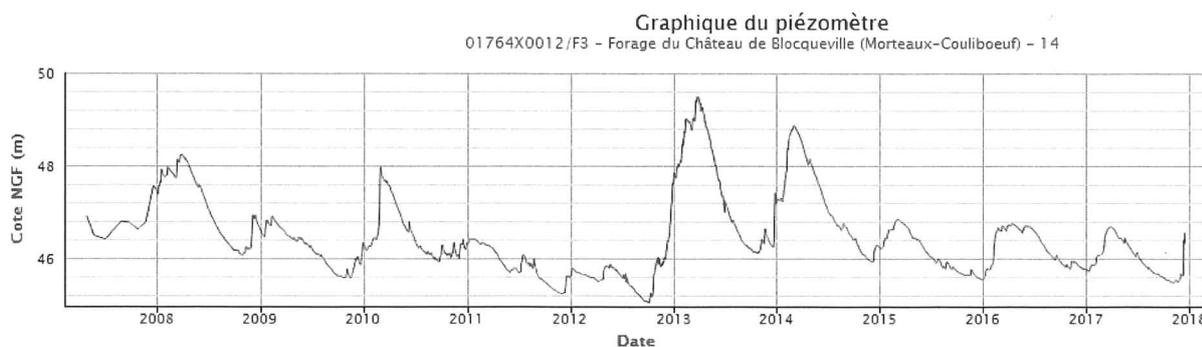


5 Essais de pompage

Le niveau statique du forage s'établissait à 2,50 m/sol (3,40 m/repère), soit 21,80 m NGF. Ce niveau correspond vraisemblablement à un niveau de début de remontée de la nappe suite aux fortes pluies de mi décembre. Par comparaison, les piézomètres de référence du réseau ADES les plus proches se situent à 8 km au NW et à 15 km au SSW de SR1M, 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 mais les mesures s'arrêtent fin novembre 2017 durant la période d'étiage, 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, et les mesures sont disponibles jusqu'au 19 décembre 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 ; par contre les mesures sur le piézomètre de Morteau-Couliboeuf indiquent un début de remontée de la nappe marqué (90 cm) entre le 10 et le 17 décembre, suite à un fort épisode pluvieux.

On peut donc considérer que les essais de pompage se sont déroulés au début de la recharge de la nappe, même si par comparaison à l'année 2013 (à Morteau-Couliboeuf – *cf. fig. 5*) le niveau est encore bas, équivalent à un niveau de moyennes eaux.



