

2.3 – POMPAGE D'ESSAIS

Pour réaliser l'ensemble des travaux de pompage réalisé du 9 janvier au 03 Février 2022, une pompe de forage a été mise en place. Sa côte d'aspiration était de – 85 m/sol. Sa puissance était de 1,5 kW. L'apport en énergie s'est fait à partir de l'électricité du site.

La longueur de rejet était de l'ordre de 130 m, dans le bassin de stockage prévu à cet effet.

Pour cette étude, il a été réalisé :

- ✓ Quatre essais par paliers à débits différents d'une heure, entrecoupée d'une heure de remontée,
- ✓ Un essai longue durée à débit constant de plus 168 h.

2.3.1 - Essais par paliers

Principe :

Les dimensions d'un forage ainsi que les phénomènes qui ont lieu à son voisinage introduisent des effets parasites qui déforment les courbes de rabattement lors des pompages d'essai. Ces déformations se manifestent au début du pompage à l'inverse de celles inhérentes à l'aquifère (limites hydrogéologiques, changement de faciès,...) qui se manifestent après un certain temps de pompages. Ainsi, les pertes de charge singulières (ou effet de puits) dues au forage ou puits viennent s'ajouter aux pertes de charges théoriques dues à l'aquifère. Elles se décomposent en pertes de charge linéaire (colmatage) et en pertes de charges quadratiques (phénomènes de turbulences).

Les essais de pompage par paliers de courte durée cherchent donc à quantifier ces effets parasites au forage et à son voisinage immédiat (crépine, massif filtrant). Les équations pour la détermination des pertes de charges ci-après sont celles de Jacob (1947) :

$$s = B.Q + C.Q^P$$

B désigné le coefficient de pertes de charges linéaires dans l'aquifère

C désigne le coefficient de pertes de charges non-linéaires au sein du forage

P désigne l'ordre des pertes de charge non linéaire, ce coefficient varie de 1,5 à 3,5 mais la plupart du temps il est proche de 2.

On retiendra que cette méthode d'interprétation est adaptée au milieu homogène (ex : formations sédimentaires) et que ici, dans notre étude, les pompages par paliers ont été réalisés en milieu fissuré . La présence d'arrivées d'eau ponctuelles par le biais de fractures est susceptible de perturber l'interprétation, voir parfois de minorer les débits critiques qui peuvent être déduits par rapport à la réalité.

Instrumentation – Réalisation :

Une sonde d'acquisition automatique de la pression d'eau a été mise en place dans le forage. Elle permet de suivre, au pas de temps choisie (ici, 2 min), les variations de la hauteur d'eau dans le forage. La profondeur de la sonde est connue, ceci permet de déterminer la profondeur de l'eau par rapport à un repère au sol (en l'occurrence le sommet du tube PVC)

La sonde a été positionnée à une profondeur de 76 m par rapport au sommet du tubage PVC. Le niveau statique avant pompage était 3,12 m par rapport au sommet du tubage, ce dernier étant situé à 0,4 cm au dessus du sol.

Le pompage par paliers a été réalisé le 10 janvier 2022 à l'issue de l'équipement de l'ouvrage par le matériel de pompage dédié pour les travaux de pompage.

L'eau est restée trouble (aspect laiteux) pendant tout l'essai de pompage.

