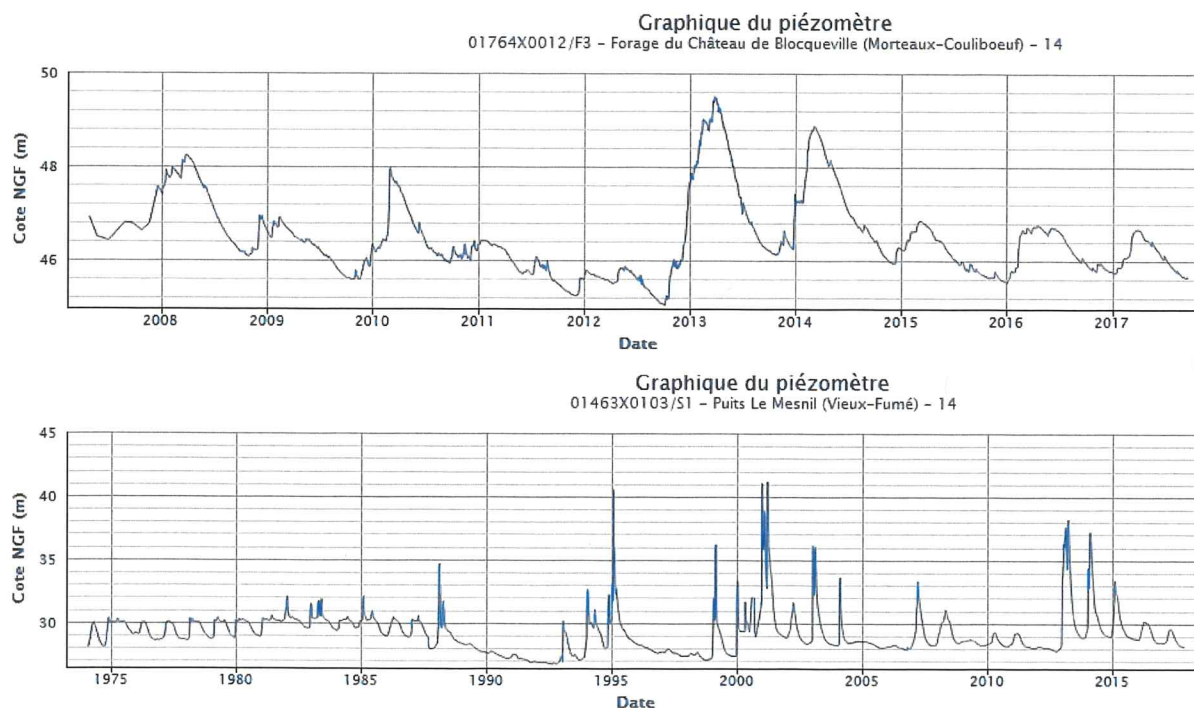


5 Essais de pompage

Le niveau statique du forage s'établissait à 8,70 m/sol (9,60 m/repère), soit 22,35 m NGF. Ce niveau correspond vraisemblablement à un niveau d'étiage. Par comparaison, les piézomètres de référence du réseau ADES les plus proches se situent à 8 km au NW et à 13,5 km au SSW de SR1C, dans les formations bajo-bathonniennes. il s'agit respectivement du **Puits Le Mesnil** à Vieux-Fumé (code BSS **01463X0103/S1**) à une altitude de 55 m NGF et du **Forage du Château de Blocqueville** à Morteaux-Couliboeuf (code BSS **01764X0012/F3**) à une altitude de 55 m NG ; ce dernier, plus éloigné est dans les mêmes formations et également en bordure de la Dives, mais les mesures s'arrêtent début octobre 2017.

Les graphiques de la *figure 5* indiquent que le battement maximum interannuel de la nappe est de l'ordre de 4,40 m à Morteaux-Couliboeuf et de 5 à 10 m à Vieux-Fumé, mais il n'était respectivement que de 1 m et 1,65 m en 2016. Le battement 2017 (au 21 novembre) à Vieux Fumé était de 1,42 m pour un niveau au 21 novembre (dernière mesure disponible) correspondant à un étiage d'année moyenne.

