



Champ captant de la Douze

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE COMPLEMENTAIRE

POMPAGES D'ESSAIS SUR LE PZ 4 ET LE PP6

Étude 10-019/42

Avril 2010

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



OGPiBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
CERTIFICAT
N° 08.06.1986

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1 Préambule | 3 |
| 2 Moyens mis en œuvre | 4 |
| 2.1 Pompage | 4 |
| 2.1.1 Pz4 | 4 |
| 2.1.2 PP6 | 4 |
| 2.2 Analyses | 5 |
| 3 Pompages d'essais | 6 |
| 3.1 PP 6 | 6 |
| 3.1.1 Déroulement | 6 |
| 3.1.2 Interprétation | 6 |
| 3.1.3 Analyses | 8 |
| 3.2 Pz 4 | 9 |
| 3.2.1 Déroulement | 9 |
| 3.2.2 Interprétation | 9 |
| 3.2.3 Analyses | 10 |
| 3.3 Mesures complémentaires | 11 |
| 4 Détermination du potentiel d'un nouvel ouvrage | 12 |
| 4.1 Puits à drains | 12 |
| 4.1.1 Principe | 12 |
| 4.1.2 Estimation du potentiel | 13 |
| 4.1.3 Faisabilité d'un puits à drains au droit du Pz 4 | 13 |
| 4.2 Tranchée drainante | 14 |
| 4.2.1 Principe | 14 |
| 4.2.2 Estimation du potentiel d'une tranchée entre les puits P2 et P3 | 15 |
| 4.2.3 Caractéristiques techniques du projet | 15 |
| 5 Conclusions | 16 |



FIGURES

- Figure 01 Carte de situation générale
- Figure 02 Extrait de la carte géologique de Charlieu du BRGM au 1/50^{000ème}
- Figure 03 Evolution des niveaux d'eau dans PP 6 et Pz3 lors du pompage sur PP6
- Figure 04 Evolution des niveaux d'eau dans Pz 2, Pz 3 et Pz4 lors du pompage sur Pz4
- Figure 05 : Carte des concentrations en fer et en manganèse dans la nappe
- Figure 06 : Schéma d'un puits à drains
- Figure 07 : Coupe schématique d'une tranchée drainante

ANNEXES

- Annexe 1 : Coupe des piézomètres de reconnaissance
- Annexe 2 : Interprétation des essais de pompage sur PP6
- Annexe 3 : Interprétation des essais de pompage sur Pz4
- Annexe 4 : Rapport d'analyses du laboratoire WESSLING



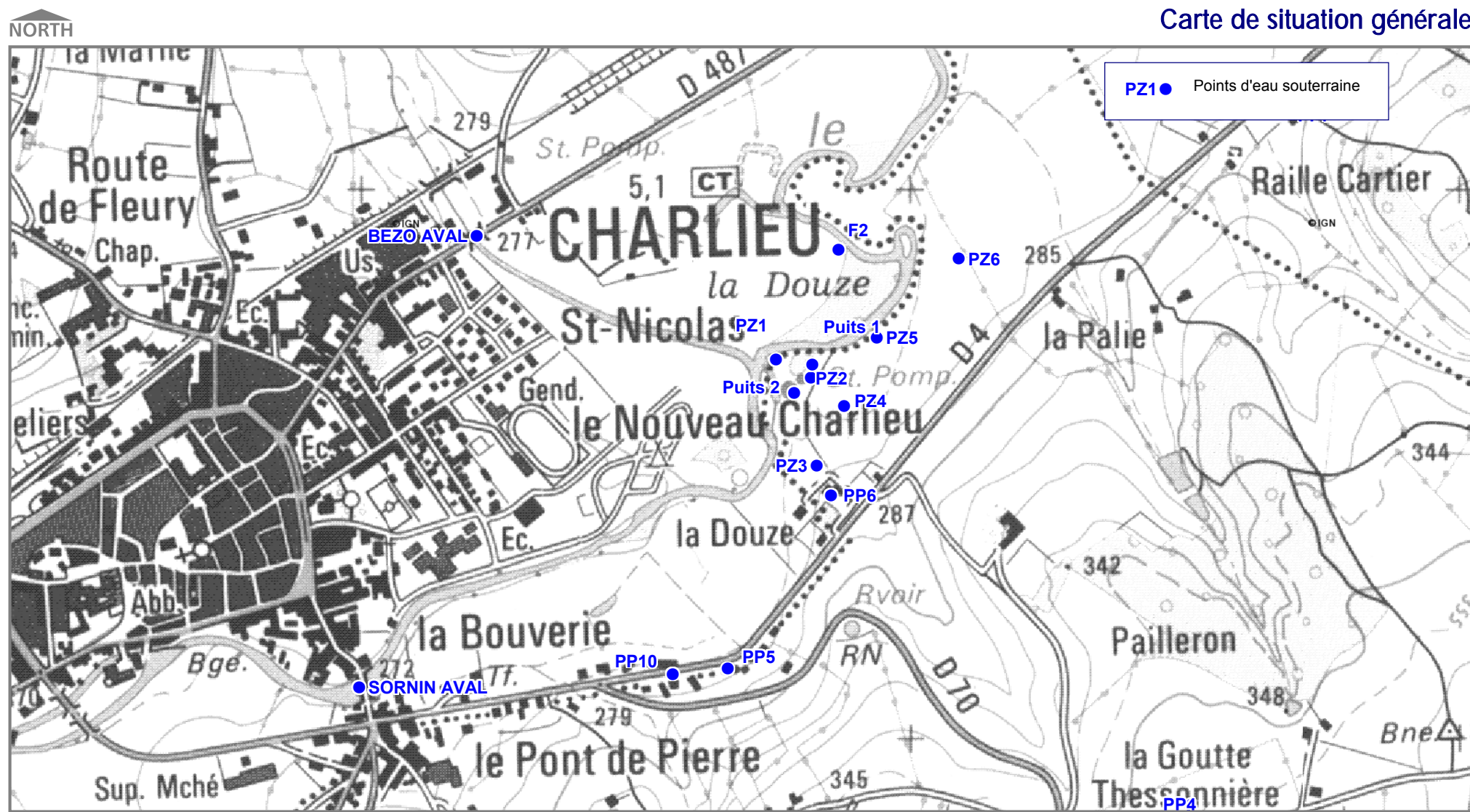
1

Préambule

L'étude hydrogéologique menée sur le champ captant de la Douze à Charlieu en février 2008 par CPGF-HORIZON Centre-Est a permis de caractériser les puits en rive gauche du Sornin. Il en ressort qu'ils sont en mauvais état général et que les équipements sont colmatés par des précipités de fer et de manganèse. Ces puits sont équipés chacun d'un drain en direction du Sornin dont la longueur et l'emplacement exact sont inconnus. Ces drains participent en partie aux contaminations en fer et en manganèse de l'eau brute et se trouvent sans doute trop près d'une zone réduite mise en évidence sur le Pz 1. L'obturation provisoire de ces drains engendre une diminution du débit critique qui passe de 65 m³/h en configuration normale à 30 m³/h. L'obturation définitive permettrait sans doute de diminuer les concentrations de fer et de manganèse mais ne permet pas de produire suffisamment d'eau pour la ville. Le but de cette nouvelle étude est de déterminer la faisabilité d'une solution palliative qui consisterait à réaliser un nouvel ouvrage en direction du versant, suffisamment éloigné de la rivière pour s'affranchir de la zone réduite mais suffisamment rapproché pour garantir un certain débit d'exploitation.

La finalité de ces compléments d'étude est de déterminer la perméabilité de l'aquifère au droit du Pz4 et du PP6 par l'intermédiaire de pompages réalisés dans ces ouvrages et de déterminer la productivité d'un nouvel ouvrage (cf. figure 01). Un suivi de la qualité de l'eau a été réalisé parallèlement pour connaître notamment les concentrations en fer et en manganèse.

Carte de situation générale



0 100 200 300 400 m

2

Moyens mis en œuvre

2.1 Pompage

Nous avons réalisé un pompage de 8 heures consécutives à débit constant sur le Pz 4 et le PP6.

Un pompage d'essai de longue durée consiste à pomper pendant plusieurs heures dans un forage et à suivre l'évolution des niveaux d'eau dans l'ouvrage exploité et dans d'autres ouvrages situés aux alentours (piézomètres). Cet essai permet de déterminer les valeurs de transmissivité, de perméabilité et le coefficient d'emmagasinement, paramètres primordiaux dans la détermination du potentiel d'un aquifère.

2.1.1 Pz4

Le Pz 4 est un piézomètre équipé d'un tubage PVC de 80 mm de diamètre, crépiné sur près de 7 m. Il est profond de 9,40 m et le niveau statique lors de la foration se situait à 3,45 m/sol.

Le pompage sur Pz 4 a été effectué à l'aide d'une pompe 3 pouces Grundfos SD3-40 d'un débit nominal de 3 m³/h à 40 m de HMT. Cette pompe a été alimentée par un groupe électrogène de 220 V et 2,4 kW. Il a été disposé sur une bâche de protection et nous avons à notre disposition de l'absorbant pour résorber toute fuite accidentelle et empêcher son infiltration vers le milieu naturel.

2.1.2 PP6

Le PP6 est un puits en pierre de 9,65 m de profondeur et de 0,95 m de diamètre. Le niveau statique s'établissait à 1,43 m/sol le jour des pompages d'essais.

Le pompage sur PP 6 a débuté avec une pompe Grindex Minette d'un débit de 30 m³/h pour une HMT de 10 m. Cette pompe a été alimentée avec un groupe électrogène de 220 V et 7 kVA disposé sur une bâche de rétention (et absorbant en cas de fuite).

Devant les rabattements observés, la pompe a été changée en cours de pompage et a été remplacée par la pompe 3 pouces utilisée sur le Pz 4.



2.2 Analyses

Pendant toute la durée du pompage, nous avons effectué des prélèvements réguliers sur l'eau d'exhaure pour suivre l'évolution du pH, de la conductivité, de la turbidité et des concentrations de fer, de manganèse et de nitrates. Des prélèvements ont été effectués toutes les deux heures, soit 5 prélèvements par ouvrage (0, 2, 4, 6, 8 h). Les analyses ont été effectuées sur place grâce à un spectrophotomètre portatif (DR 2000 de HACH) qui permet d'analyser les concentrations en fer, en manganèse, en nitrates et la turbidité. Nous avons aussi mesuré sur place la conductivité et le pH sur chaque échantillon.

Les prélèvements de début et de fin de pompage ont été couplés avec une analyse en laboratoire pour recaler les résultats (Laboratoire Wessling).



3

Pompages d'essais

3.1 PP 6

3.1.1 Déroulement

Le pompage longue durée a été effectué le mercredi 7 avril 2010 à partir de 11 heures. L'évolution des niveaux d'eau est représentée sur les figures 02a (descente) et 2b (remontée). Le pompage a débuté au débit de 30 m³/h mais, devant les rabattements mesurés, a rapidement été diminué à 8 m³/h après quelques minutes de pompage. Ce débit a été maintenu pendant 40 minutes et a provoqué un rabattement de 5,87 m. Le pompage a ainsi été arrêté à 11h45 et nous avons procédé au changement de la pompe pour diminuer encore les débits de pompage. Une pompe 3 pouces a été installée et a permis de ne pomper que 1,2 m³/h. Ce débit a été maintenu constant pendant 2 heures, période à partir de laquelle la pompe a été dénoyée et le pompage a été arrêté (« puits vide »).

Les niveaux d'eau ont été suivis à l'aide de deux sondes pressiométriques automatiques qui ont été installées dans le PP 6 et le Pz 3.

3.1.2 Interprétation

Les rabattements observés lors du pompage sont très importants et ce, même à de très faibles débits. La pente des courbes de descente est très importante et reflète sans doute à la fois la faible perméabilité des terrains aquifères mais aussi le fort colmatage du puits. Ce puits en pierre n'est que très peu utilisé (remplissage de piscine une fois par an) et s'est donc colmaté au fil du temps. La représentativité des mesures et des interprétations est incertaine et les valeurs de transmissivité obtenues sont donc peut être sous estimées.

La courbe de la remontée en annexe 2 est caractéristique d'un aquifère à nappe captive. Après une semaine de remontée, le niveau dans le puits était encore inférieur de 40 cm au niveau statique initial. Seuls 7 cm peuvent être imputés à la baisse de l'aquifère (qui a été observée sur Pz 3) : ce phénomène souligne la faiblesse d'alimentation de la nappe captée par le puits.

Malgré l'intermittence et la faible durée du pompage, nous avons interprété cet essai de pompage à l'aide de la méthode de Cooper-Jacob qui permet une approximation des valeurs de transmissivité (et du coefficient d'emmagasinement) en nappe captive et en nappe libre (lorsque le rabattement est inférieur au tiers de la colonne d'eau de la nappe au repos).



