

5.3 Pompages d'essais – source « Les Aubris 1 »

5.3.1 Pompages par paliers « Aubris 1 »

Annexe 5 : données de relevés manuels au cours des essais par paliers le 4 décembre 2009 sur la source « Les Aubris 1 »

5.3.1.1 Modalités de réalisation des paliers

Le pompage par paliers s'est déroulé le **4 décembre 2009**. L'essai a été réalisé par la mise en place de groupes motopompes complémentaires par la SADE, aux débits de **3, 10, 20 et 36 m³/h (débits objectifs)**, ce qui n'a pas nécessité le démontage des installations de production. Le rejet a été dirigé par colonne souple vers un regard d'eau pluviale (qui rejoint la Sonne) située dans l'emprise de la parcelle.

5.3.1.2 Déroulement des essais par paliers

Date	Déroulement des essais par paliers
<u>4/12/09</u>	<ul style="list-style-type: none">- Niveau statique initial : 1,41 m/repère de mesure soit 1,25 m/sol ;- Repère de mesure/sol : 0,16 m ; - <u>Réalisation du premier palier</u> au débit moyen de 3 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 1,45 m/repère soit un rabattement de 0,04 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau statique initial est retrouvé au bout de 5 minutes ; - <u>Réalisation du deuxième palier</u> au débit moyen de 10 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 1,47 m/repère soit un rabattement de 0,06 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau initial est retrouvé au bout de 5 minutes après l'arrêt de la pompe. - <u>Réalisation du troisième palier</u> au débit moyen de 20 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 1,61 m/repère soit un rabattement de 0,20 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau initial est retrouvé au bout de 20 minutes après l'arrêt de la pompe. - <u>Réalisation du quatrième palier</u> au débit moyen de 36 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 2,02 m/repère soit un rabattement de 0,61 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau initial est retrouvé au bout de 40 minutes après l'arrêt de la pompe.

Tableau 13 : déroulement des essais par paliers – source « Les Aubris 1 »

Le rabattement maximal observé au bout d'une heure de pompage à 36 m³/h est de 0,61 m soit un niveau dynamique de 1,86 m/sol. Le niveau initial est retrouvé 40 minutes après le quatrième palier.

5.3.1.3 Interprétation des essais

L'interprétation de l'essai par paliers s'appuie sur la **figure n°18**. Le premier palier à 3 m³/h n'a pas été pris en compte car il n'était pas représentatif.

Le graphique n°1, représentant l'évolution du rabattement en fonction du débit, montre une corrélation importante (0,99) entre les trois paliers à 10, 20 et 36 m³/h, permettant de valider les modalités de leur réalisation.

Le graphique n°2 représente la courbe caractéristique de l'essai. La différence entre la courbe de l'essai (courbe bleue) et la courbe des pertes de charges linéaires montre que les pertes de

charges quadratiques (liées à l'équipement) représentent la majorité des pertes de charges totales. Ce phénomène est croissant en fonction de l'augmentation des débits testés.

