



Géosciences pour une Terre durable

brgm



Étude de l'influence d'un prélèvement agricole sur la nappe souterraine des sables de Cuise au droit du bourg de Moulin-sous-Touvent (60)

Réunion de restitution



Compiègne - DDT de l'Oise,
18 janvier 2017

¹BRGM – D3E/GDR
Gestion De la Ressource en eau
3 avenue C. Guillemin BP 36009
45060 Orléans Cedex 2 France

²BRGM – Direction régionale Picardie
Polytech de Rivery
7 rue Anne Frank
80136 Rivery

KLINKA Thomas¹, MATON Daniel²

t.klinka@brgm.fr , d.maton@brgm.fr

Ordre du jour

> Contexte et objectif

> Rappel des tâches :

- Tâche 1 : Recensement des points d'eau
- Tâche 2 : Équipement des points d'eau recensés
- Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009
- Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits 01053X0103/F_2009
- Tâche 5 : Équipement des points d'eau sur la période d'étiage estivale
- Tâche 6 : Valorisation des données et rédaction d'un rapport

> Conclusions

Contexte et objectif

- > Juin 2013 : Problèmes d'assèchement rapportés à la préfecture de l'Oise (60)
 - Assèchement des mares et de l'étang,
 - Dénoyage des puits,
 - Apparition ou aggravation de fissures sur certains bâtiments.

- > Septembre 2013 : Visite du BRGM en présence du maire et d'habitants pour constater les désordres.

- > Juin 2014 : Avis du BRGM sur l'origine de l'assèchement, qui préconise une étude complémentaire (Rapport BRGM/[RP-63677-FR](#))
 - Nouveau pompage d'essai par paliers sur le puits 01053X0103/F_2009
 - Des mesures complémentaires sur les points d'eau de la commune (suivi des niveaux d'eau dans les puits 01053X0064/P et 01053X0057/P, des débits des sources, etc.).

- > Octobre 2015 : Avis du BRGM sur le zonage retenu pour le PPR retrait-gonflement (Rapport BRGM/[RP-65177-FR](#))

Contexte et objectif

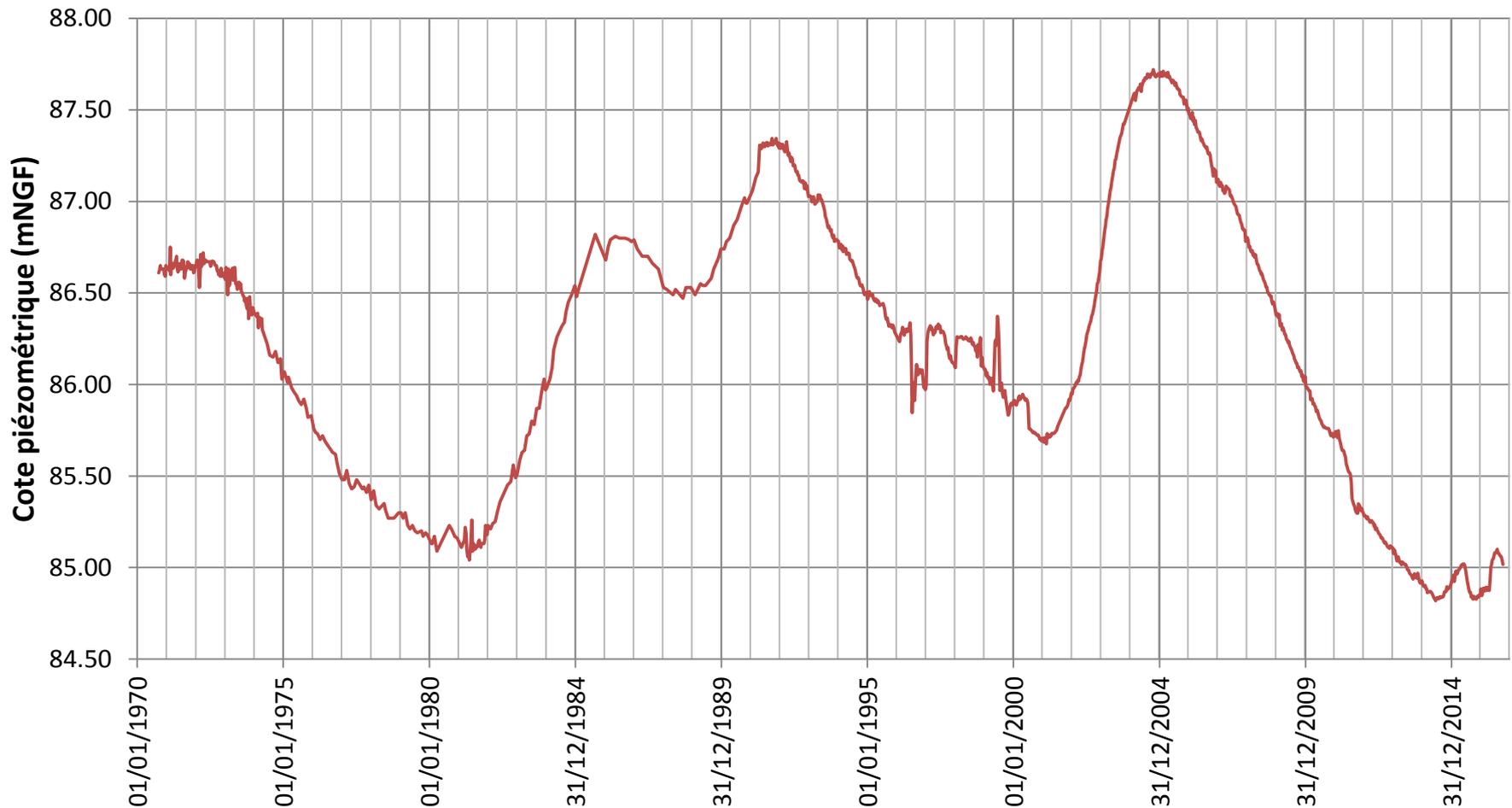
- > Février 2016 : Proposition technique et financière pour une étude complémentaire acceptée
- > Objectif :
 - Mettre en œuvre des moyens scientifiques permettant de déterminer si le prélèvement agricole du puits 01053X0103/F_2009 a un impact vérifié sur la nappe des sables de Cuise et de quantifier, si possible, cet impact.



Évolution de la nappe des sables de Cuise 1970-2016

Suivi de la nappe des sables de Cuise - Piézomètre 01053X0058/S1

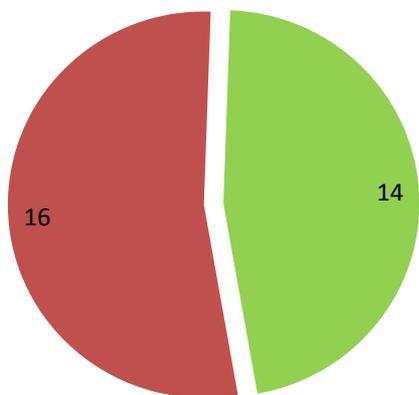
— Côte piézométrique décadaire (mNGF)



Tâche 1 : Recensement des points d'eau

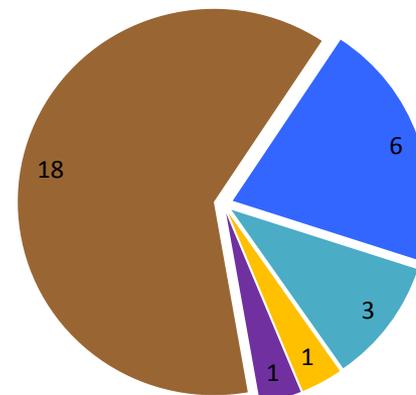
30 formulaires retournés :

■ Absence de point d'eau ■ Présence d'au moins un point d'eau



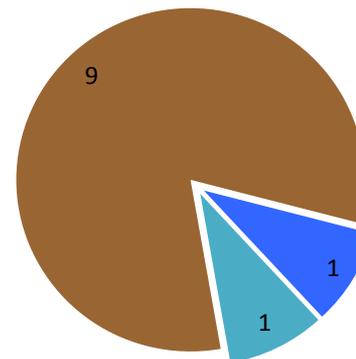
Parmi les 14 réponses, 29 points d'eau :

■ Puits ■ Mares ■ Sources ■ Etang ■ Trou creusé dans le sol



Parmi 29 points d'eau, 11 ouvrages sélectionnés :

■ Puits ■ Mare ■ Etang

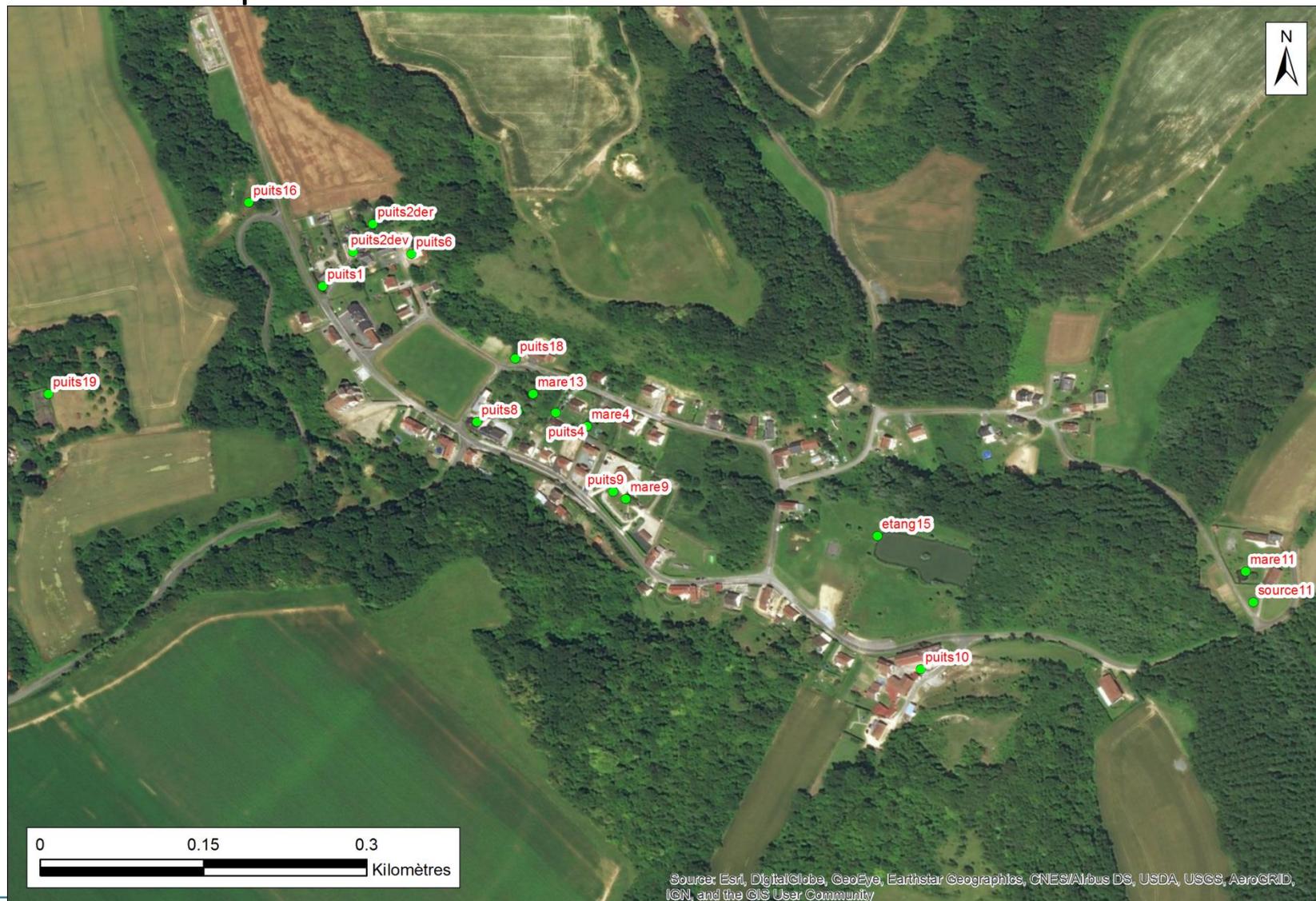


Points d'eau non retenus :

- Puits : hors de l'emprise de l'étude, désaffectés, secs lors de la visite ou exploités
- Source : difficile à instrumenter (faible filet d'eau)
- Mare : difficile à équiper (envahie par des végétaux)

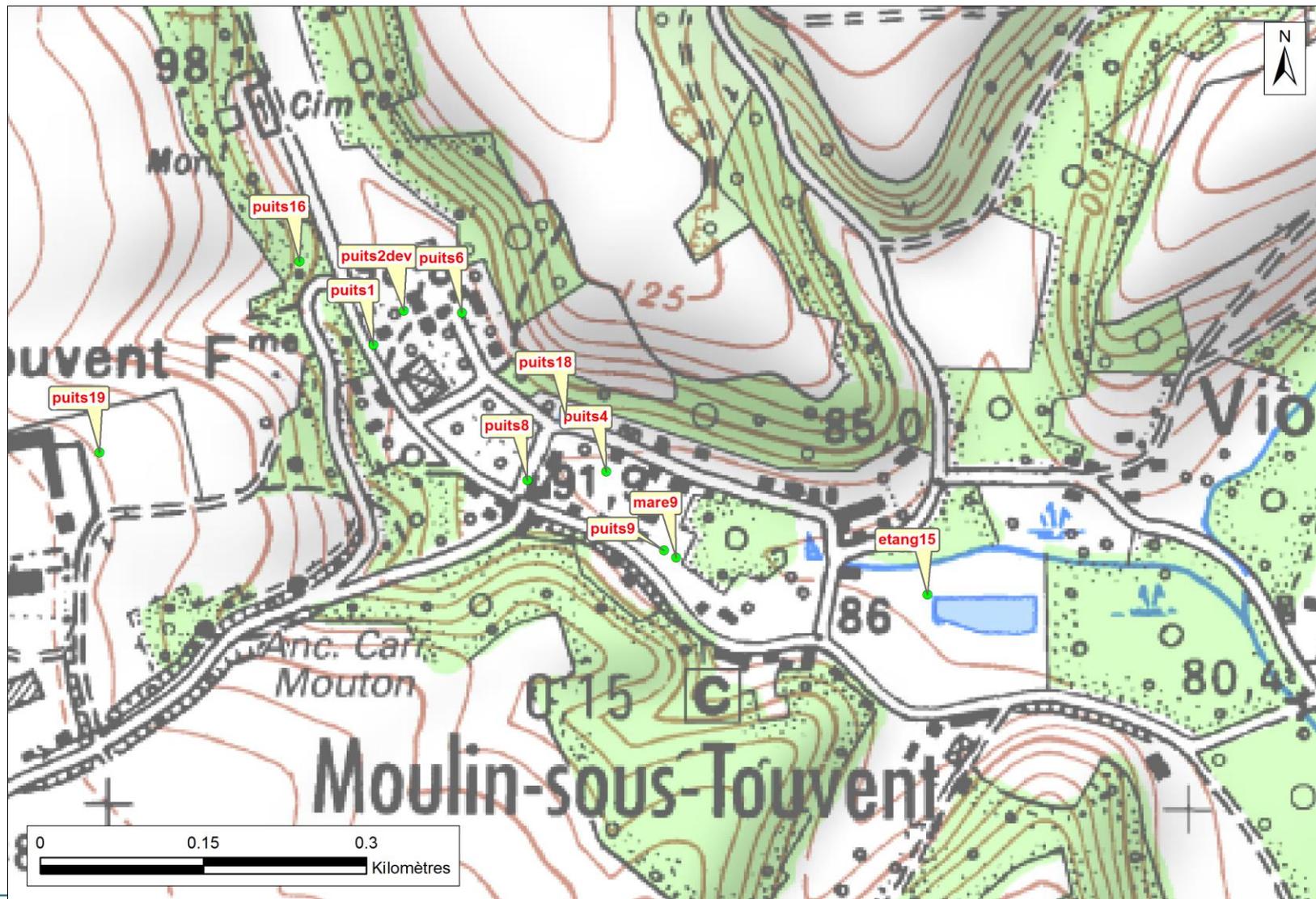
Tâche 1 : Recensement des points d'eau

> Carte des points d'eau référencés



Tâche 1 : Recensement des points d'eau

➤ Carte des 11 points d'eau retenus



Tâche 2 : Équipement des points d'eau recensés

> Métrologie : Thalimède

- Utilisation : eau de surface
- Limnigraphe : mécanisme à flotteur
- Mesure : la roue de mesure du codeur réagit à la moindre variation du niveau d'eau (capture électronique enregistrée sous forme de mesure)