On peut donc considérer que les essais de pompage se sont déroulés en étiage.



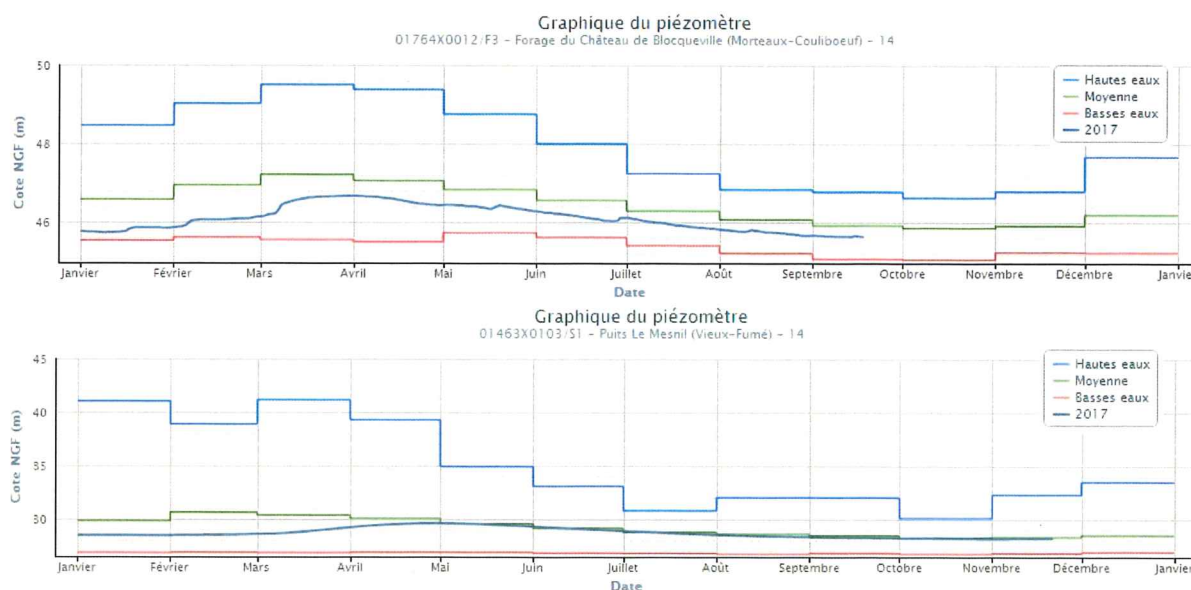


Fig. 5 : évolution des niveaux moyens et du niveau 2017 des piézomètres de référence ADES les plus proches du site d'étude

5-1 Essais de puits par paliers

Il était prévu, dans le programme de travaux la réalisation d'essais de pompage, dont un essai de puits par paliers et un essai de nappe sur le forage de reconnaissance/essai.

Le sondage SR1C a été équipé d'une pompe 6", d'une colonne d'exhaure et de refoulement dont le rejet s'est fait dans la canalisation de pompage de l'irrigant qui se jette dans la Dives au niveau de sa prise d'eau actuelle, d'un débitmètre et d'un robinet de prélèvement. L'énergie a été fournie par un groupe électrogène.

Cet essai permet de déterminer le débit maximum d'un ouvrage, indépendamment des possibilités à long terme de la nappe elle-même. Ce débit est choisi habituellement inférieur à la valeur d'un paramètre important appelé débit critique. Pour des débits inférieurs au débit critique, les rabattements dans l'ouvrage sont provoqués par des pertes de charges dans le forage (*crépines*...) et par son pourtour immédiat, dues à un régime d'écoulement de type laminaire et qui évoluent de façon linéaire avec l'accroissement du débit. Pour des débits supérieurs au débit critique, des pertes de charges quadratiques dues à l'apparition d'un régime de type turbulent interviennent alors de façon importante. L'établissement d'un tel régime, générateur de certains

désordres (entraînement de fines particules du terrain, accroissement des rabattements, coloration de l'eau, phénomènes de colmatage, ...), n'est pas souhaitable dans un forage.