Résultats – Interprétation

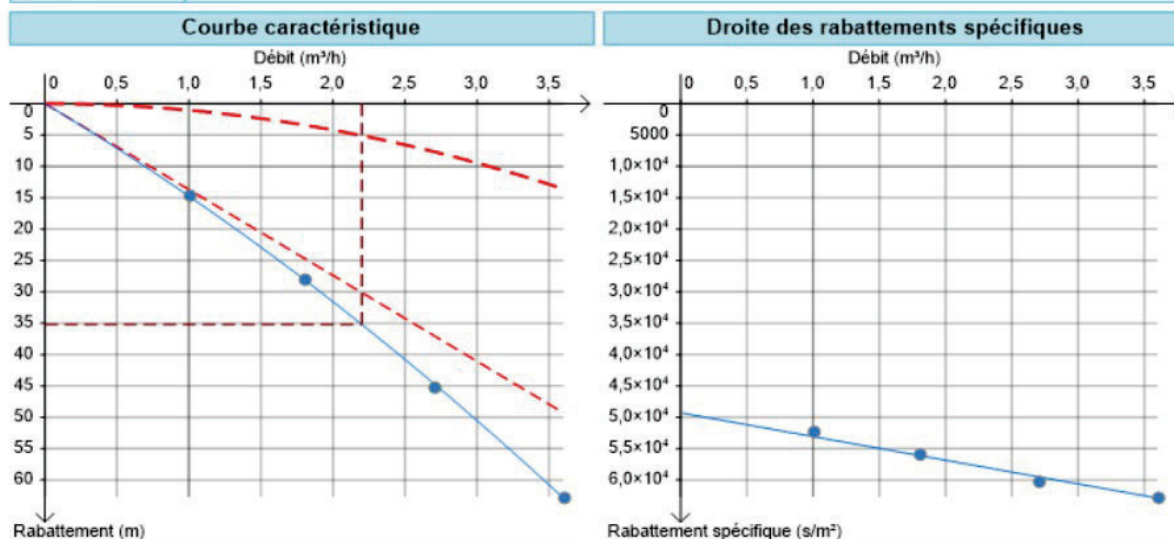
| Paliers | Débit m3/h | Rabattement En m | Rabattement spécifique (m/m3/h) | Débit spécifique (m3/h/m) |
|---------|------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 1 | 14,49 | 14,49 | 0,07 |
| 2 | 1,8 | 27,89 | 15,49 | 0,06 |
| 3 | 2,7 | 45,09 | 16,70 | 0,06 |
| 4 | 3,6 | 62,68 | 17,41 | 0,06 |

Tableau 4: Essais par paliers

L'observation des rabattements spécifiques conduit à considérer que l'ouvrage possède une productivité de l'ordre de 0,06 m3/m/h. Le rendement de l'ouvrage peut être considéré comme **médiocre à faible**, mais caractéristique du milieu fissuré de socle.

Le débit critique a été atteint et a été estimé à 2,2 m³/h.

Type d'ouvrage Puits



Légende

- Points expérimentaux
- Débit critique
- PDC linéaires
- PDC quadratiques
- Courbe caractéristique du puits

Légende

- Points expérimentaux
- Rabattement spécifique

| Pompage par palier | Débit (m³/h) | Rabattement mesuré (m) | Temps de pompage (min) | Temps de remontée (min) | Rabattement linéaire calculé (m) | Rabattement quadratique calculé (m) | Rabattement spécifique mesuré (h/m²) | Rabattement spécifique calculé (h/m²) | Écart (sim-obs) (m) |
|--------------------|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Palier 1 | 1 | 14,49 | 60 | 60 | 14 | 1 | 14,5 | 14,7 | 0,251 |
| Palier 2 | 1,8 | 27,89 | 60 | 60 | 25 | 3,4 | 15,5 | 15,6 | 0,155 |
| Palier 3 | 2,7 | 45,09 | 60 | 60 | 37 | 7,7 | 16,7 | 16,5 | -0,473 |
| Palier 4 | 3,6 | 62,68 | 60 | 60 | 49 | 14 | 17,4 | 17,5 | 0,21 |

Résultats de l'ajustement

| | | |
|---|------------|----------------|
| Coef. de pertes de charges linéaires (B) | 13,7 h/m² | 49 300 s/m² |
| Coef. de pertes de charges quadratiques (C) | 1,05 h²/m⁵ | 1,36×10⁷ s²/m⁵ |
| Exposant (n) | 2,00 | |

Débit critique 2,2 m³/h

Illustration 6: Interprétation par le Logiciel OUAIP

Par précaution et en l'absence d'informations complémentaires sur le comportement du forage face à des débits plus importants, il est recommandé de ne pas exploiter à plus de **2,2 m³/h**.