Équipement au droit de la mare9

Tâche 2 : Équipement des points d'eau recensés

> Métrologie : Orpheus Mini

- Utilisation : eau souterraine
- Capteur : sonde de pression avec cellule de mesure céramique
- Niveau d'eau/pression, température de l'eau (500 000 mesures environ)
- Boîtier en acier inoxydable résistant à la corrosion et à l'eau salée

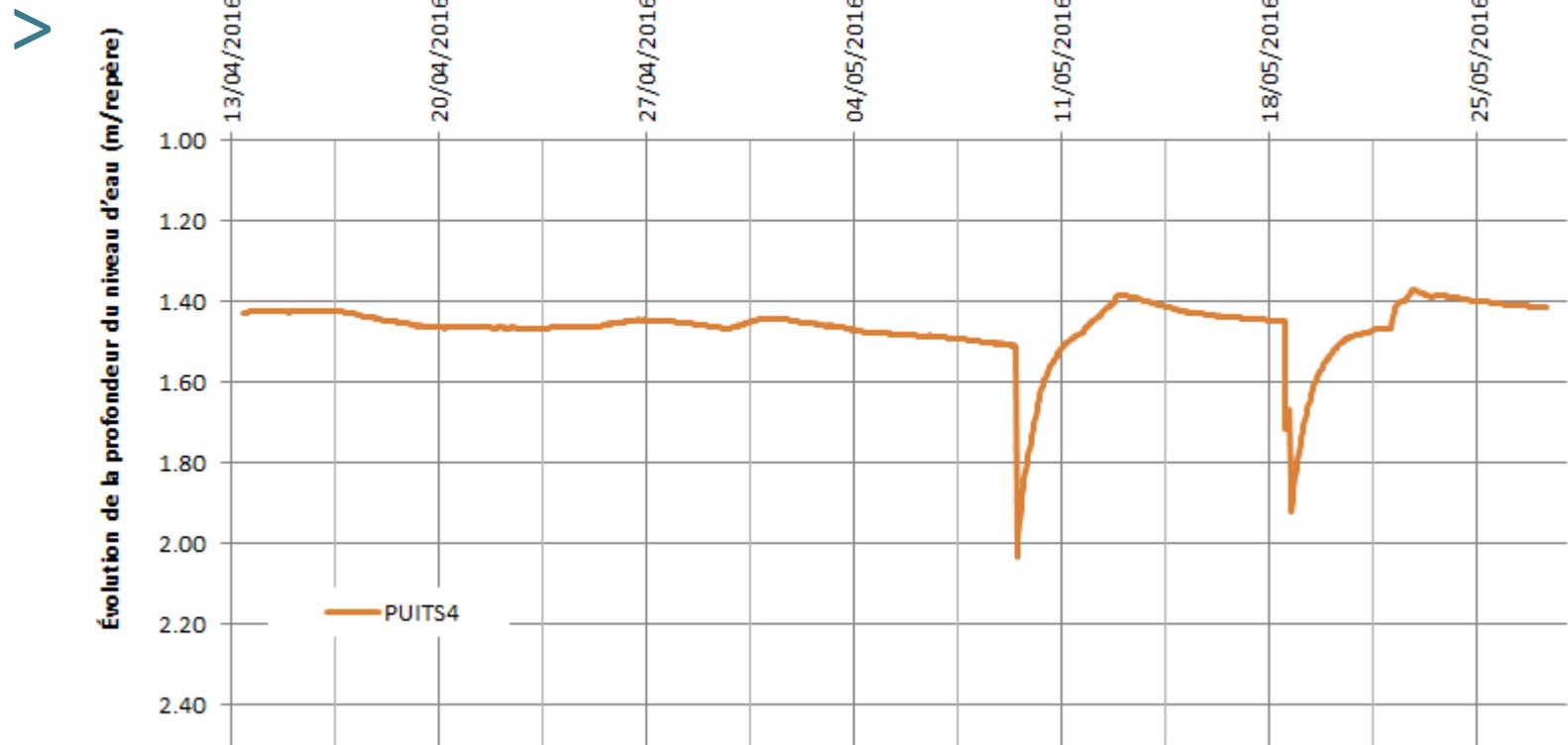


Équipement au droit du puits1

Tâche 2 : Équipement des points d'eau recensés

> Acquisition des données :

- Pas de temps à la minute lors des pompages d'essais
- Pas de temps horaire lors du suivi longue durée (avant et après les pompages d'essai)



Terre durable

Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Objectifs :

- Vérifier la coupe technique du forage
 - Par rapport à la coupe indiquée (texte) dans le rapport du foreur
 - Par rapport à la coupe présentée (schéma) dans le rapport du foreur
- Contrôler l'état général du forage
- Ajuster la position du dispositif de pompage si nécessaire

> Réalisation le mardi 19 avril 2016 par Aquam Régénération sous contrôle du BRGM

> Déroulé des opérations (chronologique) :

- Démontage de la tête de forage
- Destruction du clapet anti-retour
- Vérification de l'état de la pompe
- Passage caméra
- Réinstallation de la pompe
- Test de pompage

Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Déroulé des opérations



Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Déroulé des opérations



Géosciences pour une Terre durable

orgm

Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Déroulé des opérations



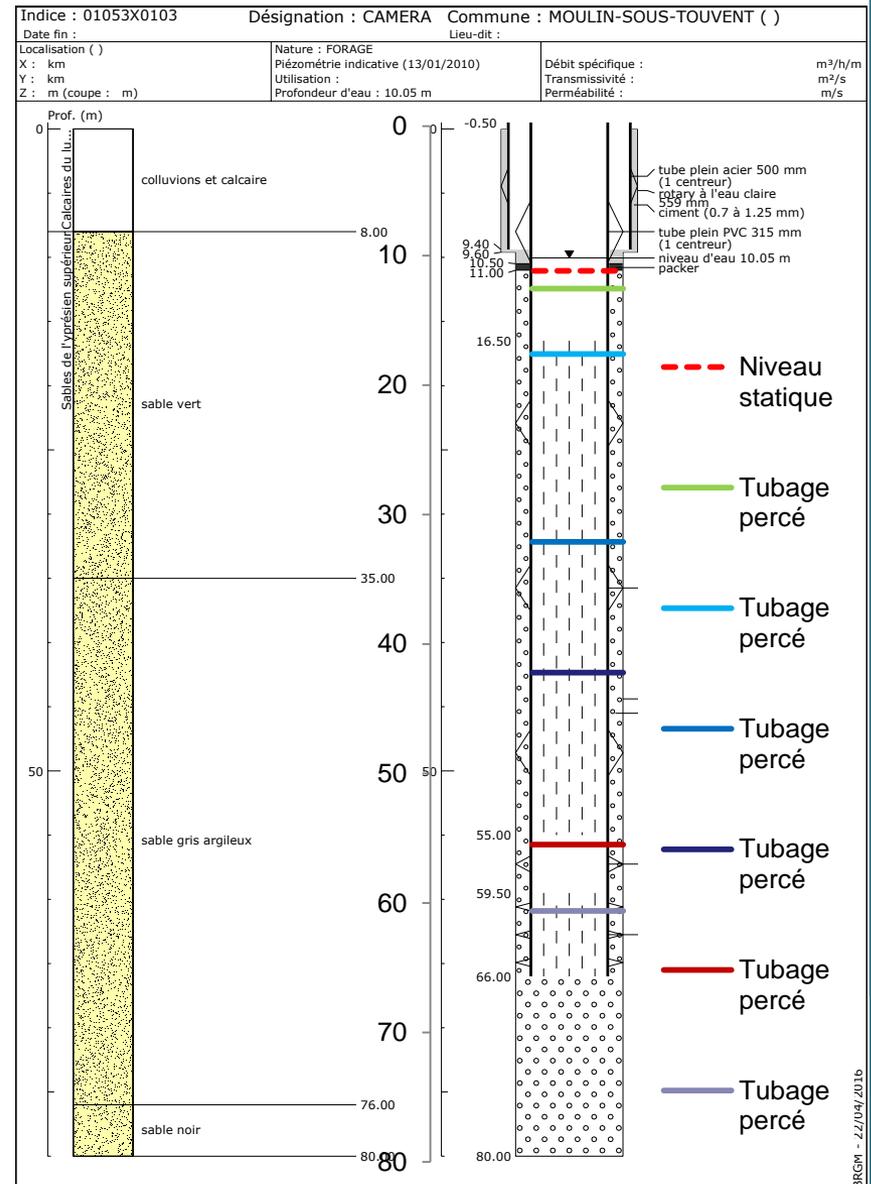
Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Constats

- Le tubage PVC est percé de trous pour la fixation des centreurs (12.55, 17.60, 32.10, 46.20, 55.50, 60.60 m de profondeur)



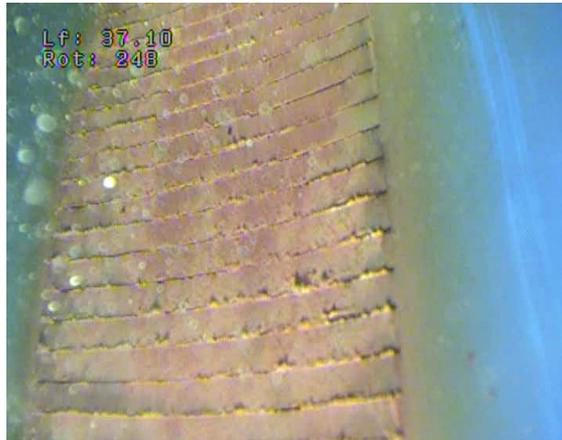
Lf: 55.50
Rot: 158



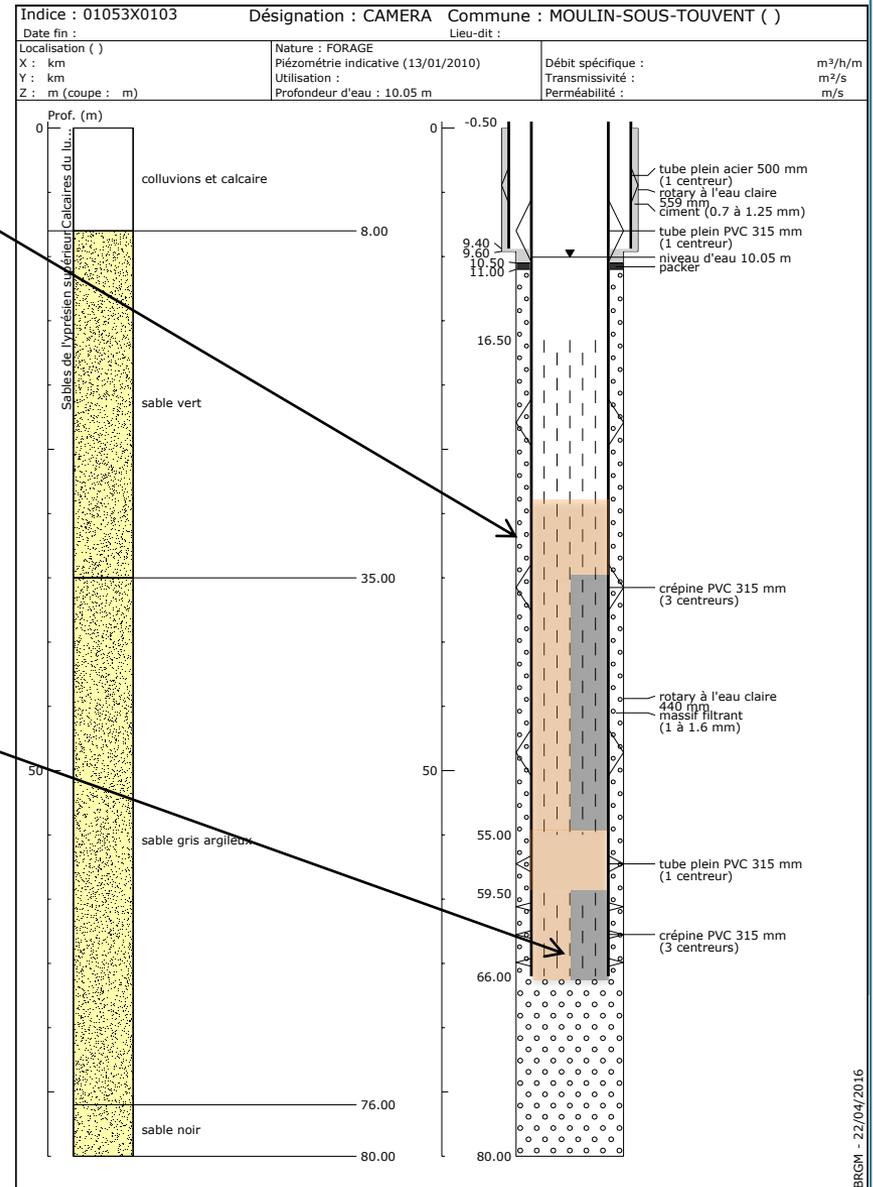
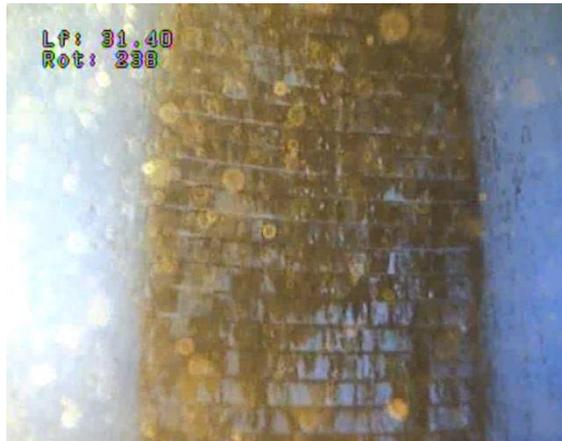
Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Présence de dépôts sur les parois et dans les ouvertures :

— brun (oxyde de fer)



