,8	11,2	591,5
Q (mm)	32,3	39,4	98	20,6	11,5	0	0	0	0	0	0	0	201,8
Q3 (mm)	37,3	43	67,3	47,6	31,5	7,6	2,3	0	0	0	0	0	236,6
Qs (l/s/km2)	13,9	17,8	25,1	18,4	11,8	2,9	0,9	0	0	0	0	0	7,6

BILAN HYDROCLIMATIQUE				Station :		Saint Geoirs		Année: 2010			RFUini: 100		
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	59,8	81,0	89,7	54,6	154,4	91,9	21,1	59,1	86,6	74,9	108,0	35,0	916,1
Temp (degC)	0,0	2,8	5,6	10,6	12,4	17,4	21,6	19,4	14,8	10,8	6,6	0,2	10,2
ETP (mm)	0	9,9	22,3	47,3	56,8	84,6	109	96,1	69,9	48,3	27,1	0,4	571,7
RFU	100	100	100	100	100	100	12,1	0	16,7	43,3	100	100	
ETR (mm)	0	9,9	22,3	47,3	56,8	84,6	109	71,2	69,9	48,3	27,1	0,4	546,8
Q (mm)	59,8	71,1	67,4	7,3	97,6	7,3	0	0	0	0	24,2	34,6	369,3
Q3 (mm)	48	65,6	67	38,1	64,5	34,4	21,7	1,5	0	0	12,1	24,6	377,5
Qs (l/s/km2)	17,9	27,1	25	14,7	24,1	13,3	8,1	0,6	0	0	4,7	9,2	12,1

BILAN HYDROCLIMATIQUE				Station : Saint Geoirs				Année: 2001-2010			RFUini: 100		
Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Pluvio. (mm)	55,3	48,7	67,1	64,4	96,7	55,5	59,3	89,4	84,0	102,6	92,8	58,0	873,7
Temp (degC)	2,3	3,6	7,0	10,4	14,5	18,8	20,6	19,9	15,8	12,6	6,6	2,2	11,2
ETP (mm)	6,7	11,6	26,6	43,7	66,1	91,0	102,1	97,4	73,2	55,3	25,0	6,4	605,1
RFU	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	64,5	21,7	13,7	24,5	71,8	100,0	100,0	
ETR (mm)	6,7	11,6	26,6	43,7	66,1	91,0	102,1	97,4	73,2	55,3	25,0	6,4	605,1
Q (mm)	48,6	37,1	40,5	20,7	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	51,6	268,6
Q3 (mm)	39,5	40,0	41,1	29,9	29,6	13,3	6,1	0,0	0,0	0,0	19,8	37,7	257,0
Qs (l/s/km2)	14,7	16,5	15,3	11,5	11,1	5,1	2,3	0,0	0,0	0,0	7,6	14,1	8,2

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 8

COUPE GEOLOGIQUE DU FORAGE D'ESSAI

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com

eau
environnement
géophysique...



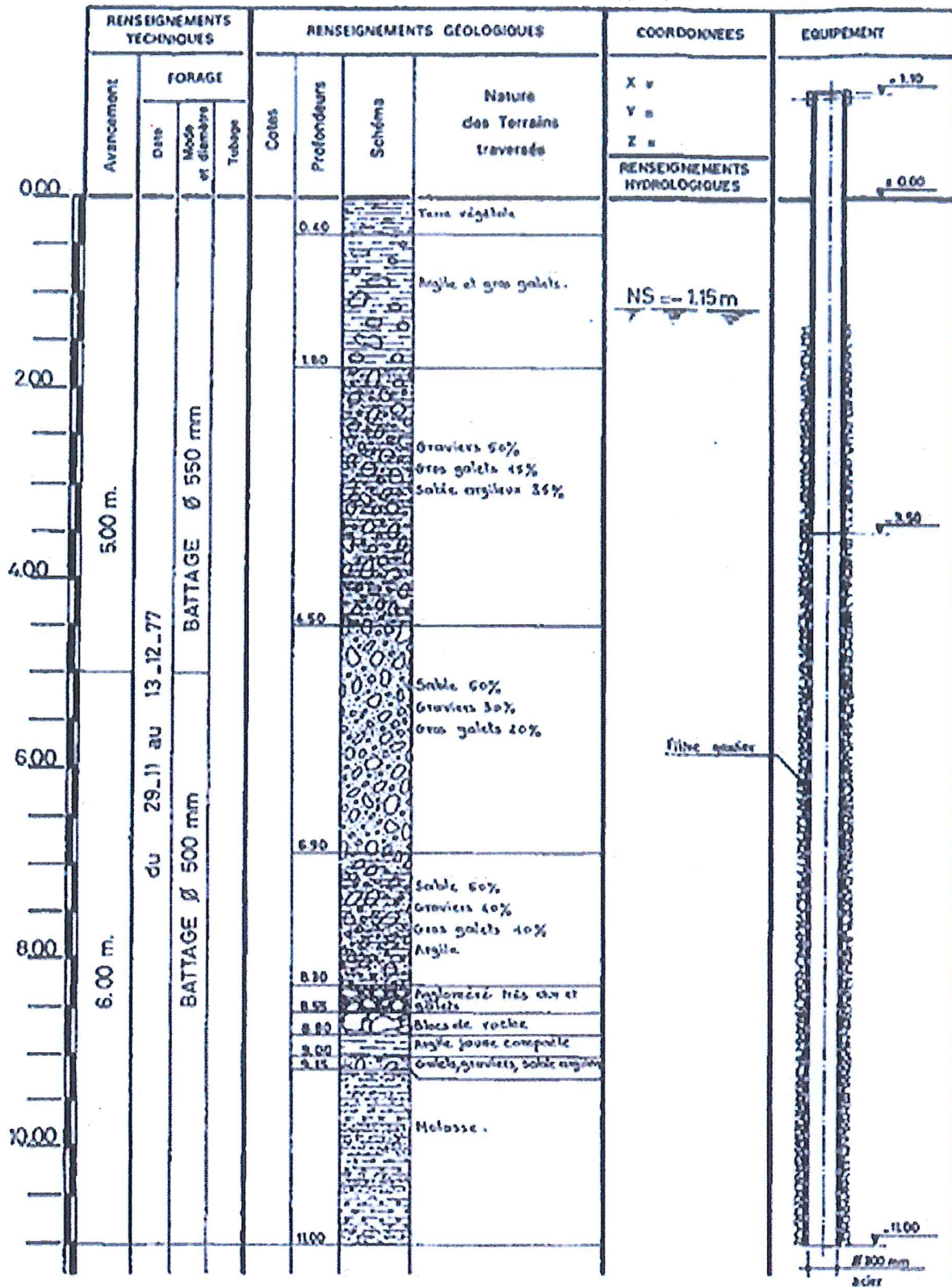
OPQIBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE

CERTIFICAT
N° 08 06 1986

S R C E
CLAUSSE et C^{ie}

Client : DDA ISERE
Lieu des Travaux : APPRIEU
N° Dossier : 77-59-01

FORAGE



SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 9

COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE FORAGE DES PIEZOMETRES (AQUIFERE)

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est

eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél.: 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



OPQIBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE

CERTIFICAT
N° 08 06 1986

A Q U I F O R E

Quartier Revols - 26540 Mours Saint-Eusèbe

Tél : 04-75-72-35-36 // Fax : 04-75-02-27-73

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

COMPTE-RENDU DE TRAVAUX

CREATION DE QUATRE PIEZOMETRES *sur la commune d'APPRIEU - 38*

Travaux de forage ==> du 10 avril au 18 avril 2012

A Q U I F O R E

Quartier Revols - 26540 Mours Saint-Eusèbe Tél : 04-75-72-35-36 // Fax : 04-75-02-27-73
e-mail : aquifore@wanadoo.fr

Compte-rendu de travaux n°

915

CREATION de QUATRE PIEZOMETRES

sur la commune d'APPRIEU - 38

Client : CPGF HORIZON
Le Rivet - 5 allée du Levant
38 300 BOURGOIN JAILLIEU

Interlocuteurs : Franck BONNET
tel. : 04-74-18-32-47
fax : 04-74-18-32-58
fbonnet.ehc@orange.fr

Objet des travaux : Quatre piézomètres dans des formations fluvio-glaciaires

Date des travaux : du 10 avril au 18 avril 2012

Descriptif et principaux résultats :

- données techniques

Caractéristiques :	FORATION		Profondeur équipée / sol	Equipement PVC	Hauteur crépinée	Etanchéité	Niveau statique
	méthode	tube provisoire					
Plézomètre 1	Odex 115mm	139,7 mm	8,90 m	80/90 mm	3 m	2 à 0 m	1,4 m / sol
Plézomètre 2	Odex 115mm	139,7 mm	9,20 m	80/90 mm	3 m	2 à 0 m	1,70 m / sol
Plézomètre 3	Odex 115mm	139,7 mm	8,70 m	80/90 mm	5 m	2 à 0 m	3,20 m / sol
Plézomètre 4	Odex 115mm	139,7 mm	11,70 m	80/90 mm	6 m	2 à 0 m	4,20 m / sol

- nature des formations :

Alluvions et limons fluvio-glaciaires, alternance de bancs argileux.