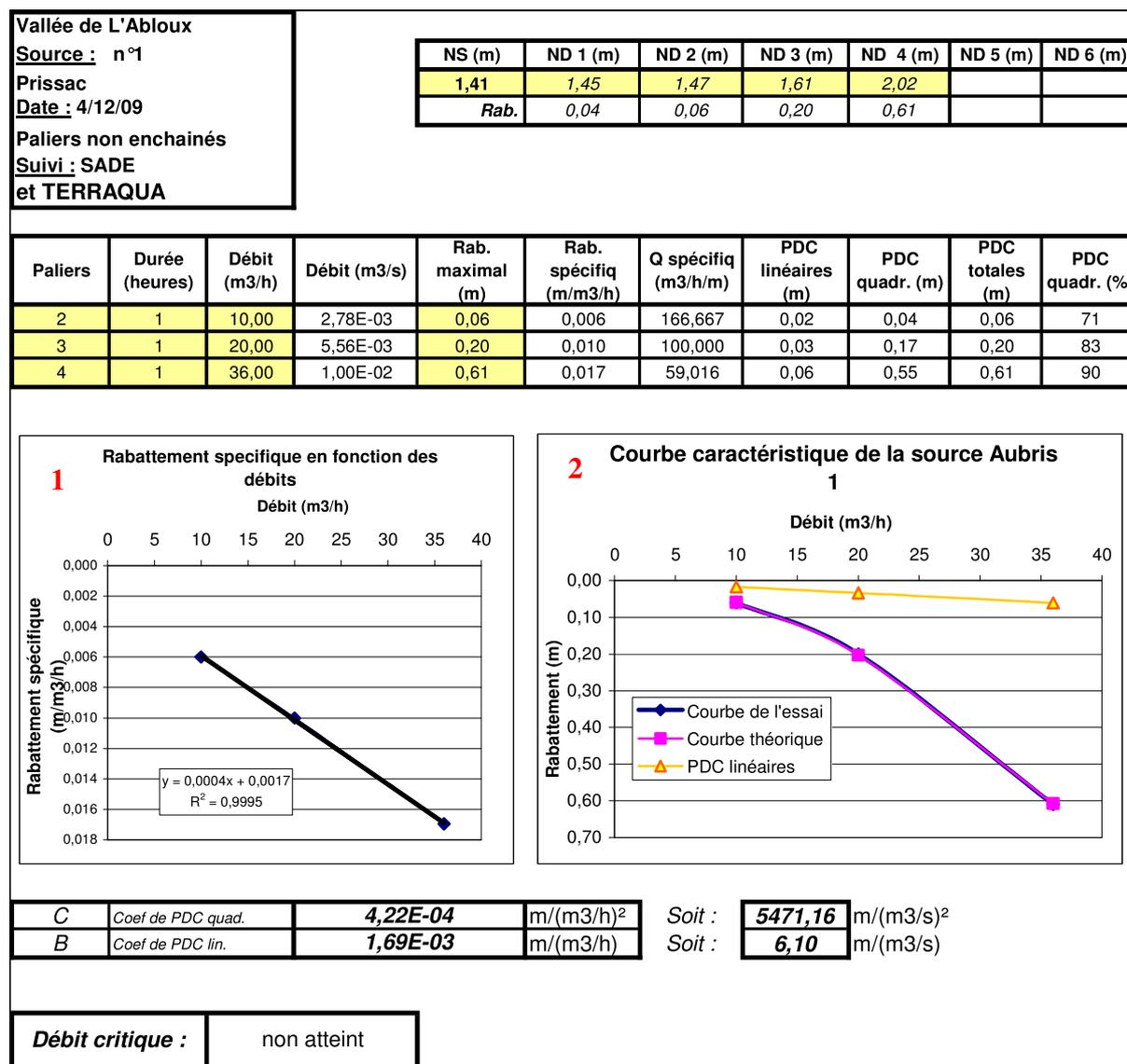


Figure 18 : données de l'essai de puits du 4 décembre 2009 sur la source « Les Aubris 1 » situé sur la Commune de Prissac

Nous retiendrons de l'essai par paliers :

- ∇ Les pertes de charges quadratiques sont nettement supérieures aux pertes de charges linéaires dès le palier à 10 m³/h. Les pertes de charges quadratiques atteignent 90 % au débit de 36 m³/h ;
- ∇ Cet essai ne met pas en évidence de débit critique ;
- ∇ Pour un temps de pompage d'une heure, l'équation des pertes de charge est donnée par :
s = 1,7 x 10⁻³ Q + 4,2x10⁻⁴ Q² avec le débit (Q) en m³/h ;
- ∇ Un rabattement maximal de 0,61 m au bout d'une heure de pompage à 36 m³/h et un niveau statique initial retrouvé au bout de 40 minutes d'arrêt de pompage ;
- ∇ Un débit spécifique de 59,016 m³/h/m et un rabattement spécifique de 0,017 m/m³/h à 36 m³/h.

5.3.2 Pompages longue durée « Aubris 1 »

5.3.2.1 Modalités de réalisation de l'essai

L'essai de longue durée (cf. **figure 19**), du 5 au 7 novembre 2009, s'est déroulé au **débit moyen de 16,56 m³/h**. Le tableau ci-dessous résume les modalités générales de l'essai réalisé sur la source « Les Aubris 1 ».

Méthode	Pompage à débit constant
Niveau initial	1,40 m/repère soit 1,24 m/sol
Débit moyen de l'essai	16,56 m³/heure sur l'ensemble de l'essai (index compteur début et fin)
Dispositif de pompage	Pompe d'exploitation SAUR utilisée au maximum de sa capacité.
Mesure des débits	Indexation sur compteur volumétrique existant au pied de la bêche de stockage
Rejet	Rejet dans le réseau de distribution et le trop-plein de la station d'Envoulon située à proximité de l'ouvrage.
Durée de l'essai	Du 3 novembre 2009 à 9h00 au 5 novembre 2009 à 9h00 (48h)
Durée de suivi de la remontée	Du 5 au 7 novembre 2009
Suivi qualitatif pendant pompage	Prélèvement pour analyse RS en fin de pompage. Prélèvement sur la rivière Sonne et la source en fin de pompage.

Tableau 14 : modalités de réalisation du pompage d'essai longue durée sur la source « les Aubris 1 »

5.3.2.2 Suivis piézométriques

La source « Aubris 2 », proche du captage à l'étude a fait l'objet d'un suivi automatisé. Le tableau ci-dessous présente la distance entre les deux sources qui ont été utilisées réciproquement comme point de suivi au cours des essais par pompages.

Points de suivi	Distance à l'ouvrage pompé	Modalité de suivi
Source 1 et 2	11,20 m	Suivi automatisé et mesures manuelles journalière pendant pompage