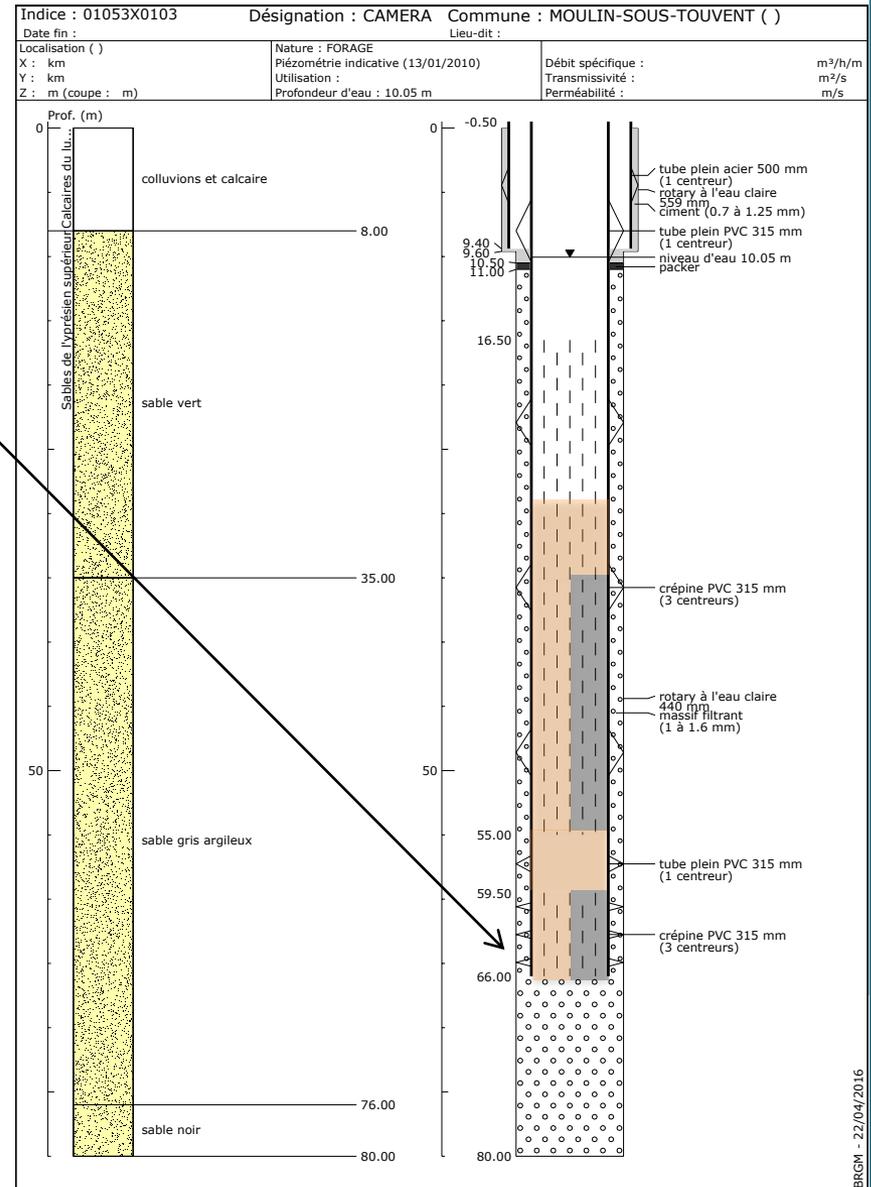
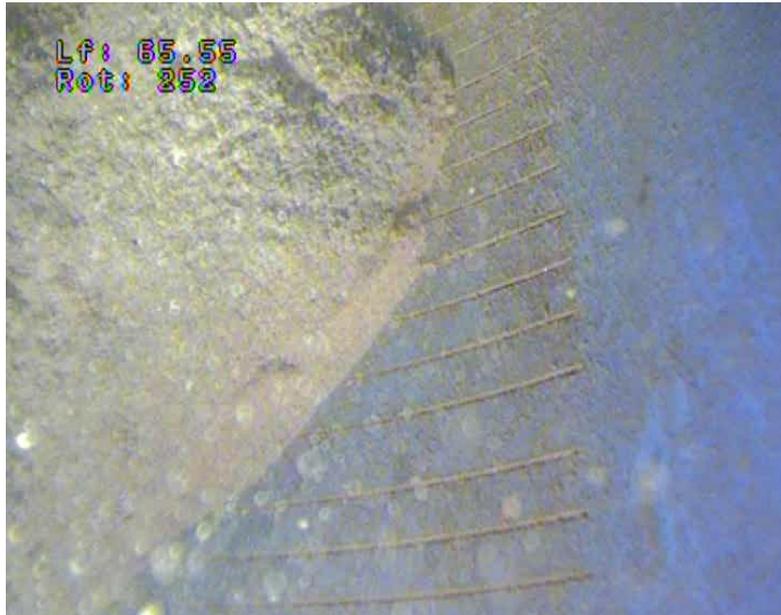
— noir (oxyde de manganèse)



Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> En fond d'ouvrage :

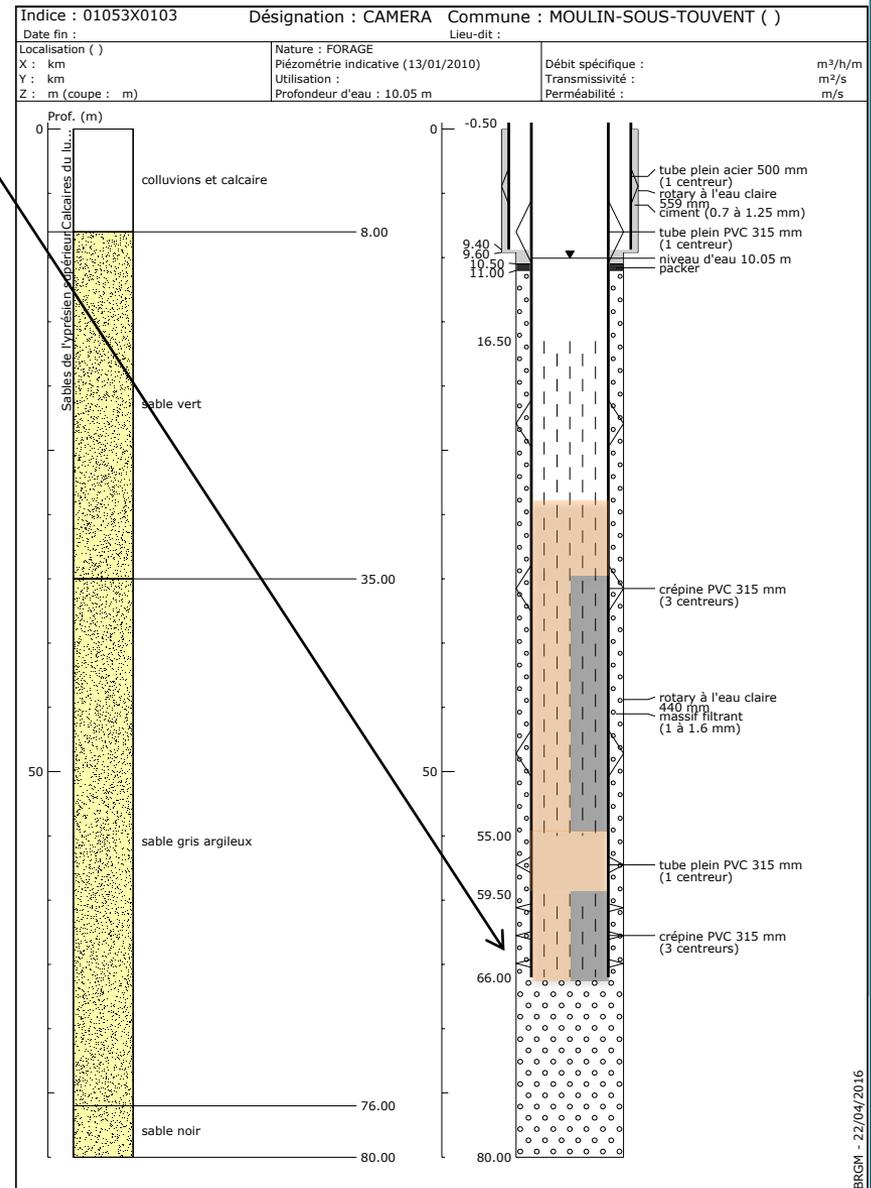
- De gros dépôts indurés bruns sont présents sur la paroi sur une demie circonférence et colmatent quelques ouvertures (65.5 à 66.5 m)



Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

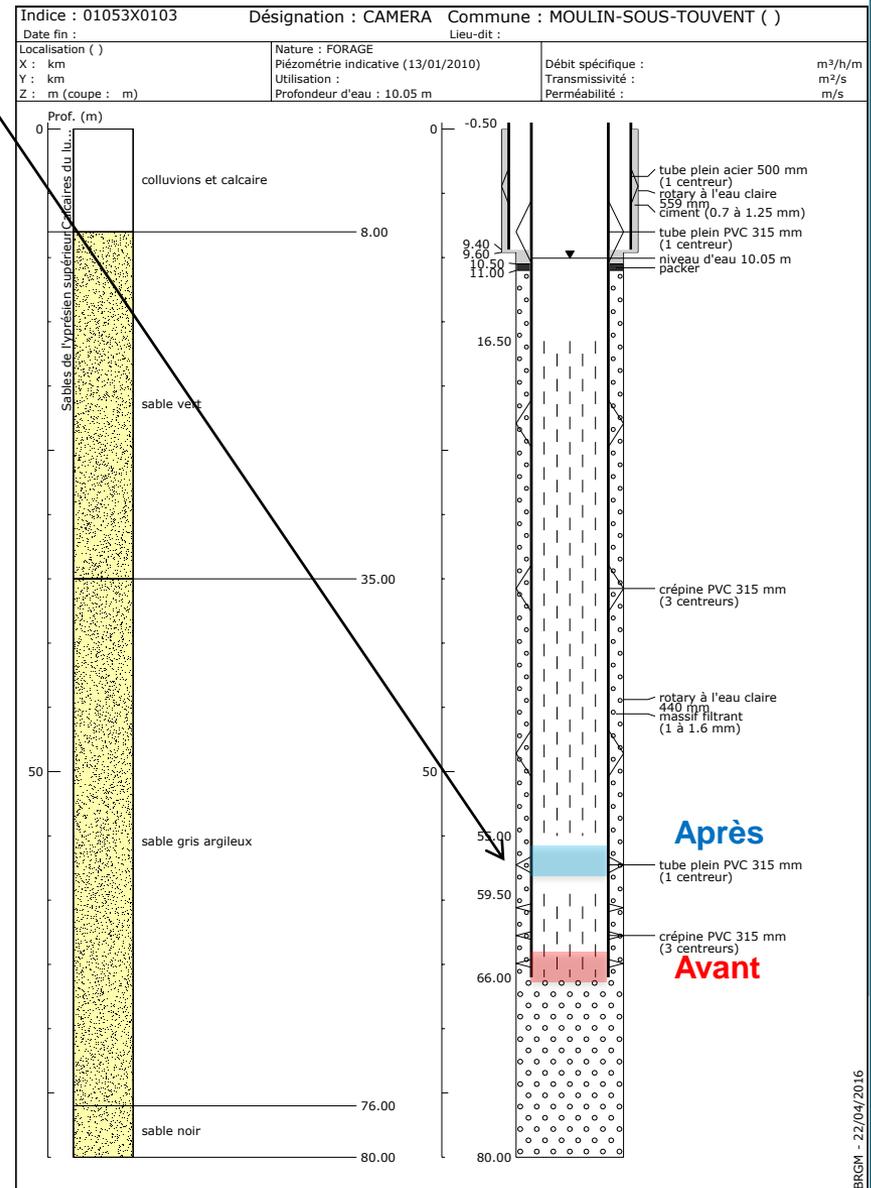
> En fond d'ouvrage :

- Des traces de la pompe vers 66 m dans le sable montrent qu'elle reposait dans le sable
- Hypothèses :
 - mise en place du massif filtrant
 - arrivée de sables venant de la formation



Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

- > La pompe a été remontée de 8 m
- > Installée dorénavant dans la chambre de pompage, entre 55 m et 59.5 m de profondeur :
 - Améliore le refroidissement du moteur
 - Évite l'aspiration de sables
 - Évite un écoulement turbulent
 - Évite la déstabilisation du massif filtrant



Tâche 3 : Inspection caméra du puits 01053X0103/F_2009

> Bilan :

- Le forage est conforme
- Bon état général du tubage PVC
 - Les jonctions entre les tubages PVC sont correctement vissés
 - Les points de fixation des centreurs sont en apparence étanches
- Coupe technique du forage :
 - Tube crépiné à partir de 16.50 vs 28 m ou 22 m
 - Existence d'une chambre de pompage non utilisée jusqu'à présent
 - Fond du forage à 66 m vs 72 m (6 m d'ensablement potentiel)
- Contrôle de l'état général du forage
 - Dépôts normaux sur les parois et les ouvertures de crépines
- Réajustement de la position du dispositif de pompage

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits 01053X0103/F_2009

> Pompage d'essai par paliers de débit

- Objectifs :
 - Évaluer le comportement de l'ouvrage et de la nappe en fonction des débits de pompage
 - Identifier la présence d'un régime d'écoulement de transition laminaire/turbulent
 - Caractériser la performance de l'ouvrage vis-à-vis de l'aquifère
- Réalisation :
 - 5 paliers de débit : 2h par palier (1h de pompage et 1h de remontée)
 - Paliers de débits testés : 25, 35, 45, 55 et 50 m³/h
Lundi 25/04/2016 de 10h à 20h
 - La pompe en place a permis de réaliser les paliers à débit variable, il n'a pas été nécessaire de louer une autre pompe
- Métrologie :
 - Suivi du niveau d'eau (manuel et automatique) au droit du puits de pompage
 - Suivi du débit (relevé)