AQUIFORE

26 540 MOURS SAINT-EUSEBE

tél. : 04-75-72-35-36

fax : 04-75-02-27-73

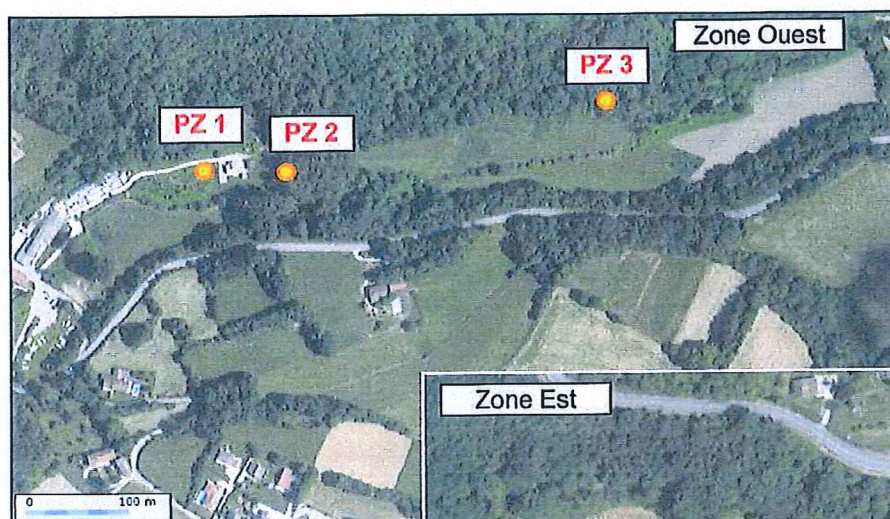
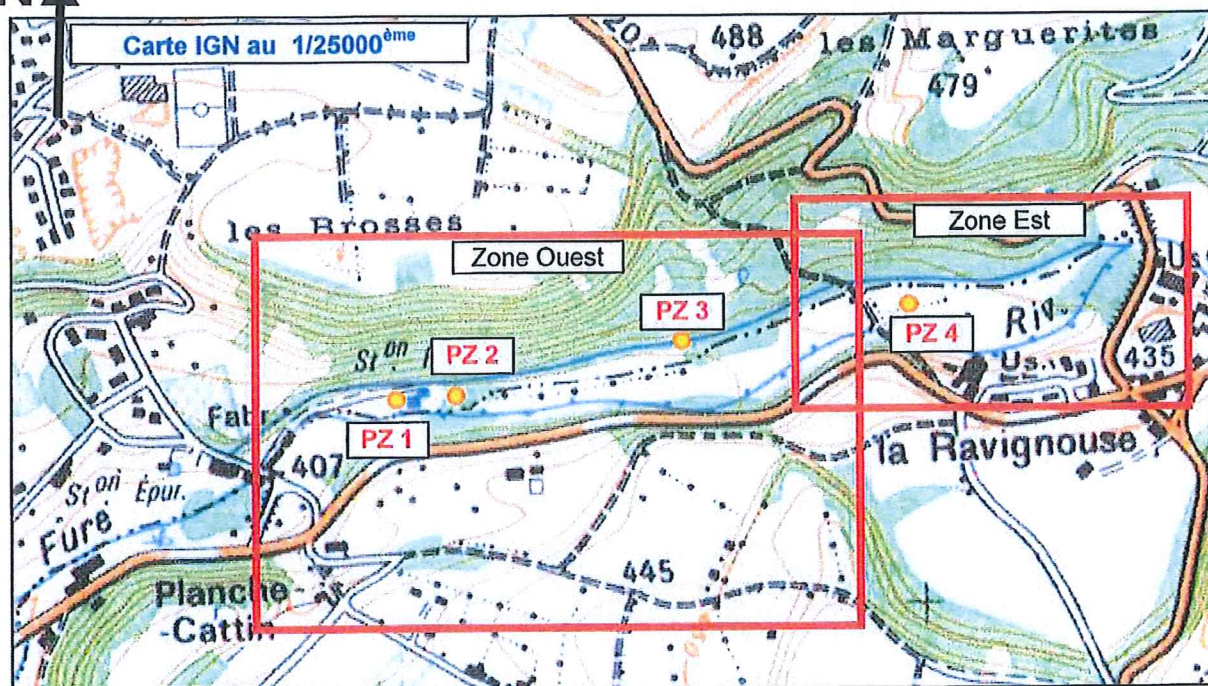
aquifore@wanadoo.fr

CARTE d'IMPLANTATION du SITE

Lieu du chantier APPRIEU - 38

Dates du chantier du 10 avril au 18 avril 2012

(Localisation des piézomètres)