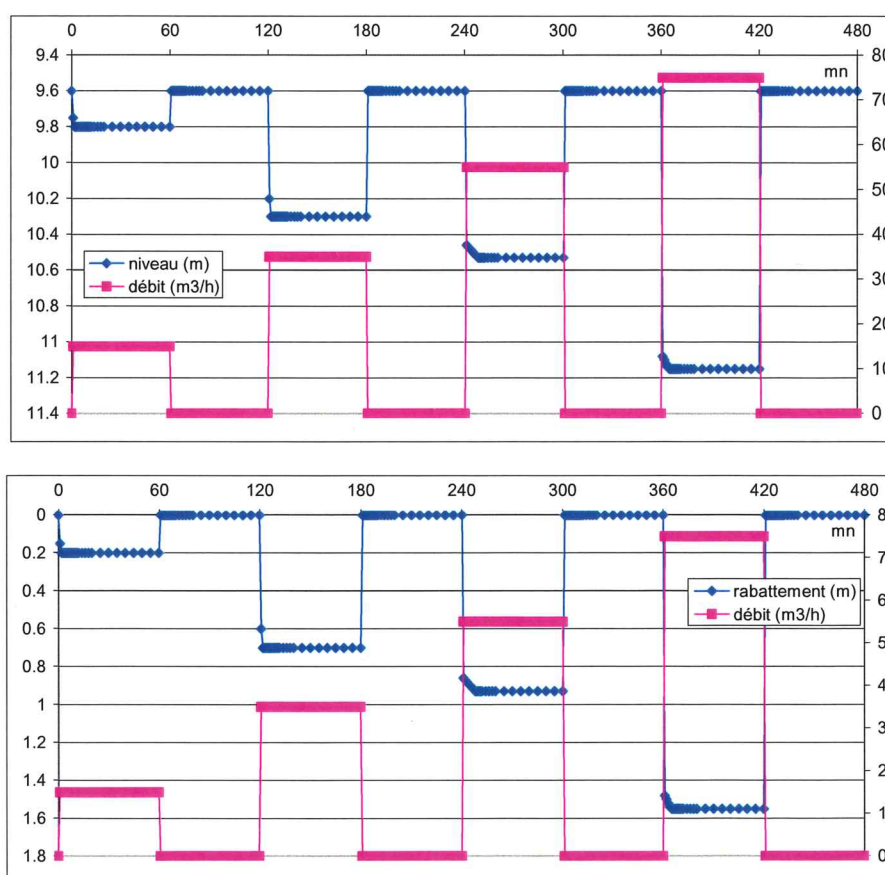
Les essais de puits réalisés dans le cadre de cette étude, préalablement à l'essai de nappe, ont été mis en place selon la méthode de paliers de débit durant 1 heure suivi d'un arrêt de pompage durant la même durée.

Les essais de puits ont été réalisés sur une journée le 4 décembre 2017.

La fiche caractéristique des essais est reportée *en annexe*. Quatre paliers ont été réalisés à respectivement 15 - 35 - 55 - 75 m³/h.

Les rabattements des niveaux d'eau mesurés dans le sondage à l'issue de chacun des paliers sont reportés sur un graphique "débit-rabattement" constituant la courbe caractéristique de l'ouvrage en l'état.

La courbe caractéristique est illustrée sur le graphique de la *figure 6* et *en annexe*.