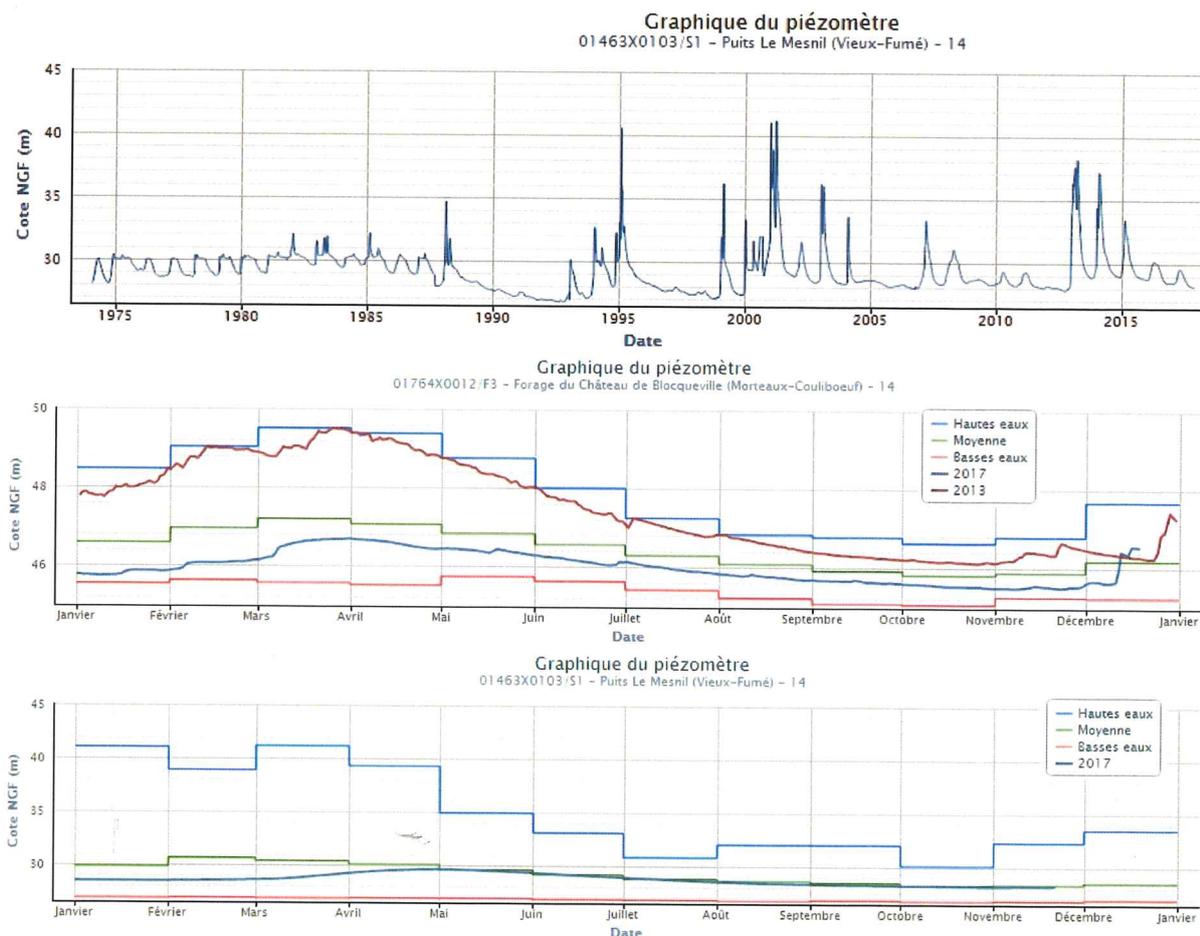


Fig. 5 : évolution des niveaux moyens et du niveau 2017 des piézomètres de référence ADES les plus proches du site d'étude

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 SR1M 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.

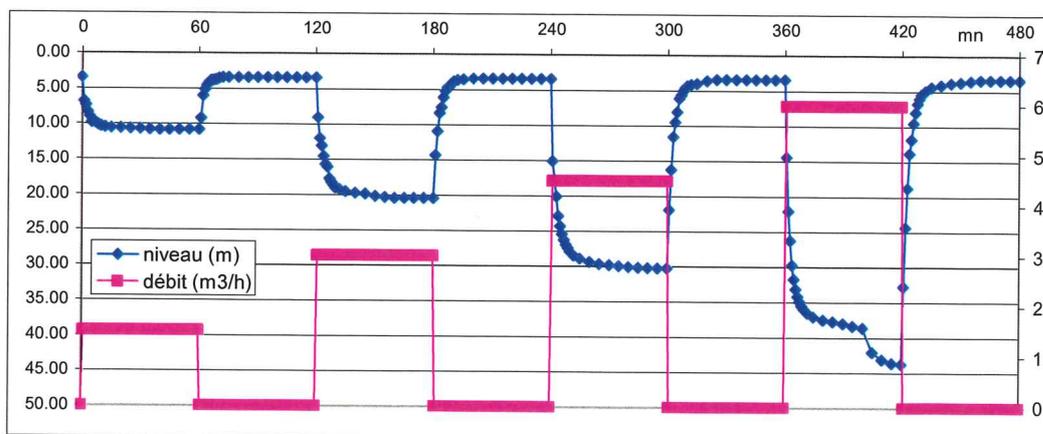
Les essais de puits réalisés dans le cadre de cette étude, préalablement à l'essai de nappe, ont été mis en place selon la méthode de paliers de débit durant 1 heure suivi d'un arrêt de pompage durant la même durée.

Les essais de puits ont été réalisés sur une journée le 15 décembre 2017.

La fiche caractéristique des essais est reportée *en annexe*. Cinq paliers ont été réalisés à respectivement 15 - 30 - 45 - 60 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*.