AQUIFORE

26 540 MOURS SAINT-EUSEBE

tél. : 04-75-72-35-36 -- fax : 04-75-02-27-73

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

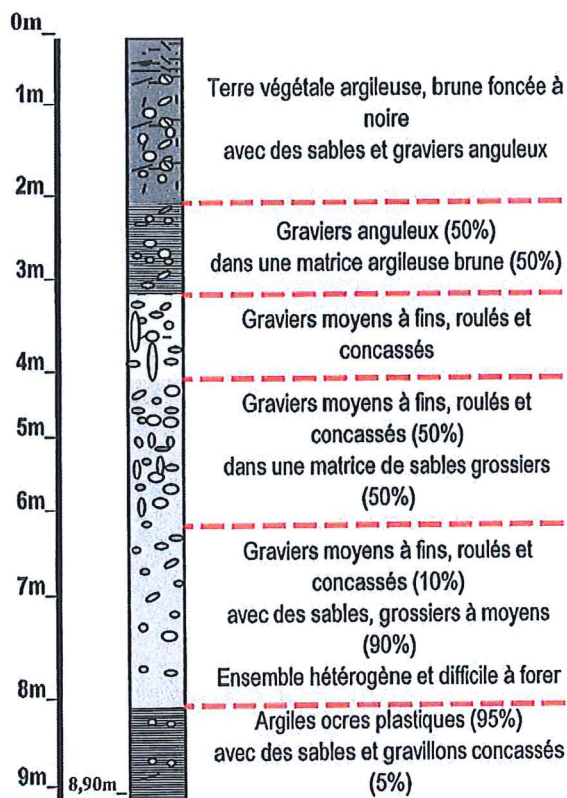
PIEZOMETRE Pz. 1

Situation géographique
et implantation

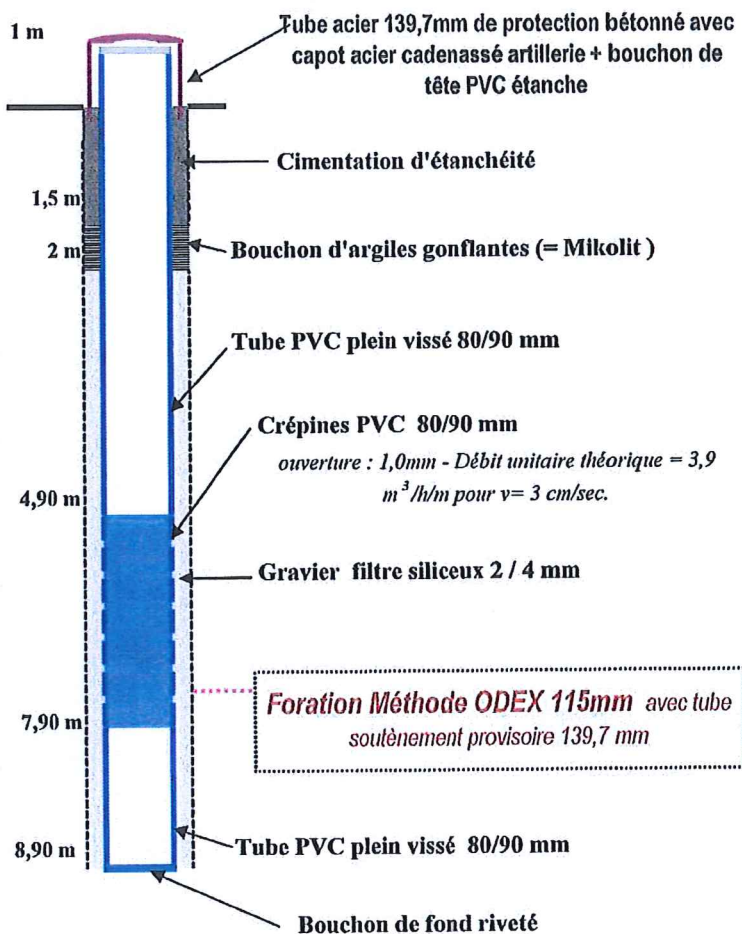
Commune d'Apprieu - Isère

date de réalisation : 11 avril 2012

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Hors-sol

1 m

Niveau statique

1,40 m/sol

AQUIFORE

26 540 MOURS SAINT-EUSEBE

tél. : 04-75-72-35-36 -- fax : 04-75-02-27-73

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

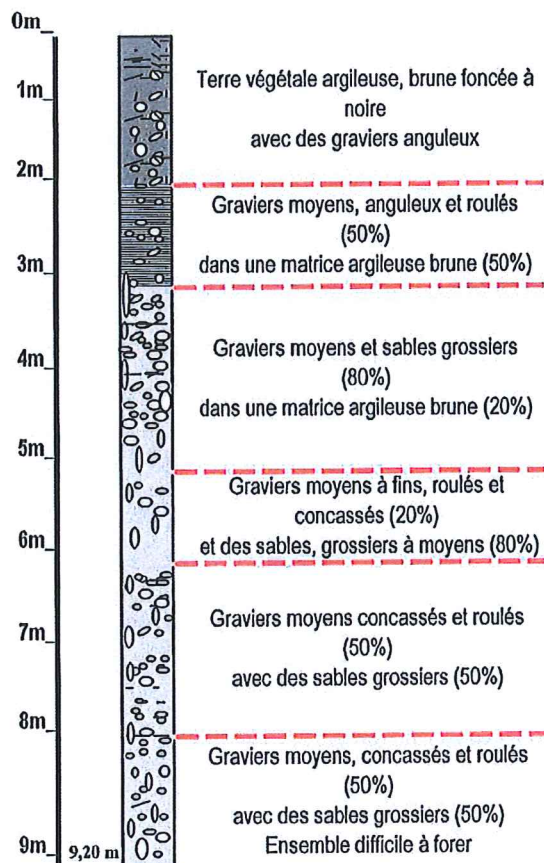
PIEZOMETRE Pz. 2

Situation géographique
et implantation

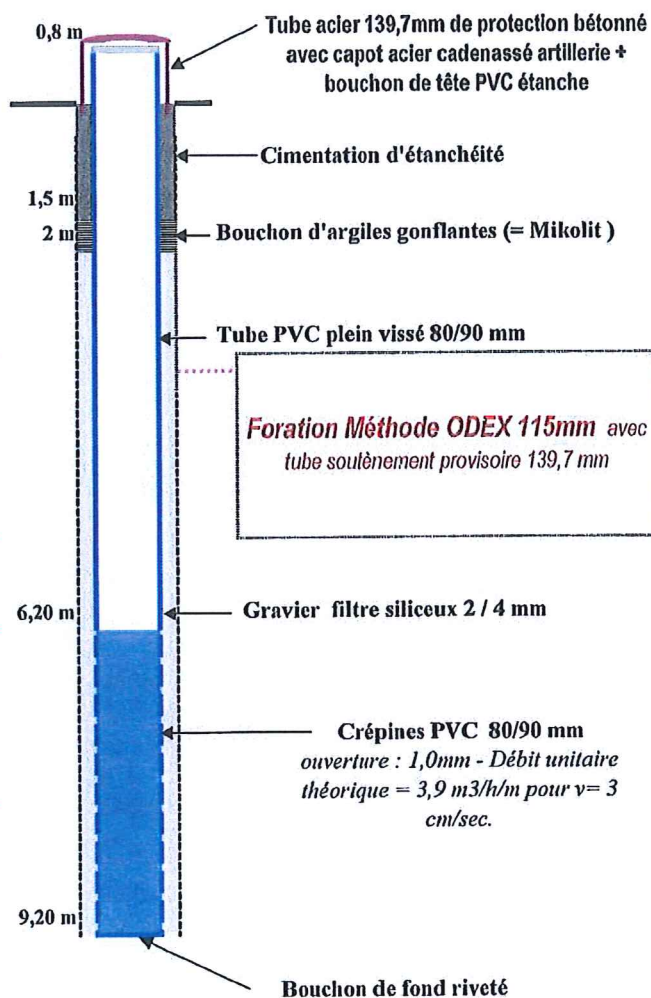
Commune d'Apprieu - Isère

date de réalisation : 11 avril 2012

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Hors-sol

0,80 m

Niveau statique

1,70 m/sol

AQUIFORE

26 540 MOURS SAINT-EUSEBE

tél. : 04-75-72-35-36 -- fax : 04-75-02-27-73

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

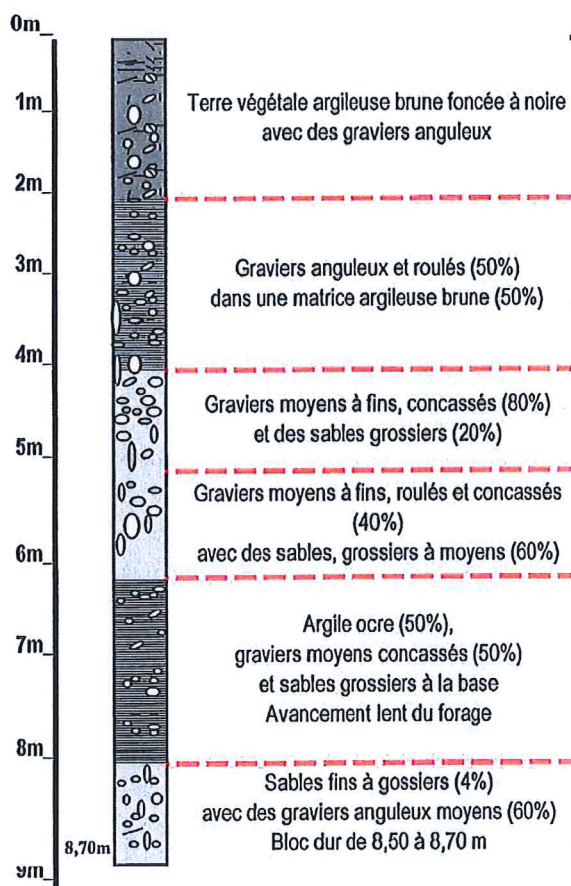
PIEZOMETRE Pz. 3

Situation géographique
et implantation

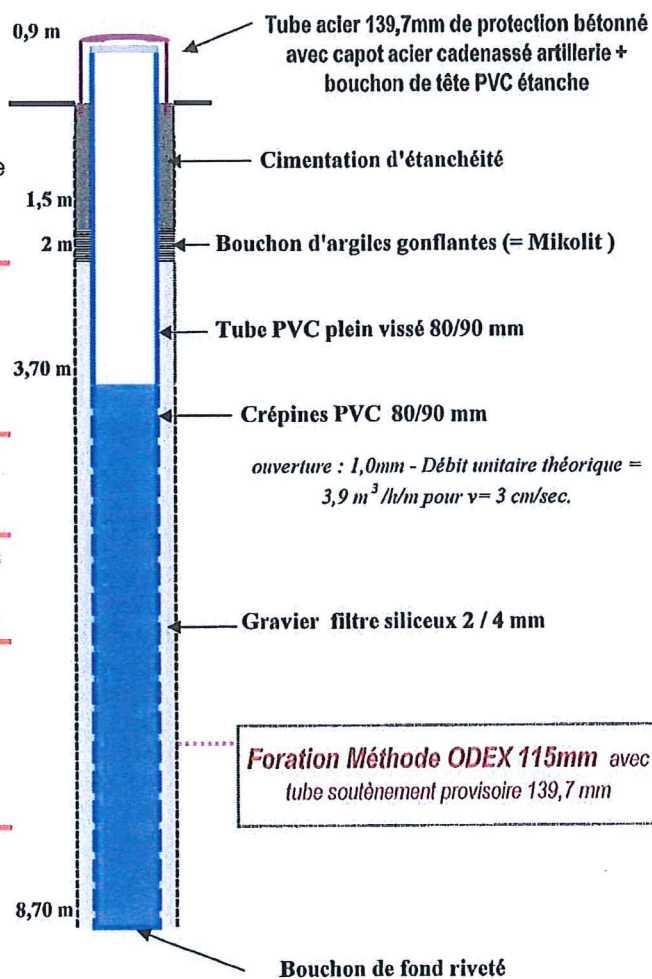
Commune d'Apprieu- Isère

date de réalisation : 12 avril 2012

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Développement du piézomètre à l'air par soufflage après réalisation -