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

➤ Puits de pompage F_2009 et bassin de stockage

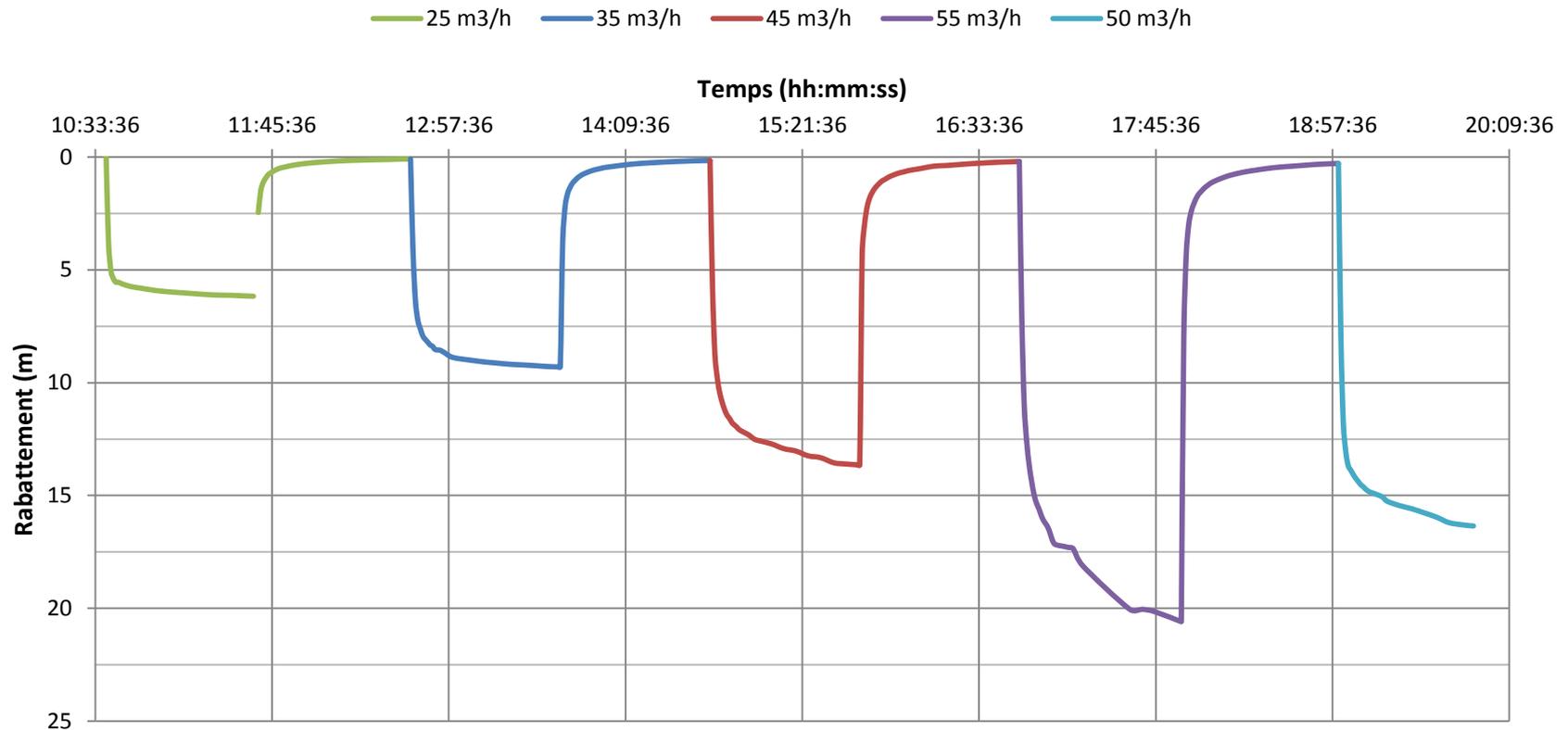


terre durable

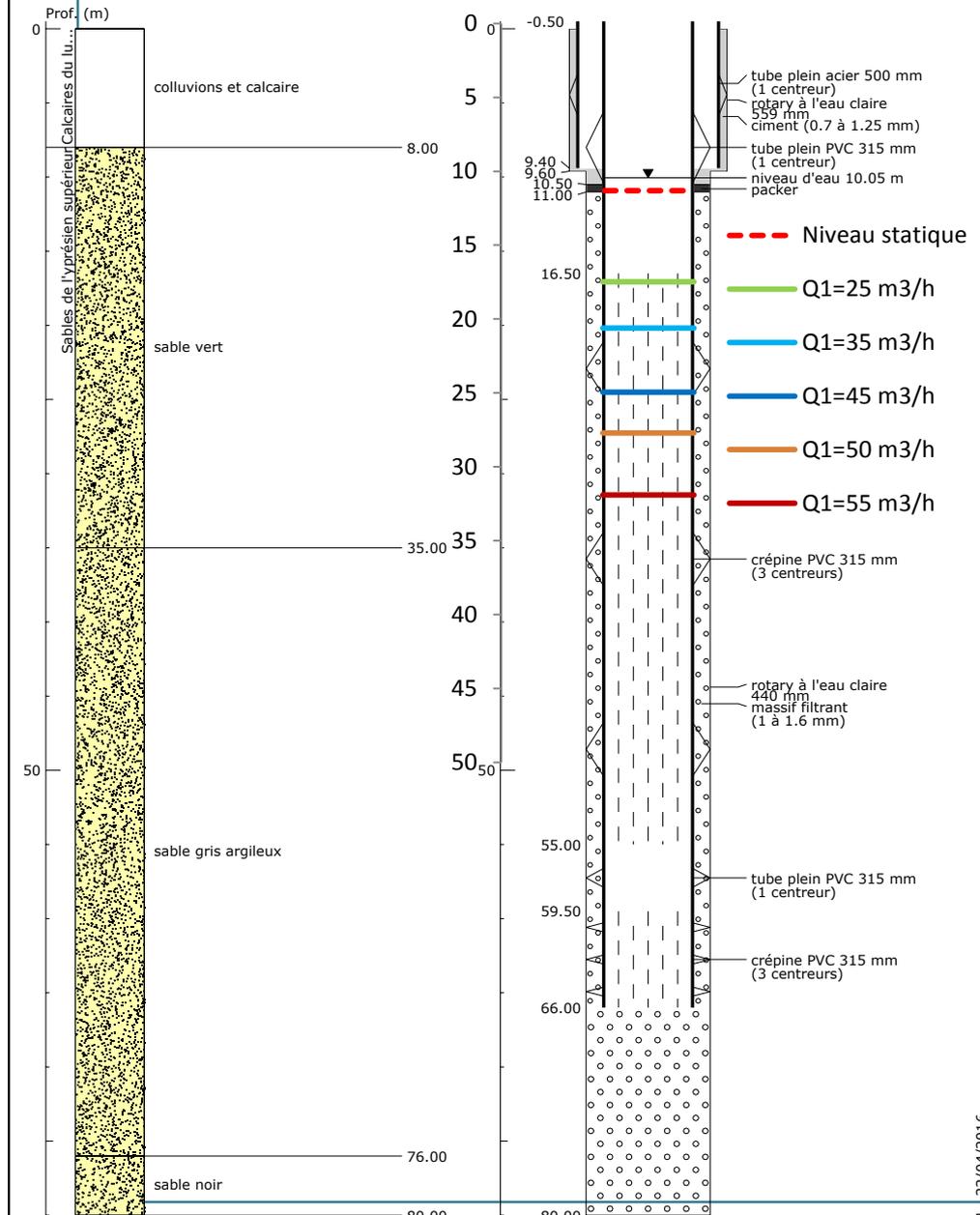
Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits 01053X0103/F_2009

> Résultats des données manuelles des essais par paliers

Évolution du rabattement au cours de l'essai de puits



Date fin :	Lieu-dit :		
Localisation ()	Nature : FORAGE		
X : km	Piézométrie indicative (13/01/2010)	Débit spécifique :	m ³ /h/m
Y : km	Utilisation :	Transmissivité :	m ² /s
Z : m (coupe : m)	Profondeur d'eau : 10.05 m	Perméabilité :	m/s

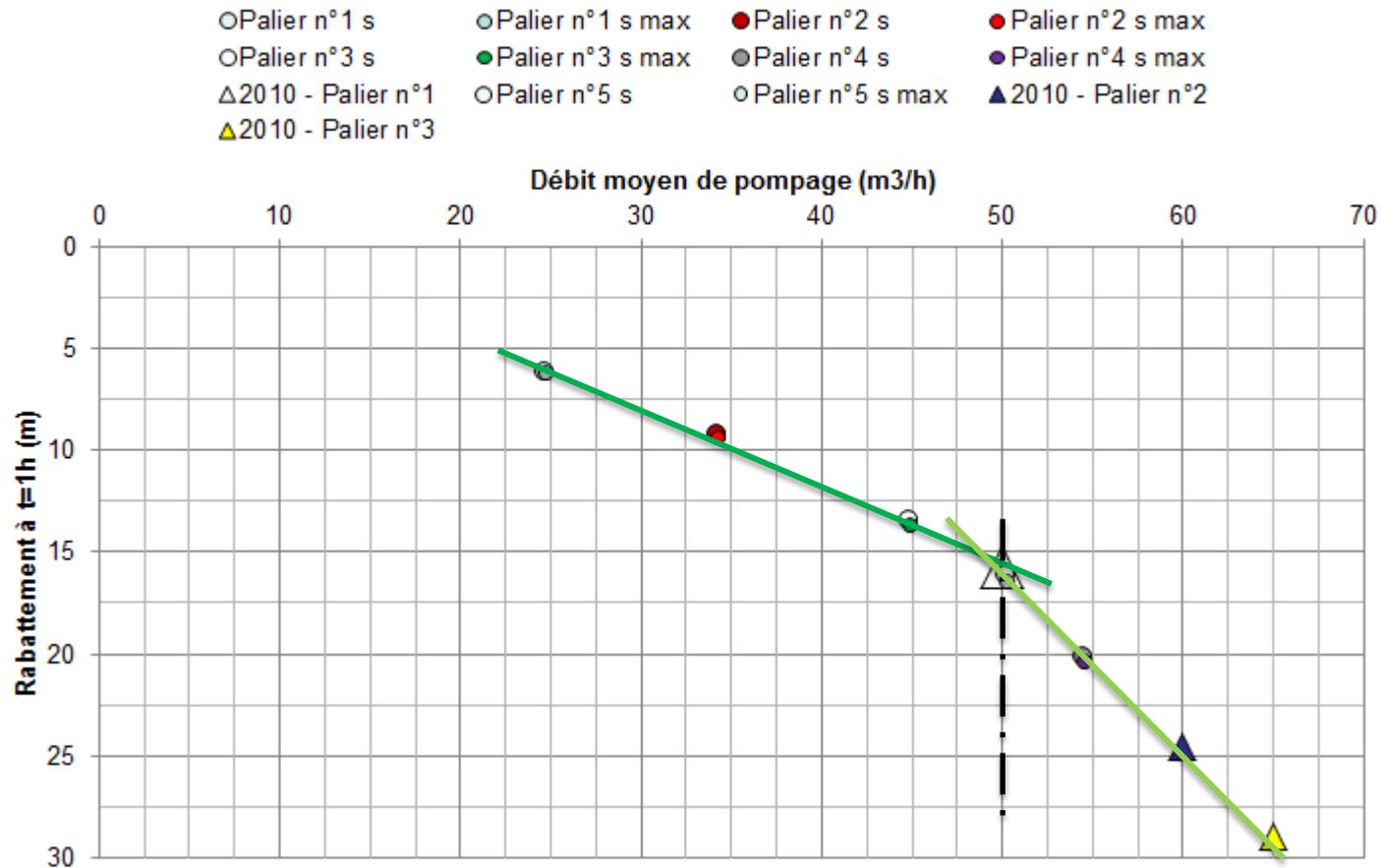


➤ Représentation du rabattement dans l'ouvrage au bout d'une heure de pompage en fonction des paliers de débit

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

> Courbe caractéristique du puits

- Utilisation des données acquises (2016) et des données du foreur en 2010



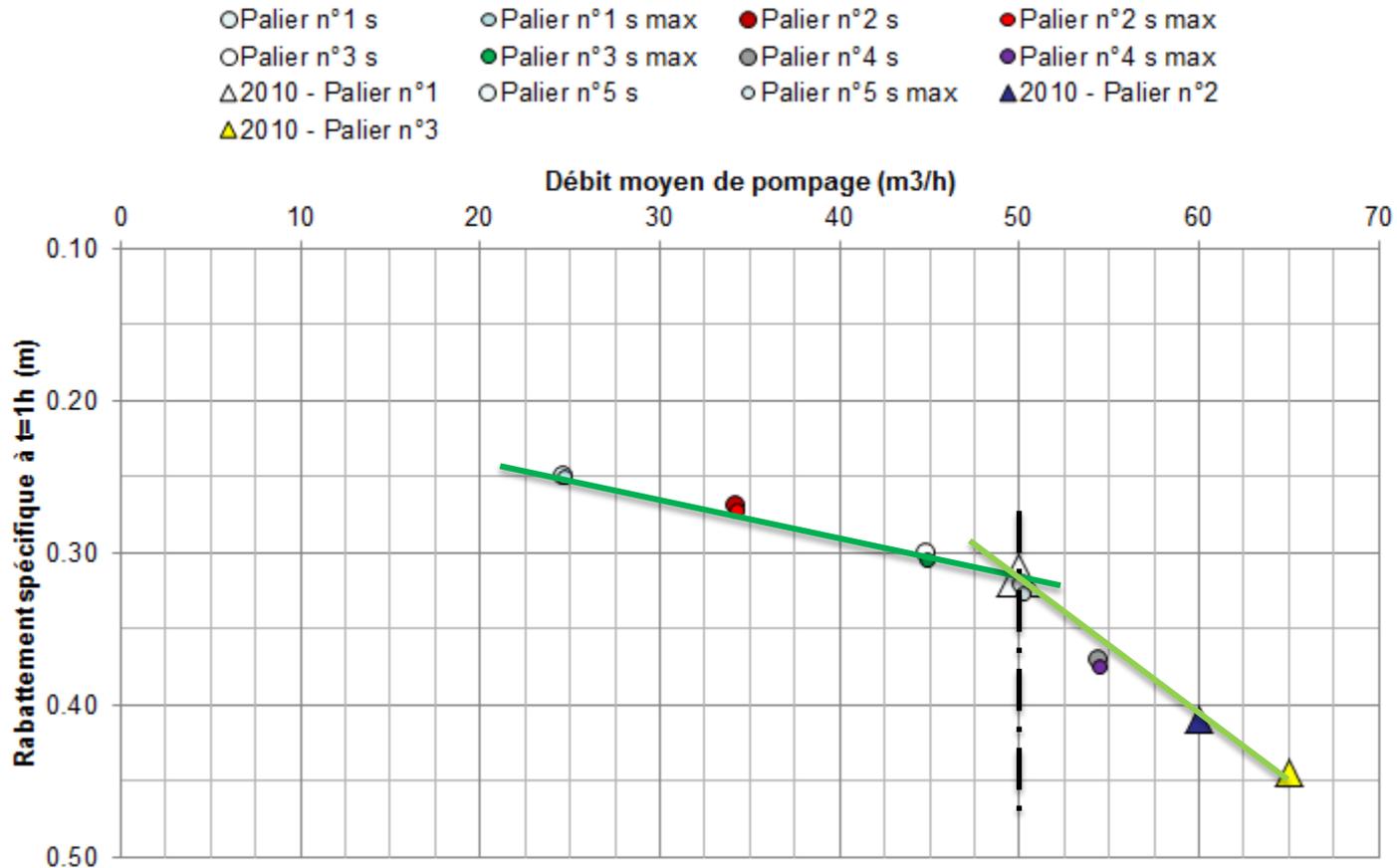
pour une terre durcie

urym

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

> Droite des rabattements spécifiques du puits

- Utilisation des données acquises (2016) et des données du foreur en 2010



1 0110 10110 011010



Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

> Évaluation des pertes de charges de l'ouvrage ($Q < 50 \text{ m}^3/\text{h}$) :

- $B = 656 \text{ s}/\text{m}^2$, soit $0,18211 \text{ h}/\text{m}^2$;
- $C = 3,4290 \times 10^4 \text{ s}^2/\text{m}^5$, soit $2,6458 \times 10^{-3} \text{ h}^2/\text{m}^5$.

> On en déduit les pertes de charges suivantes :

Tableau 6 : Rabattements simulés pour les débits des paliers sur la base des coefficients de pertes de charges (B et C) déterminés

Débit de pompage (m^3/h)	Rabattement linéaire simulé (m)	Rabattement quadratique simulé (m)	Rabattement total (m)
25	4,55	1,65	6,21
35	6,37	3,24	9,61
45	8,19	5,36	13,55

> Conclusions

- Deux régimes d'écoulement identifiés dans le puits
- Transition autour de $50 \text{ m}^3/\text{h}$
- Afin de garantir une bonne durée de vie à l'ouvrage (maximisation de sa longévité), il est conseillé de l'exploiter en deçà de la zone de transition, vers $50 \text{ m}^3/\text{h}$

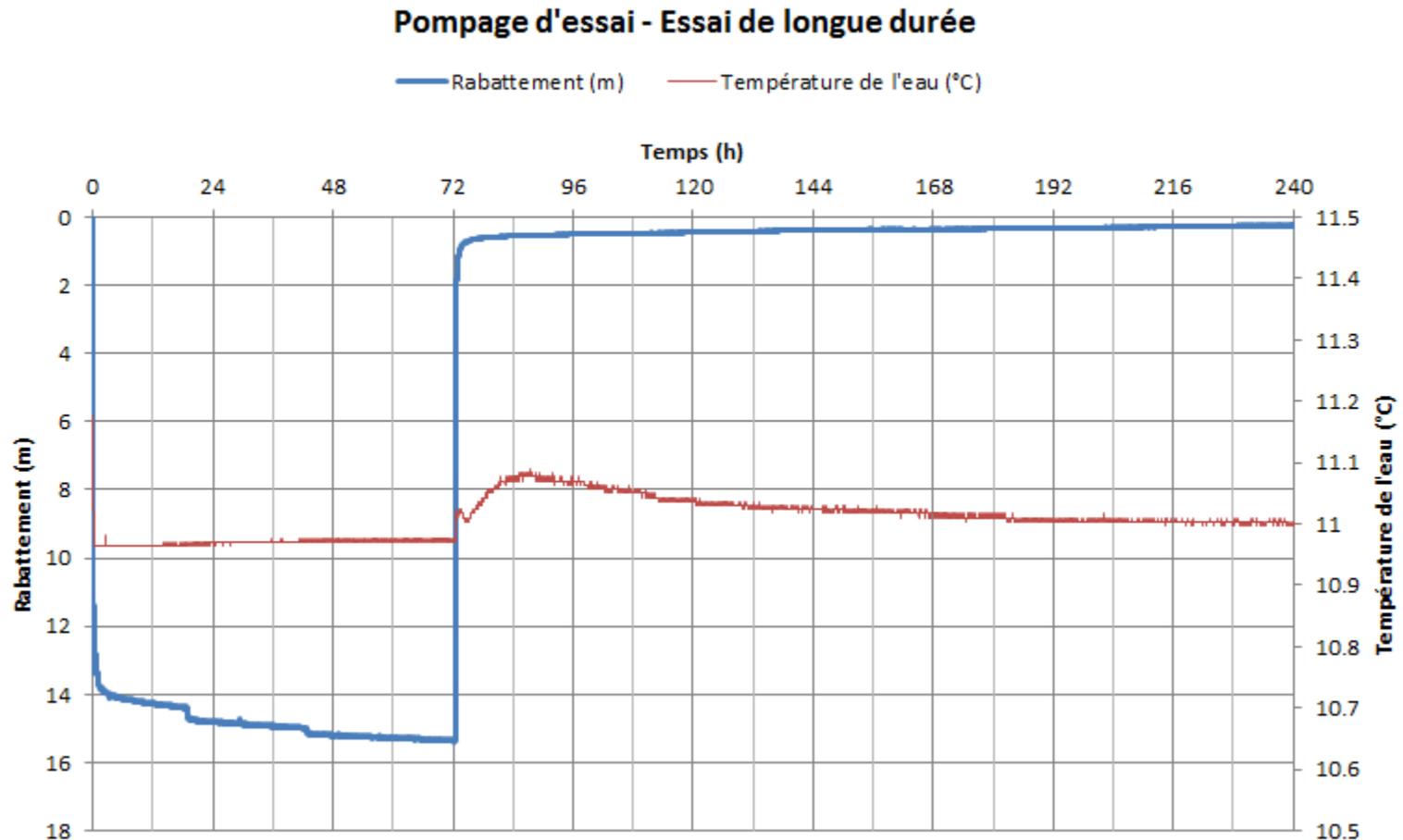
Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits 01053X0103/F_2009