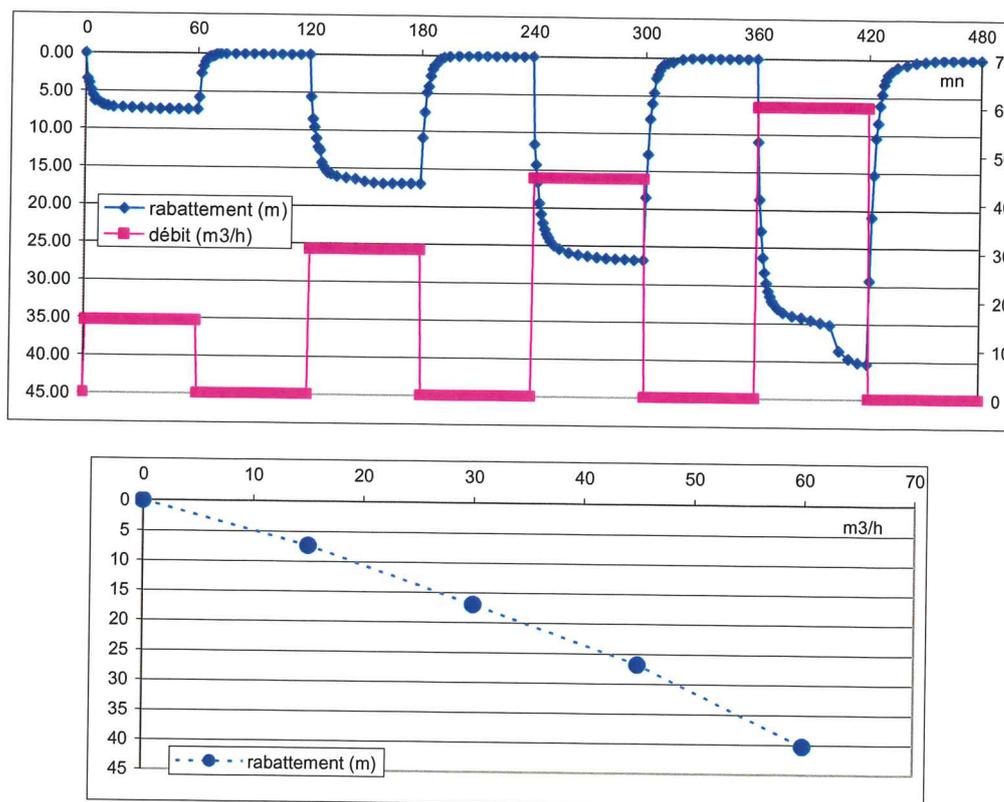


Fig. 6 : courbes d'évolution des niveaux, des rabattements et des débits durant l'essai de puits par paliers

- le niveau dynamique se stabilise après 30 à 55 minutes pour les 3 premiers paliers, mais il n'est pas stabilisé au bout d'une heure pour le dernier palier à $60 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Le rabattement est important, compris entre 7,4 m et plus de 40 m selon le débit. Après arrêt du pompage le niveau statique est retrouvé après 2 à 40 mn selon les paliers.
- D'après la courbe caractéristique débit/rabattement (*fig. 6* et *annexe*), le débit critique pourrait théoriquement être défini autour de $40 \text{ m}^3/\text{h}$, mais on n'observe pas de rupture dans la courbe. Dans tous les cas, au-delà de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ les rabattements deviennent rapidement très élevés en dénoyant les premières arrivées d'eau.
- Les pertes de charges linéaires ($1\,570 \text{ s}/\text{m}^2$) et quadratiques ($50\,400 \text{ s}^2/\text{m}^5$) sont relativement élevées.

Au regard des résultats obtenus à partir des essais de paliers et en particulier des forts rabattements, il a décidé de réaliser un essai de nappe de 72 heures au débit de 35 m³/h.

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 (SR1M) ; un seul puits accessible (*fig. 1 et 3*) était localisé à proximité, à 190 m au Nord. Il s'agit d'un puits privé, appartenant au pétitionnaire. 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 Moulin-FE7 à 370 m au Nord, Bretteville-FE2 à 1,1 km au SE 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 18 et le 21 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*.