Mairie de Charlieu
Evolution des niveaux d'eau lors du pompage sur PP6 :
descente et remontée

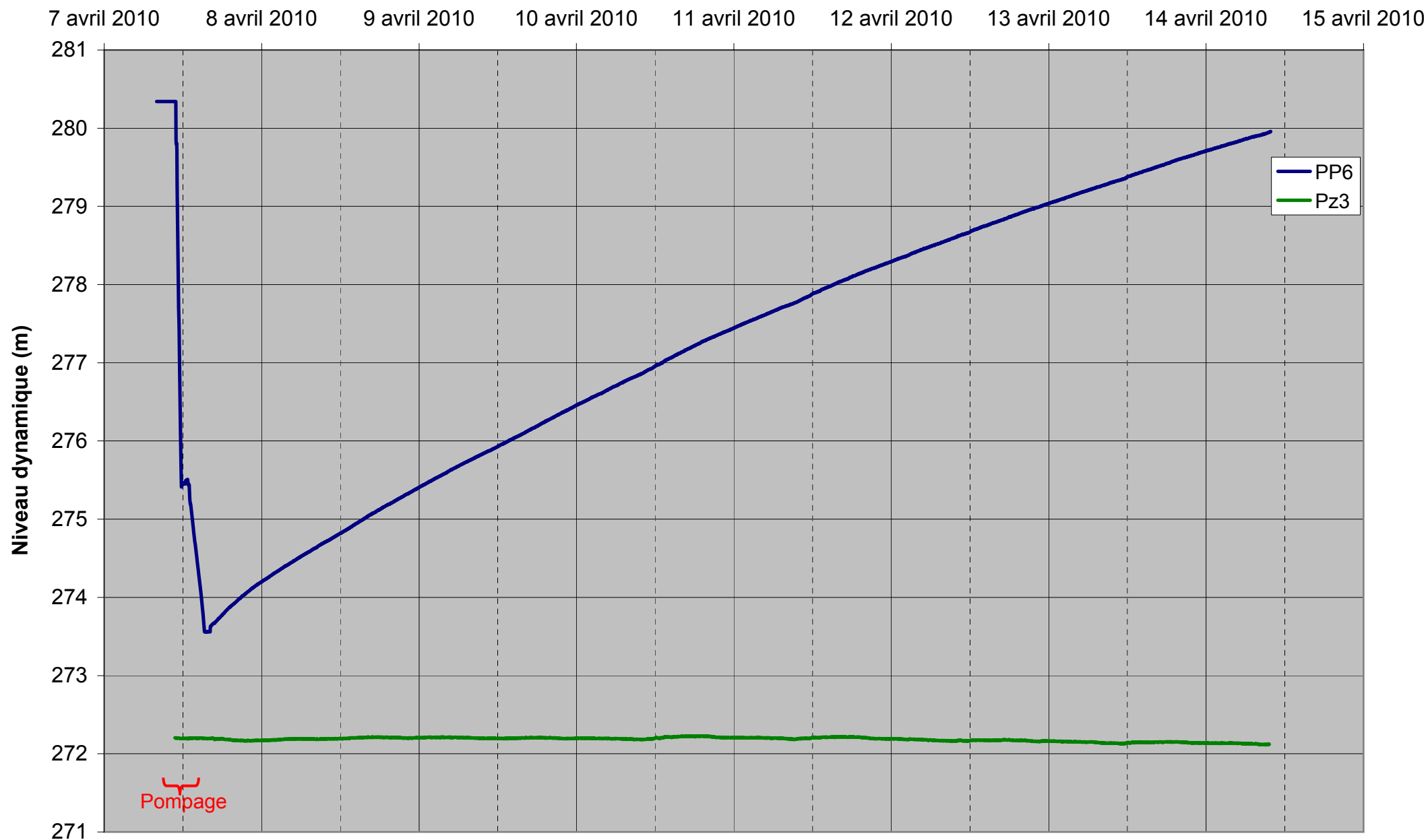


Figure 02 b

Mairie de CHARLIEU
Pompage d'essai dans le PP6
Evolution des niveaux d'eau

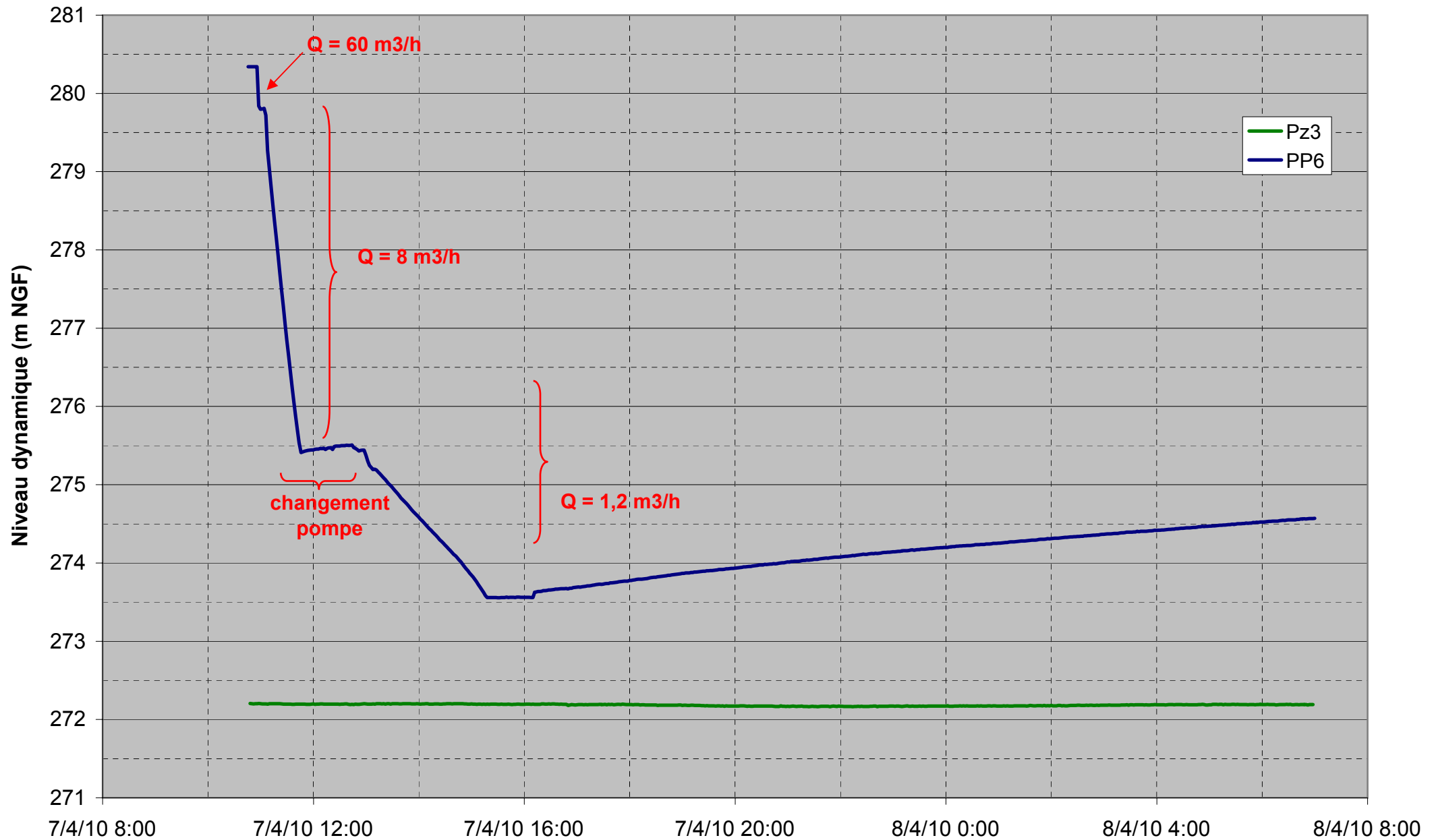


Figure 02 a

La figure 03 représente la carte géologique de Charlieu (édition au 1/50 000^{ème} du BRGM) et permet de constater que le PP6 se situe à la limite entre les alluvions actuelles et anciennes et les formations sablo argileuses du tertiaire. Ces dernières sont constituées d'une alternance de sables et d'argiles qui peuvent contenir des nappes captives. De plus ce puits se situe à 50 m en amont du Pz 3 où l'aquifère de 2 mètres d'épaisseur contient une nappe en charge sous une couverture argileuse de 7 m.

Il y a donc fort à penser que la nappe captée par le puits PP 6 est une nappe captive qui appartient aux formations tertiaires : la méthode de Cooper Jacob peut donc être appliquée.

L'interprétation est présentée en annexe 2 et les valeurs calculées sont résumées dans le tableau ci-dessous :

| | T en m ² /s |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Descente Q = 8 m ³ /h | 4,7.10 ⁻⁵ |
| Descente Q = 1,2 m ³ /h | 1,3.10 ⁻⁵ |
| | 6,9.10 ⁻⁶ |
| Remontée | 3.10 ⁻⁶ |
| Moyenne | 1,75.10⁻⁵ |

Tableau 1 : Valeurs de transmissivité calculées lors du pompage sur PP6

La perméabilité de l'aquifère ne peut être qu'estimée puisque la coupe des terrains est inconnue. Les valeurs de transmissivité sont très faibles et comme énoncé précédemment, elles peuvent être sous-estimées. Cependant, le puits capte les formations du tertiaire constituées de sables et d'argiles qui ont des perméabilités équivalentes à celles calculées en considérant une épaisseur d'aquifère de l'ordre de 8 m (perméabilité de l'ordre de 2.10⁻⁶ m/s).

Le pompage sur PP6 n'a pas influencé le Pz 3 en aval ; deux hypothèses sont alors possibles :

- Le débit de pompage est trop faible et le rayon d'influence n'atteint pas le piézomètre en aval ;
- Le PP6 se situe dans la nappe du tertiaire qui alimente les alluvions.

La dernière hypothèse est la plus probable puisque le niveau statique du PP6 est 8 m au dessus de celui du Pz3 qui se trouve dans les alluvions de la moyenne terrasse. Malgré le rabattement dû au pompage le niveau dynamique du PP 6 reste toujours inférieur au niveau statique des alluvions du Pz3 ce qui ne provoque pas une inversion du gradient hydraulique.

Le PP6 capte donc les formations du tertiaire qui sont en relation avec l'aquifère alluvial : elles alimentent ce dernier par des lignes de sources en pied de versant. Le pompage sur le puits montre que les apports sont très limités puisqu'une semaine après le début du pompage, la nappe n'a toujours pas retrouvée son niveau initial. Cette formation n'est donc pas intéressante du point de vu quantitatif pour alimenter le Syndicat. Les apports se réduisent sans doute considérablement en période d'été.

CONTEXTE GEOLOGIQUE



0 100 200 300 400 m

3.1.3 Analyses

Le pompage d'essai sur le puits particulier PP6, nous a permis de suivre l'évolution des caractéristiques de l'eau durant les 3 heures de pompage. Nous avons réalisé 4 analyses durant les essais dont les résultats sont exposés dans le tableau 2 suivant :

| | Echantillon 1 | | Echantillon 2 | Echantillon 3 | Echantillon 4 | | Référence de qualité du code de la santé publique |
|------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|---|
| | CPGF | Laboratoire (métaux dissous) | CPGF | CPGF | CPGF | Laboratoire (métaux dissous) | - |
| Date | 07/04/2010 11:14 | | 07/04/2010 13:41 | 07/04/2010 15:10 | 07/04/2010 16:39 | | - |
| Conductivité (µS/cm) | 547 | 532 | 548 | 545 | 554 | 524 | 200<Cond<1000 |
| pH | 7 | 7.24 | 7.52 | 7.58 | 7.1 | 7.37 | 6.5<pH<9 |
| Fer total (mg/L) | 0.03 | <0,05 | 0.08 | 0.23 | 0.2 | <0,05 | 0.2 |
| Nitrates (mg/L) | 1.7 | <10 | 0.1 | 0 | 0 | <10 | 50 |
| Manganèse total (mg/L) | 0.02 | <0.005 | 0.032 | 0.063 | 0.055 | <0.005 | 0.05 |
| Turbidité FTU | 0 | 0.84 | 5 | 15 | 5 | 4.2 | 0.5 |

Tableau 2 : Analyses physico-chimiques lors du pompage d'essai sur PP6

Les prélèvements ont été réalisés à différents débits et le dernier échantillon a été prélevé lors de la remontée de la nappe après l'arrêt de la pompe. L'échantillon 3 a été réalisé alors que la pompe avait été redescendue et « posée » au fond du puits devant les rabattements provoqués par le pompage.

L'eau captée est moyennement minéralisée (~550 µS/cm) et de pH légèrement basique.

La turbidité augmente au cours du pompage puisqu'elle passe de 0 NTU à 15 NTU à 15h10. Cette augmentation est en partie due à la sollicitation du pompage : les rabattements importants témoins d'une surexploitation ont entraînés les fines à l'extrados de l'ouvrage qui ont rendu l'eau turbide. La turbidité très importante sur l'échantillon 3 peut être expliquée par la remobilisation des fines déposées en fond de puits qui ont été « aspirées » par la pompe lors de sa descente.

Les concentrations en nitrates, fer et manganèse témoignent du caractère réducteur de la nappe puisque les concentrations en nitrates sont très faibles en début de pompage et s'annulent à la fin. Au contraire, les concentrations en fer et en manganèse sont globalement à la hausse. Les concentrations en fer et en manganèse mesurées sont plus importantes que lors de la campagne de mesures de 2008. Comme énoncé précédemment, ce puits se situe à la limite des alluvions subactuelles du Sornin et des formations tertiaires du versant. Le pompage a sollicité les eaux de ces formations tertiaires (Pz 3 non influencé) qui contiennent une nappe captive naturellement chargée en fer et en manganèse.

Les concentrations sont légèrement supérieures aux références de qualité du code de la santé publique. Ces concentrations ont peut être été amplifiées par les fortes vitesses d'entrée dans le puits qui favorisent la remise en solution de ces deux composés.

Cette hypothèse est confirmée par les analyses du laboratoire (cf. annexe 4) puisque les concentrations en métaux correspondent à la forme dissoute de ces éléments. Le fer et le manganèse présents dans le puits est donc sous forme particulaire et a été entraîné par les fortes vitesses engendrées par le pompage. Les résultats d'analyses effectuées sur les autres paramètres par le laboratoire sont conformes à celles mesurées sur le terrain.

3.2 Pz 4

3.2.1 Déroulement

Le pompage sur le Pz 4 s'est déroulé le 14 avril 2010 de 10h00 à 18h00. L'évolution des niveaux d'eau se trouve sur la figure 04.

Le pompage a été entrecoupé de plusieurs arrêts, à 10h50 et à 17h00, dus à la rupture de la canalisation avant la vanne de régulation. La pompe a donc été arrêtée pour procéder à la réparation sans laquelle le débit de pompage supérieur à 3 m³/h engendrait des rabattements trop importants (cf. courbe entre 16h50 et 17h00). Hormis ces deux incidents, le débit est resté constant durant tout l'essai (mesure régulière par jaugeage) et il était voisin de 3 m³/h (2,96 m³/h exactement).

Comme lors de l'essai précédent, les niveaux ont été suivis à l'aide d'une sonde pressiométrique automatique dans le Pz 4 et le Pz 3 et manuellement dans le Pz 2 (à partir de 15h00).