Tableau 15 : distance des points de suivi

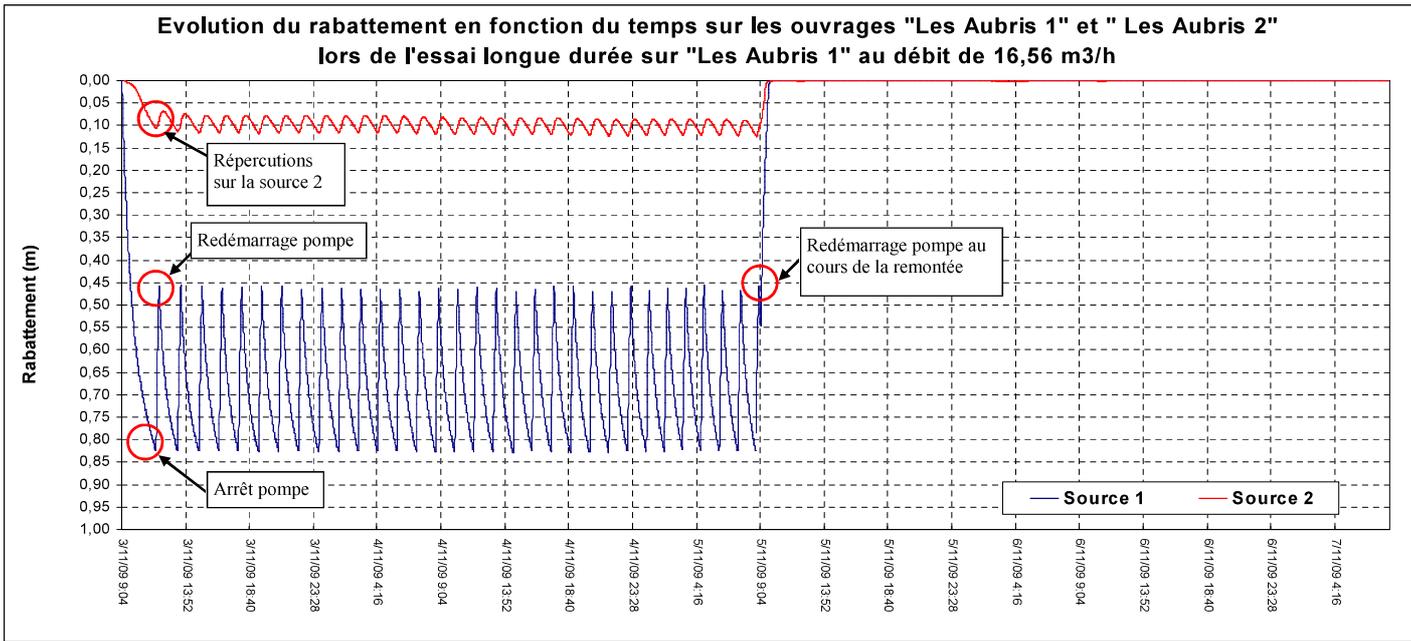
La **figure n°19** présente l'évolution des rabattements des deux sources au cours du pompage longue-durée réalisé sur la source « Aubris 1 ». Elle révèle trois anomalies :

- le suivi de la descente lors de l'essai sur la source « Les Aubris 1 » est perturbé par les arrêts et redémarrage successifs de la pompe en place. Le rabattement maximum à chaque arrêt est de 0,83 m soit un niveau dynamique de 2,06 m. La pompe redémarre de manière automatique à partir d'un niveau dynamique de 1,70 m ;
- le suivi de la remontée est perturbé par une remise en route automatique de la pompe au bout de 17 minutes ;
- la succession d'arrêt et de départ est également visible sur le suivi de la source « Les Aubris 2 » lors du pompage de la source 1.

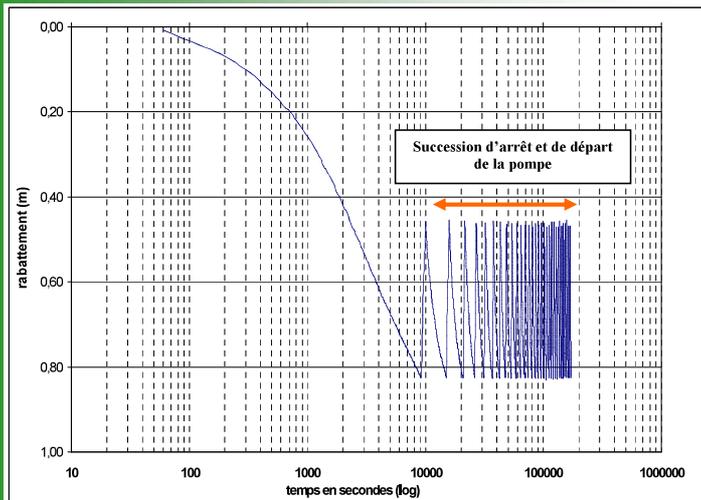
Figure n°19 : pompage d'essai longue durée (48 heures) effectué sur le captage « Aubris 1 » du 3 au 5 novembre 2009 au débit moyen de 16,6 m³/h



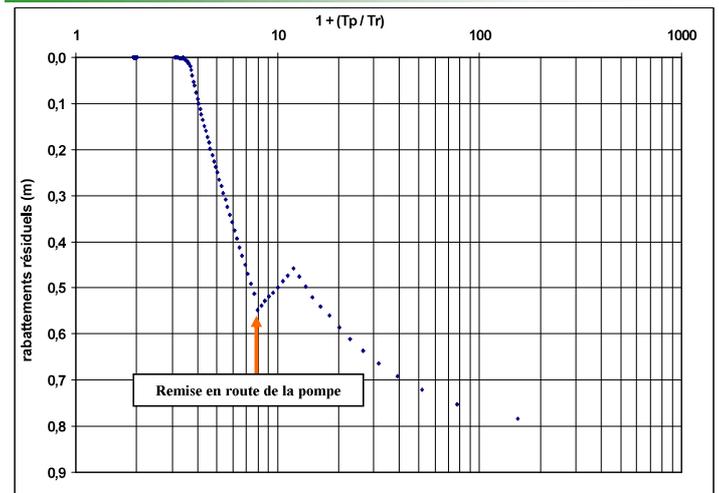
Evolution générale des niveaux piézométriques des sources « Aubris 1 » et « Aubris 2 »