Durée = 30 minutes pour obtention d'eau légèrement turbide

Hors-sol

0,90 m

Niveau statique

3,20 m/sol

AQUIFORE

26 540 MOURS SAINT-EUSEBE

tél. : 04-75-72-35-36 -- fax : 04-75-02-27-73

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

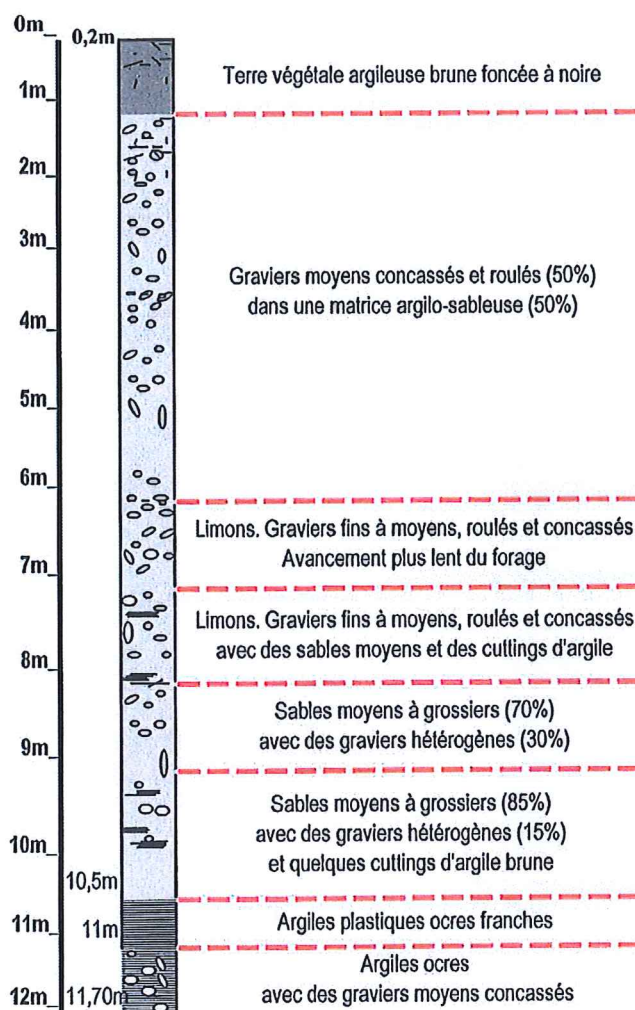
PIEZOMETRE Pz. 4

Situation géographique
et Implantation

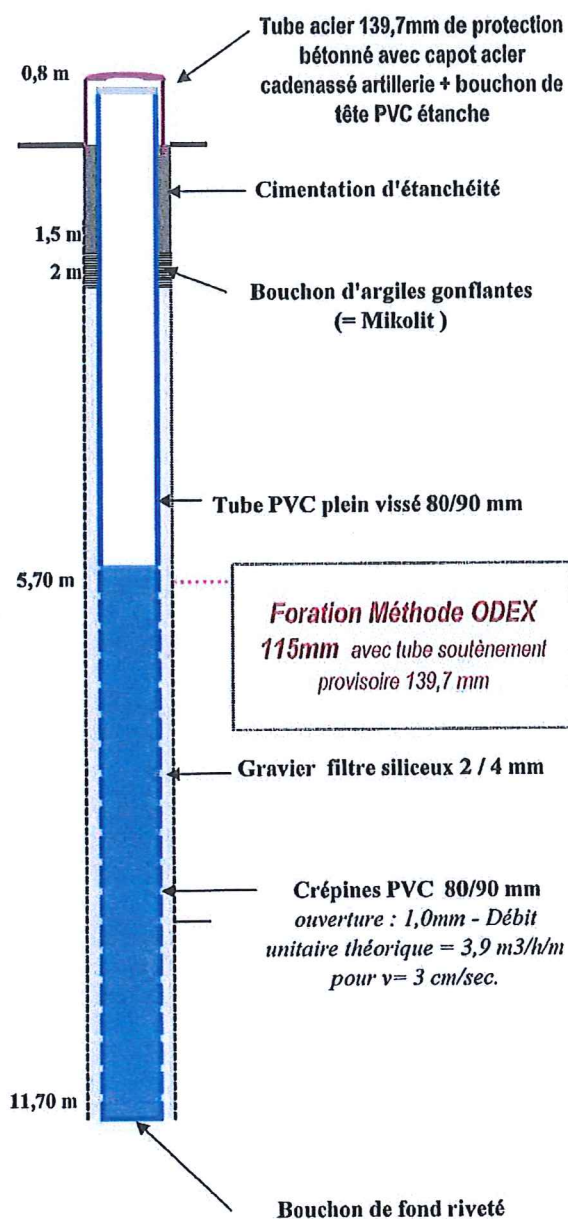
Commune d'Apprieu - Isère

date de réalisation : 10 avril 2012

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Hors-sol

0,80 m

Niveau statique

4,20 m/sol

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 10

COMPTE RENDUS DES TESTS D'INFILTRATION

Étude 11-067/38

Juin 2012

CPGF-HORIZON

Centre-Est



eau
environnement
géophysique...

"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S1**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 330 m**
 Y : **2 048 427 m**

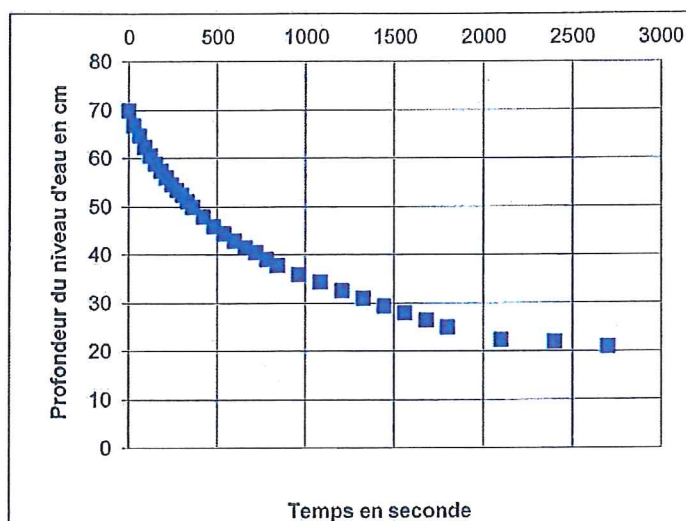
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **14 067**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **70 cm**
 Surface mouillée Sm : **3718 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Terre végétale	40
Argilo-limoneux	
Cailloux Ømax 5cm	70 73

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **7,17E-06 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : Côtés Gagères
N° de l'essai : S2
Date : 27 au 29/12/2011
Opérateur : PL

Coordonnées Lambert II :
X : 848 261 m
Y : 2 048 449 m

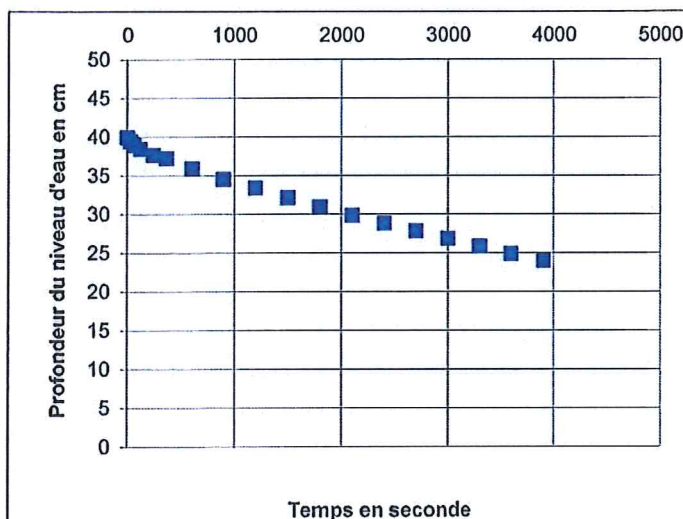
CONDITIONS DE MESURE

Type : Essai d'infiltration à niveau variable
Phase de saturation :
Heure départ de la mesure : /
Volume au départ en cm³ : 8 038

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : 16 cm
Hauteur mouillée : 40 cm
Surface mouillée Sm : 2211 cm²

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre Végétale	0
Argilo-limoneux	25
Cailloux Ømax 5cm	45
	47

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : 2,03E-06 m/s

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S3**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 320 m**
 Y : **2 048 464 m**

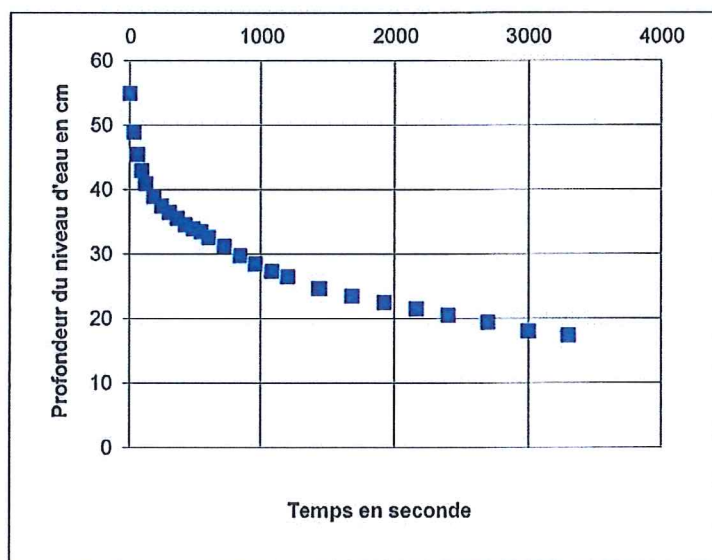
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **11 053**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **55 cm**
 Surface mouillée Sm : **2964 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre Végétale	30
Argilo-limoneux	55
Argilo-limoneux à cailloux Ømax 4cm	63

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **8,22E-06 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S4**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 401 m**
 Y : **2 048 458 m**

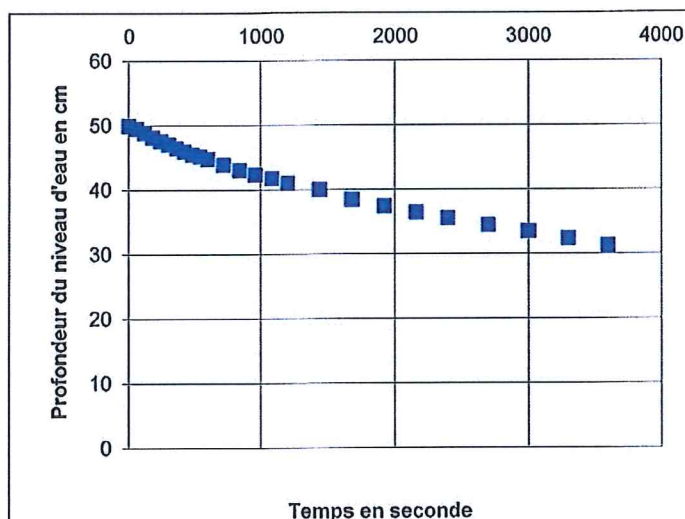
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **10 048**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **50 cm**
 Surface mouillée Sm : **2713 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre végétale	0
limono-argileux	35
Cailloux Ømax>5cm	50
	55

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **1,99E-06 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : Côtes Gagères
N° de l'essai : S5
Date : 27 au 29/12/2011
Opérateur : PL

