

Pièce n°5 – Document d'incidence

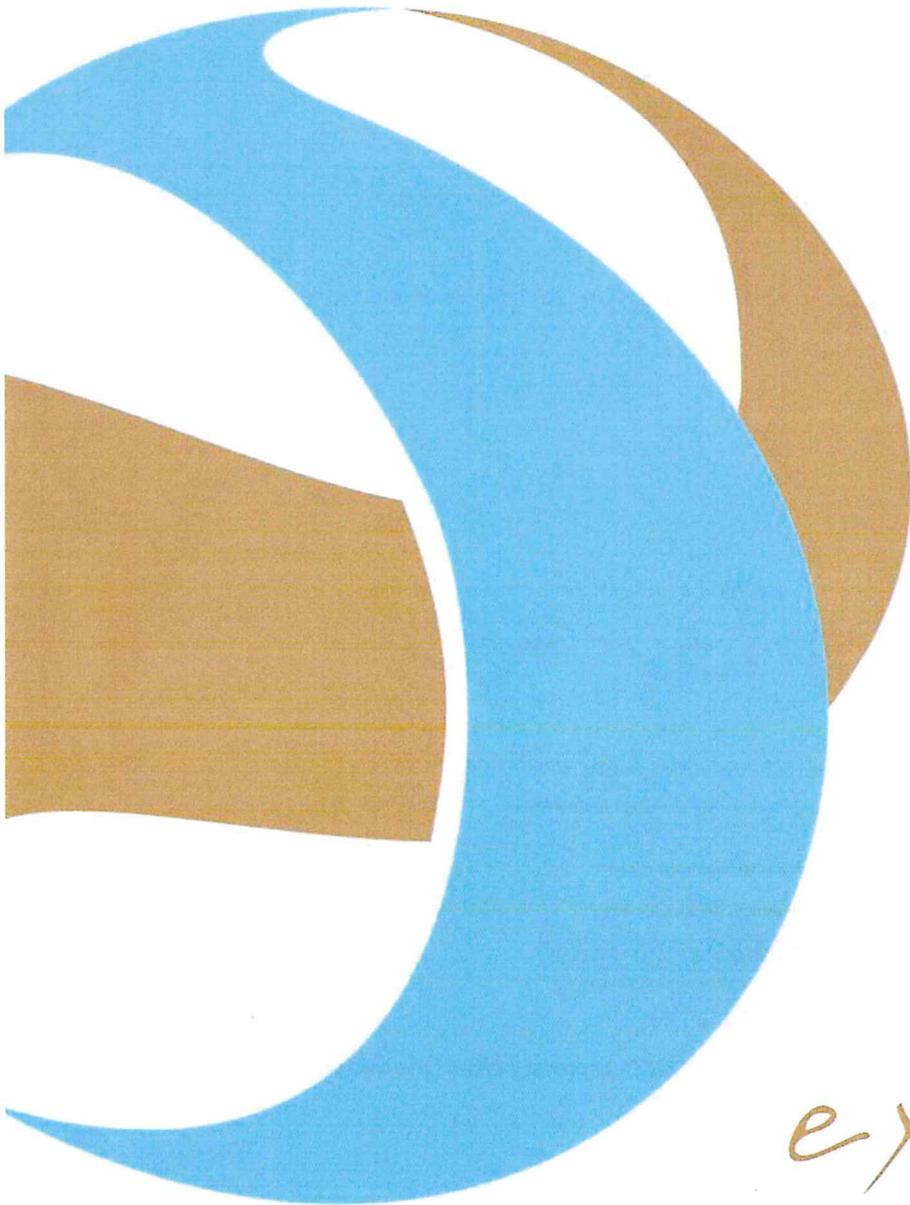
76007-03

SIAEPA de la Région de Sierville

Diagnostic du forage S3 (indice BRGM 0077-5X-0105)

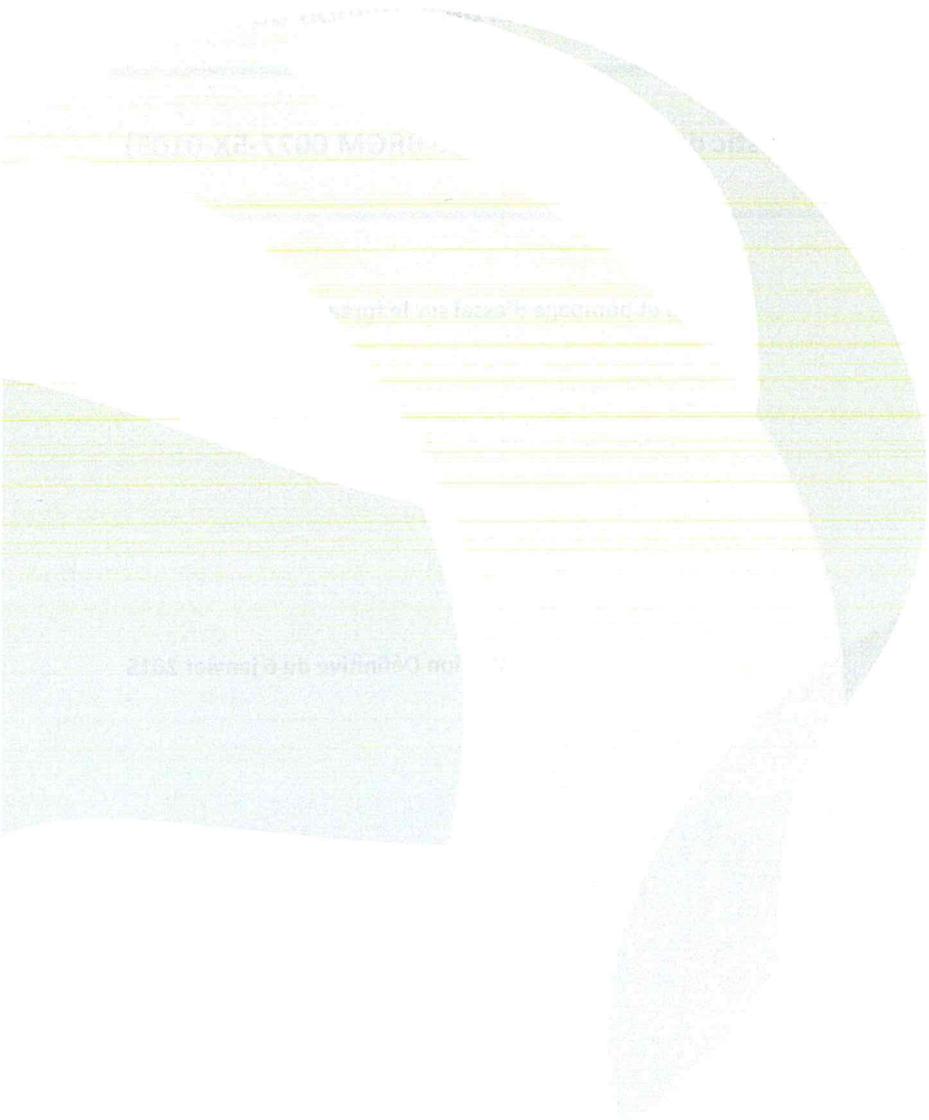
Examen et pompage d'essai sur le forage et suivi du milieu

Version Définitive du 6 janvier 2015



explor-e

Solutions risques naturels hydrogéologie et environnement



explor-e

SARL au capital de 40 000 euros - RCS Le Havre - Siret : 510 864 226 00012 - APE : 7112B

Siège social : 2, Rue du Presbytère – 76540 Thérouldeville
Bureaux : 908-3, route de Veules-les-Roses – 76760 Yerville

Mail : contact@explor-e.fr

Site internet : www.explor-e.fr

 **N°Vert 0 800 00 28 12**
APPEL GRATUIT DEPUIS UN POSTE FIXE

Rédacteurs : François HUCHET & Jean-Christophe SERVY - Explor-e / Albin DAUMALLE - D.I.R'eau

Sommaire général

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION	1
1.1	Contexte	1
1.2	Objet de la présente mission	1
1.3	Intervenants	2
2	PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET CONNAISSANCES INITIALES	3
2.1	Informations générales	3
2.2	Carte d'identité du forage lors de sa création	5
2.2.1	<i>Contexte préalable à la réalisation</i>	5
2.2.2	<i>Réalisation</i>	6
2.2.3	<i>Coupe géologique du forage</i>	7
2.2.4	<i>Coupe technique du forage</i>	8
2.2.5	<i>Caractéristiques de l'aquifère obtenues à la création du forage</i>	9
2.2.6	<i>Autres éléments de connaissance de l'ouvrage et de l'aquifère</i>	13
2.2.7	<i>Faciès chimique initial des eaux captées</i>	15
2.3	Exploitation actuelle de l'ouvrage	15
3	MISE EN ŒUVRE OPÉRATIONNELLE DU DIAGNOSTIC 2014	17
3.1	Travaux préparatoires aux essais de pompage	17
3.1.1	<i>Interventions prises en charge par l'exploitant (SIAEPA de la Région de Sierville)</i>	17
3.1.2	<i>Interventions à la charge du groupement explor-e/DIR'eau</i>	17
3.2	Détails du déroulement de l'intervention	23
3.3	Conditions de réalisation des essais de pompage	27
3.3.1	<i>Météorologiques – Précipitations</i>	27
3.3.2	<i>Conditions hydrogéologiques – Etat de la nappe</i>	29
3.3.3	<i>Etat de la rivière</i>	31



4	POMPAGES D'ESSAIS 2014.....	33
4.1	Pompage de développement	34
4.1.1	<i>Présentation de la méthode</i>	34
4.1.2	<i>Mode opératoire</i>	34
4.2	Pompage d'essai par paliers	37
4.2.1	<i>Présentation de la méthode</i>	37
4.2.2	<i>Mode opératoire</i>	38
4.2.3	<i>Résultats – Interprétation</i>	39
4.3	Pompage d'essai longue durée (72h)	43
4.3.1	<i>Mode opératoire</i>	43
4.3.2	<i>Résultats – Interprétations</i>	44
4.4	Interprétations des variations de nappe observées sur le forage et les autres points de suivi lors du pompage 72h	49
4.4.1	<i>Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage AEP S2</i>	49
4.4.2	<i>Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage S1</i>	52
4.4.3	<i>Calcul du coefficient d'emmagasinement</i>	53
4.4.4	<i>Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le piézomètre</i>	54
4.4.5	<i>Calcul du coefficient d'emmagasinement</i>	55
4.4.6	<i>Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage et la Clérette</i>	56
4.4.7	<i>Résultats – Interprétation</i>	60
4.4.8	<i>Synthèse du suivi des variations de hauteur d'eau sur les points de mesure lors du pompage longue durée</i>	61
4.4.9	<i>Calcul des indicateurs DREAL</i>	62
5	EXAMEN DU FORAGE PAR CAMÉRA IMMERGÉE	65
5.1	Intervention	65
5.2	Caractéristiques générales	66
5.3	Compte-rendu de l'inspection vidéo du forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105)	67
5.3.1	<i>Tête de forage</i>	67

5.3.2	Casing hors d'eau	67
5.3.3	Eau	68
5.3.4	Casing immergé	75
5.4	Synthèse de l'inspection vidéo	85
6	DIAGRAPHIES DIFFÉRÉES	87
6.1	Objectifs	87
6.2	Mesures au micromoulinet – Caractérisation des niveaux productifs du forage S3 d'Anceaumeville	87
6.2.1	Présentation – Mode opératoire	87
6.2.2	Résultats – Interprétation	88
6.3	Mesures de la thermoconductivité	90
6.3.1	Présentation – Mode opératoire	90
6.3.2	Résultats – Interprétation	90
7	QUALITÉS DES EAUX CAPTÉES	93
7.1	Suivi de la turbidité durant l'essai de pompage	93
7.2	Suivi des paramètres physico-chimiques	95
7.3	Résultats de l'analyse 1 ^{re} adduction à partir de l'échantillonnage du 11 juillet 2014	97
8	CONCLUSION	99
8.1	Synthèse	99
8.2	Propositions	103

Sommaire des illustrations

Liste des tableaux

Tableau 1	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Fiche signalétique (Source : Infoterre)	4
Tableau 2	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Coordonnées du forage (Source : BRGM)	5
Tableau 3	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Intervenants lors de la réalisation (Source : Rapport ANTEA – 1998)	6
Tableau 4	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Développement de l'ouvrage (Source : Rapport ANTEA - 1998)	7
Tableau 5	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Coupe géologique (Source : BRGM – Rapport ANTEA - 1998)	7
Tableau 6	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Caractéristiques techniques du forage définitif (Source : Rapport ANTEA - 1998)	9
Tableau 7	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Caractéristiques de l'espace annulaire (Source : Rapport ANTEA - 1998)	9
Tableau 8	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Résultats des essais par paliers (Source : Rapport ANTEA - 1998)	10
Tableau 9	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Paramètres déduits des essais par paliers (Source : Rapport ANTEA - 1998)	11
Tableau 10	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Données du pompage simultané (Source : Rapport ANTEA - 1998)	14
Tableau 11	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des pompages par pistonages réalisés le 8 juillet 2014	34
Tableau 12	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des paliers de pompage réalisés lors de l'essai du 9 juillet 2014	38
Tableau 13	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des paliers de pompage réalisés lors de l'essai du 9 juillet 2014	39
Tableau 14	Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Calcul des pertes de charges pour différents débits d'exploitation	41

Tableau 15	: Descriptifs des profils pour les jaugeages réalisés sur la Clérette durant le suivi de juillet 2014	59
Tableau 16	: Résultats des opérations de jaugeage réalisées sur la Clérette durant le suivi de juillet 2014	60
Tableau 17	: Prélèvements annuels sur le BAC du forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105)	62
Tableau 18	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des résultats de l'analyse 1 ^{re} adduction	98

Liste des graphiques

Graphique 1	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Interprétations des essais de pompage par paliers d'octobre 1997 (Source : Rapport ANTEA - 1998)	10
Graphique 2	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Essai longue durée d'octobre 1997 (Source : Rapport ANTEA - 1998)	12
Graphique 3	: Précipitations journalières mesurées sur le site du forage S3 d'Anceaumeville entre le 3 et le 15 juillet 2014 – Période des essais (du 7 au 13 juillet compris) indiquée en rouge	27
Graphique 4	: Variations piézométriques enregistrées sur l'ouvrage de la « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030) – Source : ADES	30
Graphique 5	: Zoom sur les variations piézométriques enregistrées sur l'ouvrage de la « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030) – Source : ADES	31
Graphique 6	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations relatives de la nappe sur le forage (données brutes)	33
Graphique 7	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Phase de développement par pistonnage	35
Graphique 8	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Phase de développement par pistonnage avec suivi de la turbidité	35
Graphique 9	: Décomposition du rabattement au puits	37
Graphique 10.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations relatives de la nappe sur le forage (données brutes) – Essai par paliers	39
Graphique 11.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Courbe caractéristique du pompage par paliers du 9 juillet 2014	40
Graphique 12.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Pompage par paliers avec suivi de la turbidité	41