Cependant, le pétitionnaire est maître et responsable de son exploitation et à ce titre, s'il le désire exploiter à des débits plus importants.

2.3.2 - Essais de pompage Longue durée

Principe :

L'essai de pompage de longue durée, pratiqué de préférence à débit constant, a pour objectifs principaux la détermination des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (transmissivité, coefficient d'emmagasinement), l'étude des caractéristiques géométriques de l'aquifère (limite de drainance, imperméabilité, anisotropie ...) et la simulation en vraie grandeur de l'exploitation future de l'ouvrage.

De nombreuses méthodes d'interprétation des essais de pompage longue durée existent, elles sont applicables aux diverses configurations hydrogéologiques. Le calage des courbes de rabattement observées sur les ouvrages a été testé selon les formules « classiques » de Theis, cette formulation correspondant au contexte hydrogéologique local et permet donc la meilleure restitution des courbes de rabattement.

$$s_r = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln\left(\frac{t}{t''}\right) - \ln(S') \right]$$

s : rabattement (m) Q : débit de pompage (m³/s) T : transmissivité (m²/s) r : rayon d'action entre pompage et piézomètre (m)
S : coefficient d'emmagasinement b : épaisseur de l'aquifère libre. t : temps de pompage t'' : temps de remontée après arrêt

Les interprétations ont été effectuées à l'aide d'un logiciel hydrogéologique d'interprétation des pompages d'essai, n'intégrant pas les phénomènes pluviométriques éventuellement intervenus durant les essais.

Instrumentation – Réalisation :

L'instrumentation mise en place pour cet essai identique à la description présentée dans le chapitre précédent.

Le pompage d'essai de longue durée a été réalisé du 13 au 21 Janvier 2022, à un débit moyen de 1,9 m³.h sur une durée de 168 h (1 semaine). Le niveau d'eau a été suivi ensuite pendant deux semaines après l'arrêt de pompage.

L'objectif de cette étude était de caractériser la capacité de la nappe à fournir les volumes escomptés (7

3
m /h, 70 m³/jour, 9124 m³/an) et de surveiller l'évolution du niveau d'eau sur des ouvrages superficiels
type puits ou piézomètres.

Environ **320 m³** d'eau ont été pompée en continu sur 7 jours (45 m³/jour).

Des capteurs d'enregistrements ont été mis en place sur le forage F1 servant de piézomètre profond, l'ancien forage et un ancien sondage, et de trois piézomètres courts (2 m) placés (figure 1) en bordure de zones humides les plus proches (120 m) comme indiqué dans le dossier de demande d'autorisation.