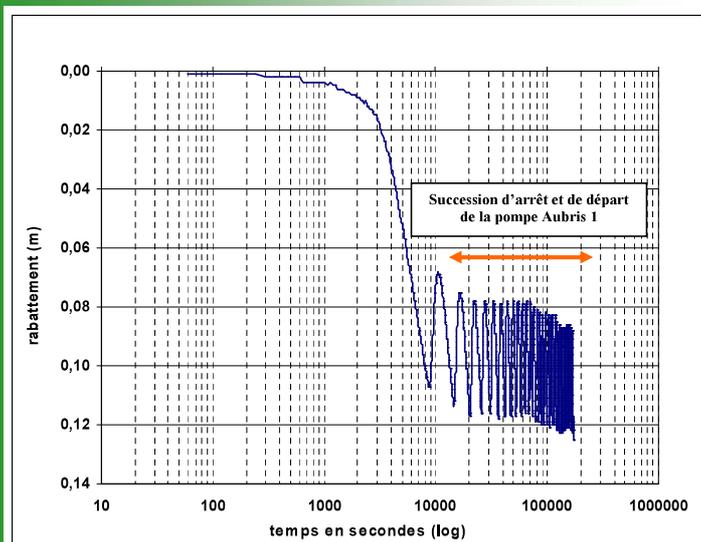
Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 1



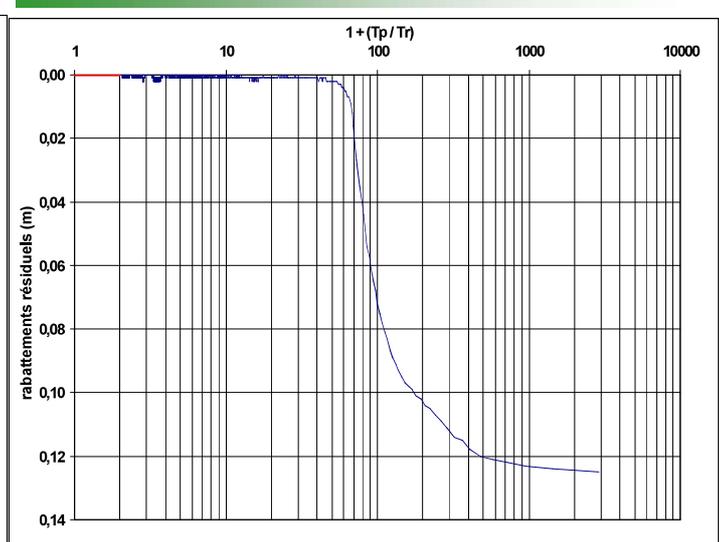
Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 1



Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 2



Courbe de remontée : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 2



Le tableau suivant présente les rabattements observés sur le champ captant à l'issue du pompage longue durée sur la source « Les Aubris 1 ».

	Niveau statique par rapport au sol (m)	Côte piézométrique (m) EPD	Rabattement après 2h23 de pompage à 16,56 m ³ /h (m)
<i>Les Aubris 1 (Ouvrage test)</i>	1,24 m	124,2	0,83 m (relevé automatique)
<i>Les Aubris 2</i>	0,70 m	124,2	0,12 m (relevé automatique)

Tableau 16 : rabattements observés sur les deux sources – pompage longue-durée sur la source « Les Aubris 1 »

Le rabattement maximal observé sur la source « Aubris 1 » est de 83 cm. Il est atteint au bout de 2h23 de pompage. Le rabattement observé sur la source « Aubris 2 » est de l'ordre de 12 cm.

5.3.2.3 Interprétation de l'essai de nappe

L'objectif d'un essai de nappe est de caractériser les propriétés hydrodynamiques d'un aquifère par l'intermédiaire de certains paramètres physiques tels que la transmissivité³ et le coefficient d'emmagasinement⁴ en utilisant des modèles de calculs théoriques.

L'analyse des essais de nappe a conduit :

- au tracé (cf. **figure 19**) des rabattements en fonction du temps sur un graphique à échelle semi-logarithmique du suivi piézométrique du captage testé et de la source « Aubris 2 » ;
- et au tracé (cf. **figure 19**) de l'évolution des rabattements du captage testé et de la source « Aubris 2 » en fonction de $(t+tp)/t$, où t est le temps écoulé après l'arrêt du pompage et tp la durée du pompage, sur un graphique à échelle semi-logarithmique également.

L'interprétation de l'essai est directement influencée par les arrêts et redémarrage successifs de la pompe. En effet, le premier arrêt de la pompe a lieu au bout de 2h23 de pompage pour une durée de 14 minutes. Le rabattement maximum est alors de 0,83 m. Le niveau dynamique remonte de 0,37 m, niveau à partir duquel la pompe se remet en route. Le temps entre chaque remise en route et arrêt de pompe est de l'ordre de 1h20. La remontée est également influencée par un arrêt de la pompe.

La détermination des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère aurait pu être basée sur les résultats obtenus par le suivi de la source « Aubris 2 », utilisé en tant que piézomètre pour cet essai, mais son niveau d'eau se comporte de la manière analogue à celui de la source « Aubris 1 ».

³ La transmissivité traduit la capacité d'une formation géologique à se laisser traverser par un fluide, tel que l'eau. Elle exprime (en m²/s) la productivité de l'aquifère sollicité.

⁴ Le coefficient d'emmagasinement (%) caractérise la fraction d'eau réellement mobilisable par dépression (pompage). Il peut être évalué si un piézomètre est déterminé.

Sur les deux premières heures de pompage (avant le premier arrêt de pompe), les courbes de descente des sources « Aubris 1 » et « Aubris 2 » montrent un effet de capacité de puits. En effet, la baisse du niveau d'eau (0,83 m pour « Aubris 1 » et environ 0,11 m pour « Aubris 2 ») est davantage attribuée à la vidange du cuvelage qu'à une baisse liée à la sollicitation de l'aquifère.