Coordonnées Lambert II :
X : 848 460 m
Y : 2 048 473 m

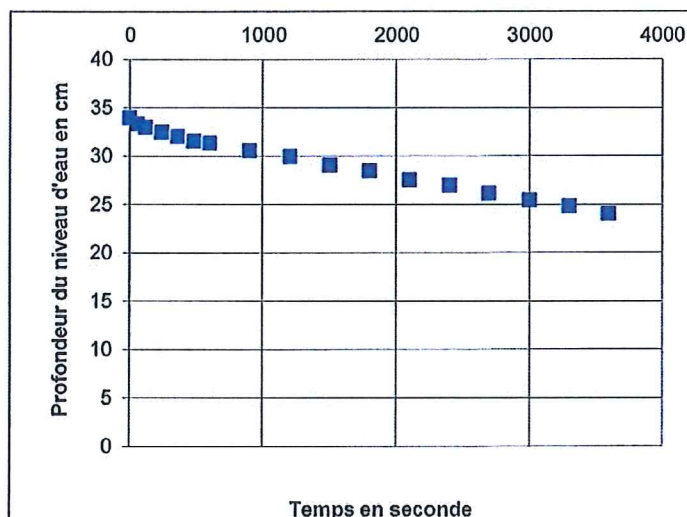
CONDITIONS DE MESURE

Type : Essai d'infiltration à niveau variable
Phase de saturation :
Heure départ de la mesure : /
Volume au départ en cm³ : 6 833

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : 16 cm
Hauteur mouillée : 34 cm
Surface mouillée Sm : 1909 cm²

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre végétale	0
	25
Argile grise	30
Argilo-limoneux à blocs Ømax > 20cm	40

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : 1,40E-06 m/s

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : Côtés Gagères
N° de l'essai : S6
Date : 27 au 29/12/2011
Opérateur : PL

Coordonnées Lambert II :
X : 848 797 m
Y : 2 048 560 m

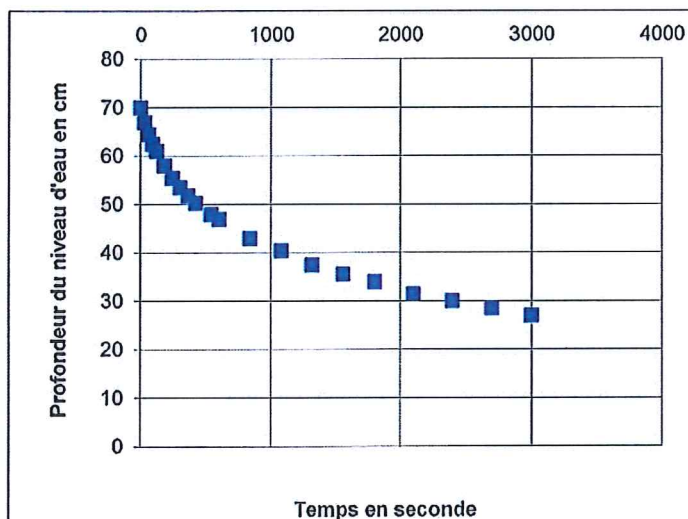
CONDITIONS DE MESURE

Type : Essai d'infiltration à niveau variable
Phase de saturation :
Heure départ de la mesure : /
Volume au départ en cm³ : 14 067

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : 16 cm
Hauteur mouillée : 70 cm
Surface mouillée Sm : 3718 cm²

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Terre végétale	
	55
Argilo-limoneux	
	80

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : 6,25E-06 m/s



Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S2**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 775 m**
 Y : **2 048 551 m**

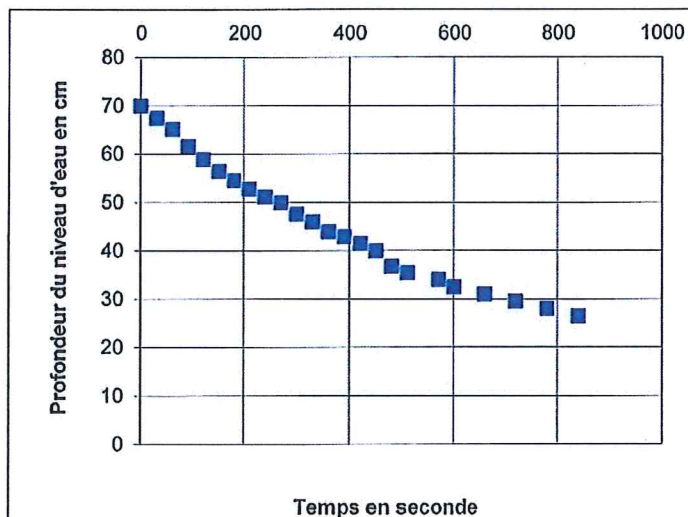
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **14 067**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **70 cm**
 Surface mouillée Sm : **3718 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Terre végétale	10
Argilo-limoneux	75

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **1,22E-05 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S8**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 697 m**
 Y : **2 048 501 m**

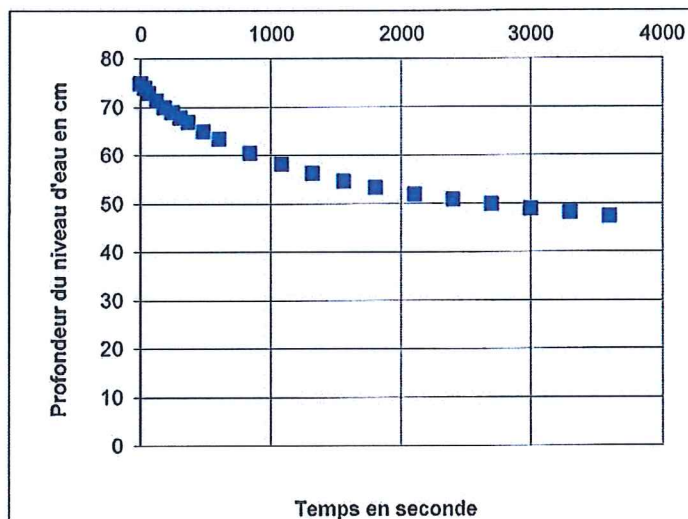
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **19 076**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **18 cm**
 Hauteur mouillée : **75 cm**
 Surface mouillée Sm : **4493 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Argilo-limoneux à gros blocs Ømax 20cm	
	55
Argilo-limoneux	
	75

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **2,25E-06 m/s**



Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : Côtés Gagères
N° de l'essai : S9
Date : 27 au 29/12/2011
Opérateur : PL

Coordonnées Lambert II :
X : 848 805 m
Y : 2 048 486 m

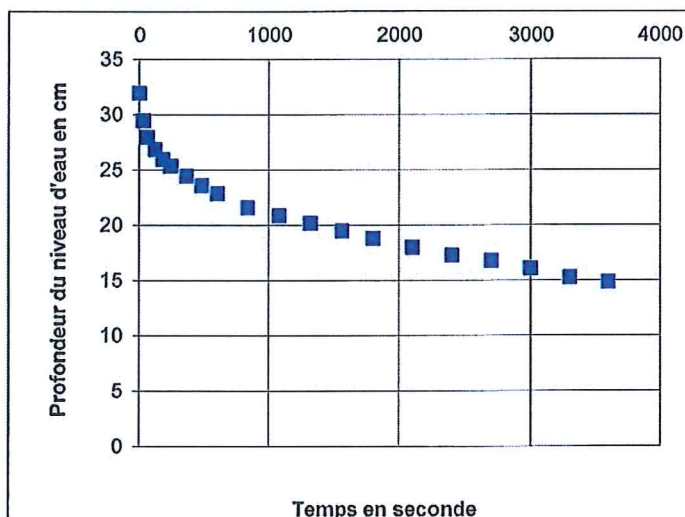
CONDITIONS DE MESURE

Type : Essai d'infiltration à niveau variable
Phase de saturation :
Heure départ de la mesure : /
Volume au départ en cm³ : 6 431

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : 16 cm
Hauteur mouillée : 32 cm
Surface mouillée Sm : 1809 cm²

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Argilo-limoneux à blocs Ømax 15-20cm	
	50

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : 6,35E-06 m/s

Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : Côtés Gagères
N° de l'essai : S10
Date : 27 au 29/12/2011
Opérateur : PL

Coordonnées Lambert II :
X : 848 919 m
Y : 2 048 589 m

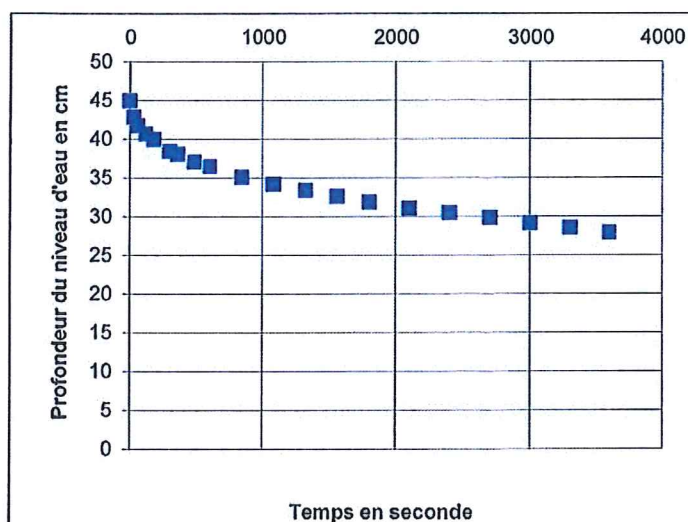
CONDITIONS DE MESURE

Type : Essai d'infiltration à niveau variable
Phase de saturation :
Heure départ de la mesure : /
Volume au départ en cm³ : 9 043

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : 16 cm
Hauteur mouillée : 45 cm
Surface mouillée Sm : 2462 cm²

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Argilo-limoneux	
	45
Blocs Ømax 20cm	
	50