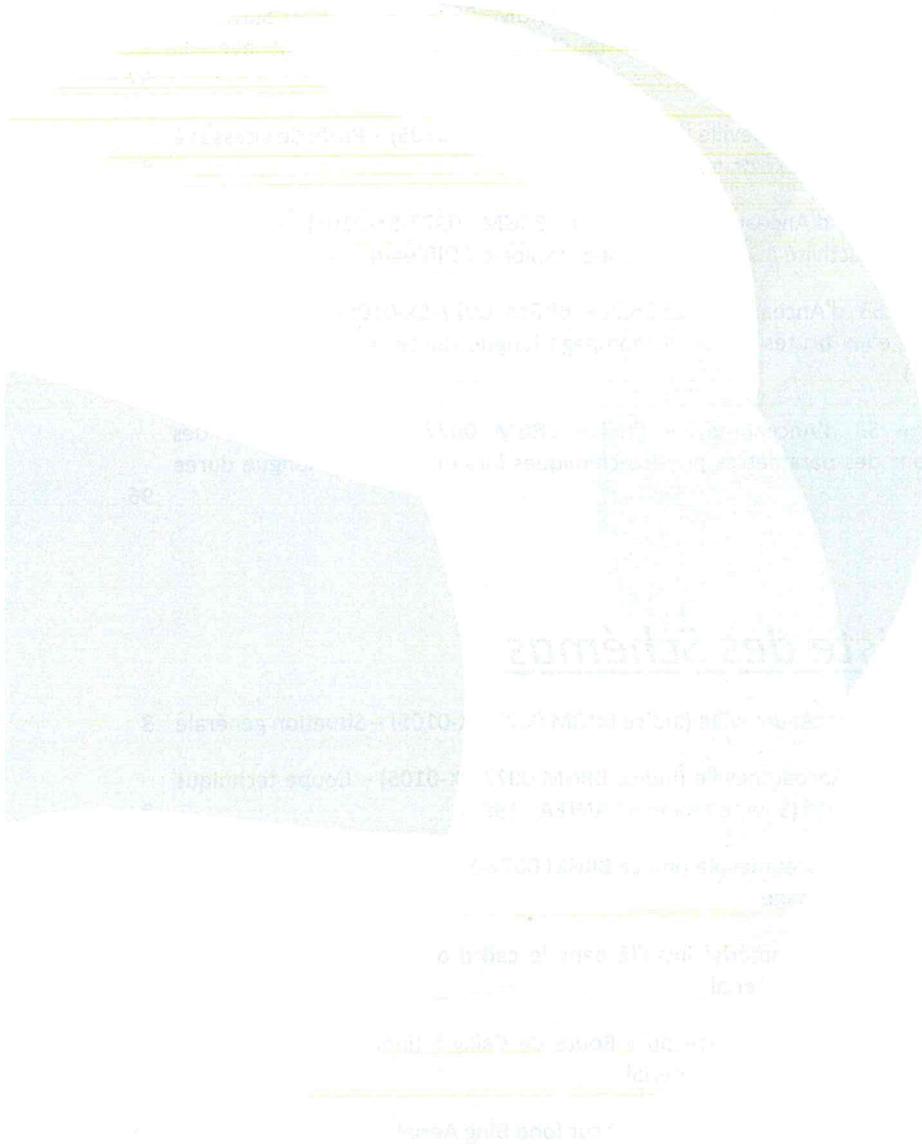


Graphique 13.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Comparaison des courbes caractéristiques des essais de pompage de 1997 et 2014	42
Graphique 14.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations relatives de la nappe sur le forage (données brutes) – Essai longue durée – Données brutes : illustration des différentes phases du pompage	43
Graphique 15.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Rapprochement des variations du niveau piézométrique durant les essais de pompage avec la pluviométrie mesurée sur le site de Launaye à Anceaumeville	44
Graphique 16.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Rapprochement des variations du niveau piézométrique en régime statique durant les essais de pompage avec la pluviométrie mesurée sur le site de Launaye à Anceaumeville	45
Graphique 17.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Rapprochement des variations du niveau piézométrique en régime dynamique durant les essais de pompage avec la pluviométrie mesurée sur le site de Launaye à Anceaumeville	45
Graphique 18.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations du rabattement depuis le début du pompage longue durée pour le calcul de la transmissivité lors de la descente – Echelle des temps logarithmique	47
Graphique 19.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations du rabattement depuis l'arrêt du pompage longue durée pour le calcul de la transmissivité lors de la remontée – Echelle des temps logarithmique	47
Graphique 20.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage AEP S2 – Zoom sur l'essai de pompage longue durée	49
Graphique 21.....	: Forage S2 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0103) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie et les phases de pompage d'exploitation sur le forage S2 (données Eaux de Normandie) – Zoom sur l'essai de pompage longue durée sur le forage S3	51
Graphique 22.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage S1 – Zoom sur l'essai de pompage longue durée	52
Graphique 23.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations de piézométrie sur le forage S1 – Variations du rabattement sur le forage S1 à partir du début du pompage longue durée – Echelle des temps logarithmique	53
Graphique 24.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le piézomètre – Zoom sur l'essai de pompage longue durée	54
Graphique 25.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations de piézométrie sur le forage S1 – Variations du rabattement sur le	

	piézomètre à partir du début du pompage longue durée – Echelle des temps logarithmique	55
Graphique 26.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de piézométrie sur le forage S3 et de hauteur d'eau sur la Clérette – Zoom sur la semaine des essais de pompage	56
Graphique 27.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations de hauteur d'eau sur la Clérette – Rapprochement avec la pluviométrie	57
Graphique 28.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Profil de vitesses à 90 m ³ /h (données explor-e / DIR'eau)	89
Graphique 29.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Log de thermoconductivité à 30 m ³ /h (données explor-e / DIR'eau)	91
Graphique 30.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi de la turbidité eaux brutes durant le pompage longue durée (données explor-e / DIR'eau)	94
Graphique 31.....	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations des paramètres physico-chimiques lors du pompage longue durée de 72h	96

Liste des Schémas

Schéma 1	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Situation générale	3
Schéma 2	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Coupe technique du forage définitif (Source : Rapport ANTEA - 1998)	8
Schéma 3	: Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Emplacement des ouvrages de pompage	13
Schéma 4	: Implantation du matériel installé dans le cadre des essais de pompage – Report sur fond Bing Aerial	18
Schéma 5	: Localisation de piézomètre du « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030) – Report sur fond Bing Aerial	29
Schéma 6	: Localisation des jaugeages – Report sur fond Bing Aerial	58



Contexte et objectifs de la mission

1.1 Contexte

Pour assurer la production et la distribution en eau potable des 6 000 habitants (environ 1 800 abonnés), le SIAEPA de la région de Sierville produit chaque année entre 270 000 et 300 000 m³, soit un débit journalier moyen de l'ordre de 820 m³/jr.

Afin de couvrir ses besoins d'eau potable, le SIAEPA de la Région de Sierville dispose de 3 ressources en eau :

- Le **captage de la source d'Anceaumeville** (code BSS n° 00775X0018), aujourd'hui abandonné ;
- Le **forage S2** situé à Anceaumeville (code BSS n° 00775X0103) ;
- Le **forage S1** situé à Sierville (code BSS n° 00764X0020).

Dans les années 90, le syndicat de la Région de Sierville s'est associé au syndicat de Montville pour réaliser une opération de recherche d'eau dans la vallée de la Clérette, à proximité de la source captée d'Anceaumeville, aujourd'hui abandonnée.

Cette opération a conduit à la mise en place de 3 forages d'essai (S1, S2 et S3) exécutés en 1997 (étude ANTEA), dont un a été retenu pour une exploitation, le forage S2.

Depuis l'année 2001, le forage S2 constitue la principale ressource du syndicat. Sa DUP autorise un prélèvement de 1 200 m³/j pour un débit maximum de 60 m³/h.

1.2 Objet de la présente mission

Actuellement, le bilan besoin-ressources est excédentaire grâce au forage S2 d'Anceaumeville dont la bonne qualité des eaux s'est maintenue.

Le syndicat ne dispose cependant d'aucun secours en cas de problème sur cette ressource stratégique. En particulier, son diamètre est insuffisant pour accueillir une 2^e pompe en secours, le rendant très vulnérable à un éventuel problème électromécanique.

Les deux autres forages d'essais réalisés en 1997 sur le site n'ayant pas été rebouchés, le maître d'ouvrage souhaite effectuer un nouveau test sur l'un des deux forages (S3) pour compléter sa production en eau.

L'objectif de cette opération est donc triple :

1. Vérifier l'état de l'ouvrage ;
2. Le tester par pompage en vérifiant l'impact sur le milieu naturel ;
3. Présenter au syndicat les possibilités de mise en service.

Une synthèse bibliographique des données de l'ouvrage (suite aux essais d'ANTEA de 1997) sera faite en amont des interprétations du diagnostic du forage S3 d'Anceaumeville afin de constituer une base de renseignements utiles quant à l'évolution du forage depuis sa création.

Dans les faits, la mission a compris les interventions suivantes :

- ✓ Pose et suivi de matériels de mesure sur l'ouvrage S3 et les points de mesure associés (forage AEP actuel d'Anceaumeville, forage S1 d'Anceaumeville, piézomètre, Clérette au droit du forage S3) ;
- ✓ Jaugeages en amont et en aval du site ;
- ✓ Pose d'un pluviomètre enregistreur sur le site ;
- ✓ Examen par caméra immergée de l'état de l'ouvrage S3 en statique et en dynamique ;
- ✓ Réalisation de diagraphies différées en régime dynamique : micromoulinet, thermoconductivité, turbidité ;
- ✓ Réalisation de phases de pompage de pistonage ;
- ✓ Réalisation d'un essai de pompage par paliers destiné à établir la courbe caractéristique de l'ouvrage et de préciser son débit critique et son débit d'exploitation induit ;
- ✓ Réalisation d'un essai de pompage longue durée afin de caractériser l'aquifère capté ;
- ✓ Suivi continu de la turbidité, du potentiel redox et de la conductivité durant les essais de pompages ;
- ✓ Prélèvement sur eaux brutes du forage pour analyse de 1^{re} adduction en fin de pompage.

1.3 Intervenants

La présente mission a été réalisée en co-traitance explor-e/D.I.R'eau, sous-direction de projet explor-e.

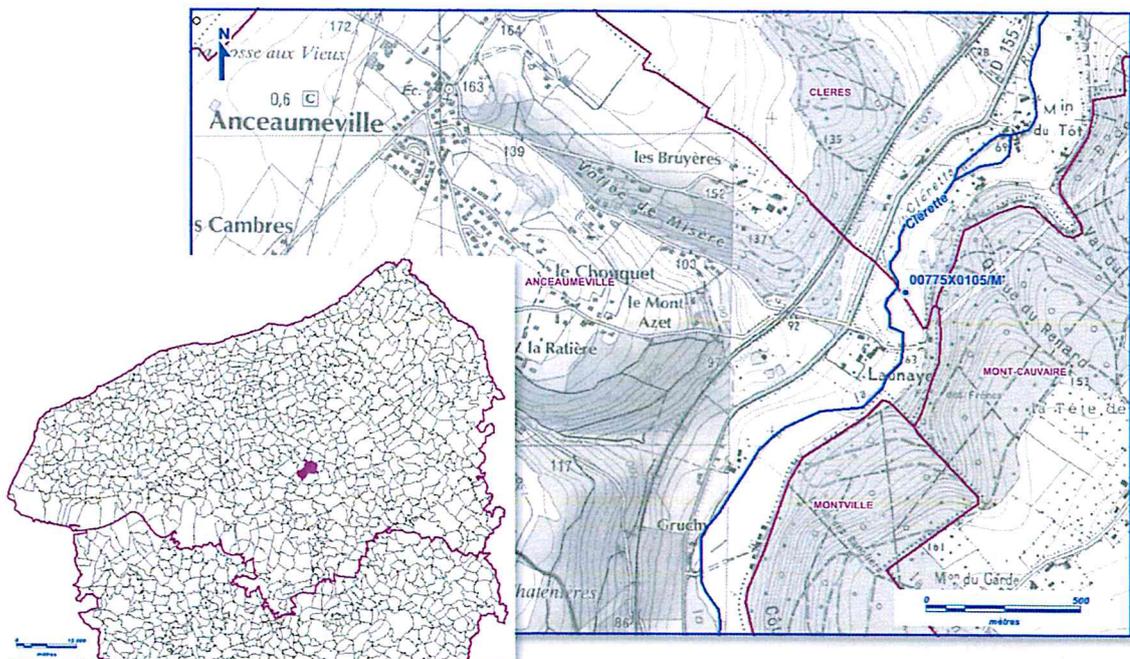
Présentation générale et connaissances initiales

Les données présentées dans ce chapitre sont extraites de la BSS du BRGM complétées par des informations fournies par le SIAEPA de la Région de Sierville (rapports d'étude ANTEA – 1998 et GAUDRIOT – 2003).

2.1 Informations générales

Le forage S3 du SIAEPA de la Région de Sierville (indice national 0077-5X-0105) est localisé sur la commune de Clères (section cadastrale C – parcelle n°249) en rive gauche de la Clérette dans le département de la Seine-Maritime. On se référera aux extraits de plan présentés ci-dessous.

Schéma 1 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Situation générale



Les éléments de localisation fournis par le site « infoterre » du BRGM sont repris dans les tableaux présentés page suivante (le forage était référencé dans la BSS).

Tableau 1 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Fiche signalétique (Source : Infoterre)

Localisation**Département**

SEINE-MARITIME (76) - SGR/HNO

Commune

ANCEAUMVILLE (76007)

Région naturelle

CAUX-VEVIN

Bassin versant

Non renseigné

Adresse ou Lieu-dit

LAUNAYE

Coordonnées

Système	X (m)	Y (m)
Lambert 2 étendu	509317	2508725
Lambert 1 - Nord	509425	208450
Lambert-93	561362	6942781

Système	Latitude	Longitude
WGS84	49.559135 49° 34' 8" N	1.08412364 1° 5' 2" E

Altitude

60 m - Précision EPD

**Description technique****Nature**

FORAGE

Profondeur atteinte

24,0 m

Diamètre de l'ouvrage

300 mm

Date fin de travaux

December 28, 1997

Mode d'exécution

BATTAGE

Etat de l'ouvrage

ACCES, MESURE, PRELEV, CREPINE, TUBE-METAL, EXPLOITE

Utilisation

EAU-COLLECTIVE

Objet de la recherche

EAU

Objet de l'exploitation

EAU

Objet de la reconnaissance

Non renseigné

Gisement

Non renseigné

Document(s) papier

PLAN-SITUATION, COUPE-TECHNIQUE, COUPE-GEOLOGIQUE, POMPAGE-ESSAI, DEVELOPPEMENT-OUVRAGE, ACIDIFICATION, PRODUCTION, PIEZO, DECLARATION-CODE-MINIER, CHIMIE-EAU, ANALYSE-PHYSIQUE-EAU

Références

CF 0077-5X-0103 - 0104

Référencé comme point d'eau

✓ OUI

Niveau d'eau mesuré par rapport au sol

0.73 m - December 28, 1997

Coupe**Z Origine**

60.0 - Précision M05

Auteur

ANTEA

Date

December 28, 1997

Cliché : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Vues sur le forage lors du diagnostic 2014 (crédit photo explor-e)



2.2 Carte d'identité du forage lors de sa création

2.2.1 Contexte préalable à la réalisation

Le forage S3 d'Anceaumeville (également appelé M') a été réalisé lors des travaux de reconnaissance effectués par ANTEA en 1997. Ces opérations de recherche en eau sur le site de Launay sur les communes d'Anceaumeville et Clères avaient pour objectif de trouver une nouvelle ressource sur le site afin de remplacer le puits actuel du SIAEPA de la Région de Sierville (indice BRGM 0077-5X-0018), un captage de source présentant un problème récurrent en turbidité.

L'un des ouvrages créés en 1997, à savoir le forage S2 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0103), a ainsi été testé puis finalement équipé pour la production (DUP de 2009 autorisant 1 200m³/J pour un débit horaire de 60 m³/h). L'ouvrage de captage a par la suite été abandonné.

Lors de ces travaux, le forage S3 d'Anceaumeville a également été testé après avoir été équipé. Cet ouvrage est concerné par la présente mission dont l'objectif est de le tester pour, par la suite, une mise en production.

On se référera aux coordonnées du tableau suivant.