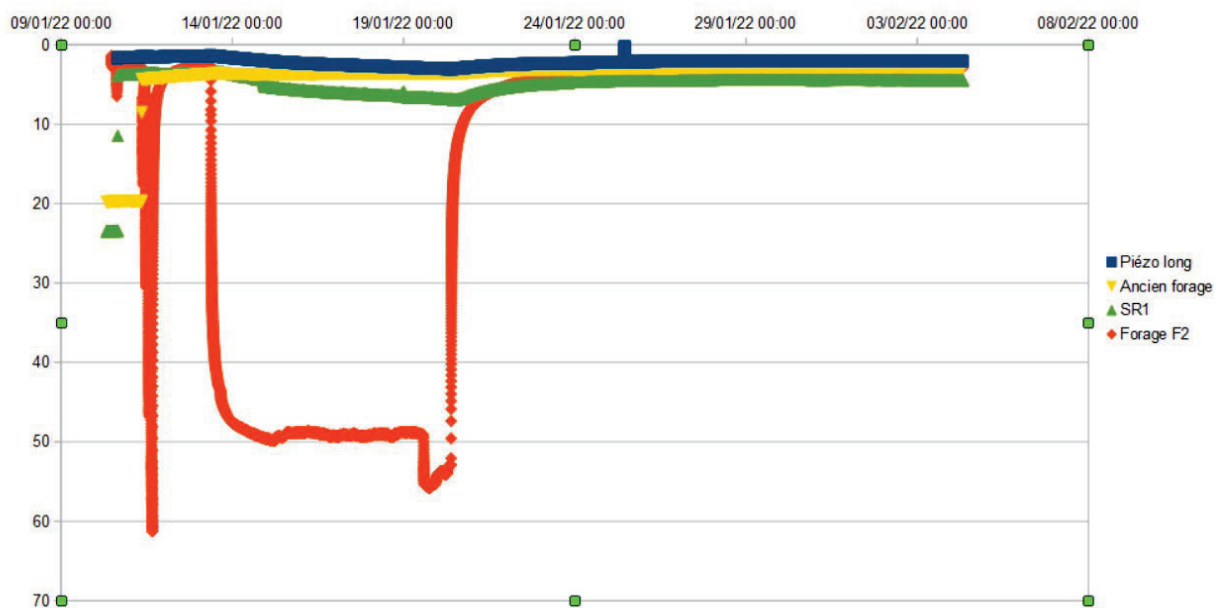


Illustration 7: Suivi niveau d'eau - Longue durée

Résultats – Interprétation

Le rabattement maximal observé en pompage à 1,9 m³/h était de 53,17 m, soit un niveau dynamique situé à – 56,2 m/sol, **c'est à dire 4 m en dessous de la première crépine.**

Le dénoisement de la première crépine a eu lieu au bout d'env 3,8 jours (90h) de pompage. L'interprétation de l'essai s'est donc focalisé sur cette période.

Le débit a évolué à la baisse de 2 à 1,7 m³/h pendant tout l'essai de pompage. Il était sensiblement équivalent au débit critique, prévu initialement. Le 19/01/2022, un réajustement du débit a été effectué.

L'interprétation de l'essai de pompage durée en phase de pompage, par le logiciel OUAIP selon la méthode de GRINGARTEN en milieu confiné, donne une transmissivité horizontale dans l'axe de la fracture de $1,31 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ et de $4,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ perpendiculaire à la fracture. Le coefficient emmagasinement est de $4,86 \times 10^{-10}$.