> Pompage d'essai de longue durée (72h) à débit constant

- Objectifs :
 - Caractériser les propriétés hydrodynamiques de l'ouvrage (T, S)
 - Observer en « vraie grandeur » l'effet de l'exploitation sur l'aquifère
 - Évaluer l'impact hydrodynamique du pompage sur les points d'eau suivi
- Réalisation :
 - Phase de pompage pendant 72h à débit constant ($Q=45 \text{ m}^3/\text{h}$)
Du mardi 26/04/2016 à 15h au vendredi 29/04/2016 à 15h (72 h)
 - Arrêt du pompage, suivi de la remontée du niveau d'eau (72h et +)
- Métrologie :
 - Suivi du niveau d'eau (manuel et automatique) dans le puits de pompage
 - Suivi du débit (relevé) et au droit du bassin de stockage (niveau d'eau)
 - Suivi des points d'eau au pas horaire

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

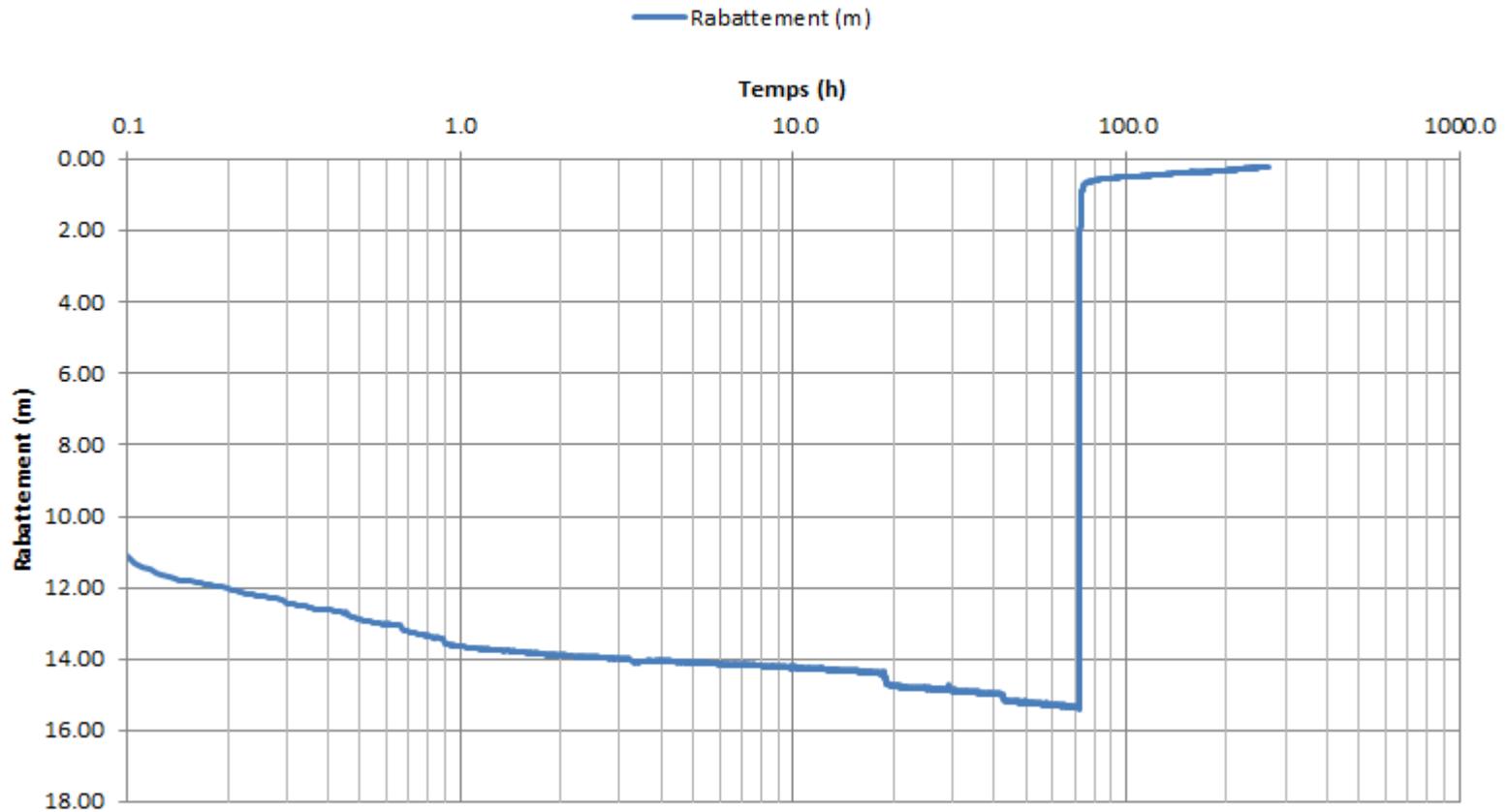
- Évolution du rabattement et de la température durant l'essai de nappe (descente et remontée)



› durable

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

Pompage d'essai - Essai de longue durée



irre durable



Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

➤ Conditions climatiques durant l'essai :

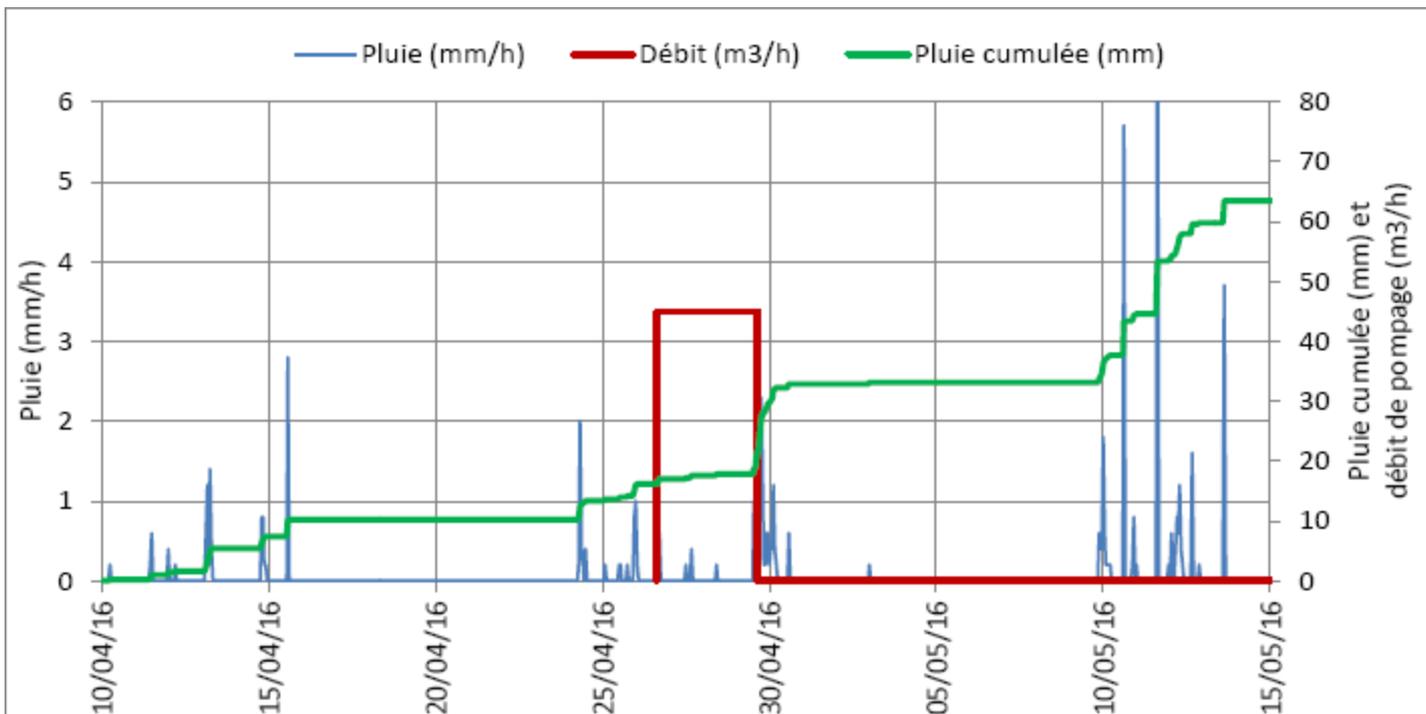


Illustration 29 : Evolution de la pluie horaire, de la pluie cumulée et du débit de pompage au puits F_2009

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

- Résultats d'interprétation de l'essai de nappe au puits et aux piézomètres (ouvrages ayant réagis)
 - Exemple de calage sur le puits1

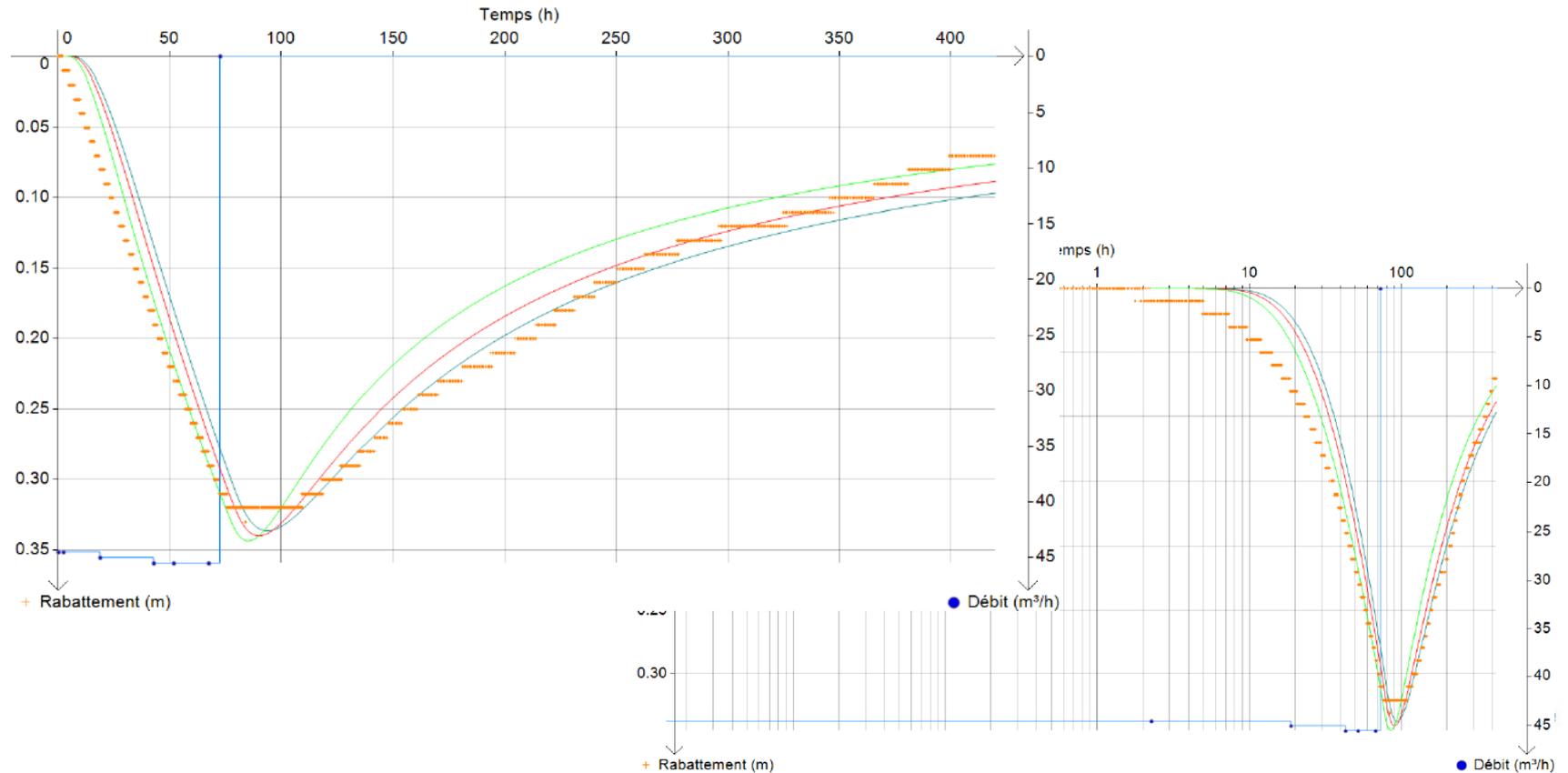


Illustration 46 : Ajustement de la courbe théorique aux données expérimentales de l'essai de nappe au droit du puits1 – Échelle des temps arithmétique (en haut), logarithmique (en bas)

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

> Synthèse des paramètres hydrodynamiques déduits de l'interprétation de l'essai :

- Transmissivité : $T = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ à $8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Coefficient d'emmagasinement : $S = 1.7 \times 10^{-2}$ à 8×10^{-2} (sans unité)

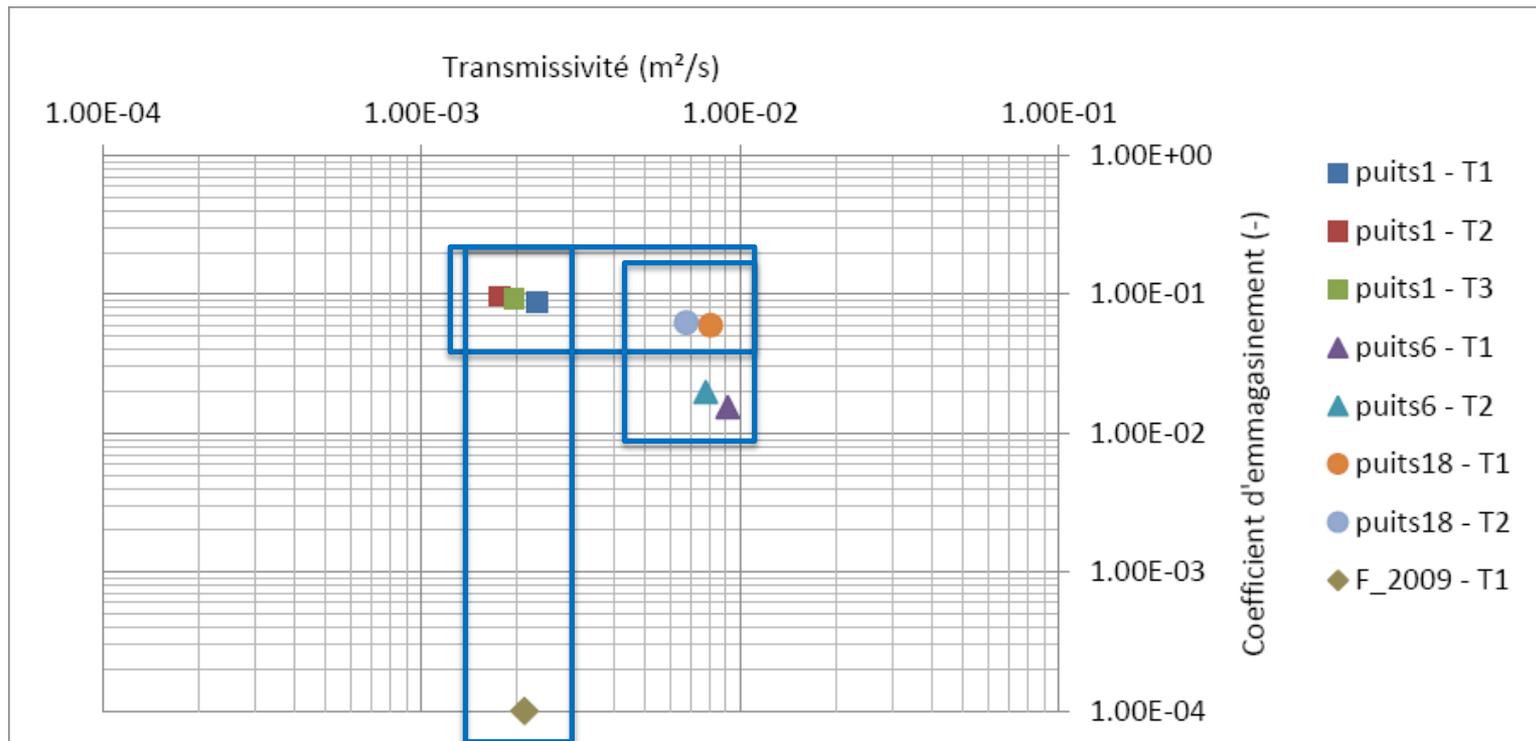


Illustration 49 : Synthèse des paramètres hydrodynamiques déduits de l'essai de nappe