Tableau 2 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Coordonnées du forage (Source : BRGM)

Système de projection	Lambert 2 étendu	Conique Conforme Zone 50
X	509 317 m	1 561 440 m
Y	2 508 725 m	9 153 856
Z	60 m (±1m) – Précision EPD	

2.2.2 Réalisation

Le tableau ci-dessous précise les intervenants lors de la réalisation de cet ouvrage.

Tableau 3 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Intervenants lors de la réalisation (Source : Rapport ANTEA – 1998)

Maitrise d'ouvrage	Syndicat de Sierville Syndicat de Malaunay-Montville
Maître d'œuvre	BET Sogeti
Ingénieur conseil	ANTEA
Entrepreneur	SADE

L'ensemble des travaux (foration, pistonnage, essais) s'est déroulé du 15 octobre au 28 décembre 1997.
Il s'agit donc d'un forage pouvant être qualifié de récent.

2.2.2.1 Foration

Le forage S3 d'Anceaumeville a été réalisé en plusieurs phases selon le rapport ANTEA de 1998 :

1. Sondage de reconnaissance : foration en roto-percussion en diamètre 150 mm jusqu'à 30 m ;

Suite aux résultats du sondage préliminaire, l'emplacement du forage d'essai a été maintenu. Seule la profondeur a été modifiée du fait de la présence de traces d'argiles dans de la craie molle (indices de karst) de 24 à 30 m de profondeur.

2. Forage d'essai : foration au battage à l'air en diamètre 450 mm jusqu'à 24 m.

2.2.2.2 Développement

Suite aux travaux de foration, des opérations développement ont été mises en place sur l'ouvrage du 23 au 27 octobre 1997. On se référera au tableau suivant.

Tableau 4 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Développement de l'ouvrage (Source : Rapport ANTEA - 1998)

Méthode	Durée ou tonnage	Débit moyen (m ³ /h)	Commentaires
Air-lift	2h00	40,0	Eau claire en fin de pompage Rabattement : 2,90 m
HCL	1 t	-	Injection à 11, 13, 17 et 21 m
Air-lift	1h00	40,0	Eau claire Rabattement diminué de 40 cm (50 cm)
HCL	1 t	-	Injection à 11, 13, 17 et 21 m
Air-lift	1h00	40,0	Rabattement proche de 50 cm
HCL	1 t	-	Injection à 11, 13, 18 et 21 m
Air-lift	1h30	40,0	Rabattement de 50 cm
Pompage continu	2h00	# 109,0	Débit initial de 57 m ³ /h augmenté à 109 m ³ /h Rabattement de 12,85 m

2.2.3 Coupe géologique du forage

La coupe géologique interprétée lors de la réalisation du sondage de reconnaissance est présentée ci-dessous.

Tableau 5 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Coupe géologique (Source : BRGM – Rapport ANTEA - 1998)

Profondeur (m)	Sondage de reconnaissance	Forage d'essai
0 - 0,70	Limos	
0,70 – 3,75	Craie grise à silex assez dure	
3,75 – 8,00	Craie jaunâtre molle	
8,00 – 11,30	Craie plus dure	
11,30 – 19,00	Craie avec de gros blocs de silex	
19,00 – 24,00	Craie en gros blocs durs portant des traces d'oxydation avec des silex dans matrice molle	
24,00 – 30,00	Craie molle portant des traces d'oxydation et d'argile, d'abord légèrement jaune, devenant beige et blanche	

Lors de la foration du sondage de reconnaissance, des niveaux argileux ont été rencontrés, ce qui a conduit à réduire la profondeur du forage d'essai de 6 m.

A noter que le niveau statique a été rencontré à 0,70 m de profondeur (soit au toit de la craie fissurée).

Pour l'équipement et les caractéristiques de l'espace annulaire, on se référera aux tableaux ci-dessous.

Tableau 6 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Caractéristiques techniques du forage définitif (Source : Rapport ANTEA - 1998)

Profondeur (m)	Diamètre intérieur (mm)	Tubage	Nature du tubage	Epaisseur du tubage (mm)
+0,50 à -10,00	300	Plein	Acier ordinaire	4
-10,00 à -23,00	300	Crépiné (fentes oblongues ; slot 6mm ; CO 15%)	Acier ordinaire	4

Tableau 7 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Caractéristiques de l'espace annulaire (Source : Rapport ANTEA - 1998)

Profondeur (m)	Type d'annulaire	Nature	Granulométrie (mm)
0,00 à -9,00	Cimentation	Ciment	-
-9,00 à -9,50	Cimentation	Sobranite	-
-9,50 à 24,00	Massif filtrant	Siliceux (roulé)	10,0 – 20,0

A noter que l'ouvrage n'est actuellement pas exploité et donc non équipé en groupe de pompage.

2.2.5 Caractéristiques de l'aquifère obtenues à la création du forage

Le rapport d'ANTEA de 1998 fait donc état d'un essai de pompage sur l'ouvrage S3 d'Anceauville utilisé alors comme le forage d'essai nommé M'.

Suite aux phases de développement menées à partir du 23 au 27 octobre 1997 (cf. Paragraphe 2.2.2.2), un pompage par paliers a été réalisé le 28 octobre 1997 avec 4 paliers de débits croissants (44,00 ; 67,00 ; 91,00 et 106,00 m³/h) pour une durée de pompage d'une heure chacun afin d'atteindre une pseudo-stabilisation. Entre chaque palier, un délai de repos de la nappe d'1h a été respecté.

Suite à cet essai, un pompage longue durée de 48h a eu lieu au débit moyen de 95 m³/h.

A noter qu'avant les pompages d'essai, le niveau statique s'établissait à -0,73 m/TN.

2.2.5.1 Résultats et analyses du pompage par paliers

Les données de l'essai par paliers (points bleus sur le graphique page suivante) sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Résultats des essais par paliers (Source : Rapport ANTEA - 1998)

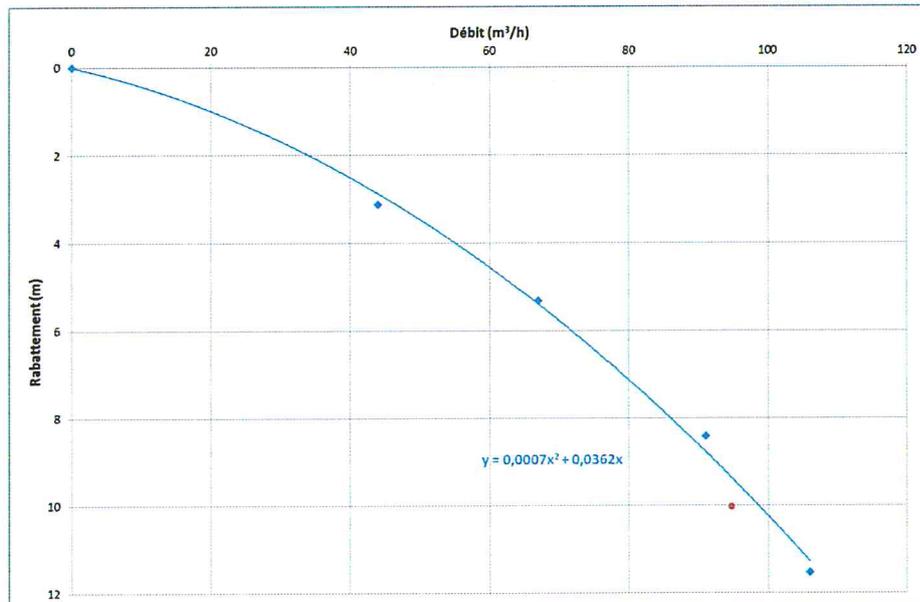
D E Durée (h)	S C E N Débit (m ³ /h)	T E Niveau	R E M O N T E E Durée (h)	T E E Niveau
1.00	44.00	4.46	1.00	1.39
1.00	67.00	6.65	1.00	1.43
1.00	91.00	9.74	1.00	1.50
1.00	106.00	12.86	1.00	1.56
48.00	95.00	11.35	3.50	2.04

La validité des données semble correcte du point de vue de la réalisation des essais. Néanmoins, la pseudo-stabilisation ne semble pas totalement atteinte pour le dernier palier de débit à 106 m³/h. La valeur de rabattement obtenue pour ce palier semble donc quelque peu « optimiste », la pseudo-stabilisation n'ayant vraisemblablement pas été atteinte. Nous avons alors intégré le rabattement obtenu après les 48 h de pompages afin de vérifier la concordance des données (point rouge sur le graphique suivant).

Ainsi, la courbe caractéristique de l'ouvrage (s/Q f(Q)) établie à partir des données des essais par paliers est présentée ci-dessous.

Avec : S : Rabattement (en m) ; Q : Débit de pompage (en m³/h).

Graphique 1 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Interprétations des essais de pompage par paliers d'octobre 1997 (Source : Rapport ANTEA - 1998)



La lecture graphique de la courbe caractéristique ne permet pas de mettre en évidence en rupture de pente significative. Cependant, la pseudo-stabilisation n'est pas atteinte sur le dernier après 1 h de pompage ce qui suggère un décrochage traduisant le seuil définissant le débit critique de l'ouvrage. Lors de cet essai initial, le débit critique semblait donc s'établir aux environs de 95-100 m³/h.

On notera également que, d'après l'allure de la courbe caractéristique, le puits ne semblait pas encore suffisamment développé ce que confirment les valeurs des pertes de charges quadratiques calculées ci-dessous.

La courbe caractéristique permet de calculer la valeur des pertes de charge quadratique (terme CQ² de l'équation $s = BQ + CQ^2$) et de fait, préciser le rendement de l'ouvrage.

L'équation de la courbe caractéristique établie à partir de la détermination graphique des coefficients B et C était la suivante :

$$s = (3,62 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (7 \cdot 10^{-4}) \cdot Q^2$$

La forme de cette courbe met en évidence des pertes de charge importantes sur l'ouvrage. En effet pour un pompage à 100 m³/h le rabattement serait de 10,62 m pour des pertes de charge quadratique de 7,00 m soit un rendement de l'ouvrage calculé :

$$100 - ((7,00/10,62) \cdot 100) = 34 \%$$

Tableau 9 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Paramètres déduits des essais par paliers (Source : Rapport ANTEA - 1998)

Débit (m ³ /h)	Débit (m ³ /s)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /s/m)	Rabattement Spécifique (m/m ³ /s)	Durée du palier (h)
44	1,22E-02	3,13	3,90E-03	2,56E+02	1
67	1,86E-02	5,32	3,50E-03	2,86E+02	1
91	2,53E-02	8,41	3,01E-03	3,33E+02	1
106	2,94E-02	11,53	2,55E-03	3,92E+02	1

2.2.5.2 Résultats et analyses du pompage longue durée

La valeur de débit pour le pompage longue durée de 48 h avait été fixée au débit de 95 m³/h suite aux essais par paliers initiaux.

A noter qu'il est communément admis d'effectuer un pompage longue durée sur 72 h.

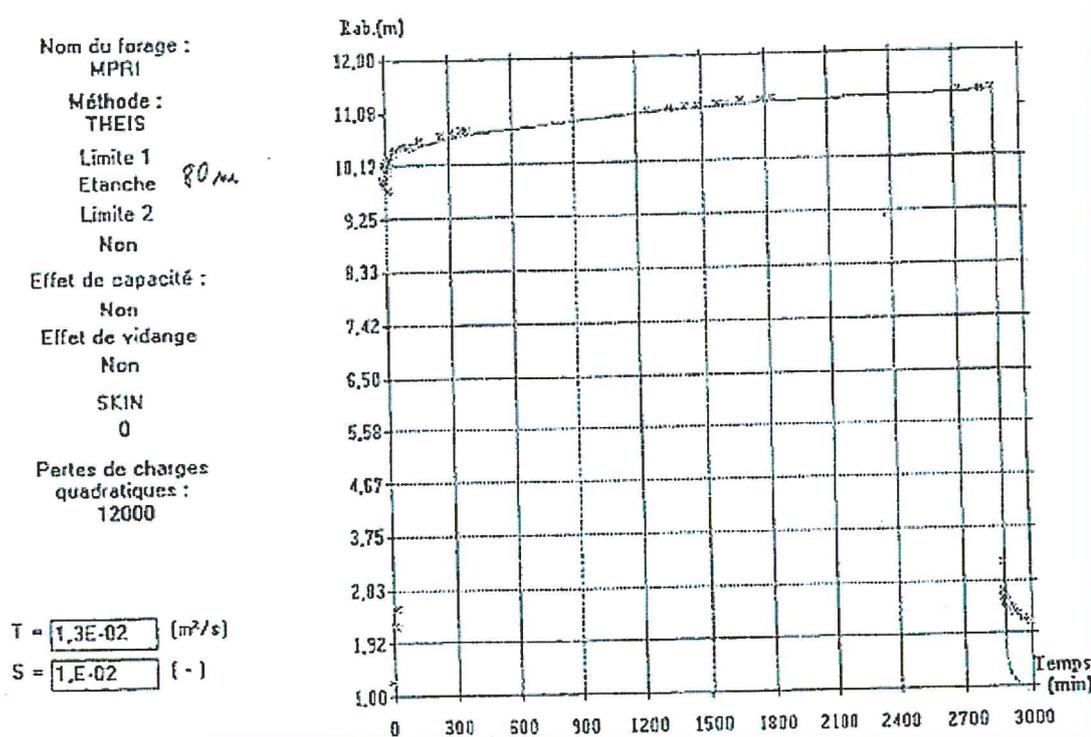
Le graphique suivant présente les résultats du rabattement obtenus durant le pompage prolongé de 48h.

Cet essai longue durée a induit un rabattement final de 11,50 m.

ANTEA émet les conclusions suivantes suite à cet essai :

- « La transmissivité atteint une valeur moyenne $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ qui permet normalement d'exploiter la nappe à $100 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Le coefficient d'emmagasinement a une valeur normale (NDLR. $1 \cdot 10^{-2}$) ;
- Le schéma d'écoulement est un schéma dans une nappe semi-infinie ; en effet, le calage des courbes calculées sur les points mesurés nécessite la mise en place d'une limite étanche à 80 m du forage ;
- On a augmenté la valeur des pertes de charges quadratiques qui sont passées de $10\,000 \text{ s}^2/\text{m}^5$ (6,96 m) à $12\,000 \text{ s}^2/\text{m}^5$ (soit 8,35 m). Ces pertes de charges représentent 72% du rabattement total. »

Graphique 2 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Essai longue durée d'octobre 1997 (Source : Rapport ANTEA - 1998)



En raison du suivi partiel de la remontée suite à cet essai, la transmissivité a vraisemblablement été calculée lors de la descente. Cette donnée sera de nouveau calculée durant le présent diagnostic. Un calcul sur la remontée en fin de pompage longue durée permet d'éviter les effets liés aux pertes de charges (importantes dans le cas présent).

Le coefficient d'emmagasinement a pu être calculé grâce au piézomètre créé par ANTEA lors de la mission de 1997. Ce piézomètre a été arrêté à une profondeur de 25 m dans la formation crayeuse.

2.2.6 Autres éléments de connaissance de l'ouvrage et de l'aquifère

Un pompage simultané a également été effectué sur les forages S3 (ou M'), S2 et S1 (ou M2) sur une durée de 15 h les 17 et 18 décembre 1997.

L'emplacement des ouvrages est précisé sur le schéma ci-dessous.