La remontée du niveau d'eau de la source « Les Aubris 1 » étant perturbé par un arrêt de pompe, les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère capté ne peuvent pas être évalués. Au regard de la courbe de remontée du niveau d'eau de la source « Les Aubris 2 », le domaine de calcul d'une transmissivité serait de l'ordre de 15 minutes soit 15 mesures. C'est très peu pour proposer un calcul pertinent.

L'essai de nappe a été réalisée à un débit de pompage (débit maximal de la pompe SAUR : 16,56 m³/h) trop fort du fait de la modestie du rabattement autorisé par l'équipement de l'ouvrage.

Les paramètres hydrodynamiques ne peuvent pas être déterminés à partir de cet essai de nappe sur la source « Les Aubris 1 ».

L'essai de nappe de 72 heures réalisé sur la source 1 à un débit de pompage de 16,56 m³/h, montre que les rabattements provoquent des arrêts et redémarrages de la pompe. De ce fait, le débit de production de cette source est inférieur à 16,6 m³/h.

5.4 Pompages d'essais – source « Les Aubris 2 »

5.4.1 Pompages par paliers

Annexe 6 : données de relevés manuels au cours des essais par paliers le 3 décembre 2009 sur la source « Les Aubris 2 »

5.4.1.1 Modalités de réalisation des paliers

Le pompage par paliers s'est déroulé le **3 décembre 2009**. L'essai a été réalisé par la mise en place de groupes motopompes complémentaires SADE aux débits de **8, 16, 24 et 32 m³/h**, ce qui n'a pas nécessité de démontage des installations de production. Le rejet a été dirigé par colonne souple vers un regard d'eau pluviale (qui rejoint la Sonne) situé dans l'emprise de la parcelle.

5.4.1.2 Déroulement de l'essai

Date	Déroulement des essais par paliers
3/12/09	<ul style="list-style-type: none">- <u>Niveau statique</u> : 0,87 m/repère de mesure soit 0,75 m/sol- <u>Repère de mesure</u> : 0,12 m/sol - <u>Réalisation du premier palier</u> au débit moyen de 8 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 1,19 m/repère soit un rabattement de 0,32 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau statique initial est retrouvé au bout de 25 minutes ; - <u>Réalisation du deuxième palier</u> au débit moyen de 16 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 1,51 m/repère soit un rabattement de 0,64 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau initial est retrouvé au bout d'une heure après l'arrêt de la pompe. - <u>Réalisation du troisième palier</u> au débit moyen de 24 m³/h. Au bout d'une heure de pompage, le niveau dynamique est de 1,89 m/repère soit un rabattement de 1,02 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau initial n'est pas retrouvé au bout d'une heure. - <u>Réalisation du quatrième palier</u> au débit moyen de 32 m³/h. Au bout de 55 min de pompage, le niveau dynamique est de 2,40 m/repère soit un rabattement de 1,53 m.- <u>Suivi de la remontée</u> : le niveau initial n'est pas retrouvé au bout d'une heure.

Tableau 17 : déroulement des essais par paliers – source « Les Aubris 2 »

Le rabattement maximal observé au bout de 55 min de pompage à 32 m³/h est de 1,53 m soit un niveau dynamique de 2,40 m/repère de mesure. L'aspiration de la pompe est dénoyée au bout de 55 minutes de pompage. La pompe est posée sur le fond de l'ouvrage à 2,35 m de profondeur.

5.4.1.3 Interprétation de l'essai du 3 décembre 2009

Le graphique n°1, représentant l'évolution du rabattement en fonction du débit, montre une corrélation moyenne (0,83) entre les quatre paliers.

Le graphique n°2 représente la courbe caractéristique de l'essai. Il montre que les pertes de charges linéaires (liées à la ressource) représentent la majorité des pertes de charges totales.

La courbe caractéristique du forage (cf. **figure 20**) ne montre pas l'atteinte d'un débit critique.