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

> Impact sur les ouvrages proximaux en terme de rabattement (s) :

- Réaction des ouvrages à t=72h
 - Puits1 : s#0.3 m distant de 103 m du puits F_2009
 - Puits6 : s#0.3 m distant de 157 m du puits F_2009
 - Puits18 : s#0.06 m distant de 280 m du puits F_2009

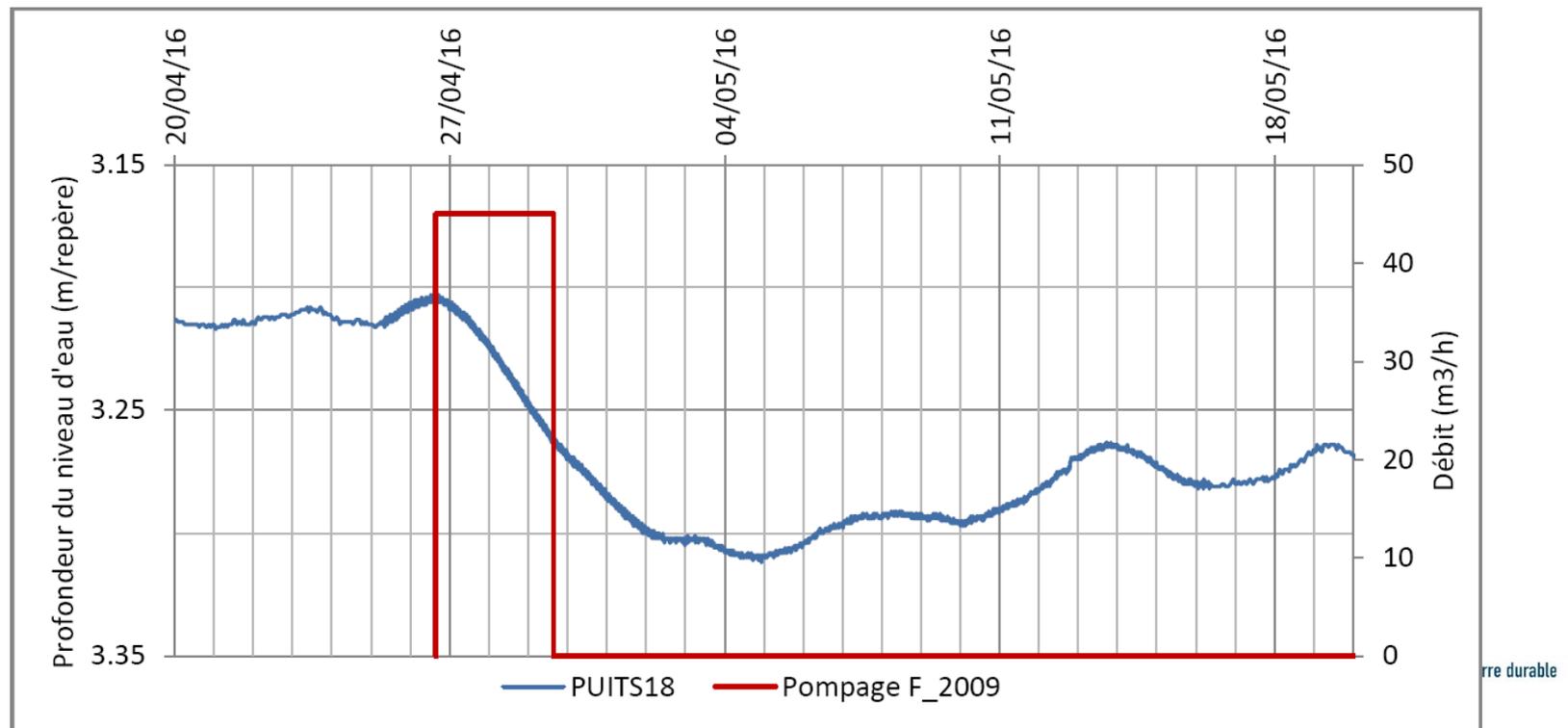
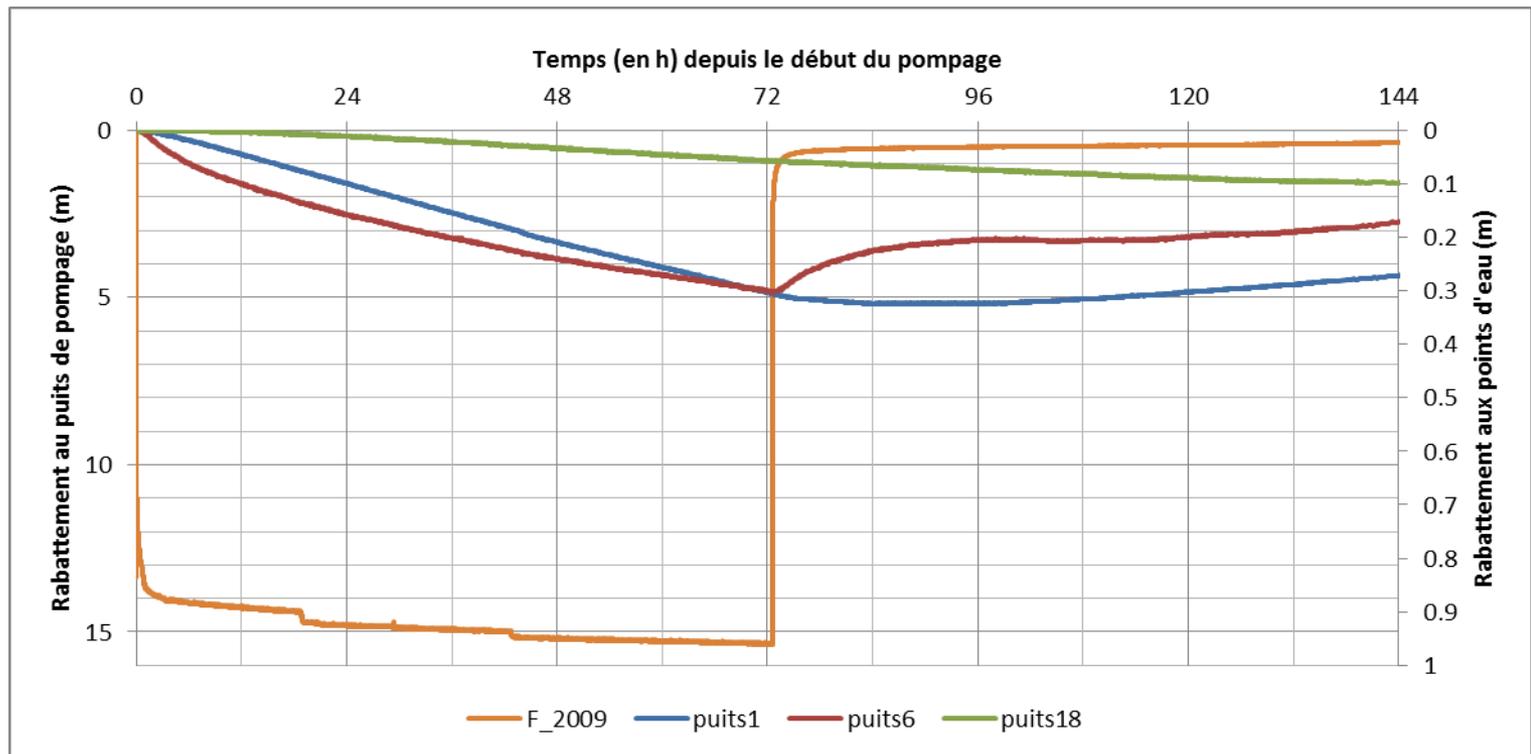


Illustration 36 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit du puits18 lors de l'essai de nappe

Tâche 4 : Réalisation de pompages d'essais sur le puits

> Impact sur les ouvrages proximaux en terme de rabattement (s) :

- Réaction des ouvrages à t=72h
 - Puits1 : s#0.3 m distant de 103 m du puits F_2009
 - Puits6 : s#0.3 m distant de 157 m du puits F_2009
 - Puits18 : s#0.06 m distant de 280 m du puits F_2009



e durable

origin

Tâche 5 : Équipement des points d'eau sur la période d'étiage estivale

- > Équipement des points d'eau recensés (pas horaire) et contrôle régulier du matériel sur le terrain

- > Diminution du niveau de l'étang en période estivale suite à l'obturation du canal d'alimentation entre le ru et celui-ci :
 - L'adjointe au Maire vérifie l'état de l'étang régulièrement

 - Contacte le BRGM en cas de baisse rapide du niveau d'eau mettant en danger les populations piscicoles

 - Le BRGM échange avec la DDT dans ce cas pour statuer des actions à réaliser (retrait du bouchon)

- > En définitive, pas de problème d'assèchement de l'étang

Tâche 6 : Valorisation des données et rédaction d'un rapport

> Rédaction d'un rapport intégrant la synthèse des tâches 1 à 5

- Étude de l'influence d'un prélèvement agricole sur la nappe souterraine des sables de Cuise (Yprésien supérieur) au droit de la commune de Moulin-sous-Touvent (60). Rapport final, BRGM/[RP-66347-FR](#), Novembre 2016
- Recensement des points d'eau
- Passage caméra
- Développement de l'interprétation de l'essai de puits
- Interprétation de l'essai de nappe
- Impact du pompage de longue durée sur les ouvrages voisins
- Équipement des points d'eau sur la période d'étiage estivale
- Interactions entre le forage et les ouvrages proximaux

Tâche 5 : Suivi longue durée

Tableau 10 : Date de début/fin et débit de pompage au puits F_2009 durant de la période d'irrigation

> Prélèvements estivaux

	Date	Débit (m ³ /h)	Durée (h)	Volume prélevé (m ³)
Démarrage	18/07/2016 19:00	58	190,50	11049,0
Arrêt	26/07/2016 17:30	0		
Démarrage	30/07/2016 09:10	58	94,75	5495,5
Arrêt	03/08/2016 07:55	0		
Démarrage	13/08/2016 11:10	58	124,83	7240,3
Arrêt	18/08/2016 16:00	0		
Démarrage	01/09/2016 09:05	58	77,42	4490,2
Arrêt	04/09/2016 14:30	0		

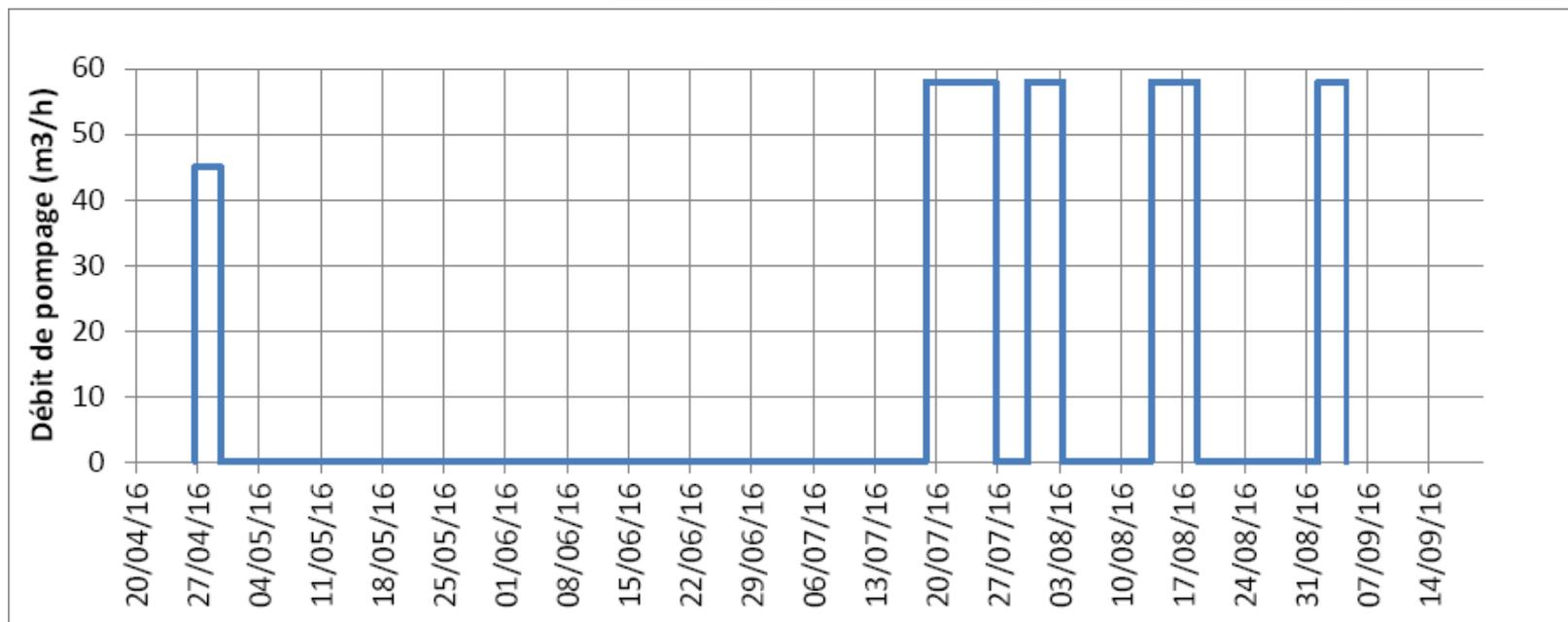


Illustration 53 : Prélèvements au puits F_2009 lors de l'essai de nappe et durant la période d'irrigation

Tâche 5 : Suivi longue durée

> Rabattement au puits de pompage

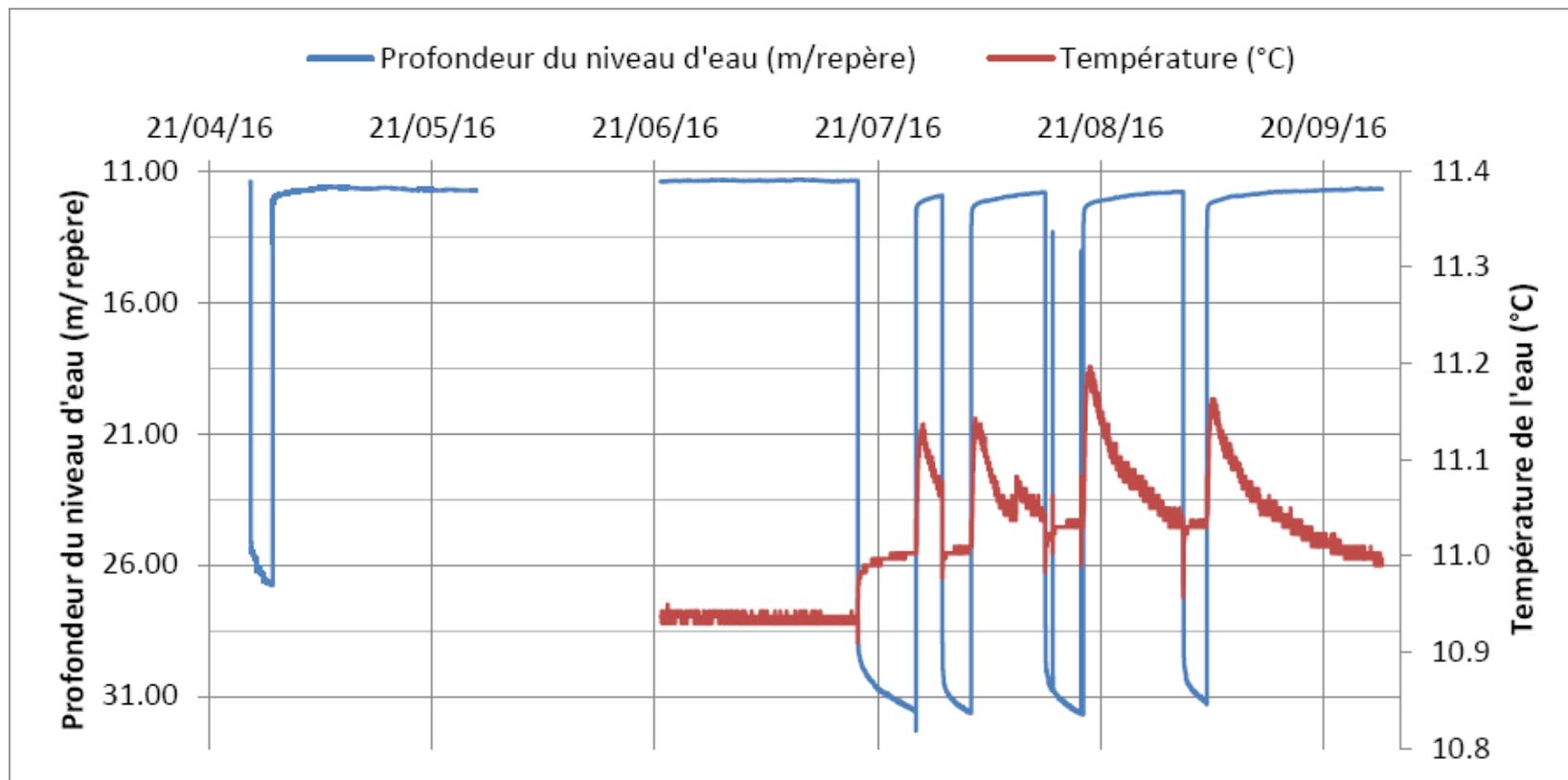


Illustration 54 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau et de la température de l'eau au droit du puits F_2009