Schéma 3 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Emplacement des ouvrages de pompage



Les données du pompage simultané sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Données du pompage simultané (Source : Rapport ANTEA - 1998)

Ouvrage	Niveau statique/TN (m)	Débit (m ³ /h)	Rabattement maximal (m)	Profondeur maximale (m)
S2	1,58	70	4,30	5,88
S3 (M')	1,40	80	8,00	10,12
S1 (M2)	2,61	15	9,31	11,92

Suite à ces essais, ANTEA émettait les conclusions suivantes :

- « L'exploitation simultanée de ces 3 forages est possible, car les niveaux descendent à une profondeur au-dessus de la crépine (S2) ou à son sommet (S3 et M2) ;
- La profondeur du niveau d'eau dans le forage S2 est faible et ceci est dû à une forte transmissivité ;
- La profondeur du niveau d'eau dans le forage S3 est importante, car les pertes de charges sont élevées ;
- La profondeur du niveau d'eau dans le forage M2 est importante, car la transmissivité a une valeur nettement plus faible ($4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$) ;
- Le niveau de la nappe dans le piézomètre subit un rabattement de 1 m du fait de 3 pompages compris entre 70 et 80 m³/h (225 m³/h au total) situés entre 60 et 80 m. Cette faible valeur indique une transmissivité élevée le long du coteau. »

2.2.7 *Faciès chimique initial des eaux captées*

Une analyse de type CEE a été réalisée par le laboratoire de Rouen à la suite du pompage simultané sur les 3 forages d'essai du champ captant le 18 décembre 1997.

Sur l'ouvrage S3 (initialement M'), les eaux sont de bonnes caractéristiques organoleptiques, limpides, sans saveur ni odeur. Ces eaux sont de type bicarbonaté calcique et magnésium. Leur caractère est plutôt basique et de minéralisation moyenne.

A noter que le forage M2 à proximité avait une concentration en fer anormale lors de ce prélèvement (3,15 mg/L) potentiellement bactérienne car le COT atteint les 1,28 mg/L et le taux de nitrates est bas (2,70 mg/L) sur cet ouvrage. Sur S3, les valeurs relevées pour les paramètres COT et nitrates étaient respectivement de 0,39 et 16,20 mg/L.

On se référera à l'annexe 1 pour consultation des analyses.

Annexe 1 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Résultats de l'analyse CEE réalisée par le laboratoire de Rouen sur eaux brutes en fin de pompage simultané (Source : Rapport ANTEA – 1998)

2.3 *Exploitation actuelle de l'ouvrage*

Le forage n'est pas exploité actuellement.



Mise en œuvre opérationnelle du diagnostic 2014

3.1 Travaux préparatoires aux essais de pompage

Le forage S3 à diagnostiquer étant actuellement inexploité pour l'alimentation en eau potable, la mise en œuvre du protocole n'a pas nécessité d'intervention particulière, et ce notamment sur l'ouvrage AEP actuel situé à proximité, le forage S2.

3.1.1 Interventions prises en charge par l'exploitant (SIAEPA de la Région de Sierville)

Aucun aménagement particulier n'a été réalisé par l'exploitant. Les interventions concernaient uniquement les éléments suivants :

- ✓ Fauchage du PPI de l'ouvrage S2 avant intervention ;
- ✓ Accès au PPI de l'ouvrage S2 durant les essais ;
- ✓ Autorisation d'accès à la parcelle du forage S3, parcelle privée section C n°249 de la commune de Clères (arrêté du 7 avril 2014 portant autorisation de pénétrer et d'occupation temporaire dans les propriétés publiques ou privées) ;

La télégestion des ouvrages du PPI à savoir l'ouvrage AEP actuel (S2) et les piézomètres PZ2 et PZ3 est du ressort d'Eaux de Normandie. Cependant, après avoir fait la demande, il s'avère que les sondes piézométriques installées dans ces ouvrages ne sont plus en fonctionnement.

Il a toutefois été demandé à Eaux de Normandie de fournir les données de pompage de l'ouvrage AEP actuel (S2) afin de pouvoir les corrélérer aux variations piézométriques sur cet ouvrage ainsi que sur S3.

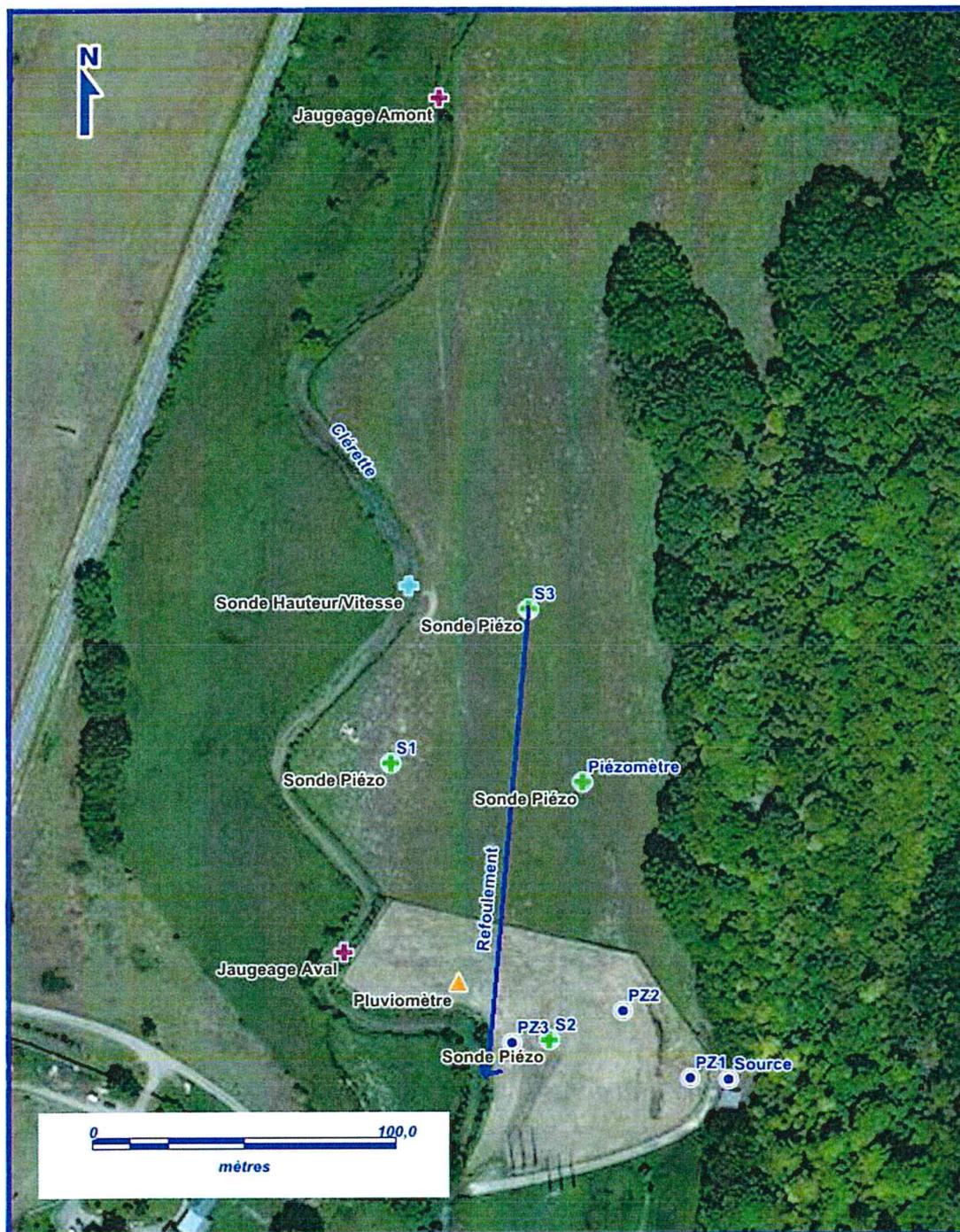
3.1.2 Interventions à la charge du groupement explor-e/DIR'eau

Les principales interventions préalables réalisées conjointement par explor-e et DIR'eau ont compris des actions en termes d'hydraulique, d'énergie et de métrologie.

Le forage S3 étant inexploité, il n'a donc pas été nécessaire de démonter un ensemble de pompage.

On se réfèrera à la carte d'implantation ci-dessous et aux descriptions du matériel présentées pages suivantes.

Schéma 4 : Implantation du matériel installé dans le cadre des essais de pompage – Report sur fond Bing Aerial



3.1.2.1 Hydraulique

- ✓ Fourniture et mise en place d'une électropompe immergée 6'' Grundfos SP120-2 de 106 m³/h maximum et d'une colonne d'exhaure DN 100 en acier galvanisé;

Clichés : Vues sur les équipements de pompage et le rejet du refoulement (crédit photo explor-e)



- ✓ Pose d'un débitmètre électromagnétique KROHNE Waterflux 3070C DN 150 et d'une vanne de régulation (à l'aval du débitmètre) sur l'exhaure de la pompe d'essai ;
- ✓ Pose d'un compteur volumétrique de débit en complément ;
- ✓ Pose d'une vanne de régulation Danfoss DN 150 ;
- ✓ Pose d'un piquage pour prélèvement ;

Clichés : Vues sur le groupe électrogène, le tripode, le débitmètre, le point de piquage et la vanne (crédit photo explor-e)



- ✓ Pose d'une canalisation de refoulement au sol sur 150 mL - DN 150 jusqu'à l'amont du gué en aval du jaugeage aval ;

Clichés : Vues sur la canalisation de refoulement vers la Clérette (crédit photo explor-e)



3.1.2.2 Energie

Compte tenu d'une part de la puissance installée et d'autre part de l'agencement de la parcelle (le forage étant isolé sur une parcelle). Il s'est avéré indispensable de mettre en place les moyens techniques permettant une totale autonomie énergétique des installations durant les essais.

Les principales interventions préalables réalisées conjointement par explor-e et DIR'eau ont compris les actions suivantes :

- ✓ Installation d'un groupe électrogène d'une puissance nominale de 63 KVA, monté sur une bâche-cuve étanche afin d'éviter tout risque de pollution durant les essais ;
- ✓ Installation d'une cuve de stockage carburant (GNR) acier double paroi « environnement sévère » d'une contenance de 1 000 L avec alimentation par flexibles et raccords push-pull (équipés de sécurité) afin d'accroître l'autonomie du groupe électrogène et ainsi limiter le nombre d'interventions pour remplissage, constituant une source de pollution accidentelle ;
- ✓ Raccordement électrique de l'installation.

3.1.2.3 Métrologie

Les équipements de suivi des incidences des pompages ont été mis en place 4 jours avant le début des essais et déposés 4 jours après leur terme afin de disposer d'états de référence en régime d'exploitation courant.

On notera qu'en parallèle des acquisitions continues assurées par ces équipements les membres du Groupement ont assuré des mesures ponctuelles avec une sonde piézométrique lors des essais afin d'éviter tout risque de dérive métrologique ou perte de données suite à une éventuelle panne matérielle.

Le suivi en continu a donc été assuré par plusieurs dispositifs :

- ✓ Sonde pressiométrique avec enregistreur permettant l'enregistrement du niveau d'eau dans le forage S3 à diagnostiquer (installée le 03/07/2014) ;
- ✓ Sonde pressiométrique avec enregistreur permettant l'enregistrement du niveau d'eau dans le forage S1 (installée le 03/07/2014) ;
- ✓ Sonde pressiométrique avec enregistreur permettant l'enregistrement du niveau d'eau dans le forage AEP S2 (installée le 03/07/2014) ;

Clichés : Vues sur le forage S2 avec la sonde pressiométrique et sur le baro-logger (crédit photo explor-e)



- ✓ Sonde hauteur/vitesse avec enregistreur permettant l'enregistrement du débit de la Clérette (installée le 03/07/2014) ;

Cliché : Vue sur la sonde hauteur/vitesse sur la Clérette (crédit photo explor-e)



A noter que plusieurs interventions ont dû être réalisées au niveau de la sonde hauteur/vitesse afin de retirer les débris végétaux s'accumulant en amont de la sonde (et modifiant ainsi les vitesses à l'approche de l'enregistreur).

Des piquets de bois ont ainsi été placés plusieurs mètres en amont pour pallier à ce problème en permettant la « collecte » des débris végétaux.

Cet aléa avait déjà été constaté par ANTEA dans l'étude de 1997.

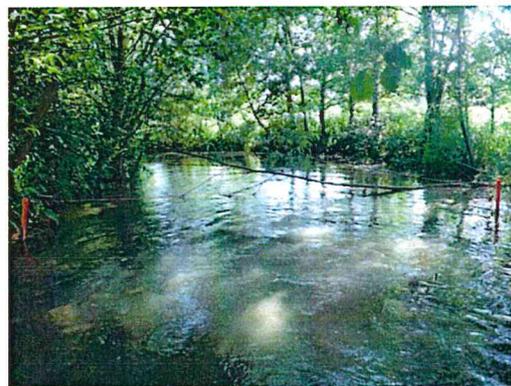
- ✓ Pluviomètre à augets basculants avec enregistreur permettant l'enregistrement des précipitations sur le site (installé le 03/07/2014) ;

Cliché : Vue sur le pluviomètre (crédit photo explor-e)



- ✓ Deux installations pour la réalisation des jaugeages amont et aval.

Clichés : Vues sur l'implantation des jaugeages amont et aval (crédit photo explor-e)



3.2 Détails du déroulement de l'intervention

Les investigations et essais ont été réalisés entre le lundi 7 et le vendredi 11 juillet 2014 selon la chronologie suivante.

Le repère correspond à l'arase du casing soit +1,20m/TN.

Lundi 7 juillet 2014

Niveau Statique = 1,51 m/R

Profondeur forage = 23,41 m/R

Hors-sol (R) = + 1,20 m/TN

- Ouverture (coupe) du cadenas fermant le portail d'accès au champ captant avec le technicien du SIAEPA et en présence d'un huissier de justice,
- Réception et déchargement du dumper à chenille, du GE de 63 KVA et de la cuve 1 000 litres norme ADR – Double parois,
- Mise en place des matériels au droit du forage S3,
- Mise en station au droit du forage : installation du tripode alu 1 000 Kg HUCHEZ TRP01 + treuil CMLU 730 Kg type GOLIATH, montage et installation du bac de rétention pour le GE,
- Inspection vidéo en régime STATIQUE du forage avec caméra GEOVISTA GV CAM II,
- Préparation et installation de l'atelier de pompage, composé de :
 - Electropompe GRUNDFOS type SP120-2 immergée à -15 m/R,
 - Exhaure en acier galvanisé DN 100 type ROTO + coude 90°,
 - Débitmètre électromagnétique KROHNE Waterflux 3070C DN 100 + vanne de régulation PAM DN 100,
 - Tuyau acier avec piquage pour prélèvements et analyses,
 - Refoulement souple PVC FLAT 4 bars DN 150 jusqu'à l'exutoire = Clérette en aval à 160 mL,
- Raccordement électrique, contrôle du sens de rotation de la pompe,
- Démarrage du pompage de propreté à 15h23 à Q = 32 m³/h,
- Pompage 70 min (EN CONTINU) de 15h23 à 16h33, suivi de la remontée après arrêt à 16h33 durant 90 min,
- Mise en sécurité du site.

Mardi 8 juillet 2014

NS = 1,51 m/R

- Piézométrie,
- Démarrage du **pompage de développement** à 7h40 à $Q = 29,5 \text{ m}^3/\text{h}$,
- Réalisation de 4 paliers de débits enchainés et croissants à 29,5, 60,8, 90,5 et $105,2 \text{ m}^3/\text{h}$, de durées unitaires respectives de 80, 155, 180 et 180 min avec pour chaque palier :
 - 20 min de pompage en continu,
 - Pistonnage par arrêt/ marche successifs de la pompe de 5 min de marche, 10 min d'arrêt (entre 4 et 10 arrêt/ marche par palier selon le débit),
 - 20 min de pompage en continu,
- Mesure de la turbidité en parallèle avec turbidimètre *HACH LANGE ISO 2100P*,
- Arrêt du pompage de développement à 17h45,
- Mise en sécurité du site.