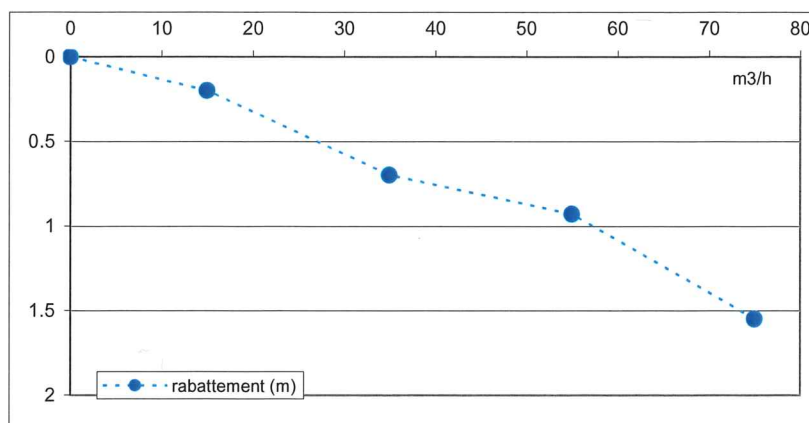


Fig. 6 : courbes d'évolution des niveaux, des rabattements et des débits durant l'essai de puits par paliers

- le niveau dynamique se stabilise rapidement, entre 2 et 8 minutes pour tous les paliers.
- Le rabattement est faible, compris entre 0,2 et 1,55 m selon le débit. Après arrêt du pompage le niveau statique est retrouvé après 1 mn.
- D'après la courbe caractéristique débit/rabattement (**fig. 6** et **annexe**), le débit critique pourrait théoriquement être défini autour de 189 m³/h, mais en raison de l'absence de paliers à très fort débit permettant de dépasser le débit critique, les fourchettes d'erreurs sont élevées et cette détermination reste théorique. Il faut retenir que le débit critique n'a pas été atteint durant l'essai de puits et qu'il se situe donc largement au-delà de 75 m³/h.
- Les pertes de charges linéaires (52,1 s/m²) et quadratiques (995 s²/m⁵) sont faibles.

Au regard des résultats intéressants obtenus à partir des essais de paliers, il a décidé de réaliser un essai de nappe de 72 heures comme prévu au débit de 50 m³/h (exploitation future).

5-2 Essais de nappe

Il est à noter qu'avant d'effectuer les essais de nappe, il a été réalisé un repérage des puits et forages accessibles autour de l'ouvrage de pompage (SR1C) ; un seul puits

accessible (*fig. 1 et 3*) était localisé à proximité, à 92 m à l'Est. Il s'agit d'un puits privé. De plus et afin de déterminer l'incidence éventuelle sur les ouvrages AEP, nous avons pris contact avec la SAUR pour obtenir un relevé des sondes des forages AEP en exploitation les plus proches (le Bas Guérets-F5 à 660 m au SW, – le Moulin-FE7 à 1,6 km au Nord et Bretteville-FE2 à 1,3 km au NE mais en rive droite de la Dives – *cf. fig. 1 et 3*)

L'essai de nappe aborde la définition que sont les deux paramètres fondamentaux : transmissivité et coefficient d'emmagasinement.

La transmissivité représente le produit du coefficient de perméabilité des terrains par l'épaisseur de la couche aquifère : ce paramètre traduit la fonction "conduite" des terrains, c'est-à-dire leur plus ou moins grande aptitude à se laisser traverser par un certain débit d'eau.

Le coefficient d'emmagasinement représente la colonne d'eau pouvant être libérée par un prisme de matériau aquifère unité pour une baisse unité du niveau piézométrique. Ce paramètre traduit la fonction "réserve" des terrains (plus ou moins grande aptitude à emmagasiner et à libérer de l'eau). En nappe libre, ce dernier est assimilable à la porosité efficace.

L'essai de nappe a été réalisé sur 72 heures entre le 5 et le 8 décembre 2017. Les mesures de suivi du niveau ont été réalisées par un technicien de GTR Forages, sous contrôle de LITHOLOGIC à la sonde électrique de niveau. L'ensemble des mesures est reporté *en annexe*.