Tâche 5 : Suivi longue durée

➤ Point d'eau ayant réagis : puits1, puits6, puits18, puits2dev

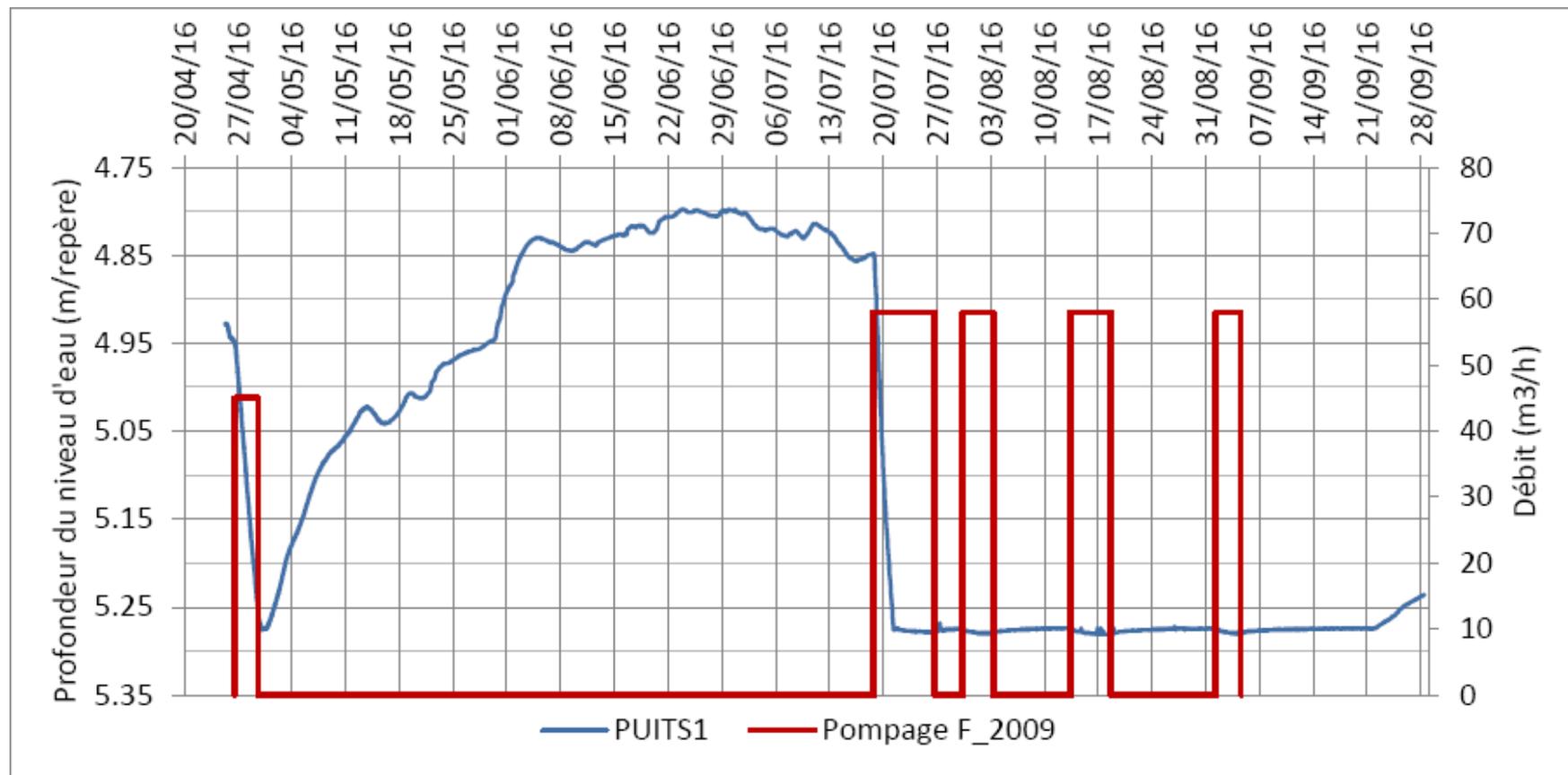


Illustration 56 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit du puits1 et du débit de pompage au puits F_2009



Tâche 5 : Suivi longue durée

➤ Point d'eau ayant réagis

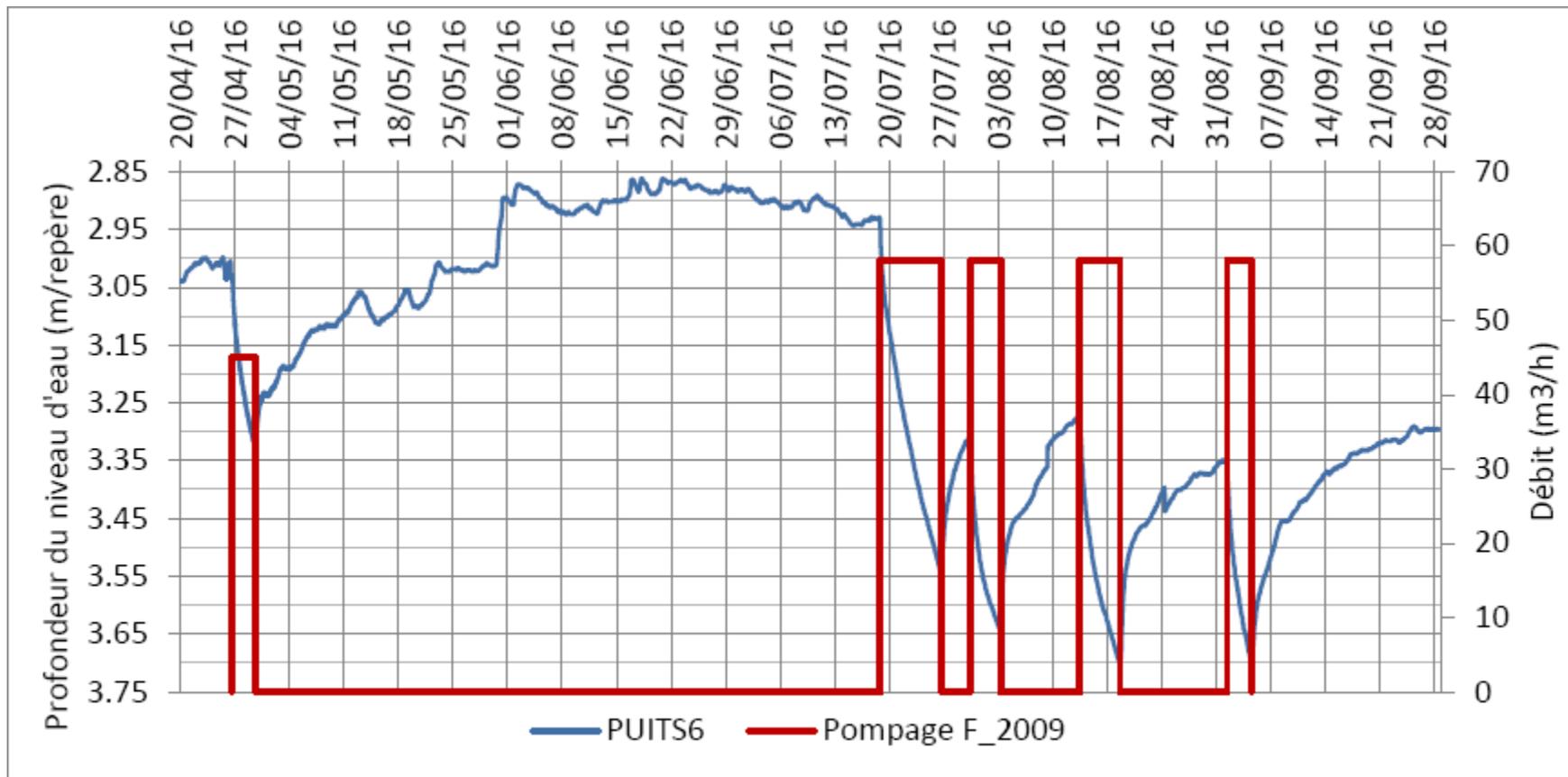


Illustration 57 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit du puits6 et du débit de pompage au puits F_2009

Tâche 5 : Suivi longue durée

> Point d'eau n'ayant pas réagis

- Déclin naturel de la nappe en période estivale

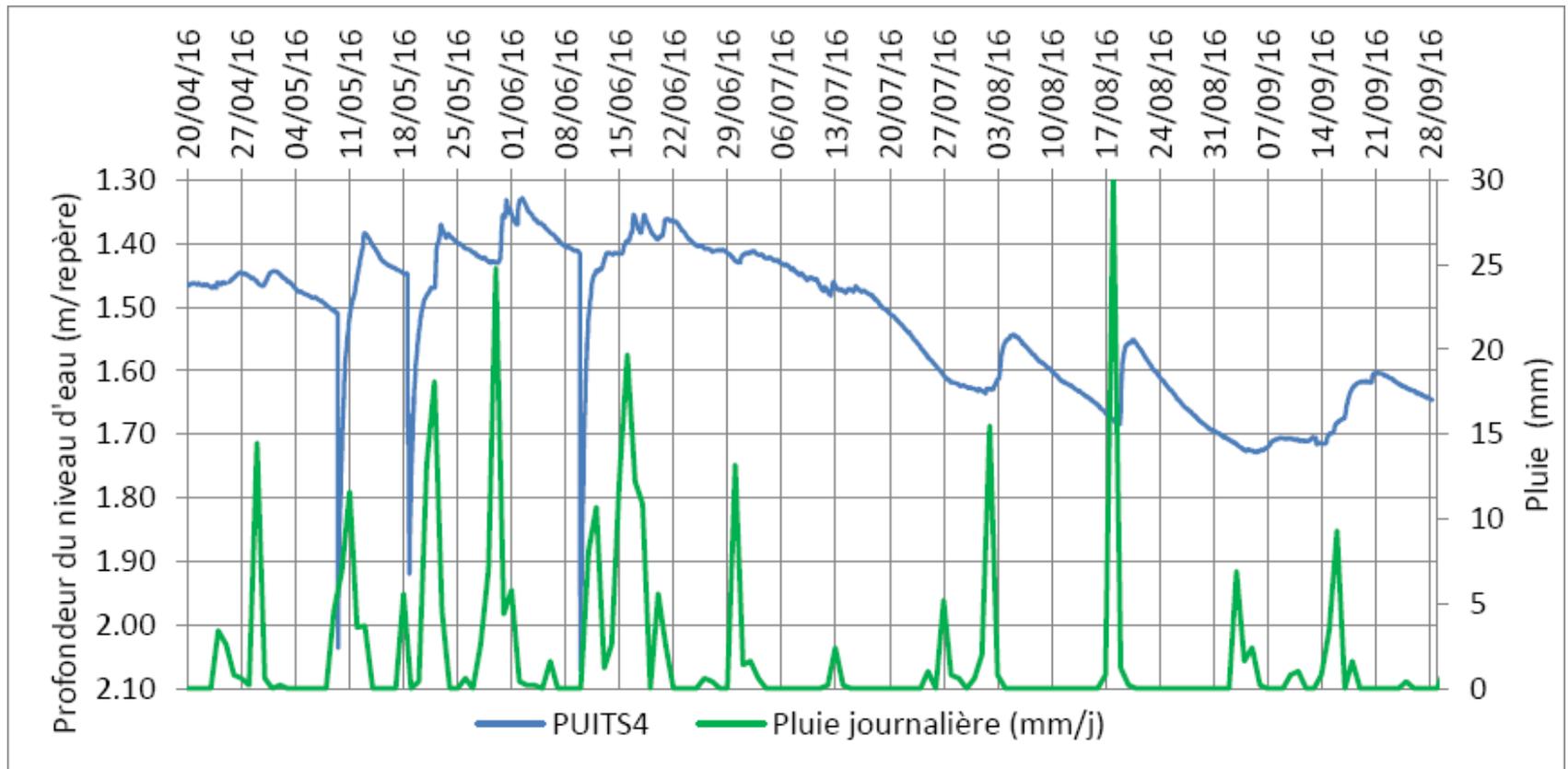


Illustration 63 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit du puits4 et de la pluie journalière F_2009

bte

REG

Tâche 5 : Suivi longue durée

➤ Point d'eau n'ayant pas réagis

- Déclin naturel de la nappe : vidange naturelle de la nappe

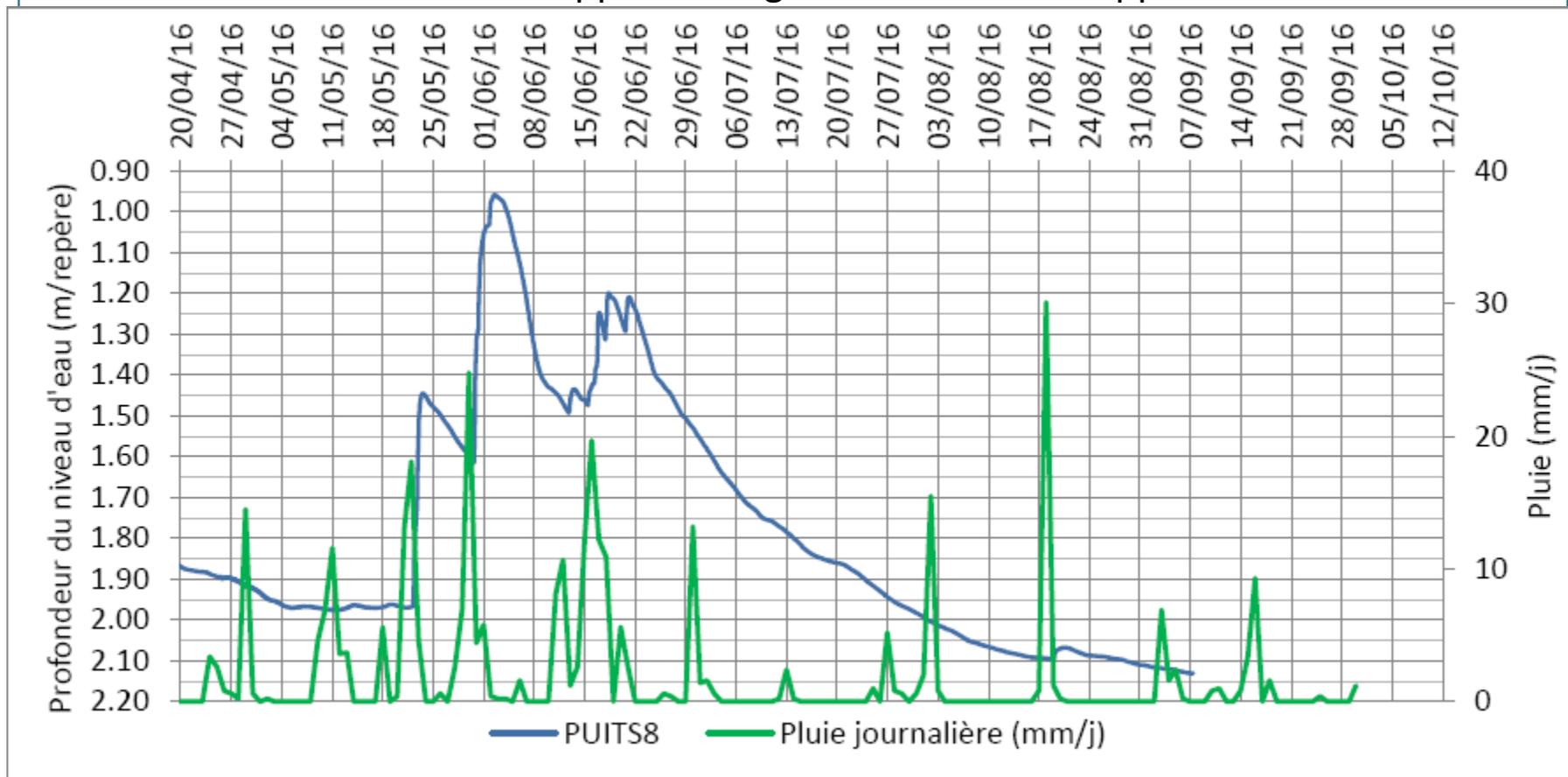


Illustration 65 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit du puits8 et de la pluie journalière F_2009