Mercredi 9 juillet 2014

NS = 1,52 m/R

- Piézométrie,
- Démarrage du pompage par paliers (**ESSAI DE PUIITS**) à 7h30 à $Q = 30,8 \text{ m}^3/\text{h}$,
- Réalisation de 5 paliers de débits enchainés et croissants à 30,8, 52,4, 71, 90 et $103,8 \text{ m}^3/\text{h}$, d'une durée unitaire de 70 min,
- Réalisation du profil de thermoconductivité à $30 \text{ m}^3/\text{h}$,
- Mesure de la turbidité en parallèle avec turbidimètre *HACH LANGE ISO 2100P*,
- Suivi du pompage (débit, NE, piézomètres),
- Arrêt du pompage à 13h20.

Jeudi 10 juillet 2014

NS = 1,52 m/R

- Piézométrie,
- Démarrage du pompage longue durée de 72H (ESSAI DE NAPPE) à 8h50 à $Q = 92,3 \text{ m}^3/\text{h}$,
- Mesure de la turbidité avec turbidimètre HACH LANGE ISO 2100P,
- Suivi du pompage (débit, NE, piézomètres),
- Maintenance du GE,
- ND = 10,285 m/R, $Q = 92,3 \text{ m}^3/\text{h}$ à 22h50, turbidité = 0,41 NTU,
- Nivellement relatif des ouvrages référencés comme piézomètre, du forage S3 et des appareils de mesures dans la Clérette.

Vendredi 11 juillet 2014

ND = 10,405 m/R à 7h50

$Q = 93,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Turbidité = 0,26 NTU

- Mesure de la turbidité avec turbidimètre HACH LANGE ISO 2100P,
- Suivi du pompage (débit, NE, piézomètres) toutes les 2 heures,
- Maintenance du GE,
- ND = 10,285 m/R à 13h50, $Q = 93,4 \text{ m}^3/\text{h}$, turbidité = 0,23 NTU,
- ND = 10,54 m/R à 20h50, $Q = 92,3 \text{ m}^3/\text{h}$, turbidité = 0,17 NTU.

Samedi 12 juillet 2014

ND = 10,58 m/R à 7h50

$Q = 92,1 \text{ m}^3/\text{h}$

Turbidité = 0,20 NTU

- Mesure de la turbidité avec turbidimètre HACH LANGE ISO 2100P,
- Suivi du pompage (débit, NE, piézomètres) toutes les 2 heures,
- Maintenance du GE,
- ND = 10,59 m/R à 14h50, $Q = 92,1 \text{ m}^3/\text{h}$, turbidité = 0,20 NTU,
- ND = 10,675 m/R à 20h50, $Q = 92,1 \text{ m}^3/\text{h}$, turbidité = 0,29 NTU.

Dimanche 13 juillet 2014

ND = 10,62 m/R à 7h50

Q = 93,5 m³/h

Turbidité = 0,20 NTU

- ND = 10,62 m/R à 8h50, Q = 92,1 m³/h, turbidité = 0,20 NTU,
- **Arrêt du pompage de longue durée à 8h50,**
- Suivi de la remontée en manuel à la sonde lumineuse durant 120 min,
- Après 120 min d'arrêt, NE = 2,385 m/R soit s' = 0,79 m,
- Démontage et dépose de l'atelier de pompage,
- Démontage et repli du refoulement au sol,
- Repli général du chantier,
- Mise en sécurité des matériels (récupérés le 15 juillet 2014).

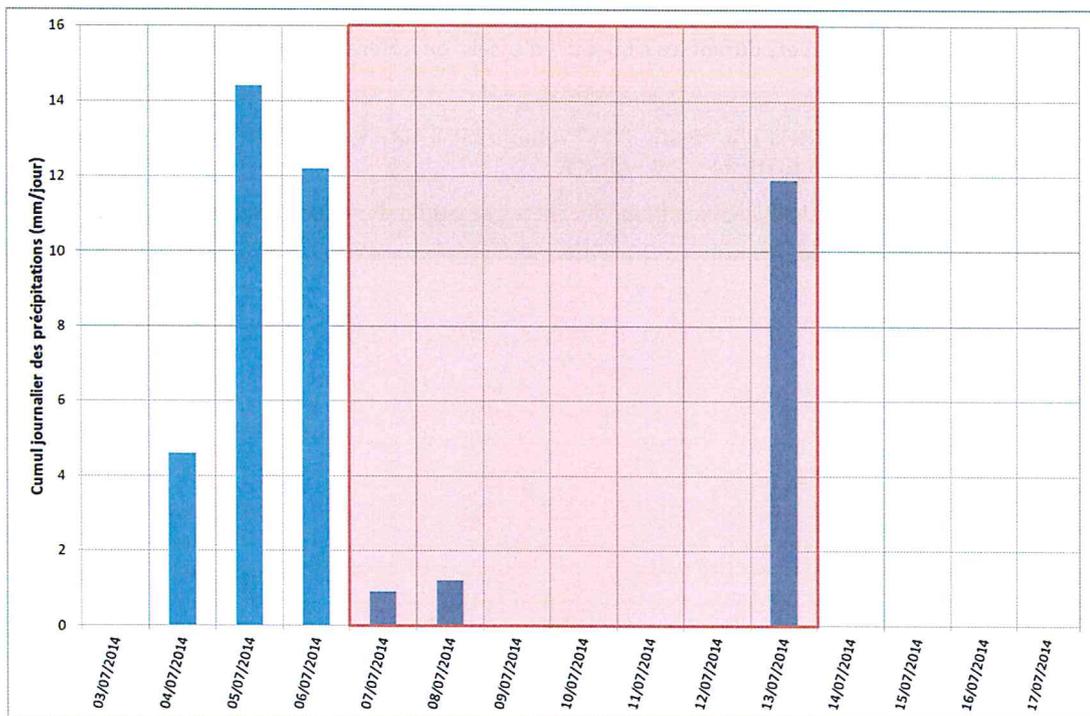
3.3 Conditions de réalisation des essais de pompage

3.3.1 Météorologiques – Précipitations

Entre le 3 et le 15 juillet 2014, un pluviomètre à augets basculants équipé d'un enregistreur a été installé sur le site à proximité immédiate du forage d'essai S3 sur le PPI de l'ouvrage S2 (AEP actuel).

Les données recueillies ont permis d'établir un bilan des précipitations sur la zone d'étude présenté sur le graphique ci-dessous.

Graphique 3 : Précipitations journalières mesurées sur le site du forage S3 d'Anceaumeville entre le 3 et le 15 juillet 2014 – Période des essais (du 7 au 13 juillet compris) indiquée en rouge



On distingue plusieurs périodes durant les essais :

- ✓ Une phase anté-essais avec une pluviométrie cumulée de 31,2 mm sur les 3 jours précédant les investigations de terrain ;
- ✓ De faibles pluies aux débuts des essais (pompages de développement) les 7 et 8 juillet avec un cumul respectif de 0,9 et 1,2 mm ;
- ✓ L'absence de pluie confirmée sur le terrain durant toute la durée des essais de pompage longue durée avec cependant un évènement pluvieux important (cumul de 11,9 mm sur la journée du 13 juillet) en toute fin d'essai longue durée.
- ✓ Une période post-essais sans aucune pluie.

Outre les points particuliers durant les cinq jours d'essais, on notera les points suivants :

- ✓ Les données de la journée du 09 novembre 2013 sont incomplètes puisque le pluviomètre a été opérationnel à partir de 15h00 sur site ;
- ✓ L'absence de pic pluvieux majeur durant les essais de pompage longue durée.

3.3.2 Conditions hydrogéologiques – Etat de la nappe

En temps normal, les variations piézométriques sont suivies en continu sur l'ouvrage S2 (AEP actuel) et 2 piézomètres (PZ2 et PZ3) situés sur le PPI de l'ouvrage. Les données de ces ouvrages étant indisponibles (matériel défectueux), un piézomètre situé sur la commune de Clères, le puits « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030), suivi en permanence depuis 2001 (à raison de une mesure par heure depuis le 4 novembre 2011), constitue le point le plus proche où les données sont actuellement disponibles.

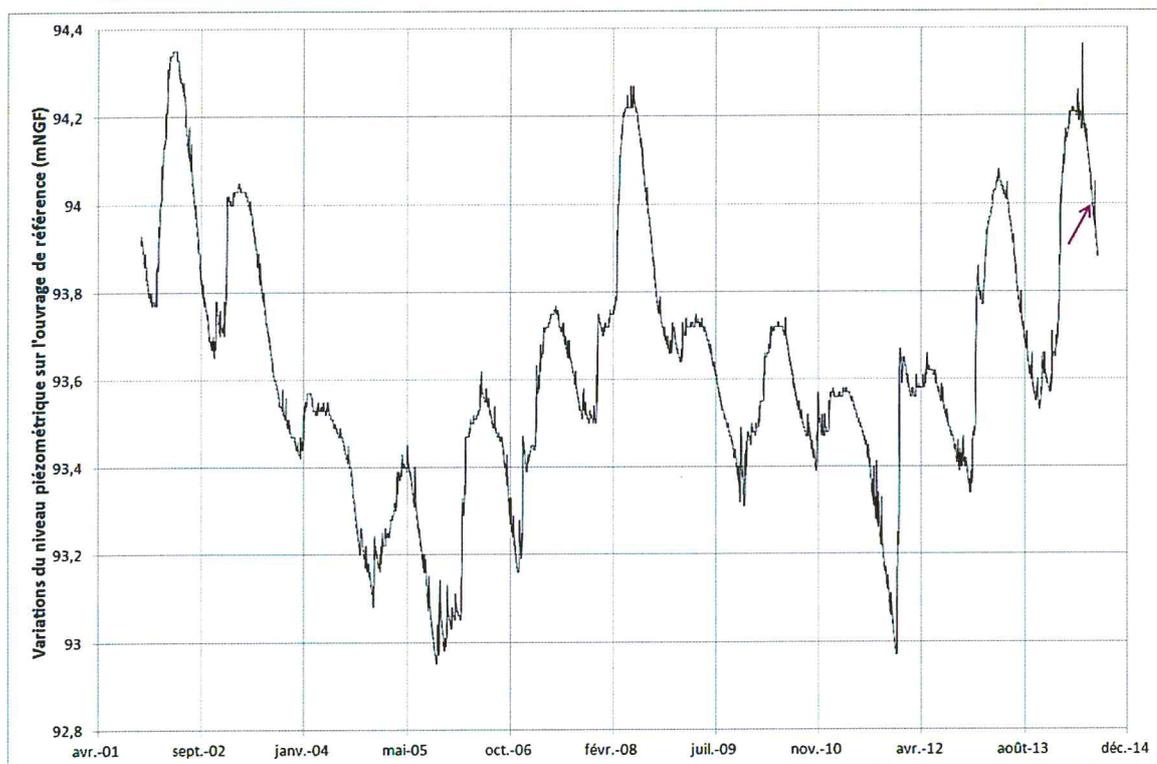
Il représente ainsi l'ouvrage de référence au regard des variations de nappe le plus proche (à environ 4 km du forage S3 d'Anceaumeville). A noter que cet ouvrage capte les alluvions de la Clérette.

Schéma 5 : Localisation de piézomètre du « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030) – Report sur fond Bing Aerial



Depuis le 9 novembre 2001, cet ouvrage fait l'objet de mesures régulières dans le cadre du programme de suivi de la nappe de la craie (AESN-BRGM) et offre ainsi une chronique assez étendue permettant de resituer la période durant laquelle se sont déroulés les essais au regard des conditions hydrogéologiques. On se référera aux graphiques suivants extraits du portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES).

Graphique 4 : Variations piézométriques enregistrées sur l'ouvrage de la « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030) – Source : ADES

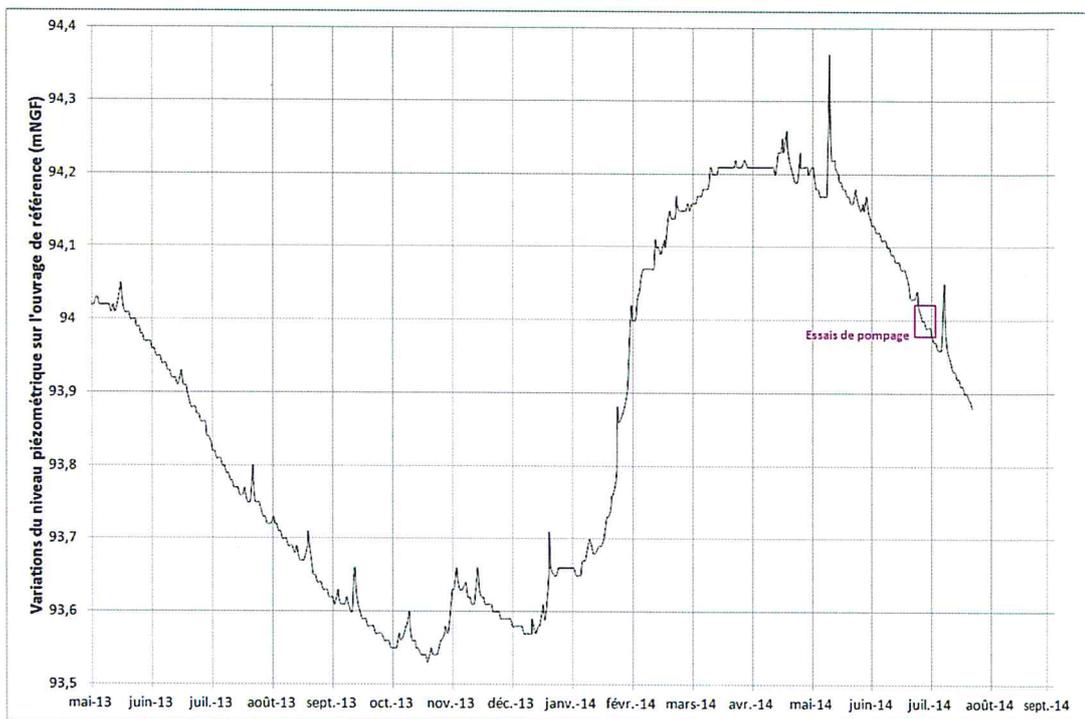


Au regard de la période de suivi sur 13 années, les essais se sont déroulés dans des conditions de nappe haute à moyenne durant la phase d'étiage estivale de 2014 assez régulière (flèche magenta sur la chronique précédente). On remarque que la période de recharge se déroule à partir de l'automne et se poursuit jusqu'à la fin du printemps.

A noter que l'amplitude des variations est seulement pluridécimétrique en raison de l'amortissement des effets de recharge/étiage au niveau des vallées contrairement aux variations plus marquées sur le plateau.

Au-delà des amplitudes globales, les « pics » constatés plus localement (de l'ordre de quelques jours) correspondent à des recharges suite à des événements pluvieux.

Graphique 5 : Zoom sur les variations piézométriques enregistrées sur l'ouvrage de la « Route de Cailly » (indice BRGM 0077-1X-0030) – Source : ADES



En se limitant à une année hydrogéologique (cf. graphique ci-dessus), l'amplitude des variations piézométriques sur l'ouvrage de la « Route de Cailly » a été de seulement 80 cm :

- ✓ Recharge maximale constatée en mars, avril et mai (maximum le 21 mai 2014 à 94,36 mNGF) ;
- ✓ Etiage atteint en octobre (minimum le 26 octobre 2013 à 93,53 mNGF) ;

3.3.3 Etat de la rivière

La Clérette ne disposant pas de station hydrométrique de mesure des débits, il n'a pas été possible de qualifier sa situation au mois de juillet 2014.

Seules sont disponibles des estimations de module annuel en amont et en aval du site du forage S3 :

1. En amont à Clères : 220 l/s (donnée « grossière ») ;
2. En aval à Launay : 620 l/s (donnée « bonne »).

Dans le cadre de la présente mission, des jaugeages complémentaires ont été effectués en amont et en aval du site : avant les phases de pompages, durant le pompage longue durée et après le pompage.

On se réfèrera au paragraphe 4.4.6.2.