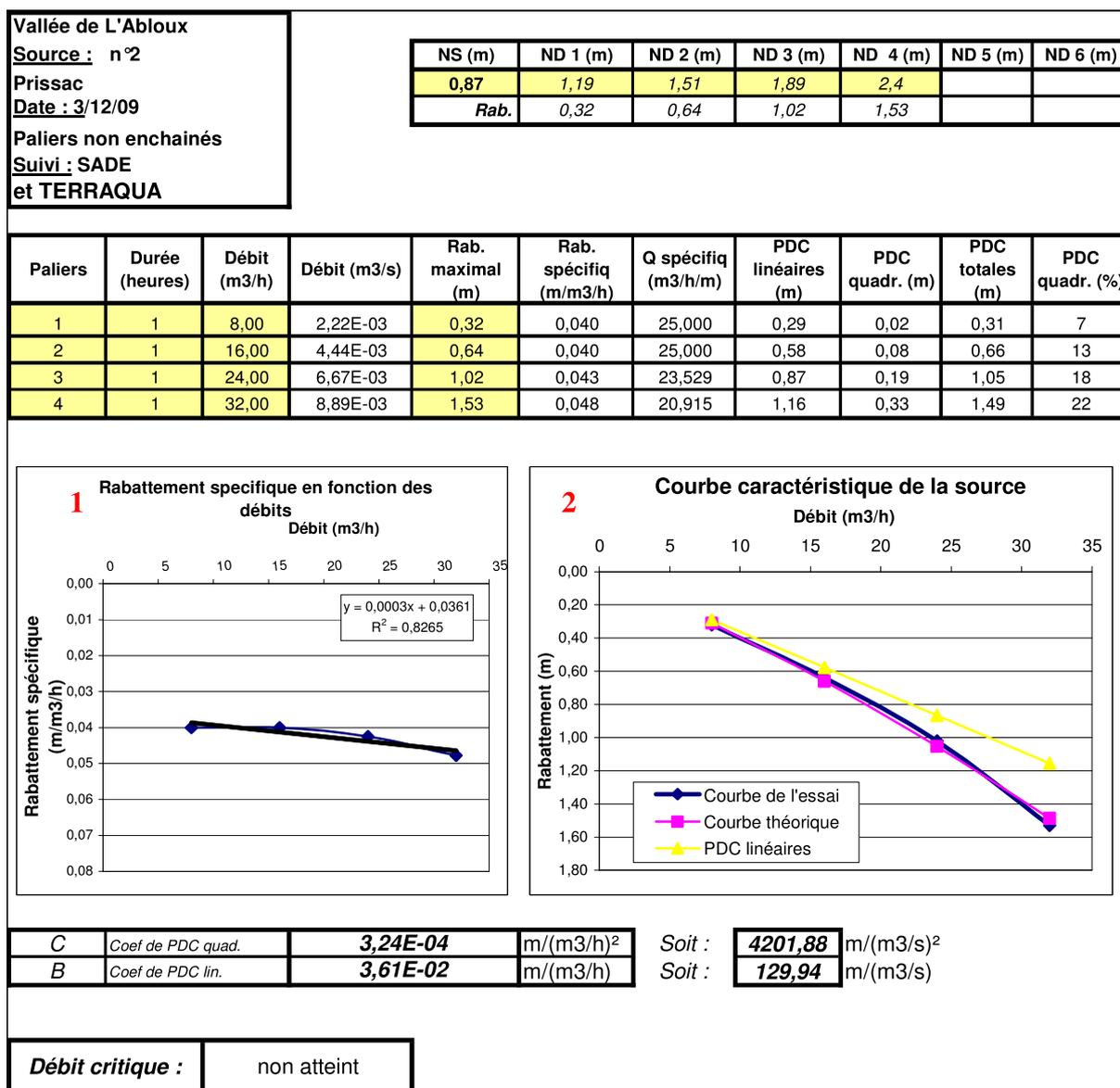


Figure 20 : données de l'essai de puits du 3 décembre 2009 sur la source « Les Aubris 2 » située sur la commune de Prissac

Nous retiendrons de l'essai par paliers :

- ∨ Des pertes de charge linéaires (liées à la ressource) nettement supérieure aux pertes de charge quadratiques (liées à l'équipement) pour les quatre paliers.
- ∨ L'essai ne met pas en évidence de débit critique ;
- ∨ Pour un temps de pompage d'une heure, l'équation des pertes de charge est donnée par :

$$s = 3,61 \times 10^{-2} Q + 3,24 \times 10^{-4} Q^2$$
avec le débit (Q) en m³/h ;
- ∨ Un rabattement maximal de 1,53 m au bout de 55 minutes de pompage à 32 m³/h ;
- ∨ Un débit spécifique de 20,915 m³/h/m et un rabattement spécifique de 0,048 m/m³/h à 32 m³/h.

5.4.2 Pompages longue durée

5.4.2.1 Modalités de réalisation de l'essai

L'essai longue-durée a eu lieu du 9 au 12 novembre 2009 (72 heures de pompage), au débit moyen de 7,27 m³/h. Le **tableau ci-dessous** résume les modalités générales de l'essai réalisé sur la source « Les Aubris 2 ».

Méthode	Pompage à débit constant
Débit moyen de l'essai	7,27 m³/heure sur l'ensemble de l'essai (index compteur début et fin)
Dispositif de pompage	Pompe d'exploitation SAUR utilisée au maximum de sa capacité.
Mesure des débits	Indexation sur compteur volumétrique existant au pied de la bache de stockage d'eau
Rejet	Rejet par le réseau de distribution et le trop-plein de la station d'Envoulon située à proximité de l'ouvrage.
Durée de l'essai	9 novembre 2009 à 9h23 au 12 novembre 2009 à 9h16 (72 heures)
Durée du suivi de la remontée	Du 12 au 13 novembre 2009
Suivi qualitatif pendant pompage	Température enregistrée de manière automatique (mesure toutes les 10 minutes) – pas de variation Prélèvement sur la rivière (Sonne) et la source en fin de pompage.

Tableau 18 : modalités de réalisation du pompage d'essai longue durée sur la source « les Aubris 2 »

5.4.2.2 Suivis piézométriques

Lors de l'essai de la source « Les Aubris 2 », la source « Les Aubris 1 » située à 11,20 m, a fait également l'objet d'un suivi automatisé. Le tableau suivant présente les rabattements observés sur le champ captant à l'issue du pompage longue durée sur la source « Les Aubris 2 ».