3.2.2 Interprétation

La coupe du Pz 4 en annexe n°1 montre que l'épaisseur de l'aquifère est de 7 m avec 2 mètres de sables et de graviers en tête qui surmontent une couche de 5 m de sables hétérogènes avec quelques graviers roulés. Le niveau statique lors des essais de pompage était de -3,1 m/sol : la nappe est donc libre au droit du Pz 4.

Lors du pompage à 3 m³/h, le rabattement maximum induit était de 1,30 m pour une épaisseur initiale d'aquifère de 5,9 m. Le rabattement représente donc moins de 30% de l'épaisseur saturée : l'approximation de Cooper-Jacob est donc applicable. Les courbes d'interprétation se trouvent en annexe 4.

Nous avons interprété la descente sur l'ouvrage testé mais aussi la descente sur le Pz 3 qui a été influencé par le pompage : le rabattement induit par le pompage est de 11 cm. Le pompage n'a pas influencé le Pz 2 pendant la période de mesure.

Rem : un prélèvement a été réalisé dans le Pz 3 en fin de journée pour analyse des concentrations de fer et de manganèse. Le prélèvement a été réalisé après un pompage d'une demi-heure à 400 l/h pour vidanger l'ouvrage. Nous n'avons évidemment pas pris en compte ce « sur-rabattement » dans notre raisonnement (cf. figure 04).

Le tableau suivant résume les valeurs de transmissivité, perméabilités et de coefficient d'emmagasinement calculés :

| | Pz 4 | | Pz3 |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | descente | remontée | descente |
| T en m²/s | 8.10 ⁻⁴ | 6.9.10 ⁻⁴ | 2.7.10 ⁻³ |
| K en m/s | 1,4.10 ⁻⁴ | 1,2.10 ⁻⁴ | 1,3.10 ⁻³ |
| S en % | - | - | 0,023 |

Tableau 3 : Caractéristiques hydrodynamiques calculées lors du pompage sur Pz4



Mairie de CHARLIEU
Pompage d'essai dans le Pz4
Evolution des niveaux d'eau

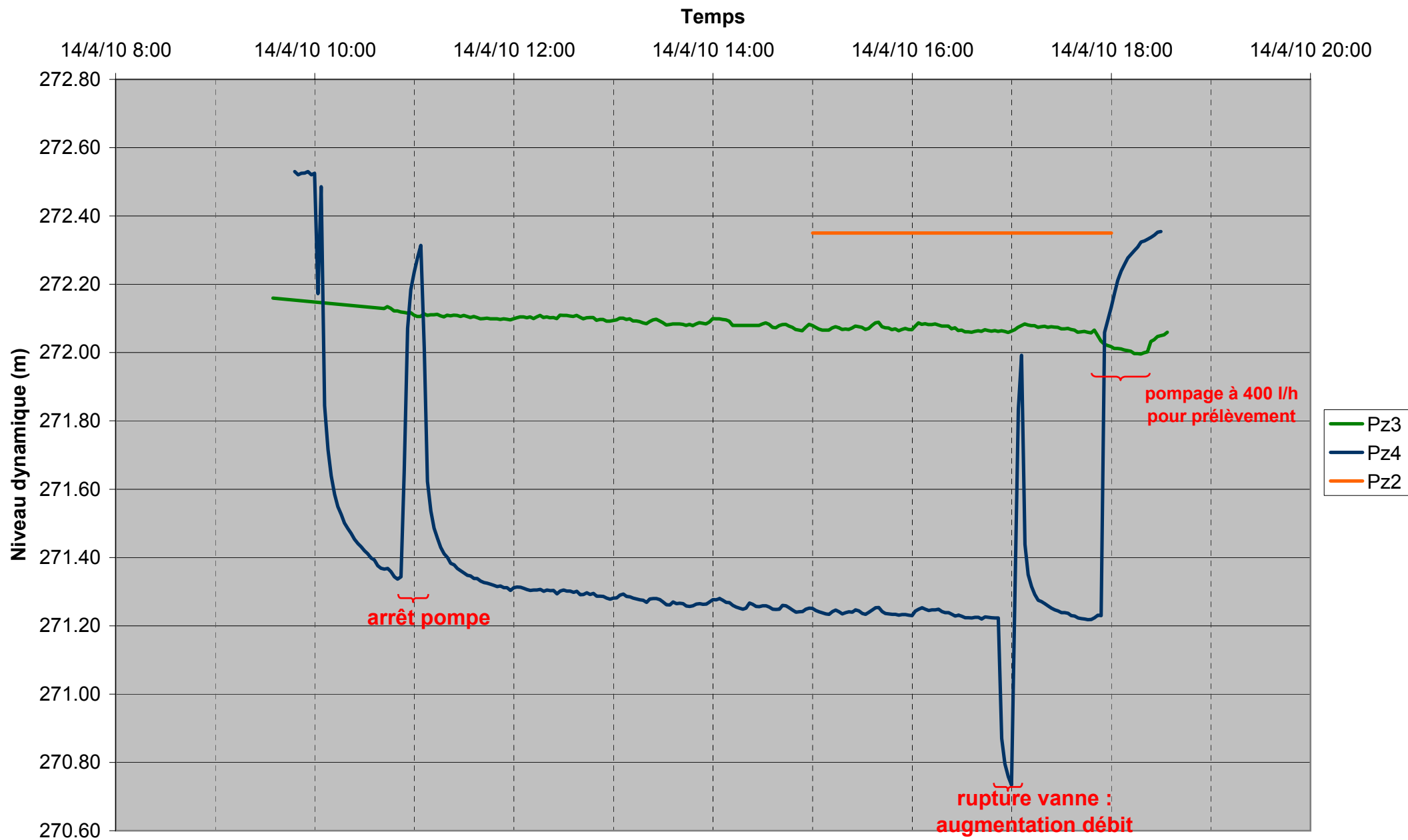


Figure 04

L'interprétation de la descente et de la remontée conduit à des résultats équivalents sur Pz 4 : la transmissivité moyenne peut être estimée à $7,5.10^{-4}$ m²/s et la perméabilité à $1,3.10^{-4}$ m/s. Les caractéristiques calculées sur le Pz 3 sont meilleures puisque la perméabilité calculée est de l'ordre de $1,3.10^{-3}$ m/s. Les terrains aquifères au droit du Pz 4 sont donc plus épais que sur le reste de la plaine alluviale mais sont de moins bonne qualité hydrodynamique. La proportion de sables est plus importante (cf. coupe foreur) ce qui rend l'aquifère moins perméable. En terme de transmissivité, l'ordre de grandeur est le même sur le Pz 4 et le Pz 3.

Rem : lors de l'étude précédente de 2008, la perméabilité de l'aquifère au droit de Pz 4 avait été estimée à $1,6.10^{-3}$ m/s. Les valeurs trouvées lors des pompages de 2010 sont donc dix fois plus faibles. Lors des pompages d'essai de 2008, le pompage sur le puits 1 et 2 avait induit un rabattement inférieur à 20 centimètres dans le Pz 4. Seule la première partie de l'aquifère avait été influencée (terrain grossier sablo-graveleux de -2 à -4 m/sol). La perméabilité calculée en 2008 est donc le reflet de la première « couche » de l'aquifère tandis que celle de 2010 reflète les terrains compris entre -4 m et -9 m.

Le coefficient d'emmagasinement calculé sur Pz 3 témoigne du caractère captif de la nappe au droit de cet ouvrage puisque la valeur, de l'ordre de 2.10^{-4} , ne peut représenter la porosité efficace de l'aquifère.

Le Pz 4 se situe donc au droit d'un surcreusement du substratum et/ou d'une surépaisseur d'alluvions. Les deux premiers mètres d'aquifère (dont un seul est saturé en moyennes eaux) ont une perméabilité de l'ordre de $1,6.10^{-3}$ m/s (terrains sablo-graveleux) tandis que la couche inférieure de 7 m d'épaisseur (toujours saturée en moyennes eaux et constituée de sables de granulométrie hétérogène) a une perméabilité de l'ordre de $1,3.10^{-4}$ m/s.

Comme pour les alluvions de la Loire, les alluvions du Sornin sont des terrasses emboîtées qui peuvent être distinguées du point de vue altimétrique. Le pompage sur Pz 4 influence le Pz 3 qui se situe à 120 m en aval sur la même terrasse et n'influence pas le Pz 2 qui se trouve 80 m en aval sur la terrasse inférieure. **Le pompage n'a donc « soutiré » que la nappe de la moyenne terrasse mais n'a pas provoqué d'alimentation induite par la rivière, les débits de pompage étant trop faibles.**

3.2.3 Analyses

Au cours du pompage d'essai sur le piézomètre Pz4, nous avons prélevé 5 échantillons permettant de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques en conditions dynamiques. Les résultats de ces analyses se trouvent dans le tableau 4 :

| | Echantillon 1 | | Echantillon 2 | Echantillon 3 | Echantillon 4 | Echantillon 5 | | Référence de qualité du code de la santé publique |
|------------------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|---|
| | CPGF | Laboratoire (métaux dissous) | CPGF | CPGF | CPGF | CPGF | Laboratoire (métaux dissous) | |
| Date | 14/04/2010 10:40 | | 14/04/2010 12:20 | 14/04/2010 14:30 | 14/04/2010 16:05 | 14/04/2010 18:00 | | - |
| Conductivité (µS/cm) | 443 | 432 | 451 | 450 | 450 | 457 | 435 | 200<Cond<1000 |
| pH | 7.13 | 7.32 | 7.16 | 7.15 | 7.18 | 6.93 | 7.31 | 6.5<pH<9 |
| Fer total (mg/L) | 0.49 | 0.1 | 0.08 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | <0.05 | 0.2 |
| Nitrates (mg/L) | 4.1 | 12 | 4.5 | 1.7 | 2.2 | 2.2 | 12 | 50 |
| Manganèse total (mg/L) | 0.134 | <5 | 0.049 | 0.013 | 0.035 | 0.017 | <0.005 | 0.05 |
| Turbidité FTU | 43 | 20 | 6 | 3 | 3 | 2 | 0.49 | 0.5 |

Tableau 4 : Analyses physico-chimiques lors du pompage d'essai sur Pz 4



L'eau captée est moyennement minéralisée ($\sim 450 \mu\text{S/cm}$) ; la conductivité constante au cours du pompage est inférieure à celle de PP 6 et le pH est légèrement plus acide. Cela traduit une alimentation légèrement différente (versant + nappe alluviale).

Les concentrations en nitrates confortent cette hypothèse puisqu'elles sont supérieures à PP6 bien que relativement faibles ($< 5\text{mg/l}$).

Contrairement au pompage sur PP6, les concentrations en fer et en manganèse diminuent au cours du pompage pour atteindre des concentrations inférieures aux références de qualité du code de la santé publique. Les eaux captées proviennent d'une nappe libre qui est en partie alimentée par des eaux d'une nappe captive (Pz 3) : l'eau est donc ré oxygénée et le fer et le manganèse sont reprécipités dans l'aquifère.

Seule la turbidité reste supérieure aux références de qualité mais diminue significativement au cours du pompage.

Là encore le fer et le manganèse sont sous forme particulaire et les valeurs du pH, de turbidité et de la conductivité sont équivalentes entre les mesures de terrain et les mesures du laboratoire (cf. annexe 4). Seules les concentrations en nitrates sont plus importantes au laboratoire, différence difficilement explicable : les concentrations restent néanmoins largement inférieures aux limites du code de la santé publique.

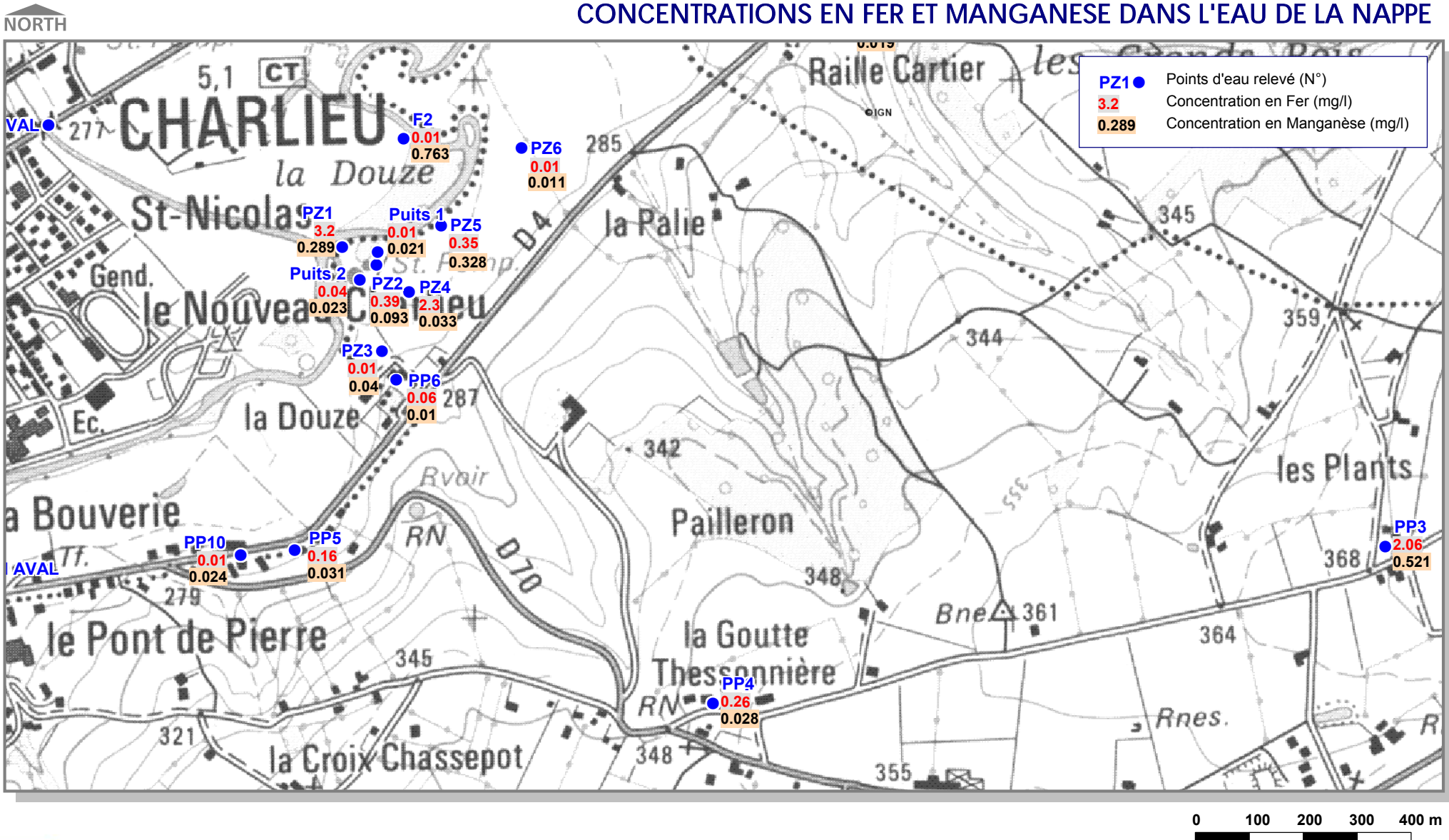
3.3 Mesures complémentaires

Afin de compléter la carte des concentrations en fer et en manganèse dans la nappe, nous avons réalisé des prélèvements dans les Pz 3, Pz 5 et Pz 6. Ces prélèvements ont été réalisés après un pompage à l'aide d'une pompe 2 pouces permettant de renouveler suffisamment l'eau du piézomètre. La carte des concentrations mise à jour se trouve sur la figure 05. Elle amène aux conclusions suivantes :