Pompages d'essais 2014

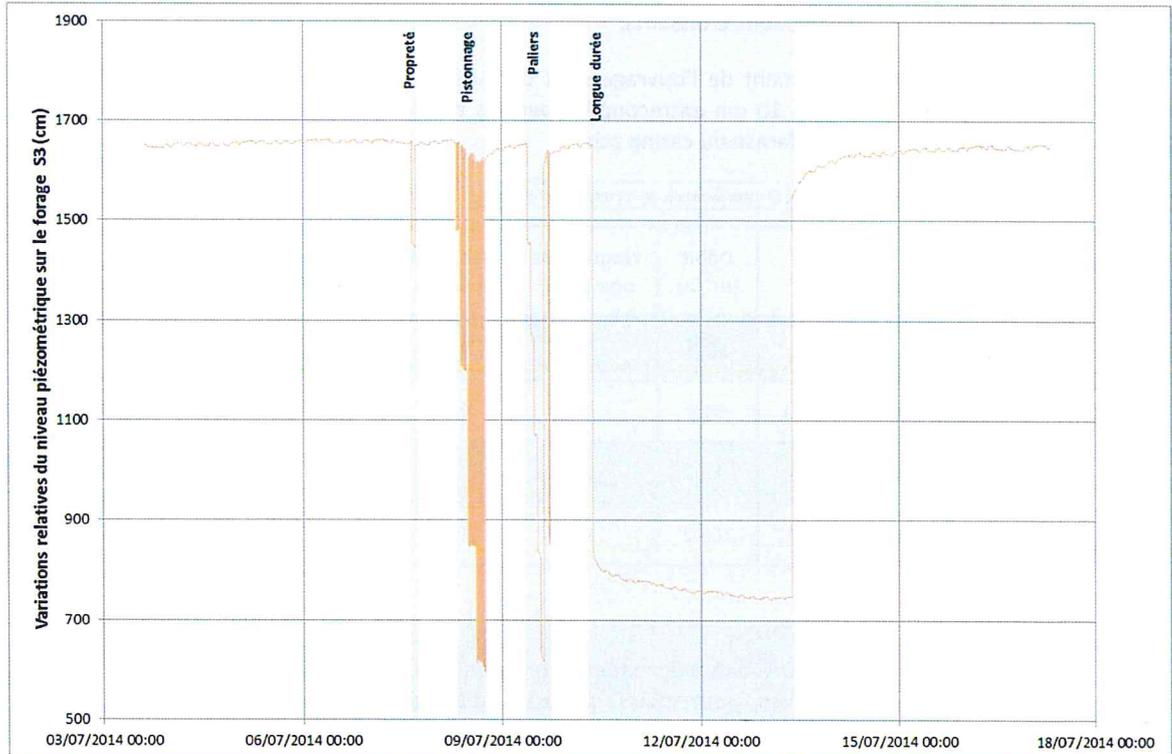
Les pompages d'essai mis en œuvre en 2014 ont demandé la mise en œuvre :

1. D'un pompage de propreté ;
2. D'un pompage de développement ;
3. D'un pompage par paliers enchaînés ;
4. D'un pompage longue durée (72 h).

L'ensemble réalisé dans le cadre d'une instrumentation permettant l'acquisition de données complémentaire aux travaux antérieurs réalisés sur l'ouvrage S3.

Le suivi des rabattements a été assuré via les sondes piézométriques (1 acquisition / 2 minutes) et doublé par des mesures manuelles régulières. On se référera au graphique suivant.

Graphique 6 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations relatives de la nappe sur le forage (données brutes)



4.1 Pompage de développement

4.1.1 Présentation de la méthode

La méthode de développement d'un forage consiste à améliorer la perméabilité de la formation aquifère située autour de la crépine grâce au « curage » des particules fines et au « débouillage » des fissures de la formation crayeuse dans le cas présent.

Le pompage induit un courant unidirectionnel pouvant déplacer certains éléments du terrain. Ainsi, les plus fins peuvent former des « ponts de sable » en s'arc-boutant les uns contre les autres. Ceci provoque une diminution de la perméabilité et une augmentation des pertes de charges quadratiques.

Les pompages de développement ont pour but :

- D'accroître la perméabilité naturelle de la formation autour de la partie captante ;
- D'améliorer la capacité spécifique d'un ouvrage ;
- De produire une eau exempte de matières en suspension.

4.1.2 Mode opératoire

L'opération a consisté à la réalisation de pompages de pistonage, c'est-à-dire des phases d'arrêts et de marches de la pompe à débits croissants.

La phase de développement de l'ouvrage s'est déroulée sur une durée totale de 10h pour des durées de pompages de l'ordre de 10 mn entrecoupées par des périodes d'arrêts d'environ 5 mn. Le niveau statique initial était de 1,51 m/R (arase du casing acier).

Tableau 11 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des pompages par pistonages réalisés le 8 juillet 2014

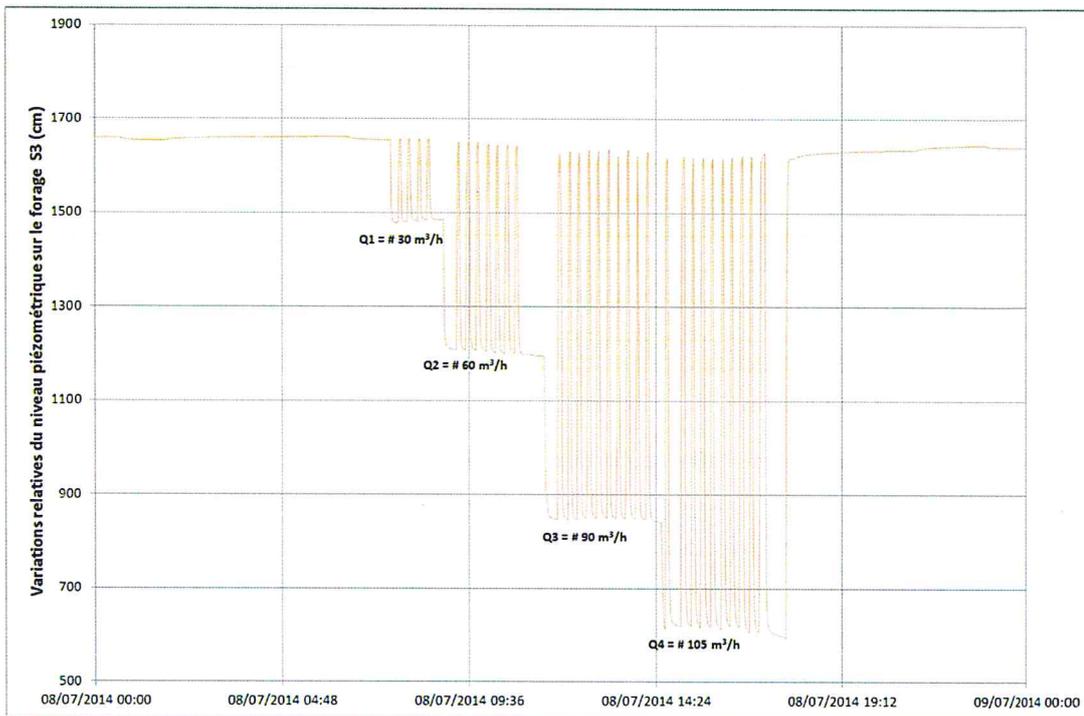
Date	Débit (m ³ /h)	Nombre de pompages	Durée de la phase	Rabattement (m/R)	Débit spécifique (m ³ /h/m)
8 juillet 2014 (#7h34 - #8h56)	29,5	5	1h12	1,695	17,40
8 juillet 2014 (#8h56 - #11h32)	60,8	8	2h36	4,605	13,20
8 juillet 2014 (#11h32 - #14h32)	90,5	11	3h00	8,150	11,08
8 juillet 2014 (#14h32 - #17h44)	105,2	11	3h12	10,605	9,81

Un suivi continu de la turbidité a également été réalisé sur le point de piquage. Ce suivi a été suppléé par des prélèvements ponctuels pour analyse de turbidité afin de vérifier d'éventuelles « erreurs » de mesure.

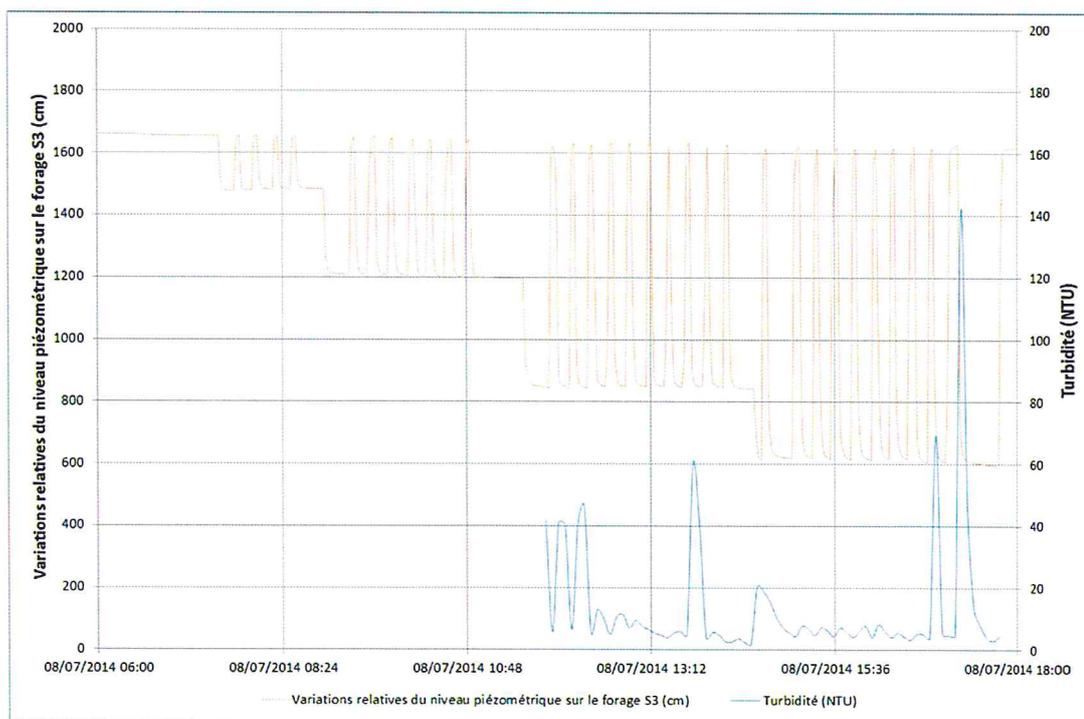
On se référera aux graphiques page suivante.



Graphique 7 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Phase de développement par pistonnage



Graphique 8 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Phase de développement par pistonnage avec suivi de la turbidité



On remarque ainsi plusieurs points :

- ✓ La mise en route des pompages induit de suite une hausse de la turbidité à partir de 30 m³/h (constat établi sur place avec un préleveur manuel) ;
- ✓ Les pics principaux sont dus à un « débouillage » des fissures de la craie dans la partie captante ;
- ✓ Cette augmentation brutale est suivie d'un rétablissement au niveau de base également très rapide ;
- ✓ Le niveau de base est ici aux environs de 4 NTU. Il est dû aux pompages répétés mettant en suspension les fines dans l'ouvrage. Ainsi, l'analyse du pompage longue durée révélera un niveau de base « naturel » nul sur l'ouvrage.

Tous ces pics de turbidité révèlent la présence d'une craie fracturée derrière la partie captante de l'ouvrage.

Le pistonnage a donc bien eu l'effet souhaité, c'est-à-dire :

- Nettoyer le réseau de fissures autour de la partie crépinée ;
- Accroître la capacité spécifique de l'ouvrage ;
- Diminuer la turbidité résiduelle dans l'ouvrage suite au nettoyage.

4.2 Pompage d'essai par paliers

4.2.1 Présentation de la méthode

Le rabattement mesuré dans un puits ou un forage dépend d'une part du rabattement de l'aquifère et, d'autre part, des pertes de charge liées au puits qui incluent les pertes de charge à l'entrée de la crépine et les pertes de charge à l'entrée de la crépine et les pertes de charge non linéaires dans le terrain près de la crépine.

Afin de caractériser les pertes de charge d'un forage, il est nécessaire de mettre en œuvre une procédure d'essai nommée « pompages par paliers » :

- ✓ Le puits est pompé à un débit constant (Q_1) jusqu'à obtenir un rabattement stabilisé (S_1) du niveau de la nappe ;
- ✓ Le débit est alors augmenté (Q_2) afin d'obtenir un nouvel état stabilisé (S_2) ;
- ✓ La procédure est ainsi renouvelée plusieurs fois (au minimum 3) afin de permettre de tracer la courbe caractéristique de l'ouvrage $S = f(Q)$ dont l'équation est de type :

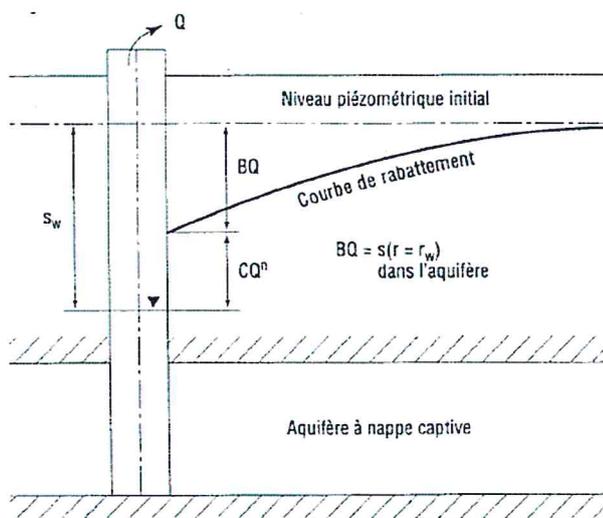
$$S = BQ + CQ^2$$

Avec :

BQ : Pertes de charges liées à l'aquifère

CQ^2 : Pertes de charges liées à l'ouvrage

Graphique 9 : Décomposition du rabattement au puits



L'interprétation graphique de la courbe caractéristique (courbe de tendance de forme polynomiale de niveau 2) permet ainsi de déduire les coefficients B et C.

La valeur du coefficient C, exprimé en min^2/m^5 , reflète la condition du puits pompé :

- ✓ $C < 5,2.10^{-5} \text{ h}^2/\text{m}^5$: puits correctement conçu et bien développé ;
- ✓ $5,2.10^{-5} < C < 1,04.10^{-4} \text{ h}^2/\text{m}^5$: puits assez mal conçu ou légèrement colmaté ou détérioré ;
- ✓ $C > 1,04.10^{-4} \text{ h}^2/\text{m}^5$: puits très mal conçu ou sévèrement colmaté ou détérioré ;
- ✓ $C > 4,17.10^{-4} \text{ h}^2/\text{m}^5$: puits extrêmement mal conçu ou très sévèrement colmaté (restauration non envisageable).

4.2.2 Mode opératoire

L'essai par paliers a été réalisé le 9 juillet 2014 avec l'électropompe du groupement explor-e/D.I.R'eau pour 5 paliers de pompage croissant successifs : $Q_1 = 30,84$; $Q_2 = 52,40$; $Q_3 = 71,06$; $Q_4 = 90,82$ et $Q_5 = 103,80 \text{ m}^3/\text{h}$.

Dans le détail, on se référera au tableau suivant.