Tâche 5 : Suivi longue durée

➤ Point d'eau n'ayant pas réagis

- Déclin naturel lié à l'absence de précipitations

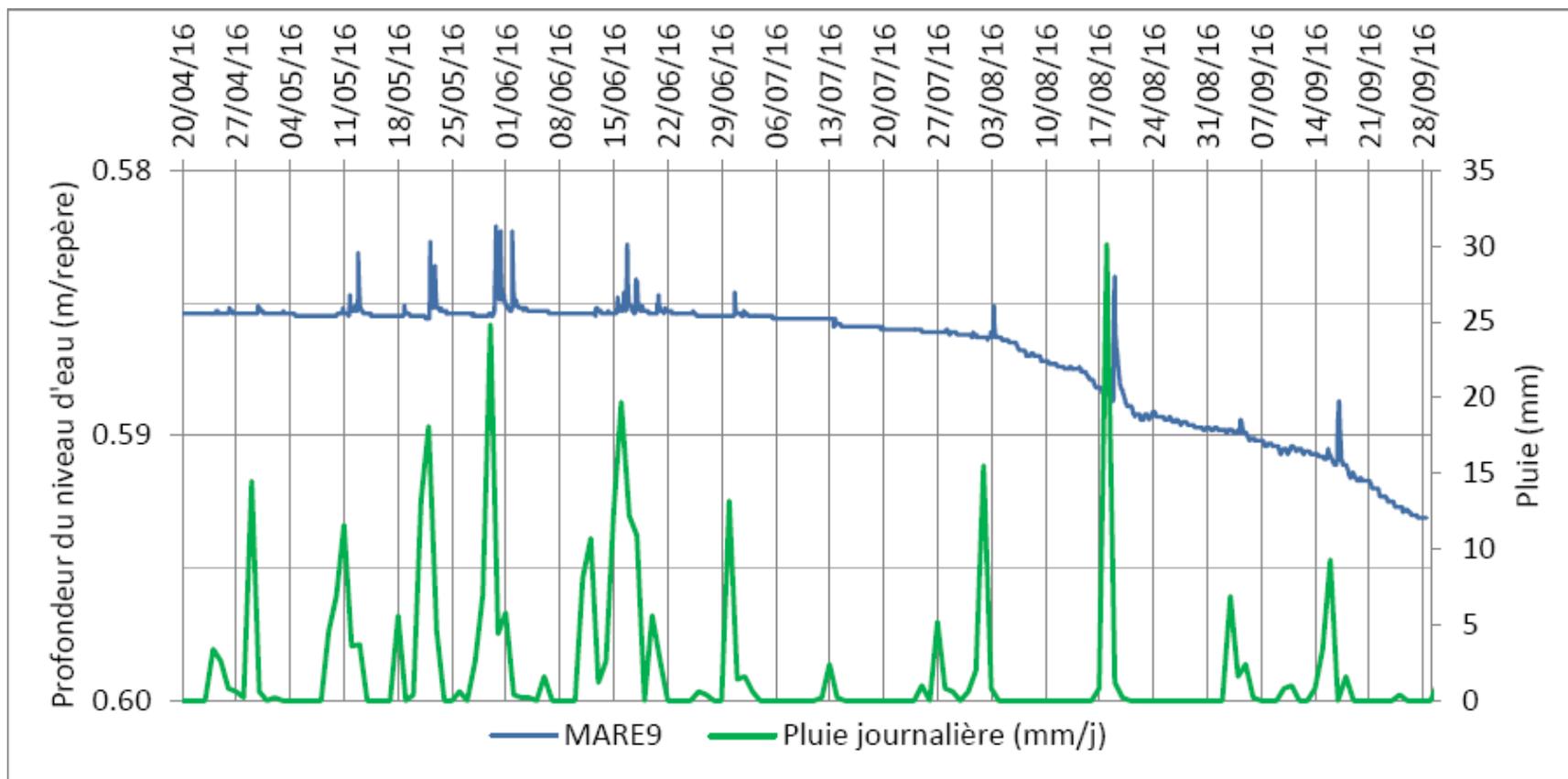


Illustration 71 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit de la mare9 et de la pluie journalière F_2009



Tâche 5 : Suivi longue durée

➤ Point d'eau n'ayant pas réagis

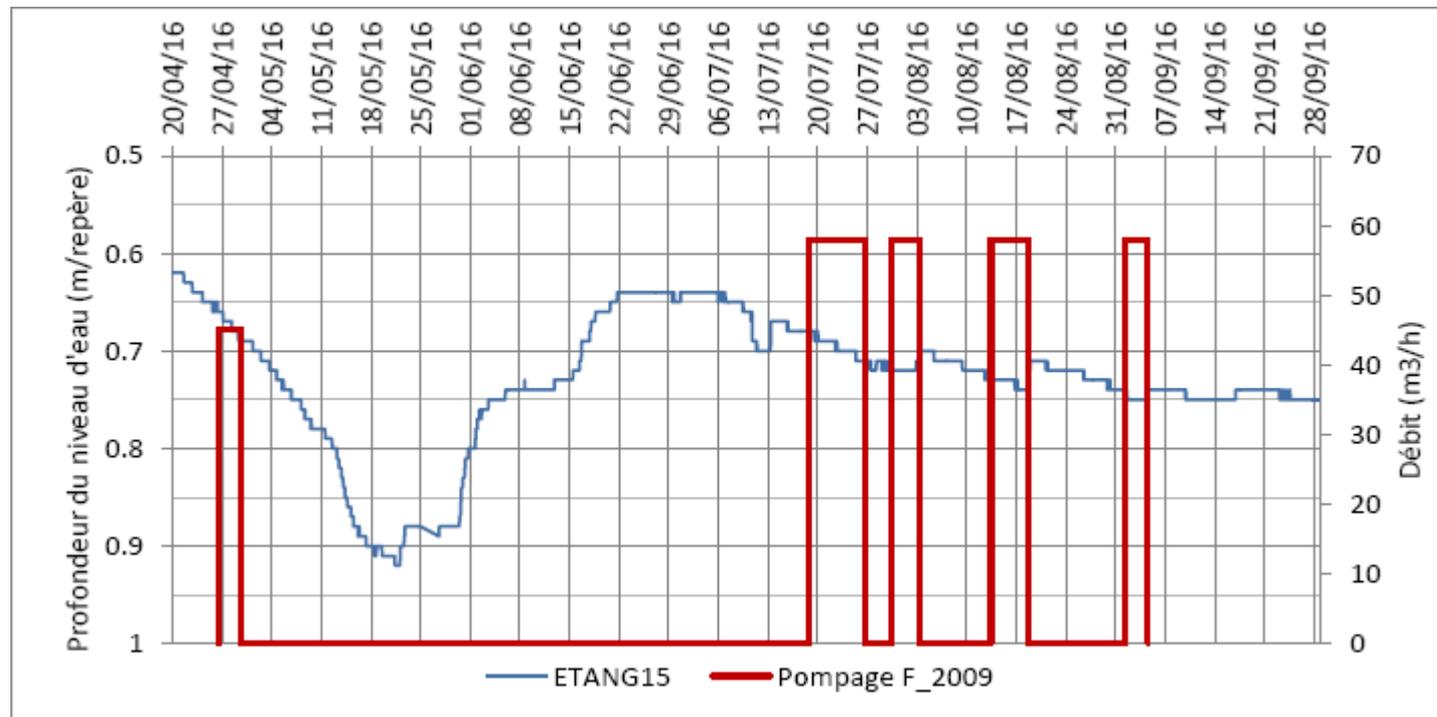


Illustration 72 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit de l'étang15 et du débit de pompage au puits F_2009

Tâche 5 : Suivi longue durée

> Point d'eau n'ayant pas réagis

- Variation de la nappe lié aux variations de la pression atmosphérique

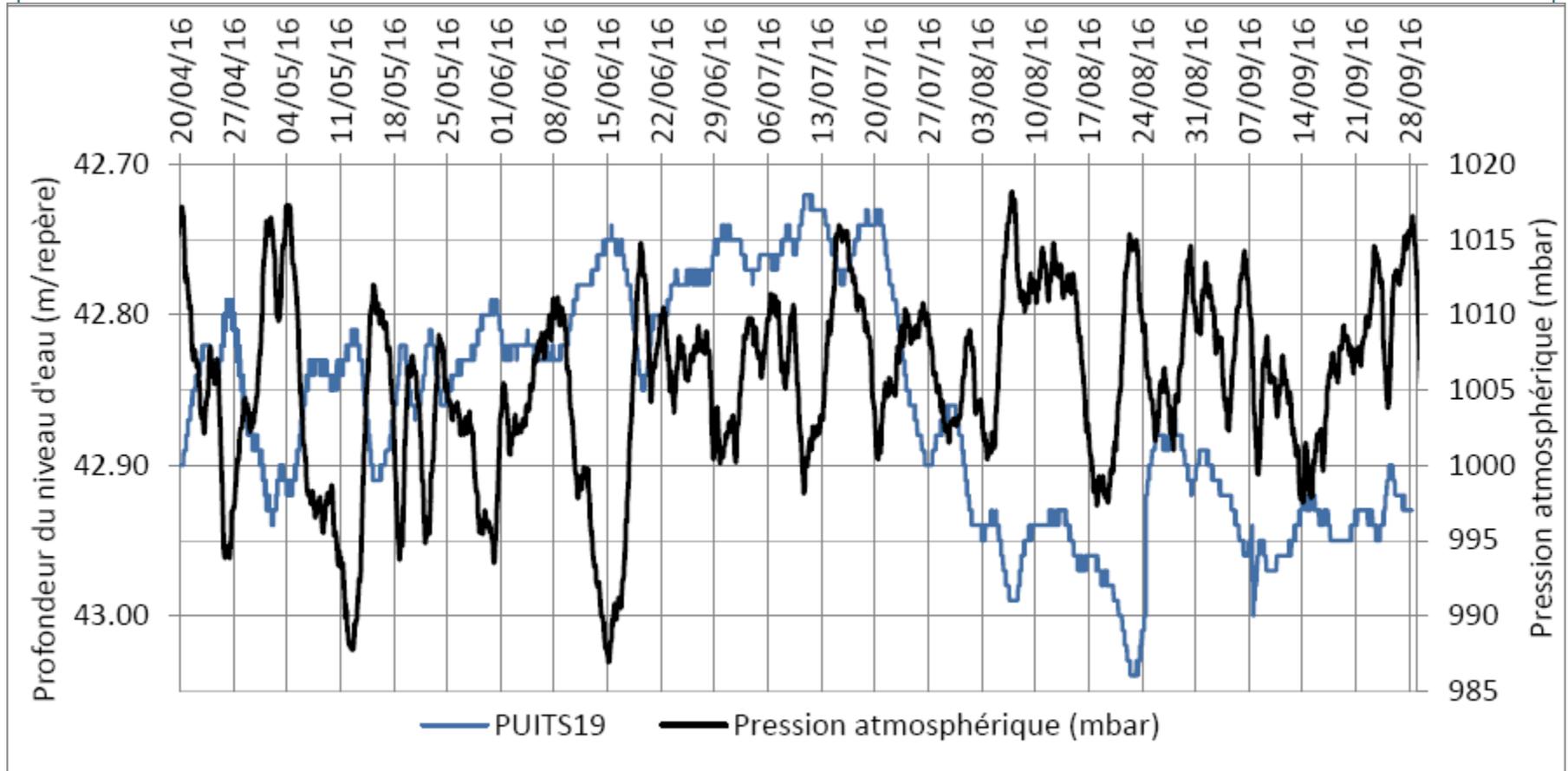


Illustration 69 : Évolution de la profondeur du niveau d'eau au droit du puits19 et de la pression atmosphérique F_2009

Conclusions et recommandations (1)

- > **L'essai de puits** a montré que pour maximiser la longévité de l'ouvrage il est conseillé de l'exploiter à un débit dans la zone d'écoulement laminaire (50 m³/h)

- > **Lors de l'essai de nappe**, le rabattement dans les points d'eau proximaux, au bout de 72h de pompage à 45 m³/h était de :
 - 0,3 m au puits1 et au puits6, situés respectivement à 103 m et 157 m du puits F_2009 ;
 - 0,06 m au puits18, situé à 280 m du puits F_2009.

 - L'évaluation des paramètres hydrodynamiques donne une **transmissivité (T)** de l'ordre de 2×10^{-3} m²/s pour le puits F_2009 et le puits1 à 8×10^{-3} m²/s pour le puits6 et le puits18 ;

 - Le **coefficient d'emmagasinement (S)** a pu être évalué aux points d'observation : de l'ordre de 1.7×10^{-2} au puits6 à 8×10^{-2} au puits 1 et puits18.

Conclusions et recommandations (2)

- > **Le suivi de longue durée des points d'eau** recensés et du puits F_2009 a permis d'observer le comportement **naturel** de la nappe soumis aux aléas météorologiques et aux phases de **prélèvements** en période d'irrigation.
- D'une part la nappe présente d'une part **des variations de son niveau** à la hausse lors des forts évènements pluviométriques de fin mai, mi-juin et courant août
 - D'autre part **une vidange naturelle, en l'absence de prélèvements**, qui s'opère fin **juin jusque septembre** et se traduit par un **déclin naturel du niveau de la nappe**.
 - Les autres points d'eau (puits4, puits8, puits9, mare9, etang15) ne montrent **pas d'impact hydrodynamique** lié aux phases de prélèvements. Ce constat est à relier à l'extension du cône de rabattement en nappe libre autour du puits F_2009.
 - Enfin, **l'extension du cône de rabattement autour du puits de pompage** dépend du temps de pompage (le débit n'a aucun impact).

Conclusions et recommandations (2)

- > **De la synthèse de l'ensemble de ces informations et de leur analyse et interprétation, il est recommandé :**
 - Afin de **maximiser la longévité** du forage F_2009, de l'exploiter en deçà 50 m³/h (fonctionnement de l'ouvrage de manière optimale) ;
 - D'exploiter le puits F_2009 sur des durées plus courtes (par exemple 24h, à définir sur la base des paramètres hydrodynamiques évalués) avec remontée intermédiaire équivalente à la durée de pompage afin de réduire l'extension du cône de rabattement dans l'espace (6 cm à 280 m), plutôt que d'enchaîner les phases de pompages consécutives sur des périodes plus longues.

- > **Dans les conditions hydrogéologiques et les conditions de pompage de l'année 2016, l'impact du pompage F_2009 n'a pas été mis en évidence sur la partie aval de la commune.**

Chronogramme actualisé

Tâches	année de l'opération												année n+1
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
① Recensement et visite de terrain				X									
② Équipement des points d'eau				X									
③ Inspection caméra				X									
④ Pompages d'essai (par paliers et longue durée)				X	X								
⑤ Équipement longue durée des points d'eau (facultative sous condition)				X	X	X	X	X	X				
⑥ Valorisation des données et rédaction du rapport						X	X	X	X	X	X		
Réunion d'avancement							X					X	
Réunion de restitution en mairie													