- Les concentrations sont faibles sur Pz 3 et Pz 6 et seule la concentration en manganèse est proche de la référence de qualité sur Pz 3. La proximité du versant peut expliquer cette valeur ;
- Les concentrations en fer et en manganèse sont très fortes sur le Pz 5 (Fer = $0,35 \text{ mg/l}$ et Mn = $0,33 \text{ mg/l}$). Ce piézomètre est à proximité de la rivière et n'est sans doute pas influencé par les pompages des puits 1 et 2. Les concentrations mesurées sont le reflet de la présence d'une zone réduite provoquée par l'alimentation de la nappe par le Sornin en période de hautes eaux (cf. figure 06 b du rapport 06057/42).

Ces mesures complémentaires confirment les observations de la précédente étude : la nappe contient « naturellement » du fer et du manganèse dont les concentrations peuvent être amplifiées en bordure de rivière par la présence de zones réduites.

CONCENTRATIONS EN FER ET MANGANESE DANS L'EAU DE LA NAPPE



4

Détermination du potentiel d'un nouvel ouvrage

4.1 Puits à drains

4.1.1 Principe

La surface drainante d'un puits peut être augmentée considérablement par la mise en place dans les terrains aquifères de drains horizontaux qui partent du cuvelage d'un puits. Ces drains sont réalisés par forage horizontal à partir du fond d'un puits collecteur. Le schéma de principe d'un tel ouvrage est représenté sur la figure 06.

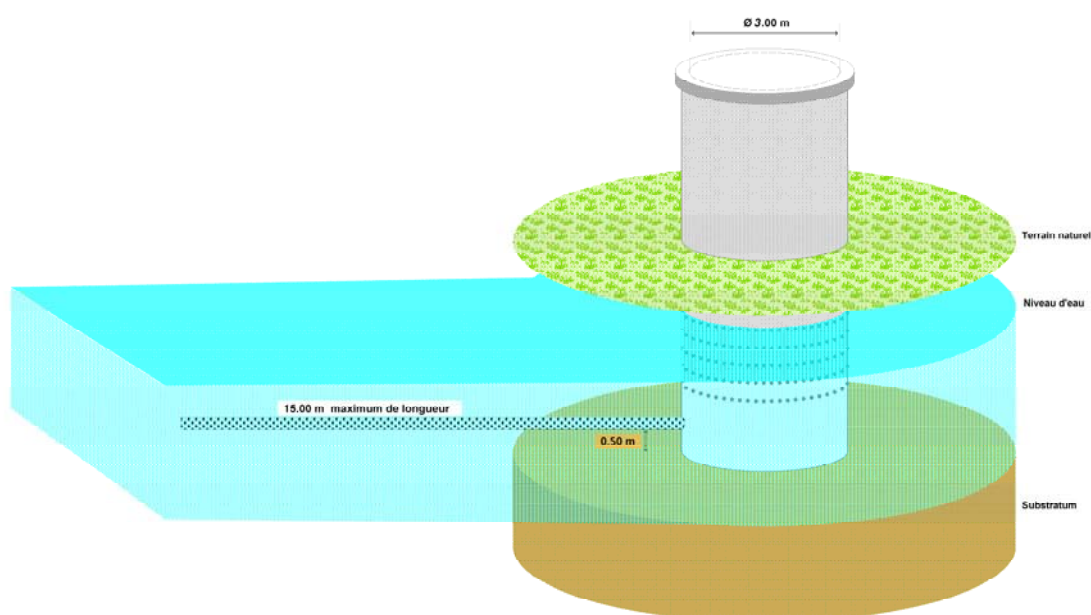


Figure 06 : Schéma d'un puits à drains

4.1.2 Estimation du potentiel

Le potentiel d'un puits à drains peut s'estimer grâce à la formule de Schneebeli : (hypothèse : nappe libre) :

$$Q_n = \pi K \frac{h_o^2 - h_d^2}{\ln\left(\frac{Ra}{c/\sqrt[n]{4}}\right) + \frac{h_d}{2nc(1 - \frac{1}{\sqrt[n]{2}})} \ln\left(\frac{h_d}{2\pi r_d \sin(\frac{\pi a}{h_d})}\right)}$$

Avec

- Q_n en m^3/s ;
- K = perméabilité en m/s ; ss ;
- h_o = épaisseur saturée en m en régime statique ;
- h_d = épaisseur saturée en m en régime dynamique ;
- Ra = rayon d'action du captage en m ;
- c = longueur des drains en m ;
- n = nombre de drains ;
- r_d = rayon du drain ;
- a = hauteur du drain au dessus du substratum en m.

4.1.3 Faisabilité d'un puits à drains au droit du Pz 4

Nous avons étudié la faisabilité d'un puits à drains rayonnants implanté au droit du Pz 4. Il s'agit d'un calcul théorique en considérant un substratum régulier et de profondeur égale à celle du piézomètre. Cette régularité pourra être vérifiée à l'aide de mesures géophysiques (panneaux électriques).

Cette technique consiste à réaliser un puits de gros diamètre (2 à 4 m) qui sert de puits récepteur et de puits de pompage. Après la réalisation de cet ouvrage, des drains horizontaux sont ajoutés en fond de puits (travaux sous eau ou hors d'eau par épuisement de nappe).

La technique de forage horizontal des drains à partir du cuvelage ne permet pas de forer au ras du substratum : la tarière repose sur un socle qui mesure 50 cm. La hauteur du drain au dessus du substratum sera donc au minimum de **$a = 0,50$ m**.

Lors des pompages, le drain ne doit pas être dénoyé pour ne pas favoriser l'oxygénation de l'eau et donc le développement bactérien. L'épaisseur saturée en régime dynamique devra donc être de l'ordre de **$h_d = 1/3 h_o$** .

La longueur des drains sera toutefois limitée par la technique de foration qui permet de foncer des drains de **$c = 15$ m à 25 m** au maximum. Le nombre de drains est déterminant dans le gain de débit. Cependant, il ne doit pas être trop grand pour limiter les inter-influences entre les drains et pour ne pas trop fragiliser le cuvelage. Il est usuel de créer **$n = 3$** drains ce qui permet d'avoir un gain optimal du débit. Ces drains auraient un diamètre de **$2 r_d = 200$ mm**.

Enfin le dernier facteur à prendre en compte pour calculer le débit du nouveau puits est son rayon d'action. Cet ouvrage sera alimenté en partie par la rivière qui se situe au minimum à 100 m de distance. Le rayon d'action de ce puits sera de $Ra = 200$ m en considérant le principe d'un puits image.



La perméabilité a été déduite lors des pompages d'essai. Nous ne connaissons pas la piézométrie d'étiage, nous avons donc considéré dans nos calculs l'épaisseur saturée mesurée lors des essais de pompage de 2010 (moyennes eaux). Les paramètres pris en compte sont :

- Profondeur du substratum : 9,00 m ;
- Epaisseurs d'alluvions mouillées : 5,9 m ;
- Rabattement : 2 m ;
- 3 drains de 15 m à 0,50 m au dessus du substratum ;
- $R_a = 200$ m (deux fois la distance à la rivière) ;
- $K = 1,3 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Le potentiel d'un tel ouvrage peut être estimé à environ $10 \text{ m}^3/\text{h}$, débit largement insuffisant pour subvenir aux besoins du Syndicat. De plus, ce débit diminuera à l'étiage et sera inférieur à $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

Cette solution n'est donc pas envisageable pour remplacer les deux puits existants en bordure du Sornin.

4.2 Tranchée drainante

4.2.1 Principe

Comme pour un puits à drains, le principe de cette méthode est d'augmenter la surface filtrante dans l'aquifère. Pour cela, une tranchée est réalisée et un drain est posé en fond de fouille sur le substratum. Le drain est ensuite relié à un ouvrage de collecte (cuvelage) où le pompage est effectué. Le schéma de principe de l'ouvrage est représenté sur la figure 07. Les profondeurs du substratum rencontrées sur le Pz 4 (9 m) ne permettent pas d'envisager la réalisation d'une tranchée par excavation « classique » (le volume de terres à excaver est beaucoup trop important). Les fouilles doivent être réalisées par une pose de parois blindées « double glissières » avec une excavation par havage.

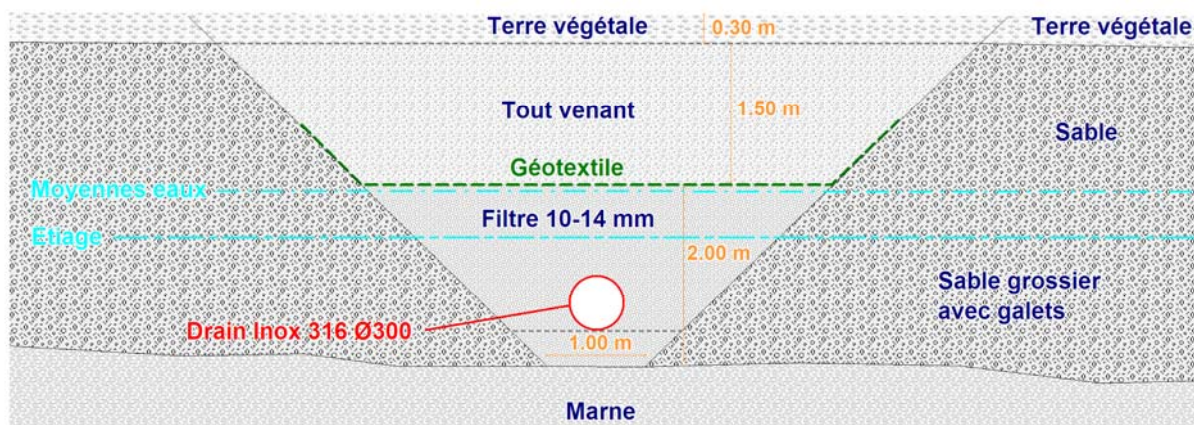


Figure 07 : Coupe schématique d'une tranchée drainante

4.2.2 Estimation du potentiel d'une tranchée entre les puits P2 et P3

L'estimation du potentiel d'une tranchée drainante dépend d'un certain nombre de paramètres qui sont repris dans la formule de Schneebeli qui suit :

$$Q = 2\pi K \frac{H_0^2/2 - H_d^2/2}{\ln\left(\frac{2Ra}{c}\right)}$$

Avec

- Q en m³/s ;
- K = perméabilité en m/s = 1,3. 10⁻⁴ m/s ;
- H₀ = épaisseur saturée en m en régime statique ;
- H_d = épaisseur saturée en m en régime dynamique ;
- Ra = rayon d'influence en m ;
- c = demi longueur de la tranchée en m.

Dans le cas d'une future tranchée drainante, on est amené à considérer à priori une alimentation du Sornin. De ce fait, le rayon d'action à prendre en compte sera de l'ordre de 200 m.

4.2.3 Caractéristiques techniques du projet

Il est envisageable de réaliser une tranchée jusqu'au toit du substratum avec un drain déposé en fond de fouille. La tranchée est ensuite comblée par un massif filtrant de granulométrie adaptée dans toute la partie saturée de l'aquifère. Un géotextile recouvre le massif filtrant et la tranchée est comblée par du tout-venant jusqu'au terrain naturel.

Le drain devra être relié à un puits collecteur qui pourrait être implanté au droit de Pz 4. Encore une fois nous considérons dans les calculs un substratum régulier et une épaisseur d'alluvions saturée constante sur toute la longueur de l'ouvrage (cette hypothèse peut être vérifiée par la réalisation de panneaux électriques).

Nous avons envisagé la création d'une tranchée parallèle au Sornin et qui passerait par Pz 4. Pour les calculs nous avons considéré plusieurs longueurs de tranchée : 50, 100 et 150 m, longueur maximale pouvant être envisagée d'un point de vue technico-économique.

Le potentiel d'un tel ouvrage est résumé dans le tableau 5 en fonction de la longueur de la tranchée :

| Longueur de la tranche en m | Q en m3/h |
|-----------------------------|-----------|
| 50 | 10 |
| 100 | 15 |
| 150 | 20 |

Tableau 5 : Potentiel d'une tranchée drainante

Là encore, le débit potentiel d'un tel ouvrage n'est au maximum que de 20 m³/h en moyennes eaux, débit qui diminuerait encore à l'étiage. Il n'est donc pas envisageable de remplacer les deux puits en rive gauche du Sornin par une tranchée drainante. Le coût de réalisation d'un tel ouvrage ne permet pas d'envisager non plus un complément par cet ouvrage (coût supérieur à 450 000 € HT).