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : 3,38E-06 m/s

Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S11**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 944 m**
 Y : **2 048 566 m**

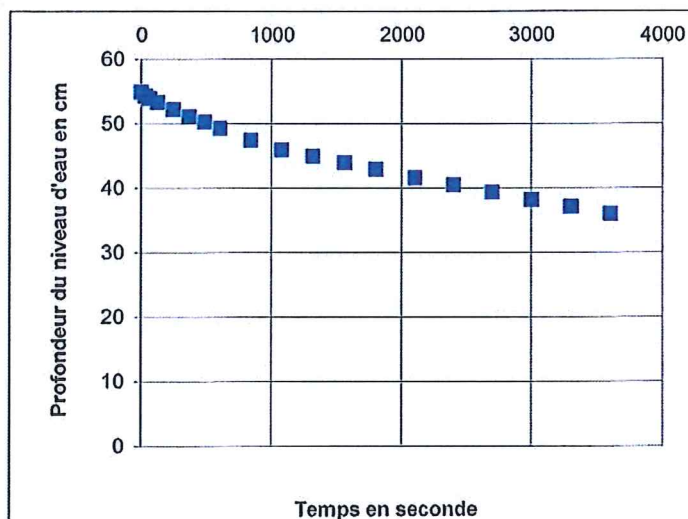
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **11 053**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **55 cm**
 Surface mouillée Sm : **2964 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre végétale	0
	10
Argilo-limoneux à cailloux Ømax 5cm	60

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **1,86E-06 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S12**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :

X : **848 980 m**

Y : **2 048 609 m**

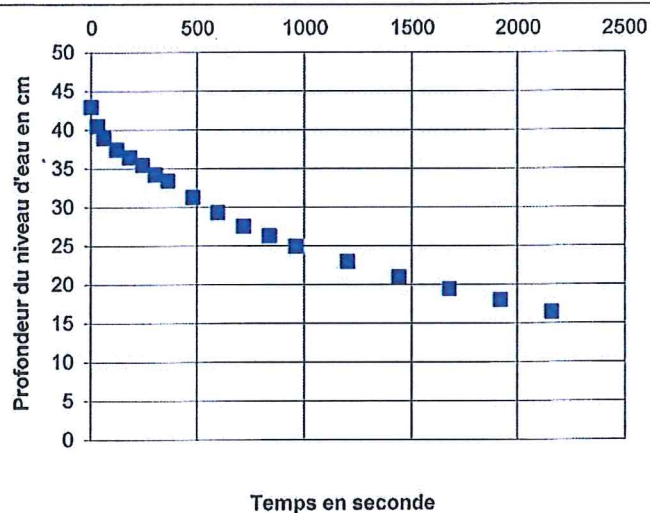
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **8 641**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **43 cm**
 Surface mouillée Sm : **2361 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre végétale	0
	10
Argilo-limoneux	
	50
Blocs Ømax 15cm	60

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **6,48E-06 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu Siera

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S13**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **849 156 m**
 Y : **2 048 615 m**

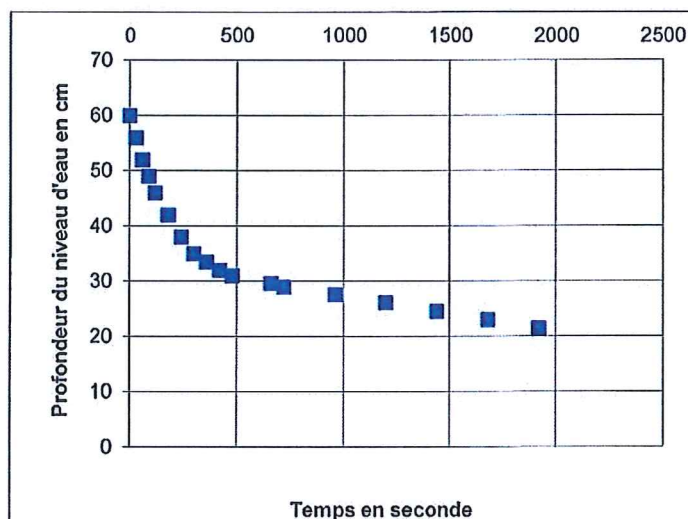
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **12 058**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **60 cm**
 Surface mouillée Sm : **3215 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
	0
Terre végétale	10
Argilo-limoneux	
	55
Cailloux Ømax > 5cm	
	65

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **1,10E-05 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S14**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **849 144 m**
 Y : **2 048 627 m**

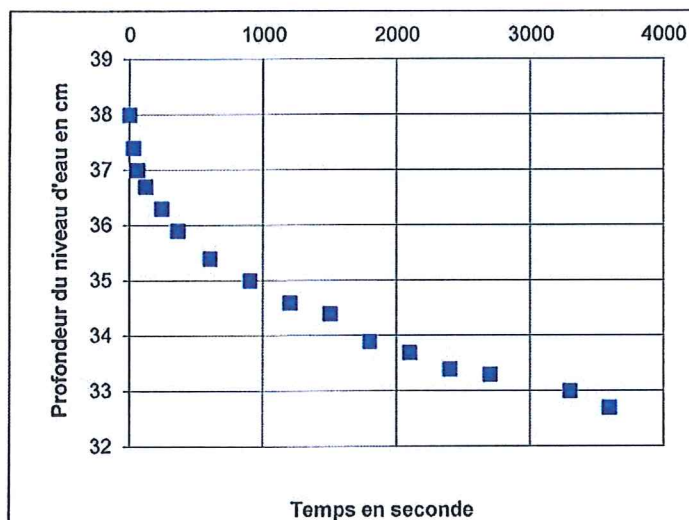
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **7 636**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **38 cm**
 Surface mouillée Sm : **2110 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre végétale	0
	20
Argileux	
	35
Cailloux Ømax 15cm	
	40

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **1,38E-06 m/s**

Etude BAC-DUP Apprieu SIERA

Site : **Côtes Gagères**
 N° de l'essai : **S15**
 Date : **27 au 29/12/2011**
 Opérateur : **PL**

Coordonnées Lambert II :
 X : **848 966 m**
 Y : **2 048 623 m**

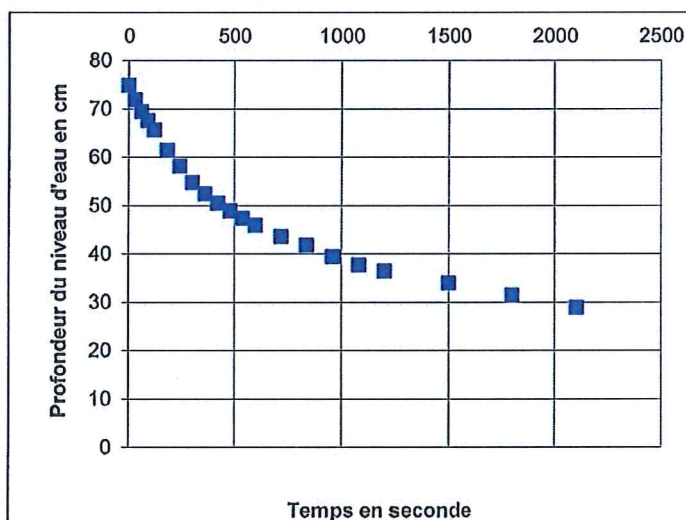
CONDITIONS DE MESURE

Type : **Essai d'infiltration à niveau variable**
 Phase de saturation :
 Heure départ de la mesure : **/**
 Volume au départ en cm³ : **15 072**

CARACTÉRISTIQUES DE LA CELLULE DE MESURE

Diamètre du trou : **16 cm**
 Hauteur mouillée : **75 cm**
 Surface mouillée Sm : **3969 cm²**

MESURES BRUTES



Levée de fouille

description	Prof. (cm)
Terre végétale + Remblais	0 55
Argilo-limoneux	60
Argilo-limoneux à cailloux Ømax 3cm	80