Les courbes d'évolution des niveaux, des rabattements et des débits durant l'essai de pompages sont rassemblées sur les graphiques de la *figure 7* et une modélisation est reportée *en annexe*.

Le niveau piézométrique du puits le plus proche (*fig. 1*) a été mesuré avant démarrage de l'essai de nappe, durant et après arrêt du pompage afin de déterminer les éventuelles influences du pompage sur les ouvrages voisins. Il n'était pas possible pour des raisons de surveillance et de sécurité de mesurer les niveaux des forages AEP,

mais nous avons récupéré auprès de la SAUR les évolutions des niveaux des forages mesurés par les sondes de niveaux installées dans les ouvrages AEP par l'exploitant. Le *tableau 2* résume les résultats des mesures.

| ouvrage | X (RGF 93) | Y (RGF 93) | Z (m NGF) | NS/sol (m) avant pompage | distance à SR1 (m) | rabattement (m) après 72 h de pompage |
|-----------------|------------|--------------|-----------|--------------------------------|--------------------|--|
| SR1C | 478 693.64 | 6 886 234.76 | 31.05 | 8.70 | 0 | 1.00 |
| Puits 1 | 478 794.87 | 6 886 157.67 | 28.30 | 5.70 | 92 | 0.06 |
| Bas Guerets FE5 | 478 099.35 | 6 885 925.41 | 37.11 | - | 660 | 0.00 |
| Bretteville FE2 | 479 748.40 | 6 886 882.68 | 24.07 | - | 1260 | 0.00 |
| Le Moulin FE7 | 478 604.26 | 6 887 773.13 | 26.67 | - | 1580 | 0.00 |

Tab. 2 : évolution des niveaux avant et en fin de pompage sur le forage SR1C et les ouvrages voisins les plus proches

Suite à l'essai de puits par paliers qui a révélé les faibles rabattements à tous les débits jusqu'à 75 m³/h, le débit de l'essai de nappe a été établi au débit d'exploitation prévu, soit 50 m³/h.