5

Conclusions

La mairie de Charlieu a missionné CPGF-HORIZON Centre-Est pour réaliser une étude hydrogéologique complémentaire sur le champ captant de la Douze à Charlieu. Cette étude a consisté à réaliser des essais de pompage dans un puits de particulier (PP 6) et dans un piézomètre (Pz 4). Ces ouvrages avaient respectivement de faibles concentrations en fer et manganèse et une épaisseur d'alluvions mouillées plus importante.

Les pompages d'essais se sont déroulés le 7 avril 2010 sur le PP 6 et le 14 avril sur le Pz 4.

Le pompage sur le puits particulier PP 6 a été délicat puisque le débit de pompage s'est avéré très faible et un changement de pompe a dû être effectué : le débit de pompage final de 1,2 m³/h a provoqué la vidange du puits et le pompage a dû être arrêté après 3 heures. Au final le rabattement était de près de 7 m et l'interprétation des essais de pompage conduit à des transmissivités très faibles, comprises entre 7.10^{-6} et 5.10^{-5} m²/s. La remontée a été suivie pendant une semaine, durée au bout de laquelle le niveau dans le puits était toujours inférieur de plus de 30 cm au niveau initial avant pompage.

La transmissivité moyenne a ainsi pu être estimée à $1,8.10^{-5}$ m²/s ; en considérant un aquifère de moins de 10 m d'épaisseur, les perméabilités déduites correspondent à des terrains sablo-argileux. Il faut cependant noter que cette perméabilité peut être sous estimée du fait du colmatage du puits. Le PP 6 est situé en pied de versant et se trouve à la limite des alluvions et des formations tertiaires. Les caractéristiques hydrodynamiques calculées reflètent les terrains tertiaires qui sont donc très peu productifs. Le suivi de la qualité de l'eau pendant le pompage a permis de constater une augmentation progressive des concentrations de fer et de manganèse et une quasi absence de nitrates, témoignant du caractère réducteur de la nappe captée. Le Pz 3 situé à 40 m en aval du puits n'a pas été influencé et les éléments détectés tendent à montrer que le puits est uniquement alimenté par les eaux de l'aquifère tertiaire.

Le PP 6 ne présente donc pas des caractéristiques hydrodynamiques intéressantes, et les eaux captées ont des concentrations en fer et en manganèse parfois supérieures aux références de qualité du code de la santé publique.

Le pompage sur le Pz 4 a été effectué à un débit constant de 3 m³/h et a provoqué un rabattement de l'ordre de 1,30 m après 8 heures de pompage. L'interprétation de cet essai conduit à des transmissivité assez faibles (moyenne de $7,5.10^{-4}$ m²/s) et une perméabilité de $1,3.10^{-4}$ m/s, reflet des formations sableuses rencontrées entre -4 et -9 m/sol.

Le pompage n'a influencé que le Pz 3 qui se trouve sur la même terrasse et n'a pas influencé le Pz 2 qui se trouve sur la terrasse inférieure au sein des alluvions actuelles : le pompage n'a donc pas entraîné d'alimentation induite par la rivière.



Les perméabilités calculées sur Pz 4 en 2010 sont plus faibles que celles calculées lors de l'étude de 2008 ($K = 1,6.10^{-3}$ m/s) qui ne caractérisait que la couche d'aquifère comprise entre -2 et -4 m/sol.

Le suivi de la qualité a montré que l'eau captée présentait des concentrations en fer et en manganèse très faibles, typiques d'une nappe libre.

Les caractéristiques hydrodynamiques calculées à partir des pompages d'essais ont permis d'estimer la productivité d'un ouvrage de captage dans le secteur du Pz 4. Le débit fourni par un puits à drains au droit de Pz 4 ne serait que de 10 m³/h en conditions de moyennes eaux. Ce débit serait encore plus faible à l'étiage et n'apporterait pas un complément suffisant au Syndicat.

Une tranchée drainante parallèle au Sornin et passant par Pz 4 fournirait un débit maximum en moyennes eaux de l'ordre de 20 m³/h pour une longueur de 150 m. Ce débit serait encore plus faible à l'étiage et l'investissement nécessaire pour réaliser cet ouvrage sera trop important au vu du débit escompté.

La réalisation d'un ouvrage de captage supplémentaire dans le secteur de Pz 4 ne permettra ni de remplacer les puits existants en terme de débit ni de fournir un complément suffisant pour palier l'obturation des drains des puits existants.

Les analyses complémentaires effectuées dans les piézomètres alentours ont confirmé la présence d'une zone réduite à proximité du Sornin et la présence d'un « bruit de fond naturel » de fer et de manganèse.

Franck BONNET

Hydrogéologue



Champ captant de la Douze

ANNEXE 1

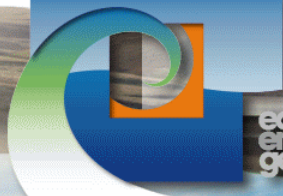
COUPES DES PIEZOMETRES DE RECONNAISSANCE

Étude 10-019/42

Avril 2010

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



OPGiBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
CERTIFICAT
N° 08.06.1986

AQUIFORE

tél. : 04-75-72-35-36

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

PIEZOMETRE de CONTRÔLE

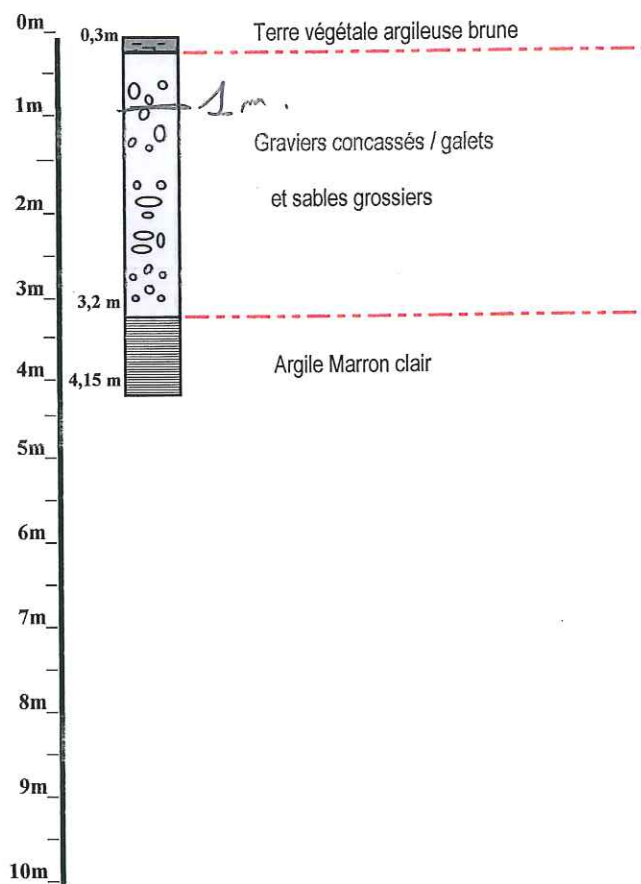
Pz. 1

Situation géographique

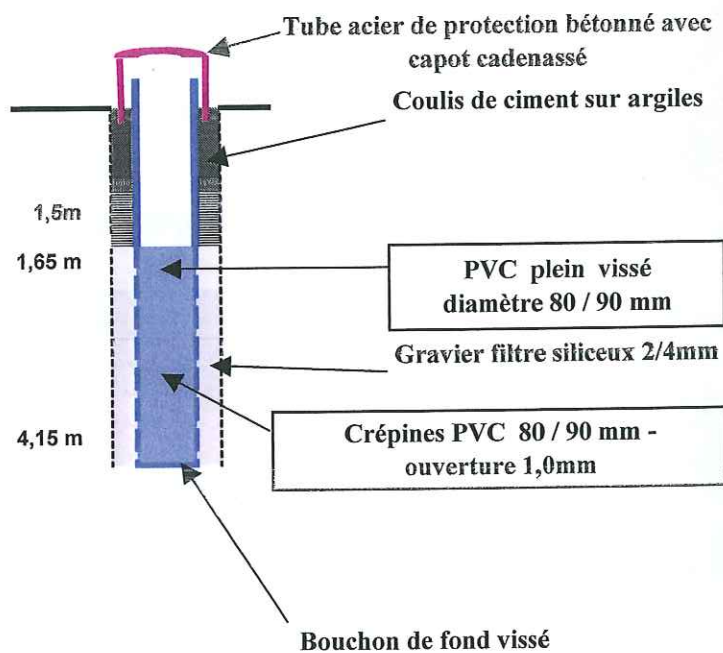
Rive gauche du SORNIN - Commune
de CHARLIEU / 42

Réalisation : 04 juillet 2007

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Foration méthode Odex 115mm
(tube soutènement provisoire 139,7mm)

Niveau Statique 1,05 m/sol

Cote hors sol capot + 0,65 m

AQUIFORE

tél. : 04-75-72-35-36

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

PIEZOMETRE de CONTRÔLE

Pz. 2

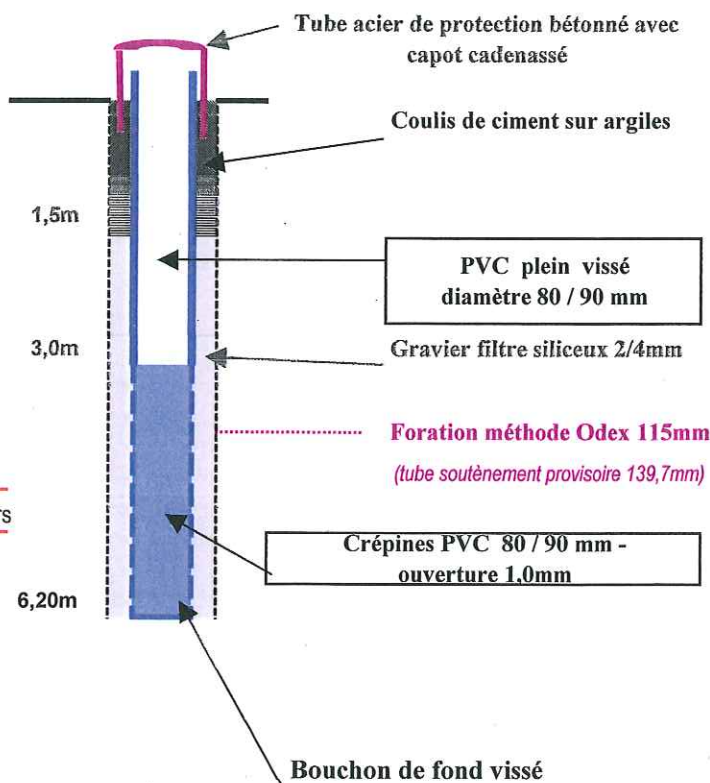
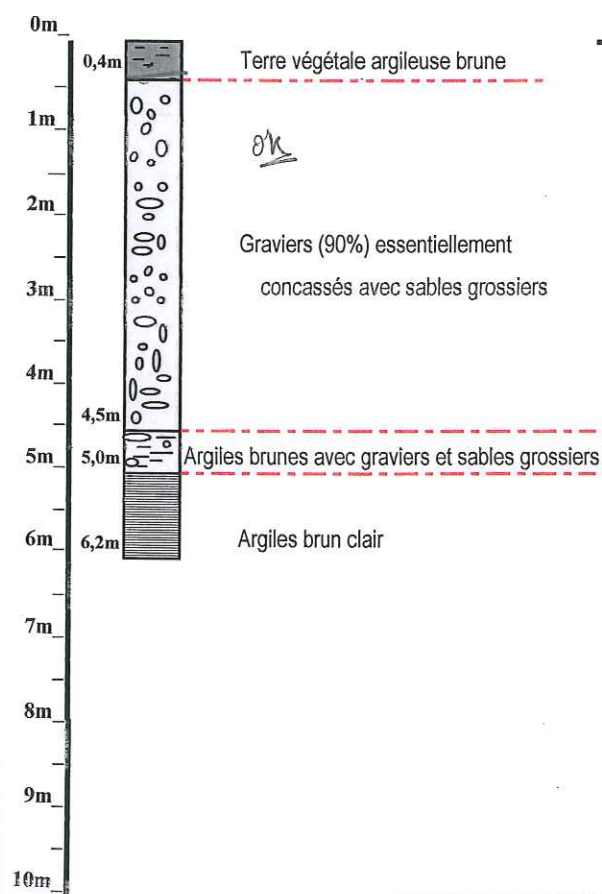
Situation géographique