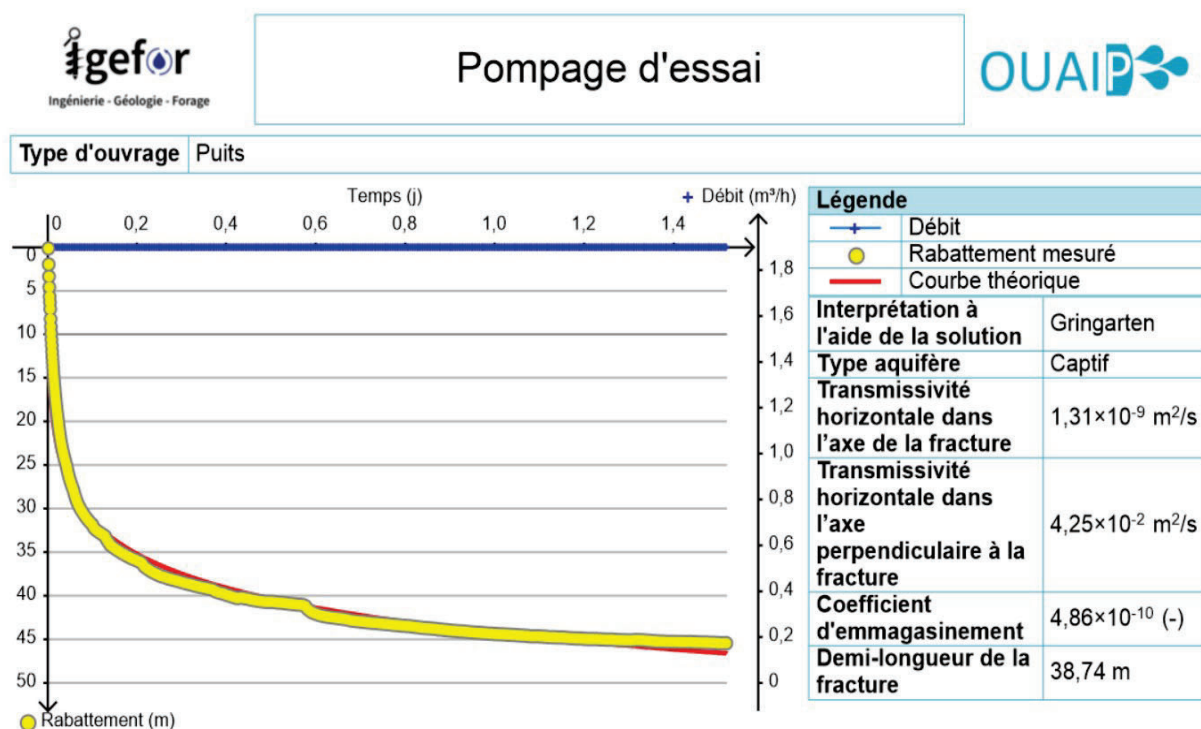


Illustration 8: Interprétation essais avec le logiciel OUAIP (Brgm)

Le régime permanent n'a pas été atteint au bout de 168 h de pompage.

Le suivi du niveau d'eau de la remontée du niveau d'eau indique une recharge moyenne de l'aquifère suite à l'essai de pompage de 168 h à $1,9 \text{ m}^3$ par heure. 89 % du niveau était remonté après 12 heures d'arrêt et 93 % après 24 heures. Le niveau d'eau est revenu à son niveau initial après 96 heures d'arrêt, ce qui démontre une recharge limitée de l'aquifère

Pour conclure, le nouveau forage capte un aquifère schisteux profond, peu perméable avec une productivité normale pour ce type de formation géologique.

2.3.3 – Simulation de prélèvement

A partir des résultats obtenus par l'interprétation de l'essai, une simulation d'exploitation a été effectuée sur la base des paramètres hydrodynamiques calculés pour un prélèvement de 19 m³/jour (prélèvement en pointe) pendant 365 jours à un débit instantané de 1,6 m³/h 12 h/jour.

Le rabattement calculé est de 47,5 m (sans phénomène de recharge par les précipitations), soit un niveau dynamique d'environ 50,5 m/sol.