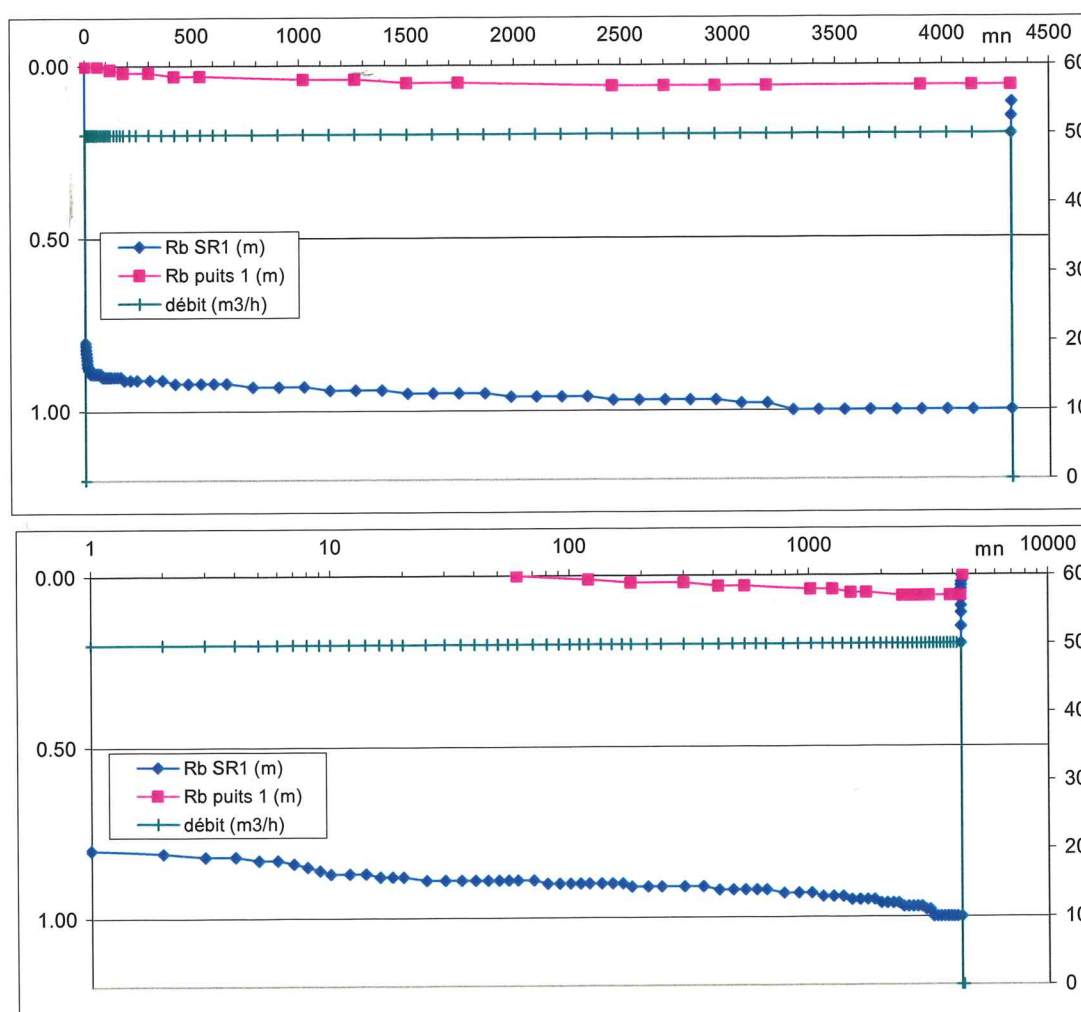


Fig. 7 : courbes d'évolution des rabattements des ouvrages mesurés durant l'essai de nappe

Les courbes de la **figure 7** permettent les observations suivantes :

- Le niveau statique du forage SR1C est de 8,70 m/sol (9,60 m/repère), soit 22,35 m NGF ; les premières venues d'eau apparaissant à 15 m/sol, le rabattement maximum admissible est de 6,30 m afin de ne pas dénoyer les premières arrivées d'eau, ce qui risquerait d'entraîner à terme un colmatage du forage. Rappelons que le niveau d'eau à 8,70 m/sol correspond à un niveau d'étiage prononcé (**fig. 5**) ; si on estime par analogie avec le piézomètre de Morteau-Couliboef, un battement de la nappe compris entre 1 et 4 m selon les années, le rabattement maximum admissible sera compris entre 6,30 m et $\approx 7,3$ à 10 m. Toutefois, le futur forage d'exploitation sera destiné à l'irrigation, soit une utilisation durant la période de décharge de la nappe, ce qui entraînera un rabattement maximum admissible plus restreint (6 à 7 m selon les conditions hydrologiques).
- Le rabattement est relativement faible puisqu'il atteint 1 m après 72 h de pompage à 50 m³/h (**fig. 7** et données *en annexe*). Le niveau dynamique s'est stabilisé après 55 h de pompage. L'exhaure de l'eau pompée s'est faite directement dans le réseau d'irrigation et se rejette dans la Dives ; on peut donc écarter toute possibilité de réalimentation partielle durant le pompage.
- Le rabattement du puits voisins est également très faible, s'établissant à 6 cm après 72 heures de pompage. Il y a donc une influence jusqu'à au moins une centaine de mètres (**fig. 1**), mais cette dernière demeure faible en raison des faibles rabattements sur l'ouvrage pompé lui-même.
- A l'arrêt du pompage, après 72 heures, le niveau d'eau remonte à son niveau statique après 14 minutes, soit extrêmement rapidement, ce qui indique une bonne réalimentation de l'aquifère capté au droit du forage. Pour le puits voisin le niveau statique est retrouvé après 1h 30.