Rive gauche du SORNIN -
Commune de CHARLIEU / 42

Réalisation : 05 juillet 2007

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



Niveau Statique 1,48m/sol

Cote hors sol capot + 0,72m

AQUIFORE

tél. : 04-75-72-35-36

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

PIEZOMETRE de CONTRÔLE

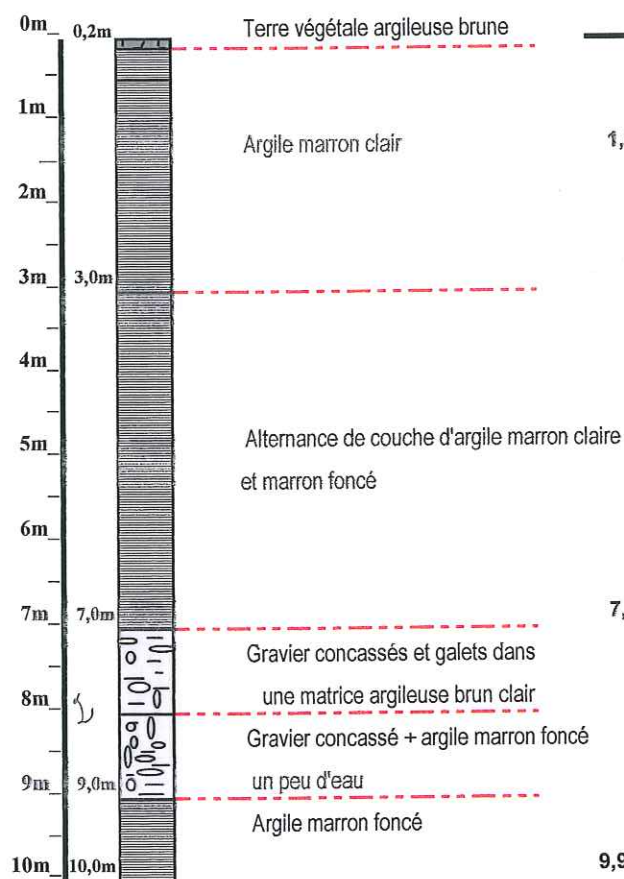
Pz. 3

Situation géographique

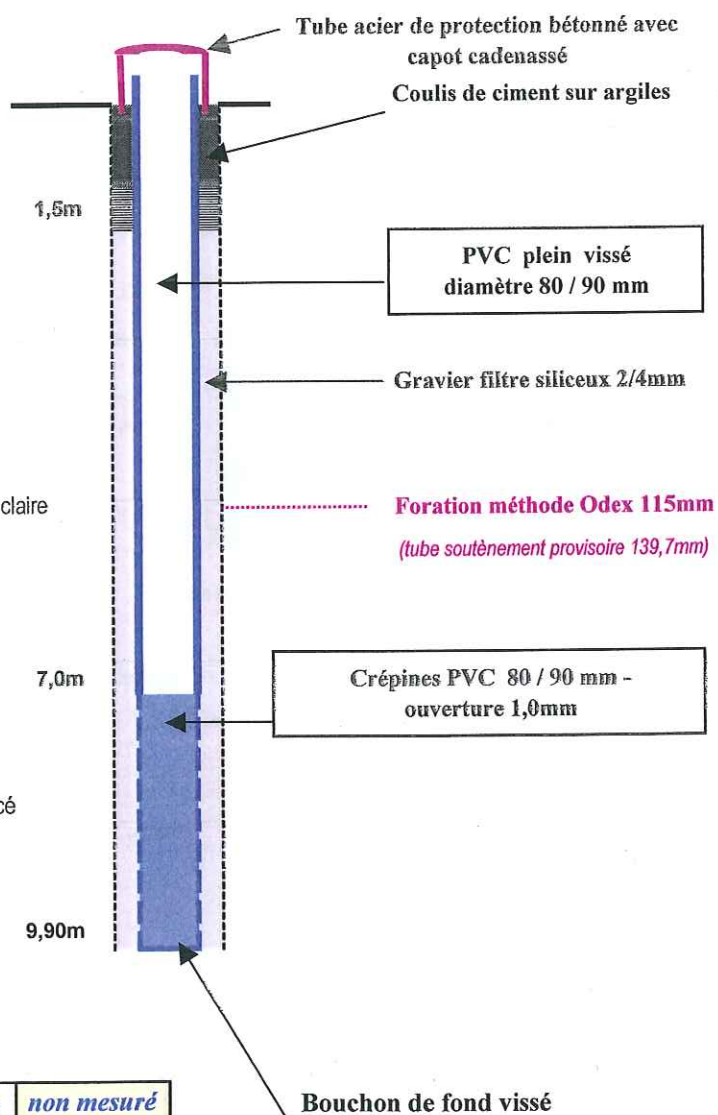
Rive gauche du SORNIN -
Commune de CHARLIEU / 42

Réalisation : 04 juillet 2007

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Niveau Statique non mesuré

Cote hors sol capot + 0,70m

AQUIFORE

tél. : 04-75-72-35-36

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

PIEZOMETRE de CONTRÔLE

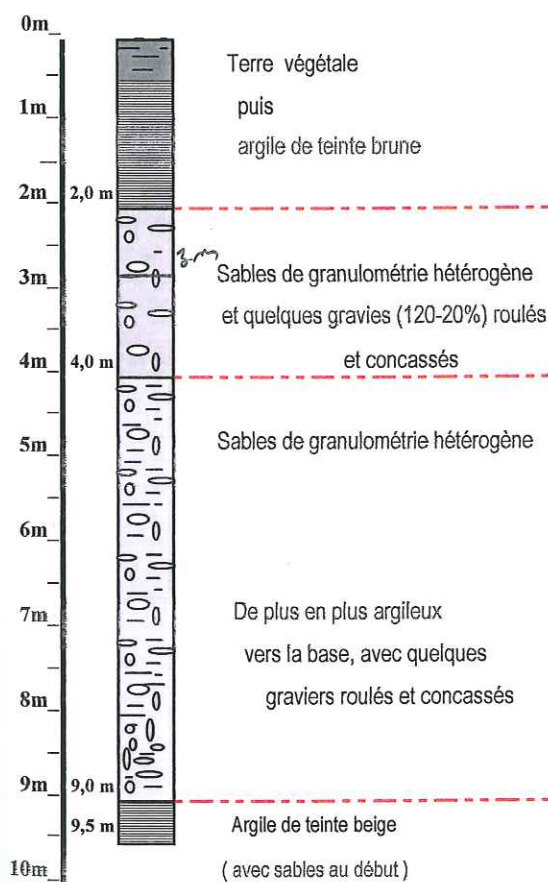
Pz. 4

Situation géographique

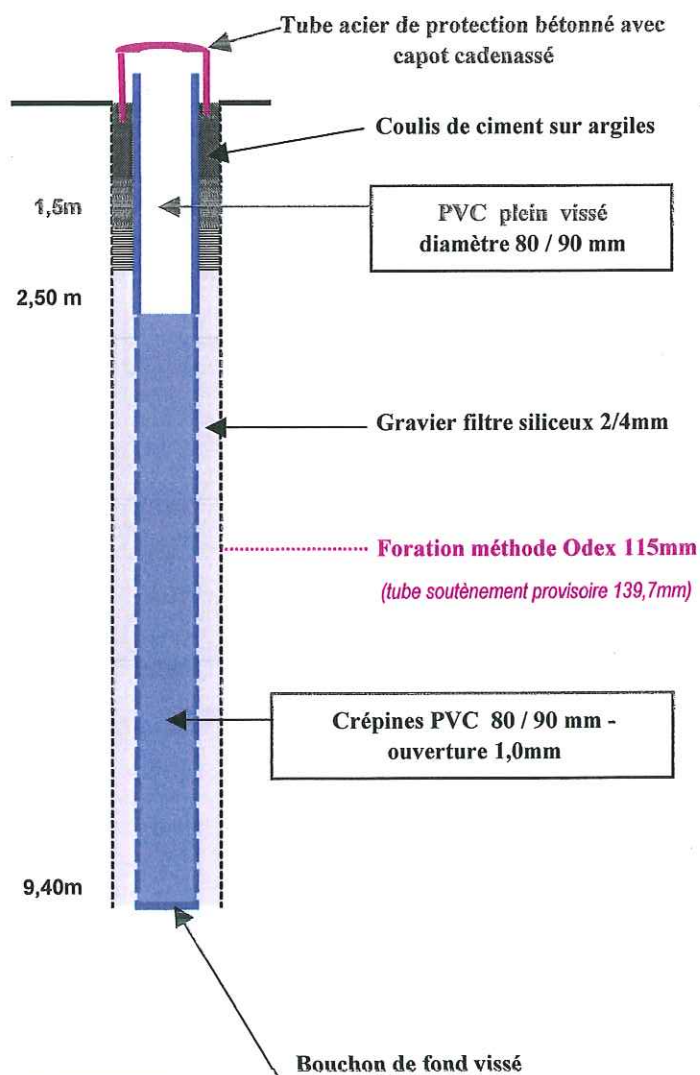
Rive gauche du SORNIN -
Commune de CHARLIEU / 42

Réalisation : 12 septembre 2007

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Niveau Statique 3,45 m/sol

Cote hors sol capot + 0,4 m

AQUIFORE

tél. : 04-75-72-35-36
e-mail : aquifore@wanadoo.fr

PIEZOMETRE de CONTRÔLE

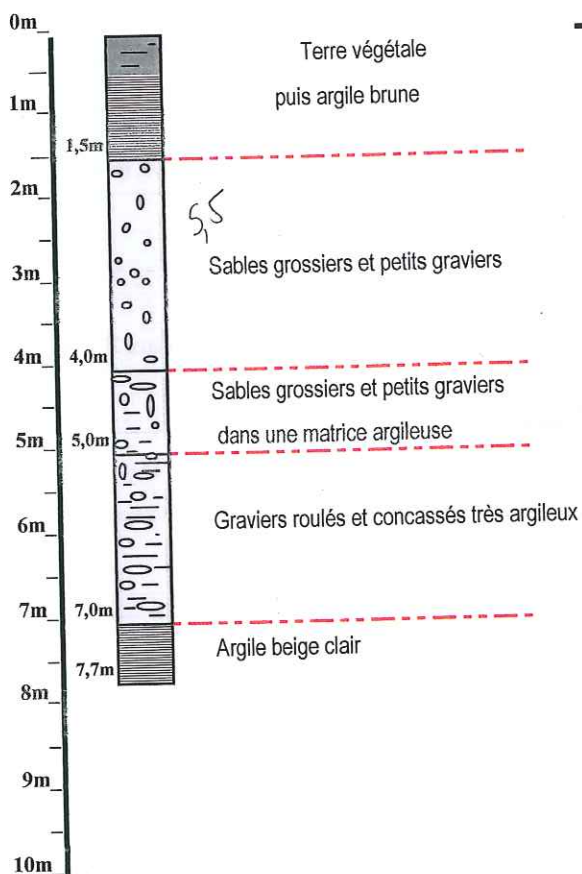
Pz. 5

Situation géographique

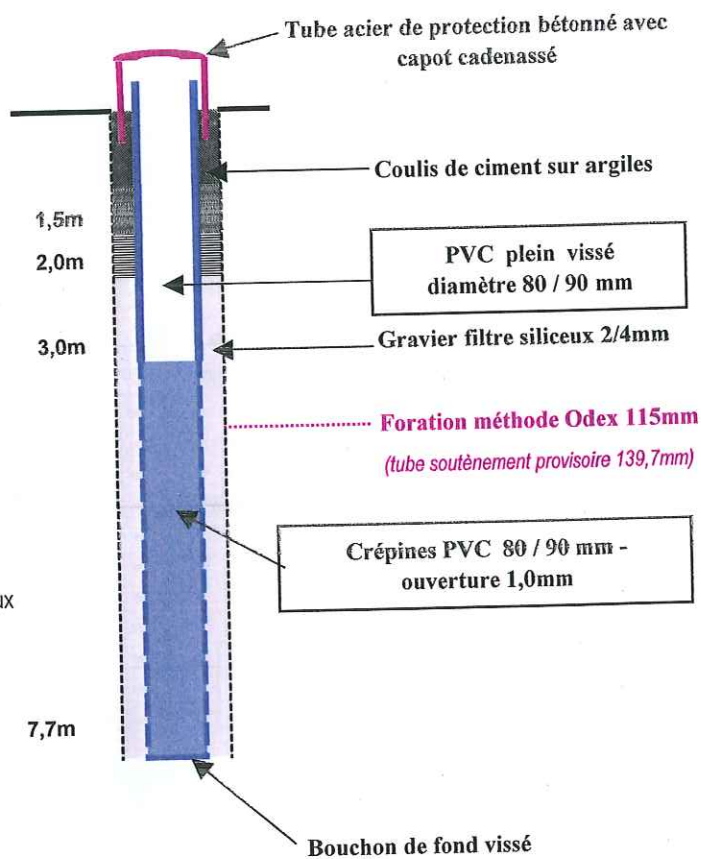
Rive gauche du SORNIN -
Commune de CHARLIEU / 42

Réalisation : 11 septembre 2007

COUPE LITHOLOGIQUE



COUPE TECHNIQUE



Niveau Statique 3,6 m/sol

Cote hors sol capot + 0,35 m

AQUIFORE

tél. : 04-75-72-35-36

e-mail : aquifore@wanadoo.fr

PIEZOMETRE de CONTRÔLE

Pz. 6

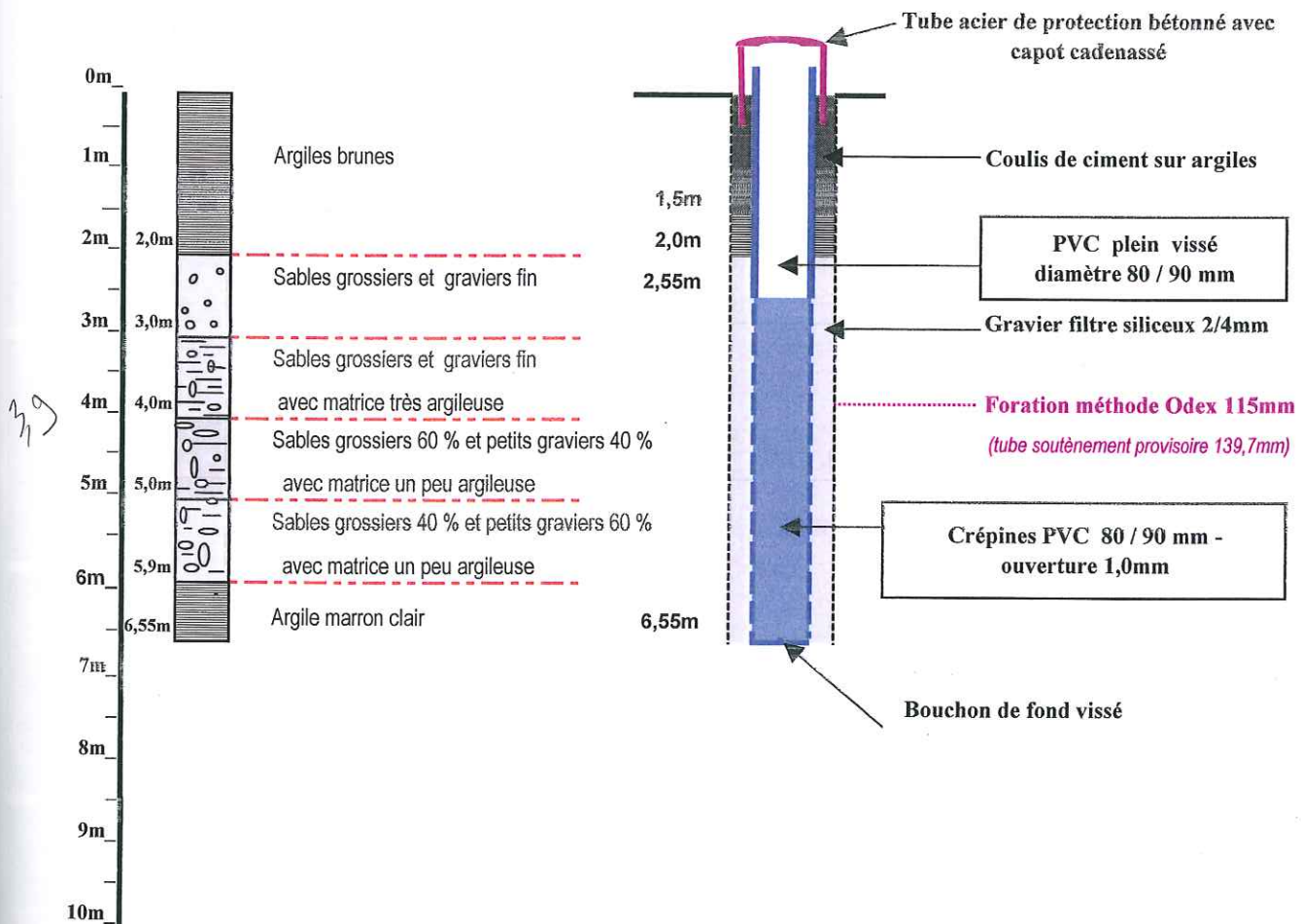
Situation géographique

Rive gauche du SORNIN -
Commune de CHARLIEU / 42

Réalisation : 11 septembre 2007

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



Niveau Statique 3,3 m/sol

(après développement à l'air)

Cote hors sol capot + 0,40 m



Champ captant de la Douze

ANNEXE 2

INTERPRETATION DES ESSAIS DE POMPAGE SUR PP6

Étude 10-019/42

Avril 2010

CPGF-HORIZON

Centre-Est



eau
environnement
géophysique...