PERMÉABILITÉ

Perméabilité moyenne (K) : **7,34E-06 m/s**

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA REGION D'APPRIEU

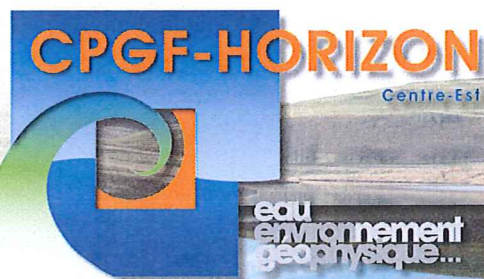
CAPTAGE DE COTE GAGERE

ANNEXE 11

INTERPRETATION EN REGIME TRANSITOIRE DE L'ESSAI DE POMPAGE LONGUE DUREE

Étude 11-067/38

Juin 2012

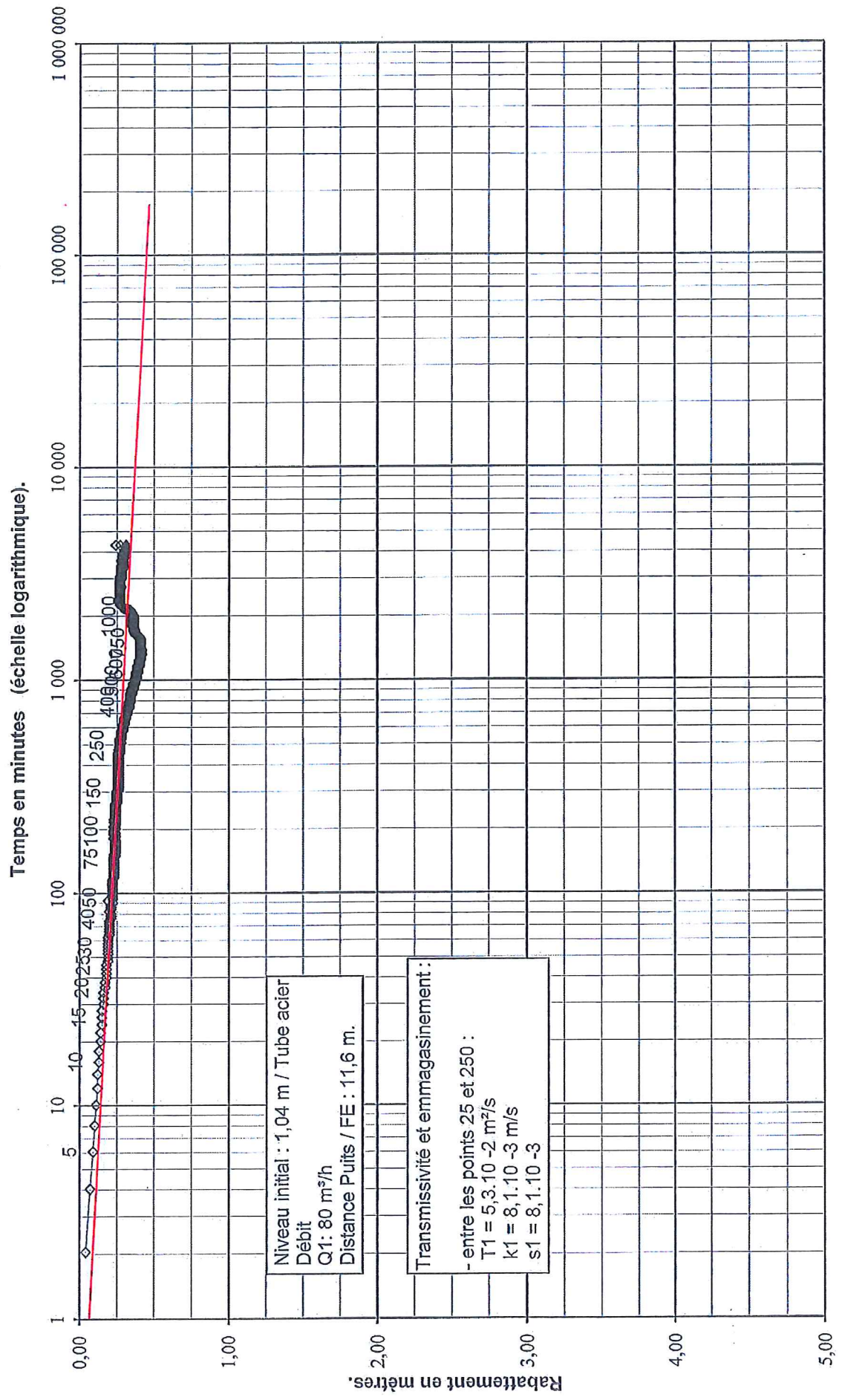


"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

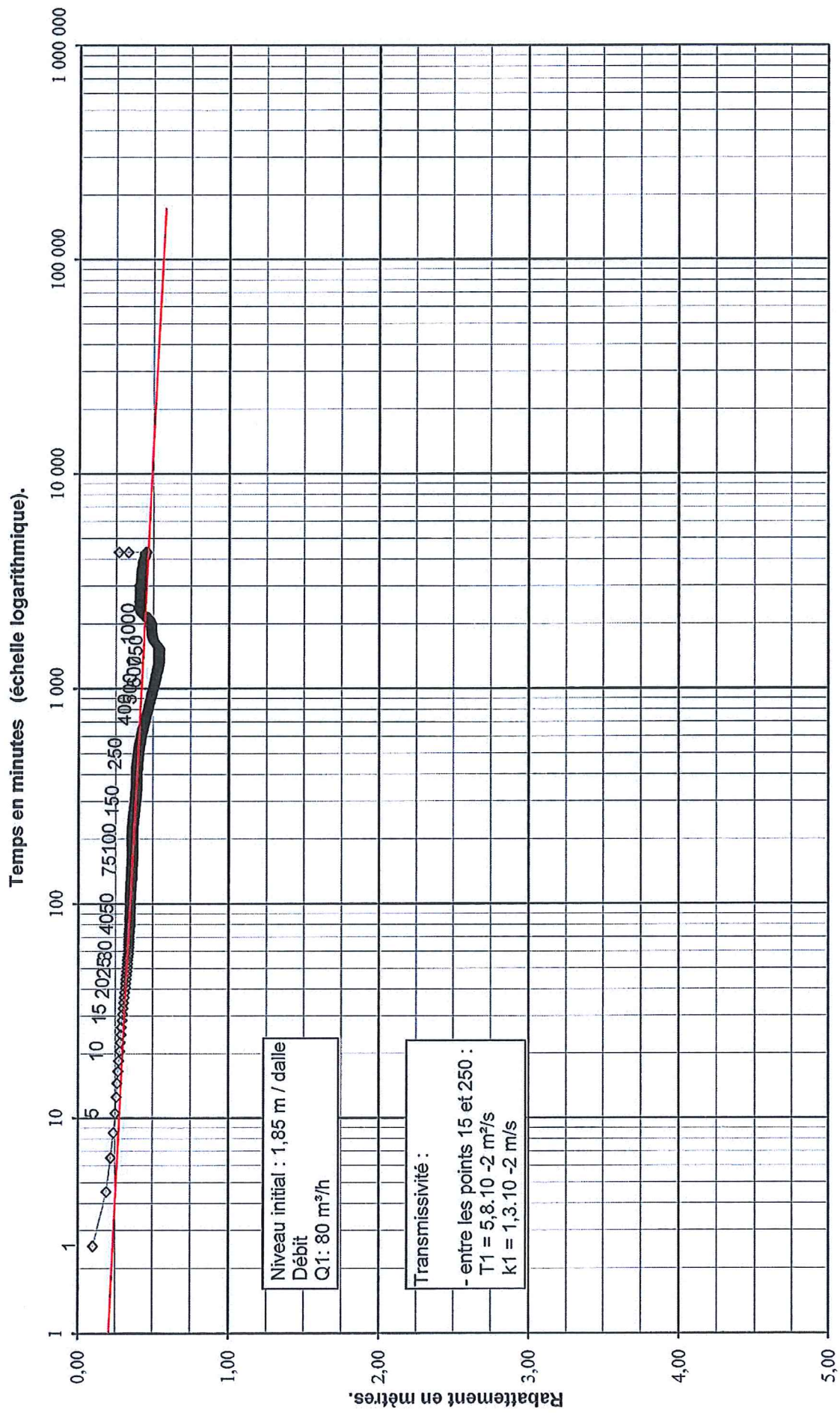
www.cpgf-horizon-ce.com



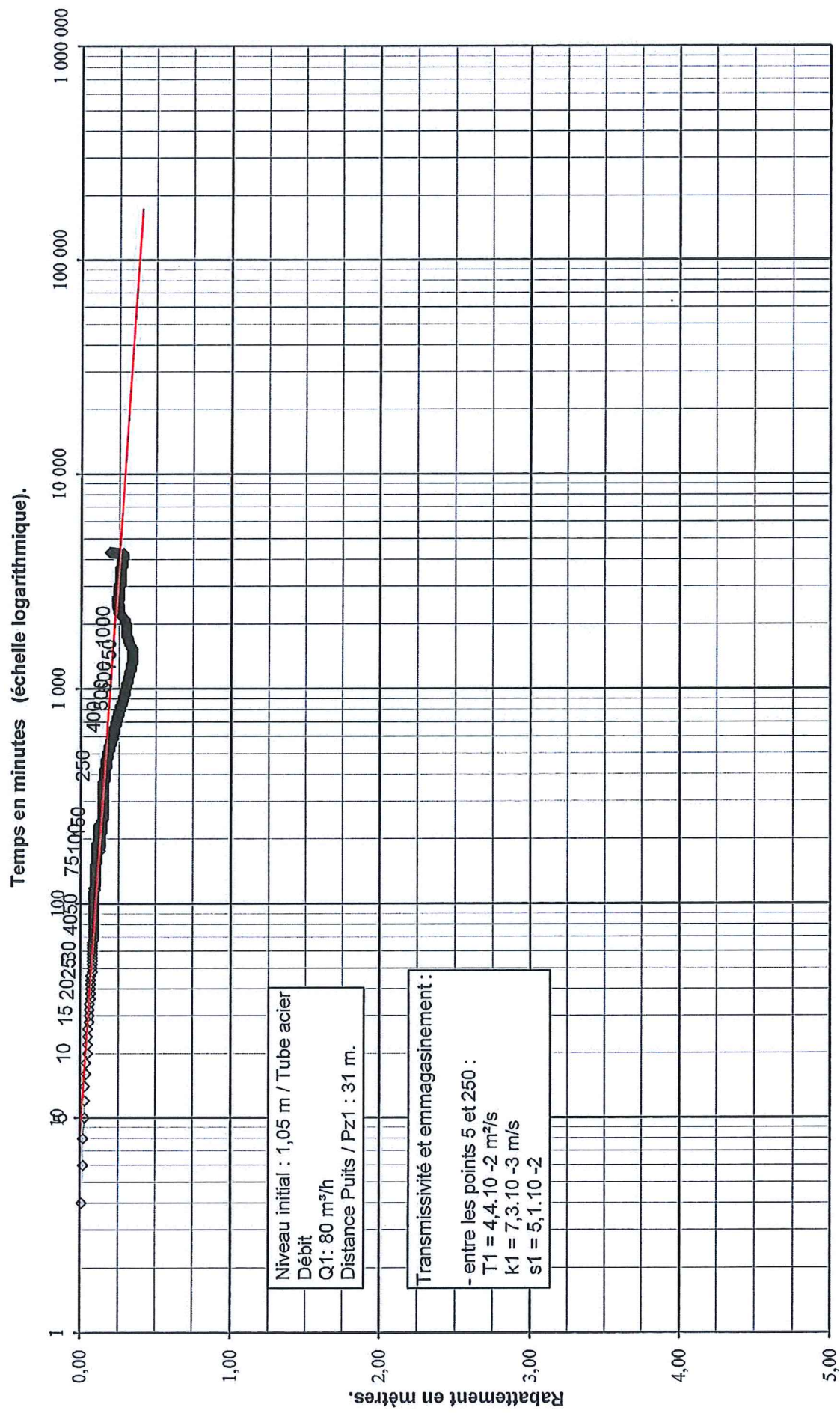
Apprieu
Essai du Puits
Pompage longue durée du 22 mai au 25 mai 2012 : descente suivie sur FE