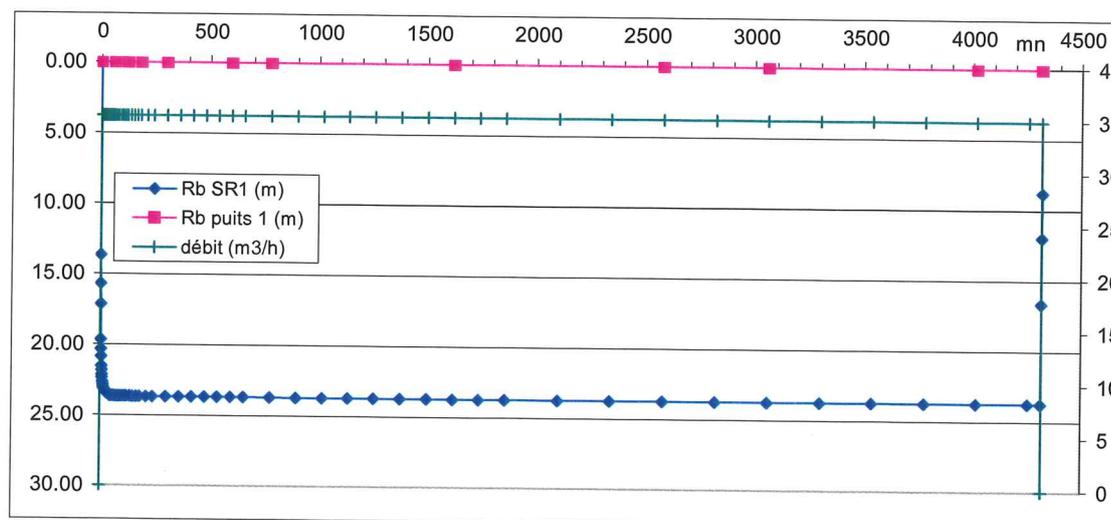
Les courbes d'évolution des niveaux, des rabattements et des débits durant l'essai de pompages sont rassemblées sur les graphiques de la *figure 7* et une modélisation est reportée *en annexe*.

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/rep (m) avant pompage	distance à SR1 (m)	rabattement (m) après 72 h de pompage
SR1M	478 722.14	6 887 422.65	24.30	3.40	0	23.72
Puits 1	478 755.42	6 887 624.09	24.00	3.80	190	0.00
Le Moulin FE7	478 604.26	6 887 773.13	26.67	-	370	0.00
Bretteville FE2	479 748.40	6 886 882.68	24.07	-	1100	0.00

Tab. 2 : évolution des niveaux avant et en fin de pompage sur le forage SR1M et les ouvrages voisins les plus proches

Suite à l'essai de puits par paliers qui a révélé les forts rabattements, le débit de l'essai de nappe a été établi au débit de 35 m³/h.



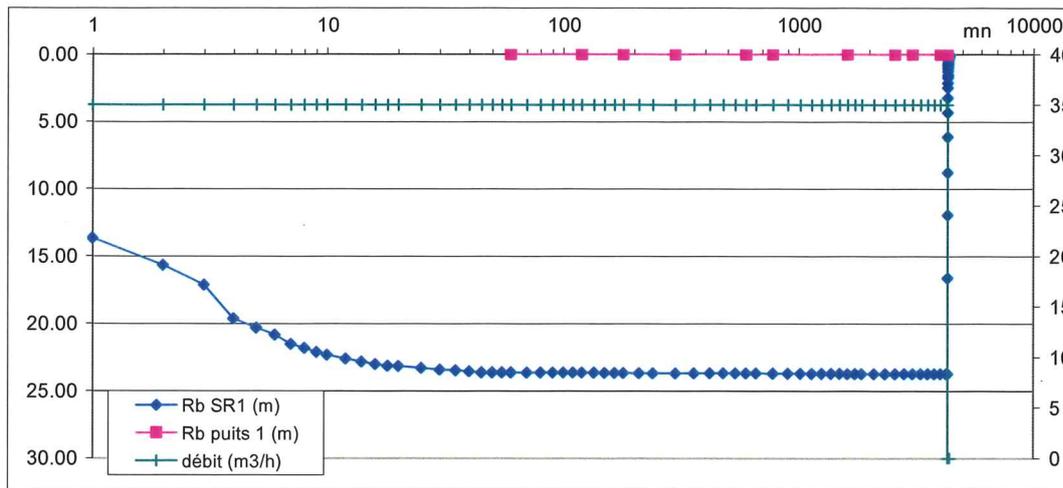


Fig. 7 : courbes d'évolution des rabattements des ouvrages mesurés durant l'essai de nappe