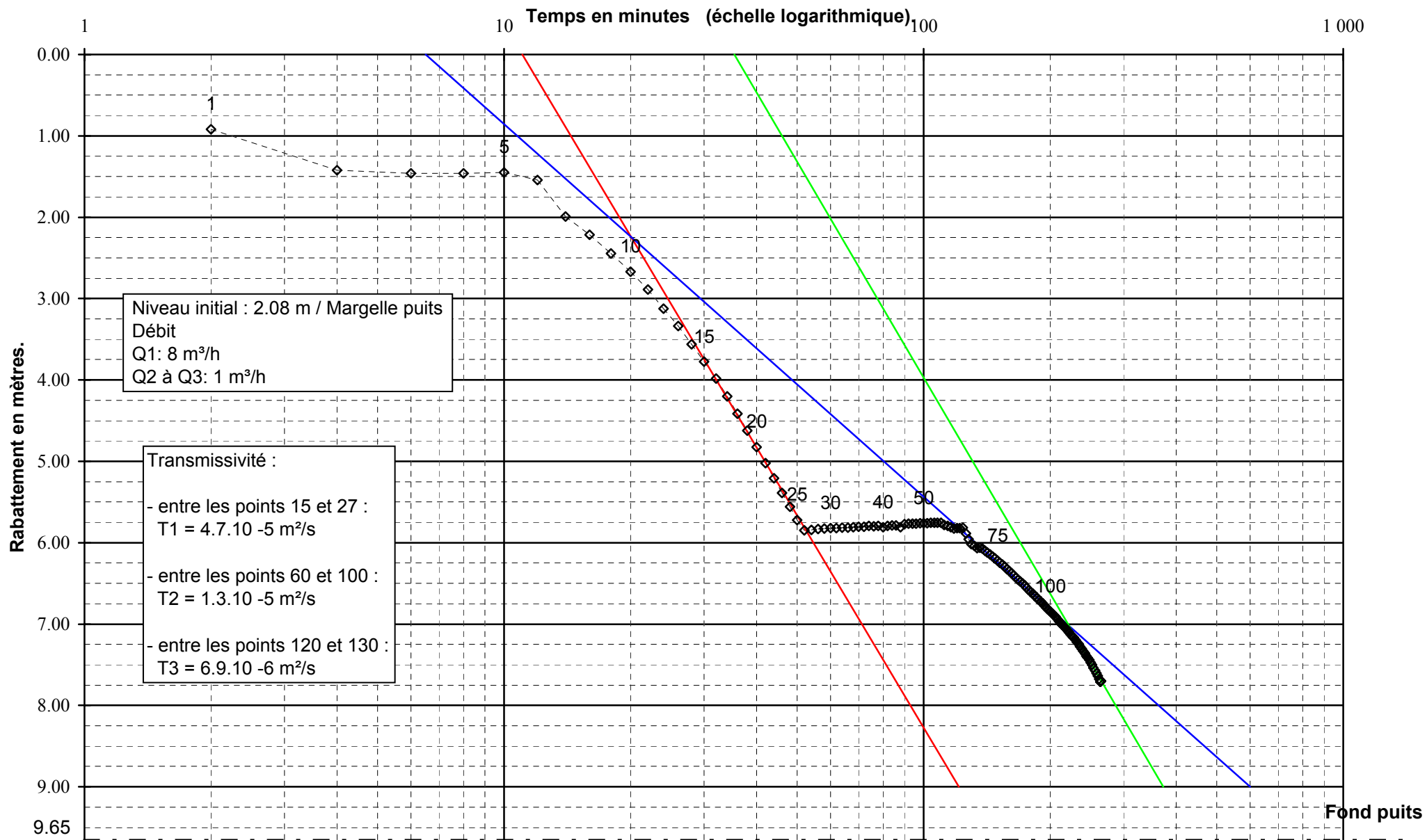
"Le Rivet" 5 allée du Levant - 38300 BOURGOIN-JALLIEU
Tél. : 04 74 18 32 47 - Fax : 04 74 18 32 58

www.cpgf-horizon-ce.com



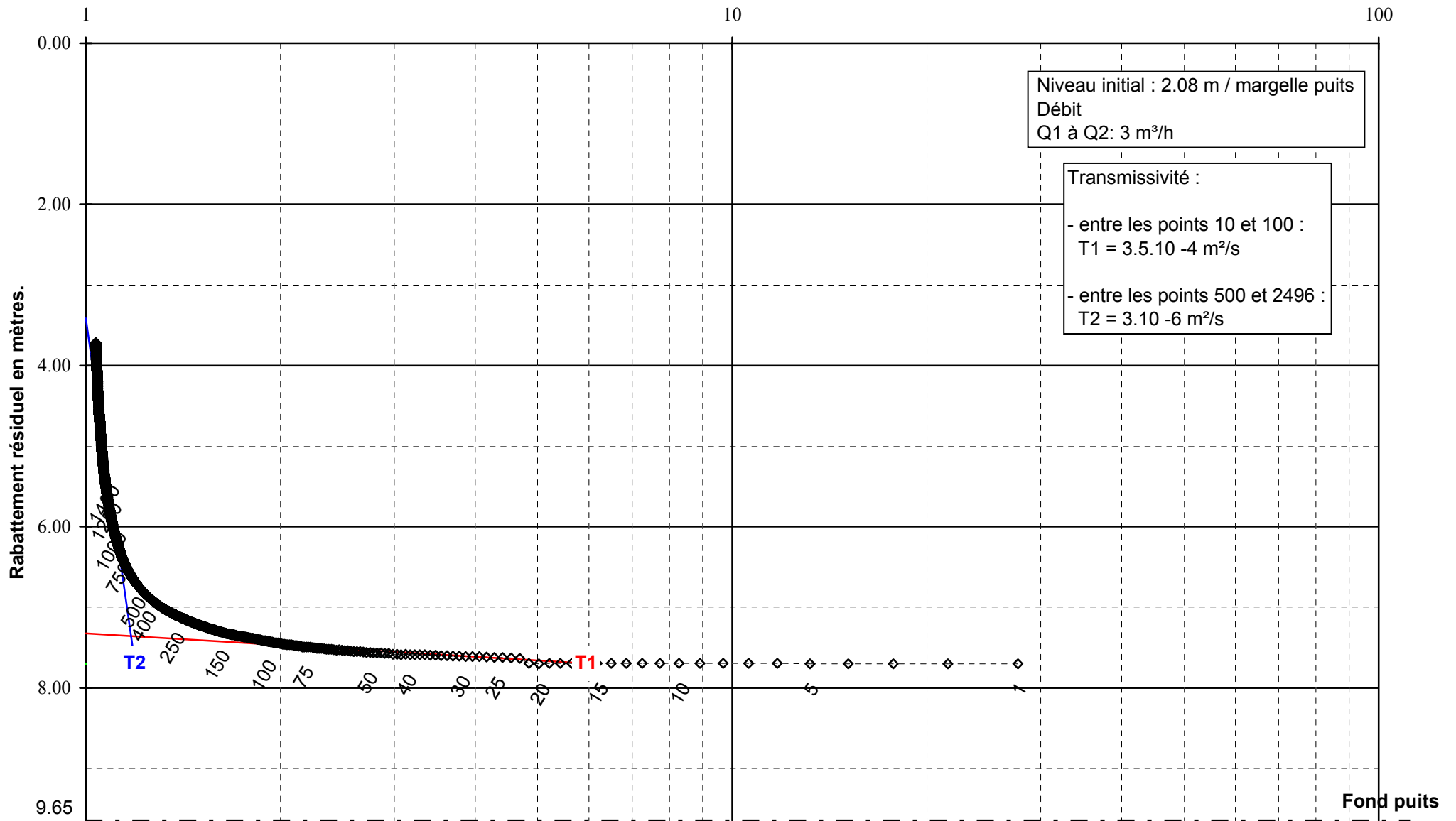
OGPiBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
CERTIFICAT
N° 08.06.1986

VILLE DE CHARLIEU
Essai du PP6
Pompage du 07/04/2010 : descente suivie sur l'ouvrage testé



Commune de Charlieu
Essai du PP
pompage du 07 avril 2010 : remontée suivie sur l'ouvrage testé

1 +Tp/Tr (échelle logarithmique).





Champ captant de la Douze

ANNEXE 3

INTERPRETATION DES ESSAIS DE POMPAGE SUR Pz4

Étude 10-019/42

Avril 2010

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

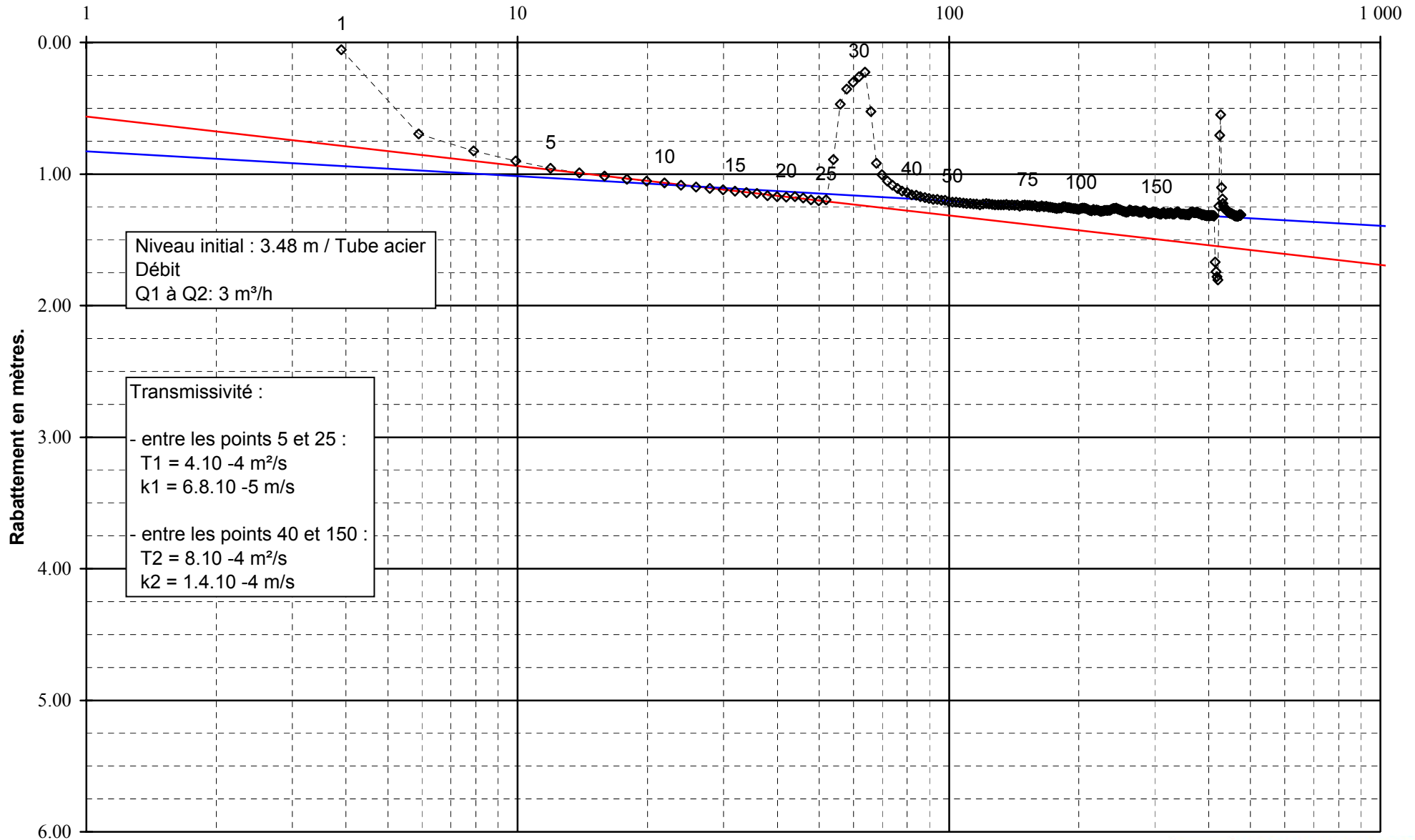
www.cpgf-horizon-ce.com



OGPiBi
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE
CERTIFICAT
N° 08.06.1986