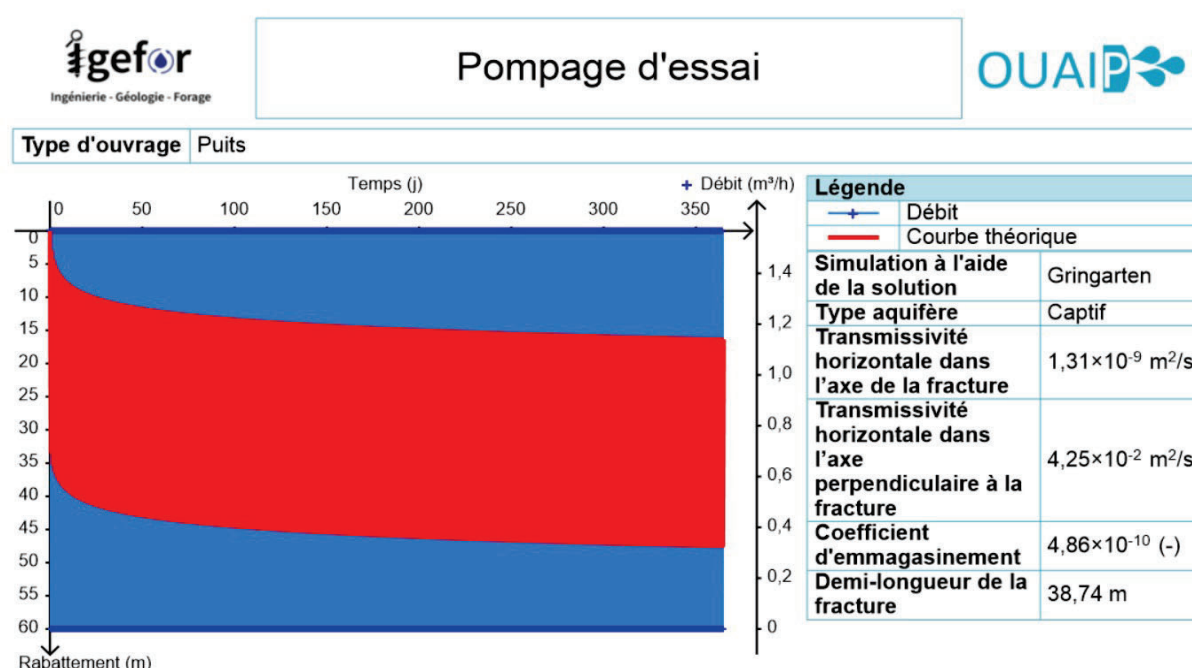


Illustration 9: Simulation exploitation 365 jours

Avec un niveau bas maximum fixé à 52 m/sol (première crépine), ce régime d'exploitation paraît adapté et prudent. Le niveau dynamique devra être surveillé compte tenu de la tenue des essais de pompage en hautes eaux et un colmatage éventuel due aux fines.

Le débit d'exploitation du forage ne devra pas excéder 1,6 m³/h – 12 heures par jour.

2.3.4 – Incidences sur les ouvrages environnants

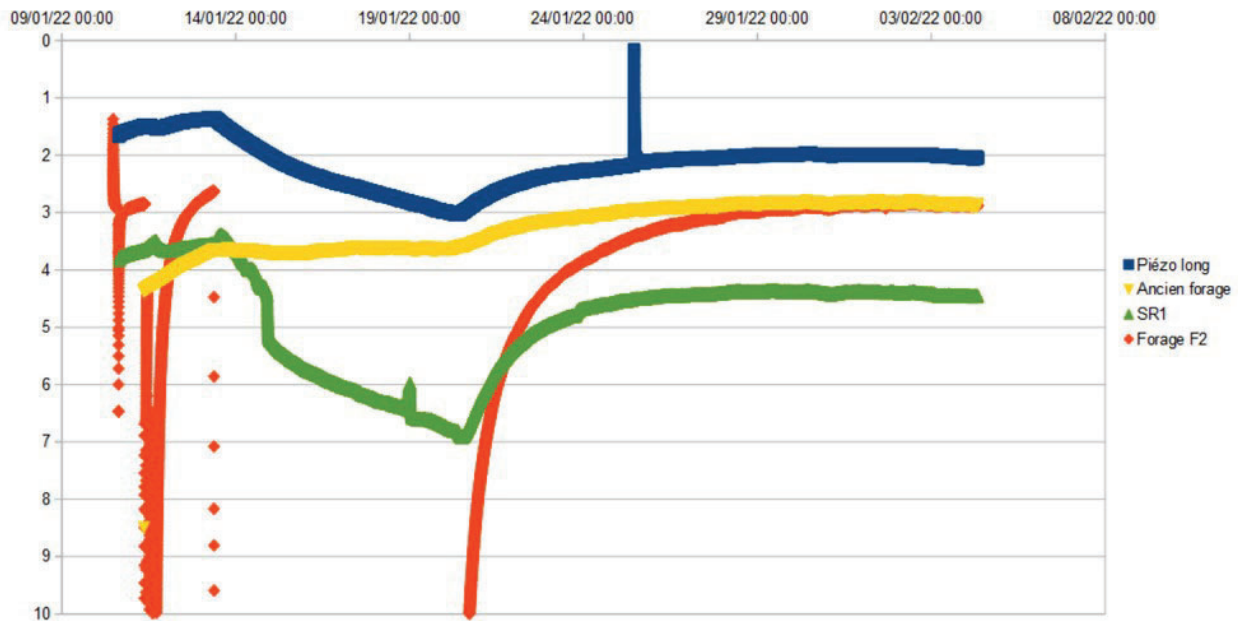


Illustration 10: Zoom sur l'évolution du niveau d'eau dans les ouvrages environnement

Le rabattement observé est de l'ordre :

- ✓ de 3,5 m sur F1 (SR1), situé à 47 m du forage testé,
- ✓ de 1,7 m sur le Piézomètre long appelé « ancien piézo » sur la figure 1, situé à 98 m
- ✓ de 0,15 cm sur le forage actuellement exploité situé à 149 m.