	Niveau statique par rapport au sol (m)	Côte piézométrique (m) EPD	Rabattement après 72h00 de pompage à 7,27 m³/h (m)
<i>Les Aubris 2 (Ouvrage testé)</i>	0,7	124,2	0,30 m (relevé automatique)
<i>Les Aubris 1</i>	1,24 m	124,2	0,015 m (relevé automatique)

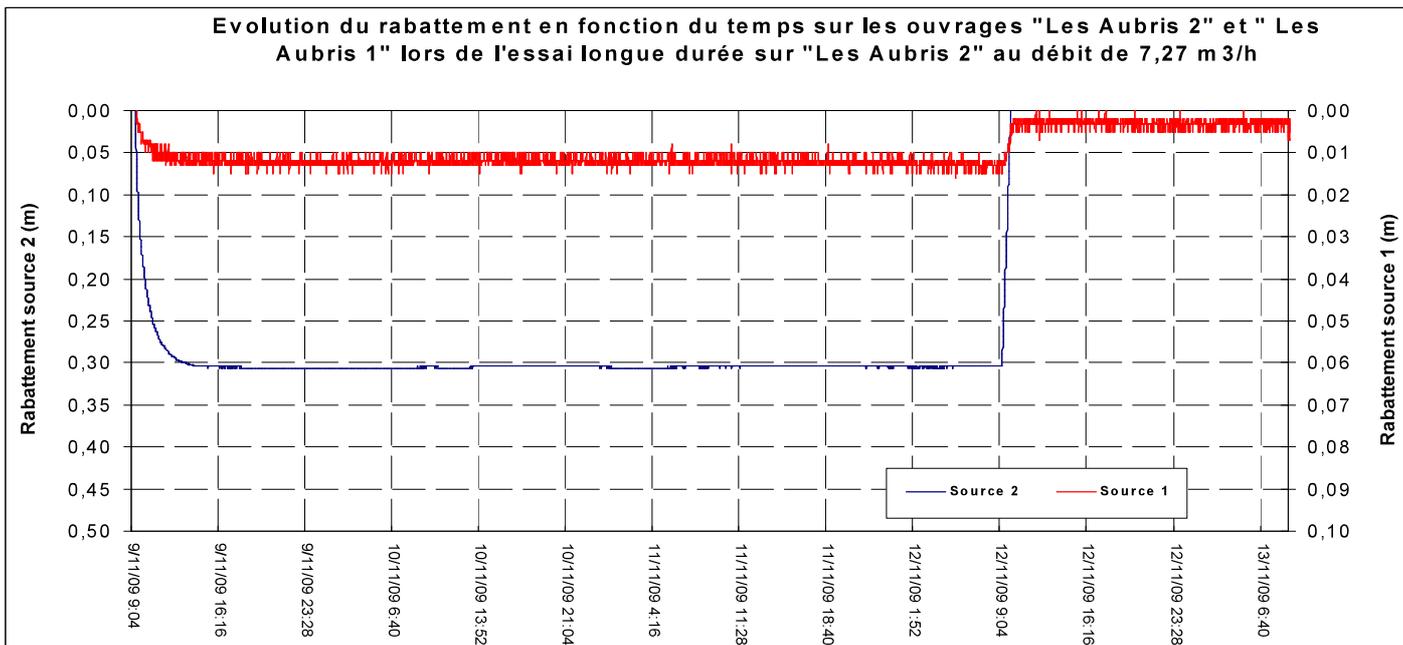
Tableau 19 : rabattements observés sur les deux sources – pompage longue-durée sur la source « Les Aubris 2 »

La **figure n°21** présente l'évolution des rabattements des deux sources au cours du pompage longue-durée réalisé sur la source « Aubris 2 ».

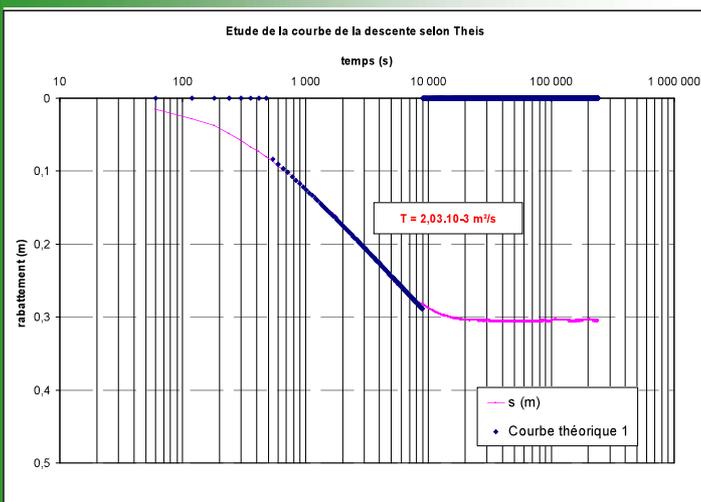
Le niveau de la source « Les Aubris 2 » diminue jusqu'à un rabattement maximal de 0,30 m soit un niveau dynamique de 1 m/sol. Au bout de 4 heures de pompage à un débit moyen de 7,3 m³/h, le régime permanent est atteint. La remontée s'effectue rapidement. Au bout de 40 minutes après l'arrêt de la pompe, le niveau initial est retrouvé.