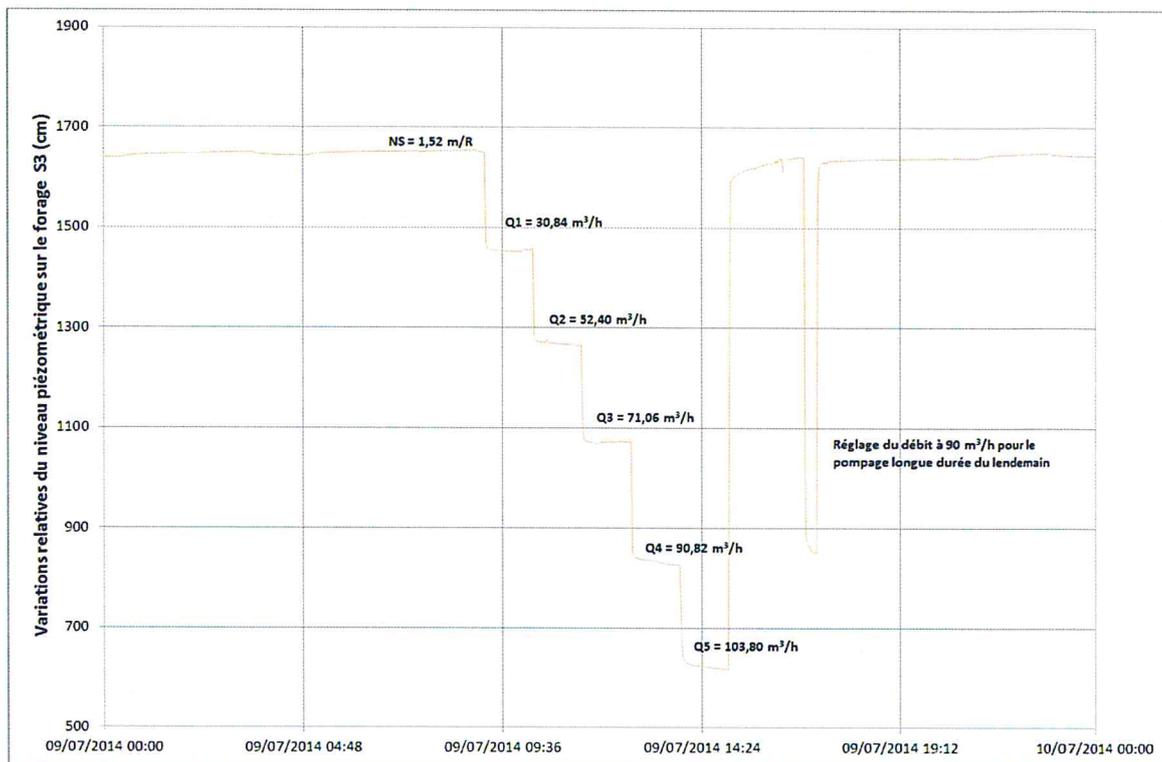
Tableau 12 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des paliers de pompage réalisés lors de l'essai du 9 juillet 2014

Date	Débit (m^3/h)	Pompe mise en œuvre	Commentaires
9 juillet 2014 (#9h10 - #10h20)	30,84	Pompe d'essai	Log thermo-conductivité
9 juillet 2014 (#10h20 - #11h30)	52,4	Pompe d'essai	-
9 juillet 2014 (#11h30 - #12h42)	71,06	Pompe d'essai	-
9 juillet 2014 (#12h42 - #13h52)	90,82	Pompe d'essai	Micromoulinet
9 juillet 2014 (#13h52 - #15h02)	103,80	Pompe d'essai	-

Le suivi des rabattements a été assuré via les sondes pressiométriques (1 acquisition / 2 minutes) et doublé par des mesures manuelles régulières afin de palier à tout dysfonctionnement.

On se référera au graphique page suivante.

Graphique 10 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations relatives de la nappe sur le forage (données brutes) – Essai par paliers



4.2.3 Résultats – Interprétation

4.2.3.1 Essai de 2014

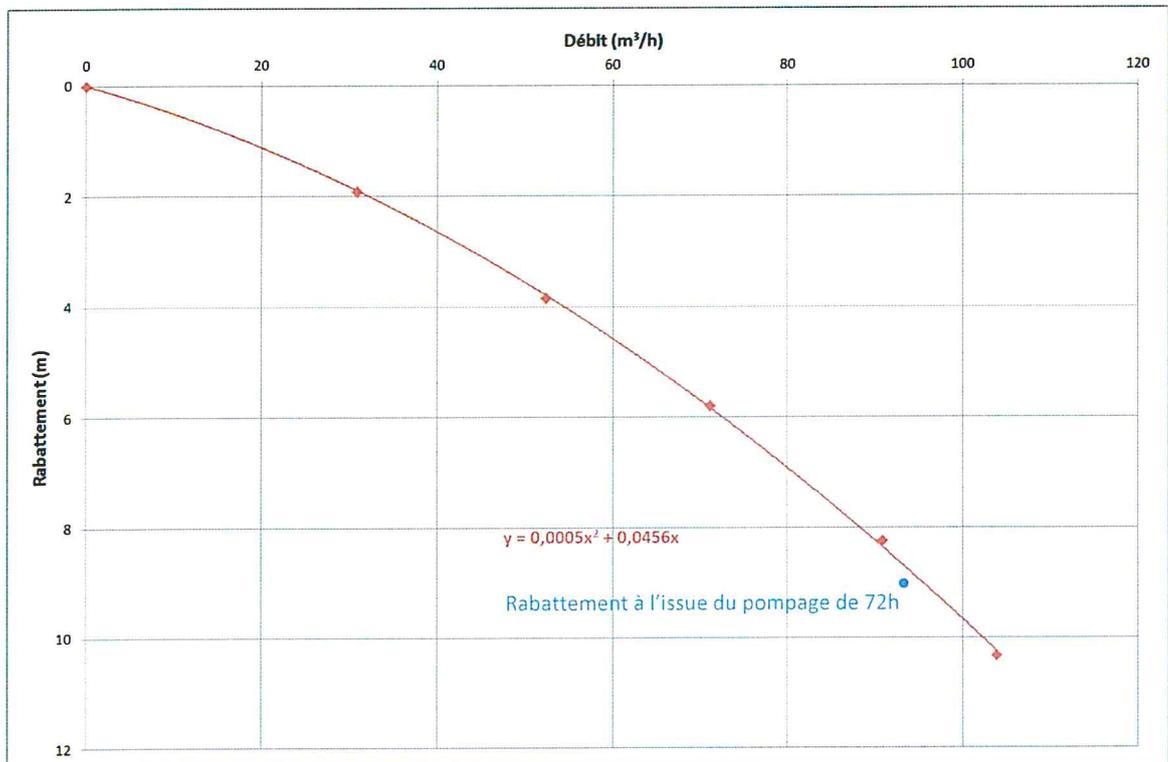
Les données brutes de l'essai par paliers sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Synthèse des paliers de pompage réalisés lors de l'essai du 9 juillet 2014

Débit (m ³ /h)	Débit (m ³ /s)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /s/m)	Rabattement spécifique (m/m ³ /s)	Durée du palier (h)
30,84	8,57E-03	1,92	4,46E-03	2,24E+02	1h10
52,40	1,46E-02	3,85	3,78E-03	2,65E+02	1h10
71,06	1,97E-02	5,79	3,41E-03	2,93E+02	1h10
90,82	2,52E-02	8,24	3,06E-03	3,27E+02	1h10
103,8	2,88E-02	10,33	2,79E-03	3,58E+02	1h10
93	2,58E-02	9,06	2,85E-03	3,51E+02	72h

Cet essai s'est déroulé en continu, à débits croissants, pour des paliers d'une heure minimum chacun afin d'atteindre la pseudo-stabilisation du niveau piézométrique. La courbe caractéristique est présentée ci-dessous.

Graphique 11 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Courbe caractéristique du pompage par paliers du 9 juillet 2014



A partir de l'interprétation mathématique de la courbe caractéristique, l'ouvrage semble bien conçu avec cependant des pertes de charges conséquentes.

En effet, la forme de l'équation de la courbe caractéristique met en évidence un rendement peu important sur l'ouvrage. Pour un pompage à 100 m³/h, le rabattement serait de 9,56 m pour des pertes de charges quadratiques de 5,00 m soit un rendement de l'ouvrage calculé de l'ordre de 48 %.

Le **débit critique** correspond au débit maximal pouvant affluer d'un aquifère à un puits de pompage en écoulement laminaire, c'est-à-dire sans dépassement de la vitesse critique. En pratique, c'est le débit pompé au-delà duquel les pertes de charge ne croissent plus en fonction linéaire du débit.

Il est interprété graphiquement comme le « point de cassure » de la courbe caractéristique.

Néanmoins, la courbe caractéristique établie à partir des résultats de l'essai par paliers du 8 juillet 2014 ne permet pas de distinguer ce « point de rupture » et par conséquent de définir le débit critique. Toutefois, on peut se pencher sur l'analyse des différentes pertes de charge (cf. Tableau page suivante).

Tableau 14 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-SX-0105) – Calcul des pertes de charges pour différents débits d'exploitation

Débit – Q (m ³ /h)	30	50	70	90	110
Pertes de charges linéaires – BQ (m)	1,37	2,28	3,19	4,10	5,02
Pertes de charges quadratiques – CQ ² (m)	0,45	1,25	2,45	4,05	6,05
Rabatement théorique – S (m)	1,82	3,53	5,64	8,15	11,07

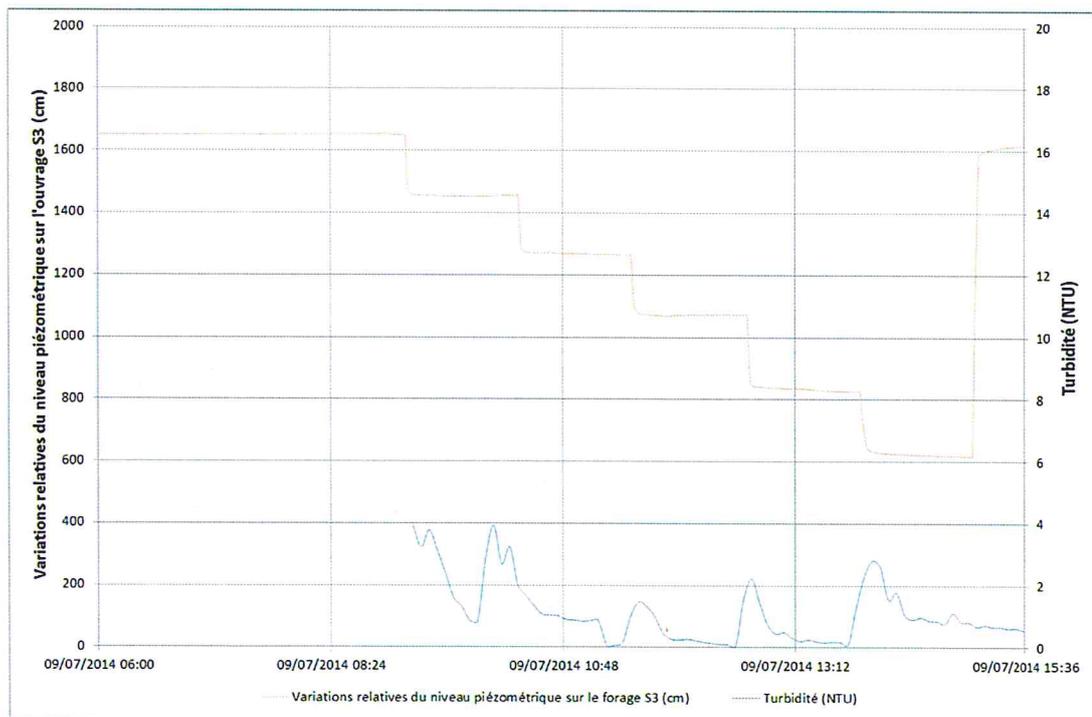
Au regard de ces données, on remarque l'importance des pertes de charges quadratiques sur l'ouvrage et notamment à partir d'un débit de pompage de l'ordre de 90 m³/h au-delà duquel les pertes de charges quadratiques induites par l'écoulement turbulent dans l'ouvrage deviennent supérieures aux pertes de charges linéaires provoquées par l'écoulement laminaire dans l'aquifère au voisinage du puits.

On peut donc vraisemblablement établir le débit de critique de l'ouvrage aux environs de 90 m³/h.

Concernant le suivi de la turbidité durant les essais par paliers, aucun pic majeur n'est à relevé (maximum à 3,9 NTU). Seule la mise en route successive des différents paliers entraîne une remobilisation des particules fines dans l'ouvrage.

On se réfèrera au graphique suivant.

Graphique 12 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-SX-0105) – Pompage par paliers avec suivi de la turbidité

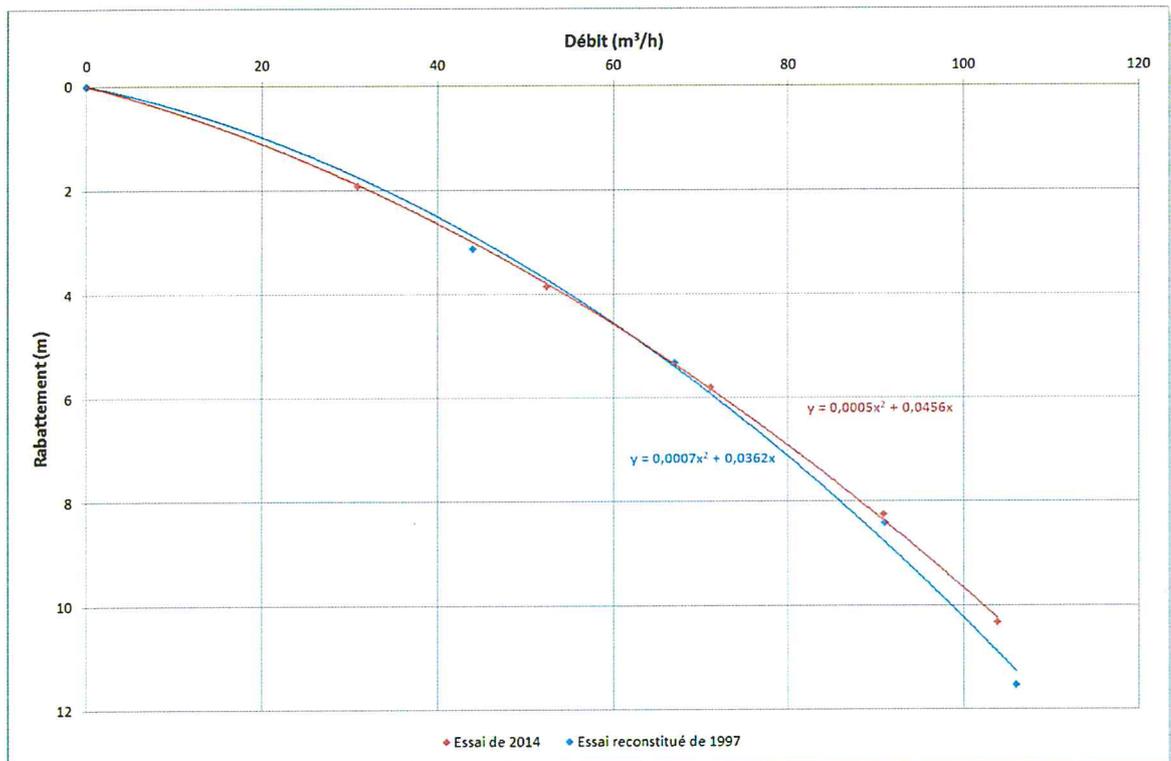


4.2.3.2 Comparaison des résultats des essais par paliers de 1997 et de 2014

Les résultats de l'essai par paliers de 1997 ont été rapprochés des résultats obtenus le 8 juillet 2014 par le groupement explor-e/DIR'eau afin de tenter de visualiser les conditions de vieillissement de l'ouvrage.

Le graphique suivant met au regard les deux courbes caractéristiques obtenues lors de ces essais de pompage.