Avec un prélèvement de **6570 m³ par an (18 m3/j – 365 jrs par an)**, le calcul de l'aire d'alimentation théorique estime un cercle de rayon de l'ordre de 161 m autour du point du forage.

2.3.4 – Incidences sur les zones humides avoisinantes

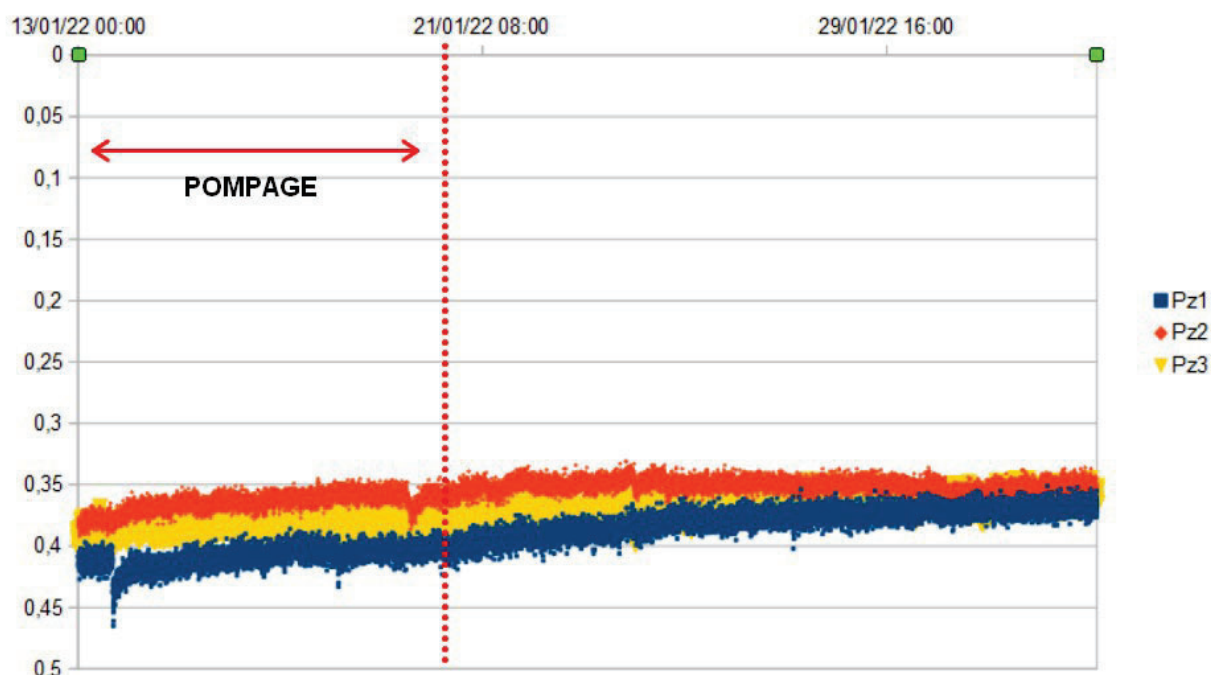


Illustration 11: Suivi du niveau dans les piézomètres situés en zone humide

Les ouvrages superficiels surveillés (3 piézomètres) n'ont pas indiqué de variations notables de niveau dû à l'effet du pompage du nouveau forage, ce qui démontre une déconnexion totale avec le milieu superficiel et les zones humides.

La surveillance des piézomètres courts (2 m) indiquent que l'exploitation de ce forage à raison de 18 m³/jour, n'engendrera aucune incidence sur les zones humides identifiées.