- Les extraits des graphiques d'évolution des sondes de niveaux des forages AEP les plus proches (*cf. tab. 2 et fig. 3*) sur l'ensemble de la semaine 49 (*cf. annexe*) indiquent l'absence d'incidence sur les ouvrages AEP, même si les graphiques des sondes de mesures sont parfois difficiles à interpréter (niveau au-dessus ou sous la sonde selon les graphiques ?). Ces graphiques nous ont été fournis par la SAUR, gestionnaire du service d'eau du Syndicat de production du Sud Calvados, et l'agent en charge de la production du site nous a indiqué ne pas avoir remarqué une quelconque influence du pompage sur la production et le niveau d'eau des forages.
- Aux vues des rabattements dans le forage et dans le puits voisin, il a été réalisé une interprétation en termes de caractéristiques hydrodynamiques (*cf. fiches d'interprétation en annexe*) :
 - La transmissivité est de l'ordre de $5 \text{ à } 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$,
 - Le coefficient d'emmagasinement ne peut être calculé que sur le puits : il serait de l'ordre de $6 \cdot 10^{-2}$ à 10^{-1} , correspondant à une nappe libre. Toutefois, il est difficile de transposer directement cette valeur au forage qui traverse l'ensemble des calcaires bathoniens, sous quelques mètres de recouvrement marneux, alors que le puits capte peut-être en partie la nappe libre des alluvions. Le coefficient d'emmagasinement pour la nappe captée par le forage, qui ne se situe pas très loin du début de la zone de captivité doit être sans doute plus faible.
 - Le rayon d'influence fictif, pour 72 h de pompage en continu, calculé à partir des caractéristiques hydrodynamiques serait compris entre 275 et 336 m, ce qui apparaît logique au regard de l'influence observée sur le puits à 92 m et l'absence d'incidence sur le forage AEP le plus proche localisé à 640 m (FE5 des bas Guérets).

- Ces résultats indiquent que l'objectif d'une exploitation à un débit de 50 m³/h est largement atteint, les potentialités étant vraisemblablement nettement supérieures. Les simulations réalisées (*cf. annexe*), même avec une grande incertitude sur le coefficient d'emménagement, indiquent un rabattement stabilisé inférieur à 2 m après plusieurs jours de pompage en continu à 50 m³/h. Il conviendra, par précaution pour éviter toute influence trop marquée sur les ouvrages voisins, y compris AEP, de laisser la nappe au repos durant quelques heures par jour ; le rythme de pompage pourrait être de 20 h/j durant les périodes maximum de production afin de permettre à la nappe de remonter à son statique durant 4 heures.

6 Qualité de l'eau

L'évolution de la qualité de l'eau a été analysée In Situ à la trousse de terrain durant les essais de pompage par paliers ; elle est reportée dans le *tableau 3*.

| ouvrage | temps | pH | conductivité (mS.cm) | nitrates (mg/l) | Fer (mg/l) |
|---------|--------------|-----|----------------------|-----------------|------------|
| SR1 | fin palier 1 | 8 | 670 | 6 | |
| | fin palier 2 | 7.9 | 640 | 6 | |
| | fin palier 3 | 7.8 | 630 | 7 | |
| | fin palier 4 | 7.8 | 630 | 5 | 0.2 |

Tab. 3 : évolution de la qualité de l'eau dans le sondage de reconnaissance durant les essais de pompage par paliers

La qualité de l'eau n'évolue pratiquement pas durant les pompages :

- La conductivité est comprise entre 630 et 670 µS.cm, indiquant logiquement une eau calcaire à la minéralisation importante.
- Les teneurs en nitrates sont faibles < 10 mg/l, largement au-dessous de la concentration maximum admissible (50 mg/l) des eaux destinées à la consommation humaine.
- Les teneurs en fer semblent élevées, indiquant un possible phénomène de dénitrification naturelle en profondeur.