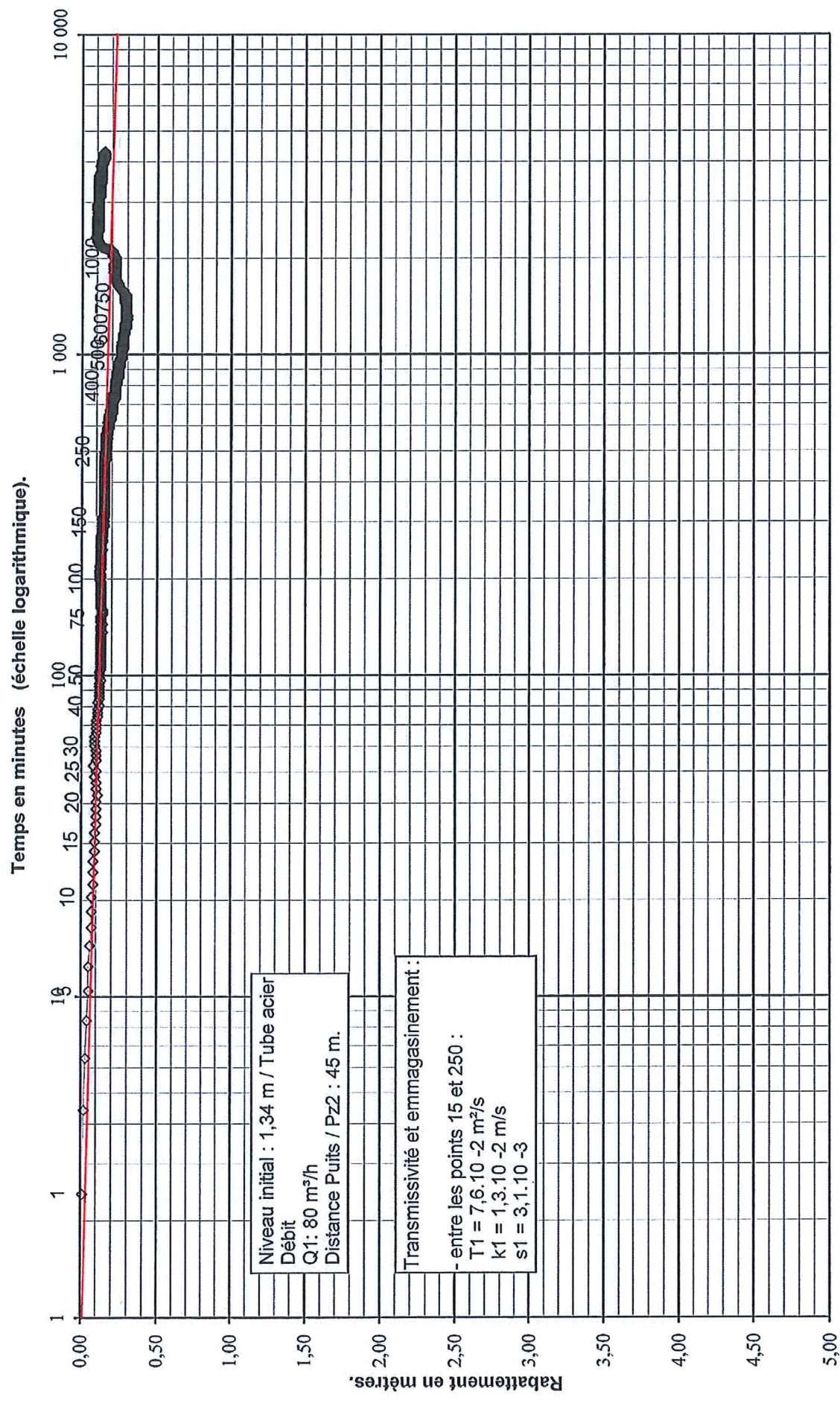
Apprieu
Essai du Puits
Pompage longue durée du 22 mai au 25 mai 2012 : descente suivie sur l'ouvrage testé



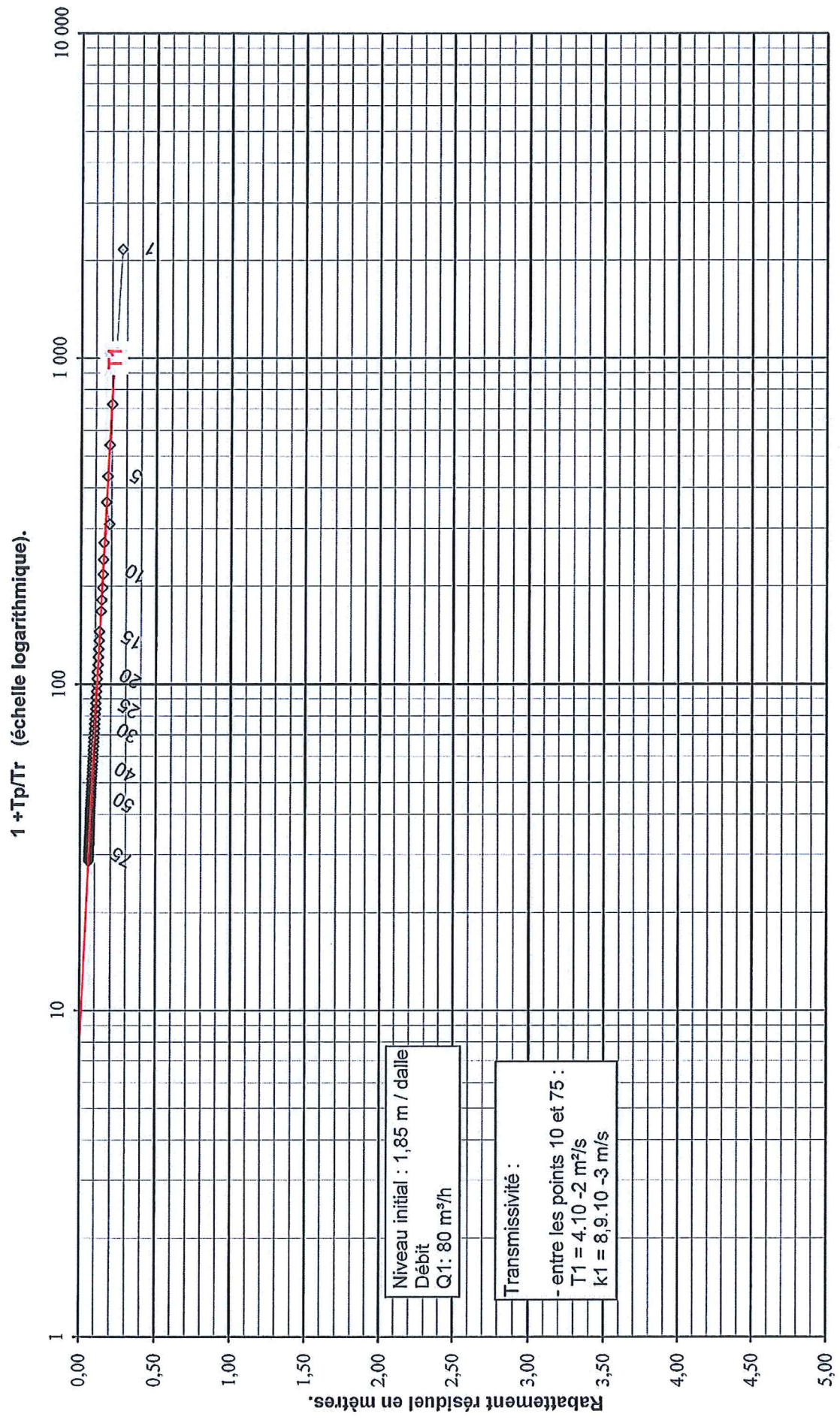
Apprieu
Essai du Puits
Pompage longue durée du 22 mai au 25 mai 2012 : descente suivie sur Pz1



Apprieu
Essai du Puits
Pompage longue durée du 22 mai au 25 mai 2012 : descente suivie sur Pz2



Apprieu
Essai du Puits
Pompage longue durée du 22 mai au 25 mai 2012 : remontée suivie sur l'ouvrage testé



Evolution du rabattement de la nappe en fonction de la distance au Puits
après 25 heures de pompage à 80 m³/h