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

- Le niveau statique du forage SR1M est de 2,48 m/sol (3,38 m/repère), soit 21,82 m NGF ; les premières venues d'eau apparaissent à 15 m/sol mais à très faible débit ($\leq 1 \text{ m}^3/\text{h}$) et les principales à partir de 35-45 m, le rabattement maximum admissible peut être estimé à environ 30 m afin de ne pas dénoyer les principales arrivées d'eau, ce qui risquerait d'entraîner à terme un colmatage du forage. Rappelons que le niveau d'eau à 2,48 m/sol correspond à un niveau de début de forte remontée de nappe (**fig. 5**). Toutefois, le futur forage d'exploitation sera destiné à l'irrigation, soit une utilisation durant la période de décharge de la nappe, ce qui entrainera un rabattement maximum admissible plus restreint (25 à 30 m selon les conditions hydrologiques).
- Le rabattement est important puisqu'il atteint 23,72 m après 72 h de pompage à 35 m³/h (**fig. 7** et données *en annexe*). La baisse du niveau dynamique s'est fortement ralentie après 45' de pompage puis il s'est stabilisé après 27 h de pompage à 27,10 m. L'exhaure de l'eau pompée s'est faite directement dans le réseau d'irrigation qui se rejette dans la Dives ; on peut donc écarter toute possibilité de réalimentation partielle durant le pompage.

- Le niveau du puits voisins, non utilisé durant notre essai, n'a pas bougé, s'établissant à 3,80 m durant toute la durée du pompage. Il n'y a donc aucune influence du pompage au-delà de 190 m du forage de reconnaissance SR1M (*fig. 1*), si le puits capte la même nappe.
- A l'arrêt du pompage, après 72 heures, le niveau d'eau remonte proche de son niveau statique (2 cm de rabattement résiduel) après 90 minutes, soit rapidement au regard du fort rabattement, ce qui indique une bonne réalimentation de l'aquifère capté au droit du forage.
- 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 51 (*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 $9,7 \cdot 10^{-5}$ à $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$,
 - Le coefficient d'emmagasinement ne peut être calculé en théorie que sur un piézomètre, or le puits le plus proche n'a pas été influencé par le forage. D'après l'interprétation sur le forage d'essai, il serait de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-4} , correspondant à une nappe captive, ce qui serait logique au regard des marnes en tête de forage.

- Le rayon d'influence fictif, pour 72 h de pompage en continu, calculé à partir des caractéristiques hydrodynamiques serait inférieur à 200 m, ce qui apparaît logique au regard de l'absence d'influence observée sur le puits à 190 m et l'absence d'incidence sur le forage AEP le plus proche localisé à 370 m (FE7 du Moulin).
- Ces résultats indiquent que l'objectif d'une exploitation à un débit de 50 m³/h est sans doute surestimé, les potentialités étant vraisemblablement inférieures. Les simulations réalisées (*cf. annexe*), même avec une grande incertitude sur le coefficient d'emménagement, indiquent un rabattement stabilisé à une vingtaine de mètres au débit de 30 m³/h 20 h/j, à 23 m à 35 m³/h 20 h/j, mais à 37 m à 50 m³/h 20 h/j. Il conviendra donc de ne pas dépasser un débit de 30 à 35 m³/h maximum, en laissant la nappe remonter plusieurs heures par jours (au moins 4 h/j), afin de limiter le rabattement, ce qui laisserait la possibilité d'une production journalière maximum de 600 à 700 m³.

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)	nitrate (mg/l)	Fer (mg/l)
SR1M	fin palier 1	7.8	550	0	
	fin palier 2	7.7	575	0	
	fin palier 3	7.9	568	0	
	fin palier 4	7.7	582	0	0.31

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 550 et 580 µS.cm, indiquant logiquement une eau calcaire à la minéralisation moyenne à importante.
- Les teneurs en nitrates sont nulles < 5 mg/l.