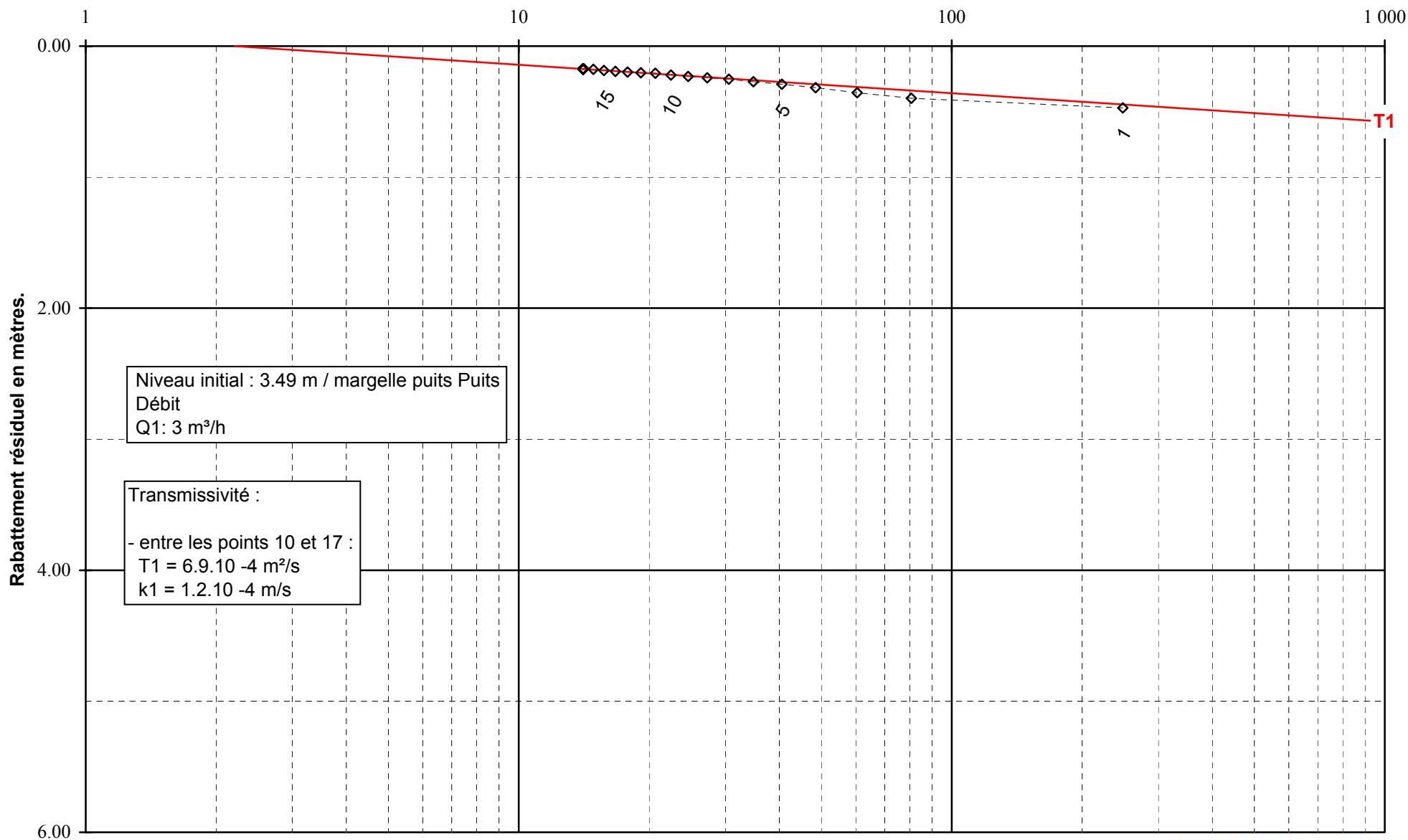
Charlieu
Essai du Pz4
Pompage longue durée le 14 avril 2010 : descente suivie sur l'ouvrage testé

Temps en minutes (échelle logarithmique).



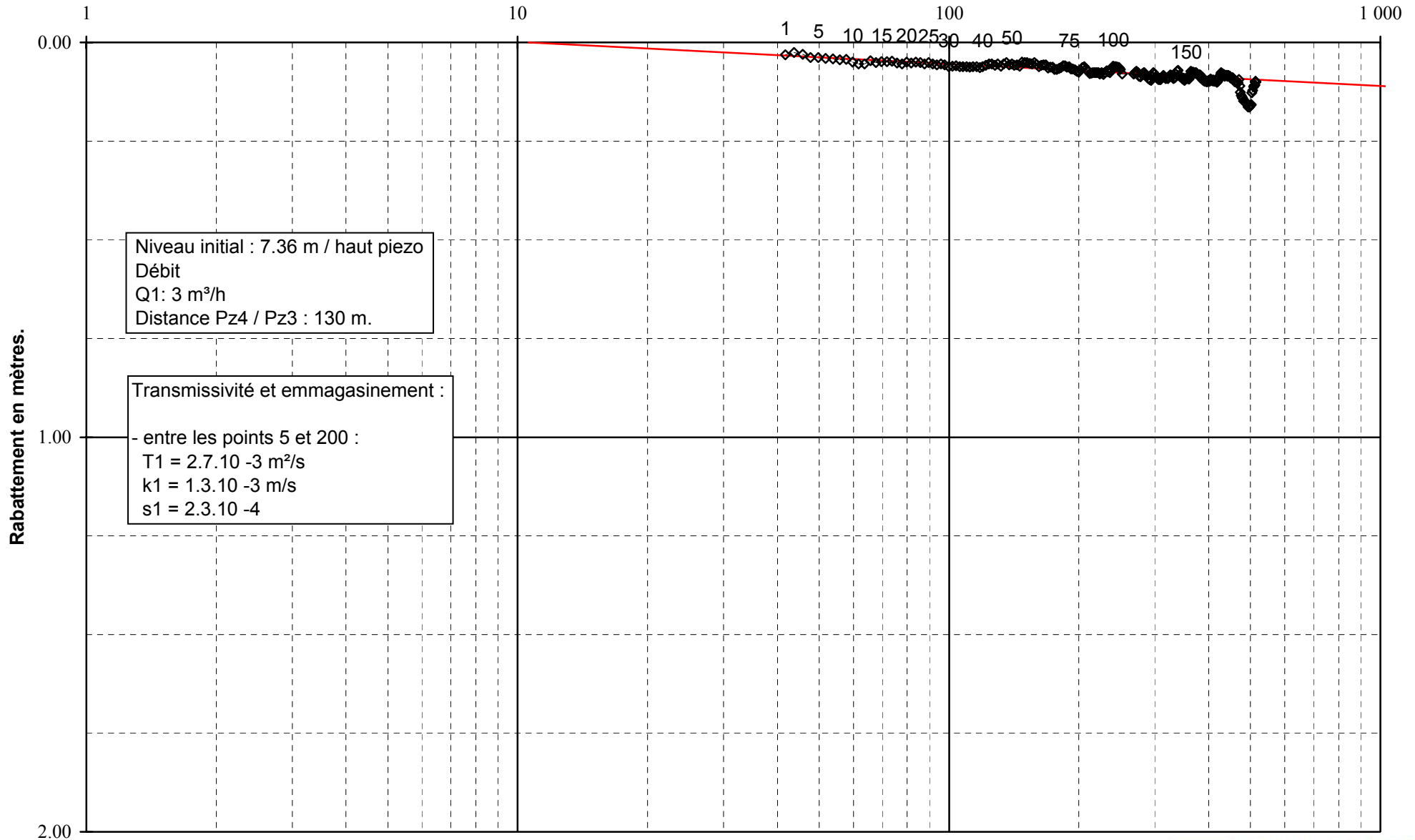
Commune de Charlieu
Essai du Pz4
pompage 8h du 14 avril 2010 : remontée suivie sur l'ouvrage testé

1 +Tp/Tr (échelle logarithmique).



Charlieu
Essai du Pz4
Pompage longue durée le 14 avril 2010 : descente suivie sur Pz3

Temps en minutes (échelle logarithmique).





Champ captant de la Douze

ANNEXE 4

RAPPORT D'ANALYSES DU LABORATOIRE WESSLING

Étude 10-019/42

Avril 2010

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

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

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

Interlocuteur: Olivier Sibourg
Ligne directe: +33 (0) 474 999-620
E-Mail: o.sibourg
@wessling.fr

10019/42

| | | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------------|------|-------------------|
| N° rapport d'essai | ULY10-03636-1 | Commande n°: | ULY-02795-10 | Date | 28.04.2010 |
|--------------------|----------------------|--------------|---------------------|------|-------------------|

N° rapport d'essai **ULY10-03636-1**

Commande n°: **ULY-02795-10**

Date **28.04.2010**

Informations sur les échantillons

| | | | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Echantillon-n° | 10-036937-01 | 10-036937-02 | 10-036937-03 |
| Date de réception: | 19.04.2010 | 19.04.2010 | 19.04.2010 |
| Désignation | PP6 t=0h | PP6 t=8h | Pz4 t=0h |
| Type d'échantillons: | Eau | Eau | Eau |
| Prélèvement: | 16.04.2010 | 16.04.2010 | 16.04.2010 |
| Récipient: | 1LPE+2LPE | 1LPE+2LPE | 1LPE+2LPE |
| Nombre de récipients: | 3 | 3 | 3 |
| Température de réception (C°): | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| Début des analyses: | 20.04.2010 | 20.04.2010 | 20.04.2010 |
| Fin des analyses: | 28.04.2010 | 28.04.2010 | 28.04.2010 |

Résultats d'analyse

Cations, anions et éléments non métalliques

| | | | | | |
|---------------------------|----------|----|--------------|--------------|--------------|
| N° d'échantillon | | | 10-036937-01 | 10-036937-02 | 10-036937-03 |
| Désignation d'échantillon | | | PP6 t=0h | PP6 t=8h | Pz4 t=0h |
| Paramètre | Unité | LQ | | | |
| Nitrates (NO3) | mg/l E/L | | <10 | <10 | 12 |

N° rapport d'essai **ULY10-03636-1**

Commande n°: **ULY-02795-10**

Date **28.04.2010**

Analyse physico-chimique

| | | | | | |
|---------------------------|-----------|----|--------------|--------------|--------------|
| N° d'échantillon | | | 10-036937-01 | 10-036937-02 | 10-036937-03 |
| Désignation d'échantillon | | | PP6 t=0h | PP6 t=8h | Pz4 t=0h |
| Paramètre | Unité | LQ | | | |
| Conductivité [20°C] | µS/cm E/L | | 530 | 520 | 430 |
| pH | E/L | | 7,24 | 7,37 | 7,32 |
| Turbidité | NTU E/L | | 0,84 | 4,2 | 20 |

Eléments

| | | | | | |
|---------------------------|----------|----|--------------|--------------|--------------|
| N° d'échantillon | | | 10-036937-01 | 10-036937-02 | 10-036937-03 |
| Désignation d'échantillon | | | PP6 t=0h | PP6 t=8h | Pz4 t=0h |
| Paramètre | Unité | LQ | | | |
| Manganèse (Mn) | mg/l E/L | | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Fer (Fe) | mg/l E/L | | <0,05 | <0,05 | 0,1 |

N° rapport d'essai **ULY10-03636-1**

Commande n°: **ULY-02795-10**

Date **28.04.2010**

Informations sur les échantillons

| | |
|--------------------------------|--------------|
| Echantillon-n° | 10-036937-04 |
| Date de réception: | 19.04.2010 |
| Désignation | Pz4 t=8h |
| Type d'échantillons: | Eau |
| Prélèvement: | 16.04.2010 |
| Récipient: | 1LPE+2LPE |
| Nombre de récipients: | 3 |
| Température de réception (C°): | 4.5 |
| Début des analyses: | 20.04.2010 |
| Fin des analyses: | 28.04.2010 |

Résultats d'analyse

Cations, anions et éléments non métalliques

| | | | |
|---------------------------|----------|----|-----------------|
| N° d'échantillon | | | 10-036937-04 |
| Désignation d'échantillon | | | Pz4 t=8h |
| Paramètre | Unité | LQ | |
| Nitrates (NO3) | mg/l E/L | | 12 |

N° rapport d'essai **ULY10-03636-1**

Commande n°: **ULY-02795-10**

Date **28.04.2010**

Analyse physico-chimique

| | | | |
|---------------------------|-----------|----|-----------------|
| N° d'échantillon | | | 10-036937-04 |
| Désignation d'échantillon | | | Pz4 t=8h |
| Paramètre | Unité | LQ | |
| Conductivité [20°C] | µS/cm E/L | | 440 |
| pH | E/L | | 7,31 |
| Turbidité | NTU E/L | | 0,49 |

Eléments

| | | | |
|---------------------------|----------|----|-----------------|
| N° d'échantillon | | | 10-036937-04 |
| Désignation d'échantillon | | | Pz4 t=8h |
| Paramètre | Unité | LQ | |
| Manganèse (Mn) | mg/l E/L | | <0,005 |
| Fer (Fe) | mg/l E/L | | <0,05 |

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

| Méthode | Norme | Laboratoire d'analyse | |
|--|-----------------------------------|-----------------------|--|
| Conductivité électrique sur eau / lixiviât | EN 27888 ^A | Umweltanalytik Lyon | |
| Anions dissous (filtration à 0,2 µ) - Méth. interne V1 selon | EN ISO 10304 D19/D20 ^A | Umweltanalytik Lyon | |
| pH | NFT90-008 ^A | Umweltanalytik Lyon | |
| Métaux | ISO 17294-2 ^A | Umweltanalytik Lyon | |
| Turbidité de l'eau / lixiviât | EN ISO 7027 ^A | Umweltanalytik Oppin | |

| | |
|-----|--------------|
| E/L | Eau/lixiviât |
|-----|--------------|

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

Olivier Sibourg

(Directeur)