Figure n°21 : pompage d'essai longue durée (72 heures) effectué sur le captage « Aubris 2 » du 9 au 12 novembre 2009 au débit moyen de 7,27 m³/h

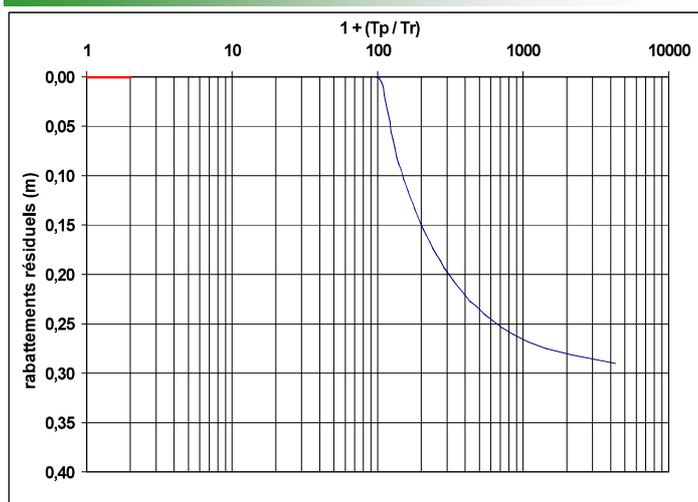
Evolution générale des niveaux piézométriques des sources « Aubris 1 » et « Aubris 2 »



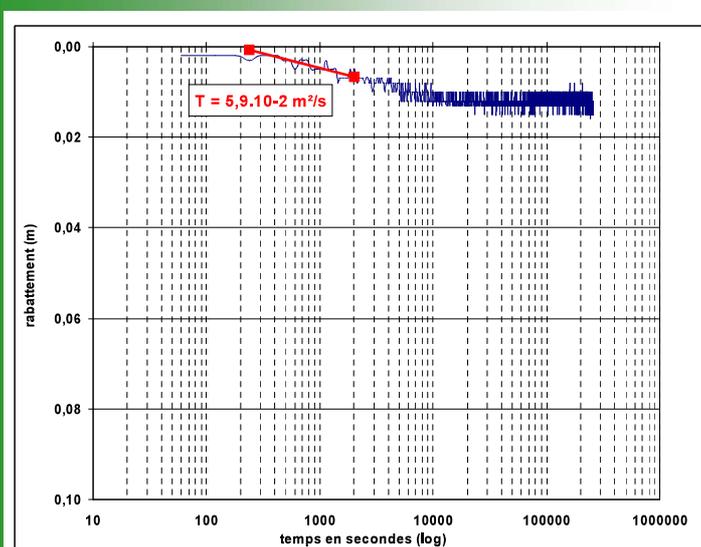
Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 2 - THEIS



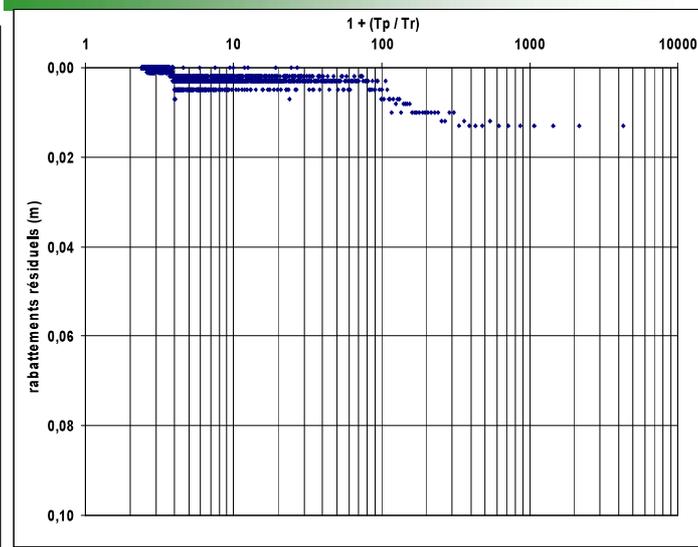
Courbe de remontée : rabattement en fonction du times (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 2 - JACOB



Courbe de descente : rabattement en fonction du temps (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 1 - JACOB



Courbe de remontée : rabattement en fonction du times (espace semi-logarithmique) - Observation sur captage AUBRIS 1 - JACOB



Au regard des courbes de suivi piézométriques, le niveau de la « source Les Aubris 1 » se comporte de manière similaire à celui de la source « Les Aubris 2 ». L’influence est minime, le rabattement maximal étant de 1,5 cm. Le niveau de la source se stabilise en moins d’une heure. Après l’arrêt du pompage sur la source « Les Aubris 1 », le niveau de la source « Les Aubris 2 » remonte progressivement et atteint sensiblement son niveau initial au bout de 45 minutes. Le rabattement résiduel est de quelques millimètres, soit équivalent à la sensibilité de la sonde.

5.4.2.3 Interprétation de l’essai de nappe

Les données du pompage ont permis de tracer les graphiques semi-logarithmes d’interprétation de la descente et de la remontée.

Au regard des très faibles rabattements observés sur la source « Les Aubris 1 », environ 1 cm, l’interprétation de cet essai de nappe a été basée sur les résultats du suivi réalisé sur la source « Les Aubris 2 » testée. En effet, les rabattements observés sur la source « Les Aubris 1 » sont de l’ordre du centimètre soit équivalent à l’erreur de mesure de la sonde. Dans ces conditions, le calcul de la transmissivité et du coefficient d’emménagement est difficilement envisageable.

Une transmissivité a pu être estimée sur un peu plus de deux heures de pompage à un débit constant : $T = 2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Cet ordre de grandeur est caractéristique d’un aquifère assez fissuré et bien développé. Le comportement général de la nappe au cours du pompage, marqué par l’atteinte d’un régime permanent au bout de quatre heures, montre la disponibilité de la ressource à ce débit d’exploitation.

Le coefficient d’emménagement n’a pas été déterminé du fait du très faible rabattement observé sur la source « Les Aubris 1 » (piézomètre).

L’essai de nappe de 72 heures réalisé sur la source 2 à un débit de 7,3 m³/h, montre que les rabattements se stabilisent au bout de la 4^{ème} heure de pompage. Le débit de production de cette source est proche du débit de pompage de l’essai.