Graphique 13 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Comparaison des courbes caractéristiques des essais de pompage de 1997 et 2014



Les courbes ont une allure très similaire et ne présentent pas de réelles différences de débit pour un rabattement donné. On remarquera néanmoins qu'au-delà de 90 m³/h, le rabattement est légèrement moindre actuellement qu'à la création de l'ouvrage. En effet, pour un rabattement de 10 m, le débit actuellement pompé est de 103 m³/h alors qu'il était de 98 m³/h en 1997 (+11%).

Les opérations de pistonnage de 2014 ont assurément amélioré la perméabilité de l'aquifère à proximité de l'ouvrage par « nettoyage » progressif du réseau de fissures de l'aquifère. Il en résulte une diminution conséquente du rapport pertes de charges quadratiques / pertes de charges linéaires.

4.3 Pompage d'essai longue durée (72h)

4.3.1 Mode opératoire

Le pompage longue durée a été réalisé entre le 10 et le 13 juillet 2014 au moyen de l'électropompe du groupement explor-e/DIR'eau.

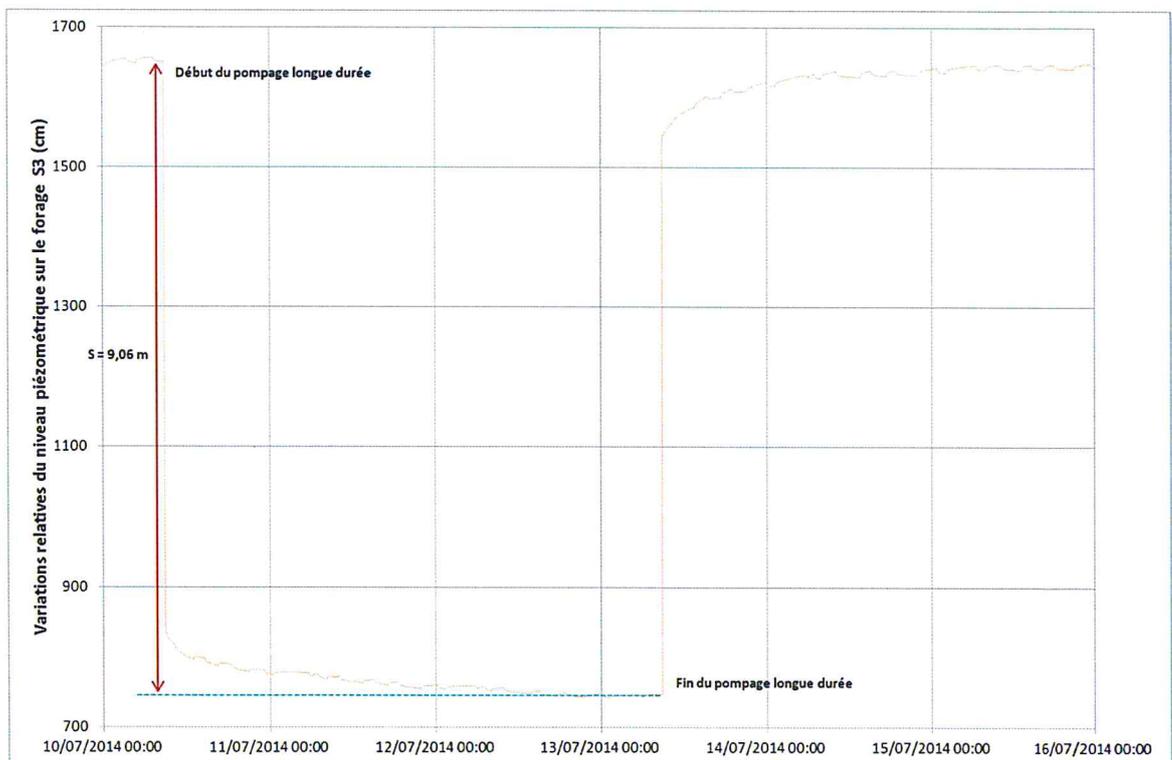
Le débit de pompage moyen mesuré durant l'essai longue durée a été de l'ordre de $93 \text{ m}^3/\text{h}$ correspondant approximativement au débit critique de l'ouvrage. Ce débit permet également d'éviter de dénoyer la crépine située à $-10,95 \text{ m/R}$ (soit $-9,75 \text{ m/TN}$).

Le pompage longue durée s'est déroulé sur 72 heures sans aucun aléa.

Le niveau statique initial s'établissait $1,59 \text{ m/R}$ (soit $0,39 \text{ m/TN}$).

On se référera au graphique présenté ci-dessous.

Graphique 14 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations relatives de la nappe sur le forage (données brutes) – Essai longue durée – Données brutes : illustration des différentes phases du pompage



A l'issue du pompage longue durée de 72 heures, le rabattement final mesuré s'établissait à $-10,65 \text{ m/R}$ (soit $9,45 \text{ m/TN}$) soit à $0,3 \text{ m}$ environ au-dessus du top crépine.

4.3.2 Résultats – Interprétations

4.3.2.1 Observations préliminaires

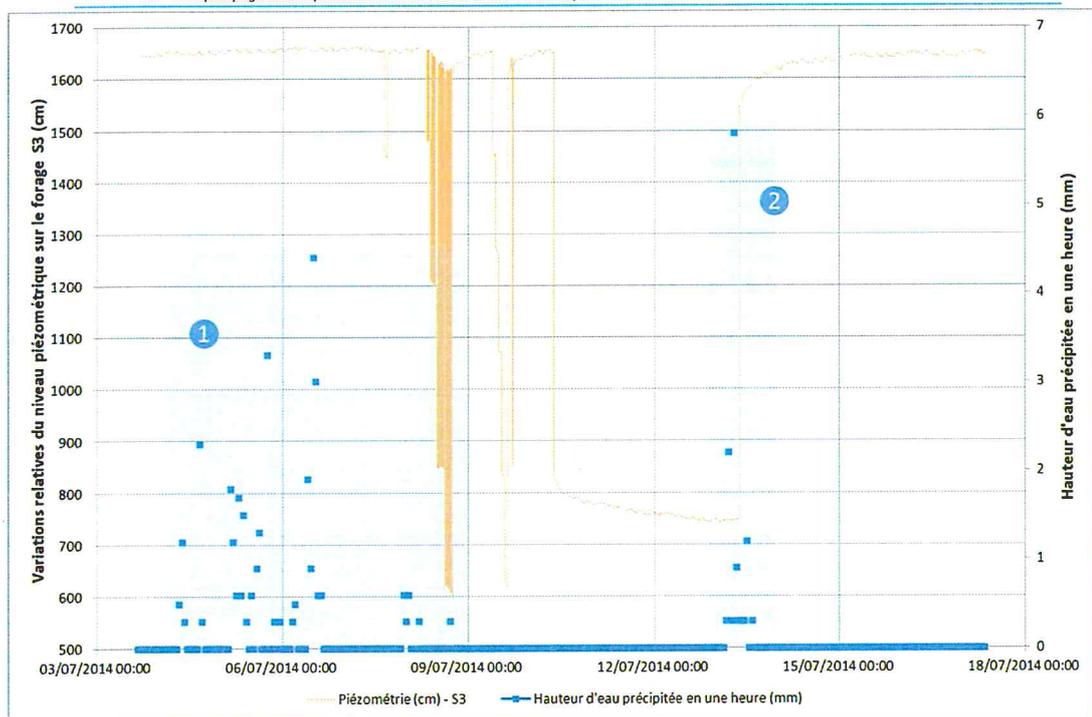
Le débit de pompage moyen de 93 m³/h et la continuité de l'essai ont été respectées.

Lors des essais, le syndicat ne disposant que d'une unique ressource exploitable (le forage S2 d'Anceaumeville), il est donc nécessaire de préciser que ce forage situé à proximité était toujours en exploitation.

4.3.2.2 Relation avec la pluviométrie

Les graphiques suivants mettent en regard les variations du niveau dynamique mesurées pendant l'essai de pompage longue-durée avec les hauteurs précipitées sur le site (données issues du pluviomètre à augets).

Graphique 15 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Rapprochement des variations du niveau piézométrique durant les essais de pompage avec la pluviométrie mesurée sur le site de Launay à Anceaumeville

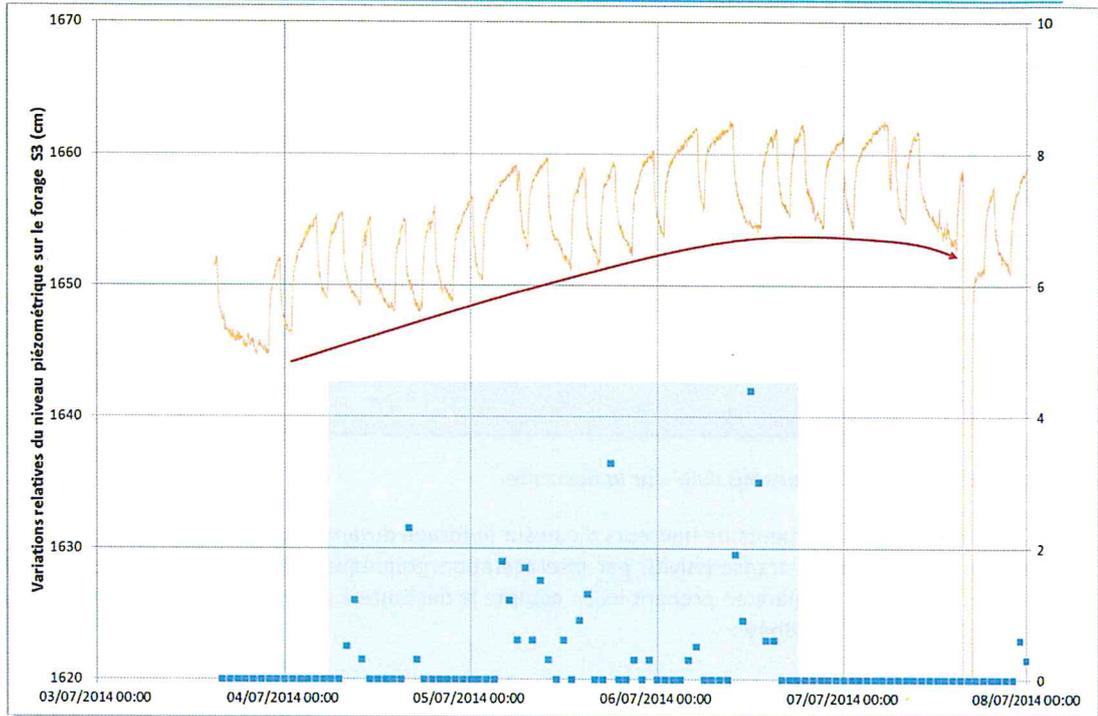


On constate deux phases pluvieuses :

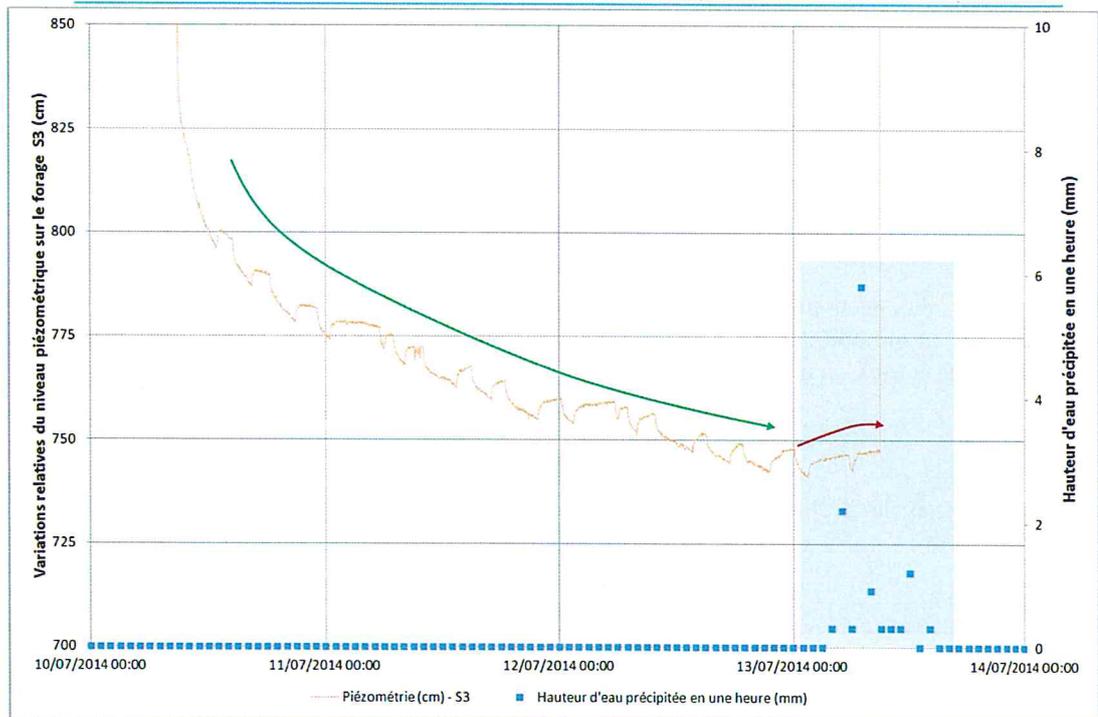
- Une première (1), assez étendue en amont des phases de pompage ;
- Un pic de précipitation (2) avec un maximum à 6 mm en une heure en fin de pompage longue durée à l'amorce de la phase de remontée du niveau piézométrique suite au pompage de 72h.

Dans le détail, on se réfèrera aux schémas page suivante.

Graphique 16 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-SX-0105) – Rapprochement des variations du niveau piézométrique en régime statique durant les essais de pompage avec la pluviométrie mesurée sur le site de Launaye à Anceauville



Graphique 17 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-SX-0105) – Rapprochement des variations du niveau piézométrique en régime dynamique durant les essais de pompage avec la pluviométrie mesurée sur le site de Launaye à Anceauville



En faisant abstraction des nombreux artefacts causés par les pompages d'exploitation du forage S2, les points suivants peuvent être remarqués :

- Une recharge de la nappe suite à l'évènement pluvieux, ① mais le décalage n'est pas vérifiable du fait de la durée de la phase pluvieuse et le pic de précipitation enregistré en fin de pompage longue durée semble amortir la descente ;
- Une légère remontée du niveau d'eau en fin de pompage longue durée dont le lien avec le pic ② n'est pas vérifiable. L'influence des pompages d'exploitation sur le forage S2 ne permet donc pas de vérifier cette information. En effet, la stabilisation du rabattement couplé à la remontée du niveau piézométrique dans le forage S3 suite à l'arrêt des pompages sur S2 peut également induire une légère hausse du niveau d'eau sur S3.

Ces observations ne permettent pas de vérifier une éventuelle contribution du karst dans l'alimentation de l'ouvrage.

4.3.2.3 Interprétation de la transmissivité sur la descente

A partir des enregistrements de hauteurs d'eau sur le forage durant l'essai de pompage longue durée, il a été possible de déduire la transmissivité par interprétation graphique. En effet, la formule de JACOB permet d'approcher cette dernière en prenant ici en compte la descente à partir du début du pompage longue durée soit le 10 juillet 2014 à 8h46 :

$$T = 0.183 * Q / (b-a)$$

Avec (b-a) représentant la pente de la droite.

Dans le cas présent nous avons interprété la transmissivité sur la descente et la remontée.

Nota : Malgré l'influence des pompages d'exploitation de l'ouvrage AEP proximal sur l'ouvrage à diagnostiquer, l'interprétation des données de transmissivité a pu néanmoins être approchée.

On se référera aux schémas page suivante.

Calcul durant la descente

Pour des durées de pompage comprises dans l'intervalle [3 000 – 80 000] secondes (soit entre 50 minutes et 22 h 13 mn après le début du pompage longue durée – période à priori la moins influencée par le pompage voisin), on obtient :

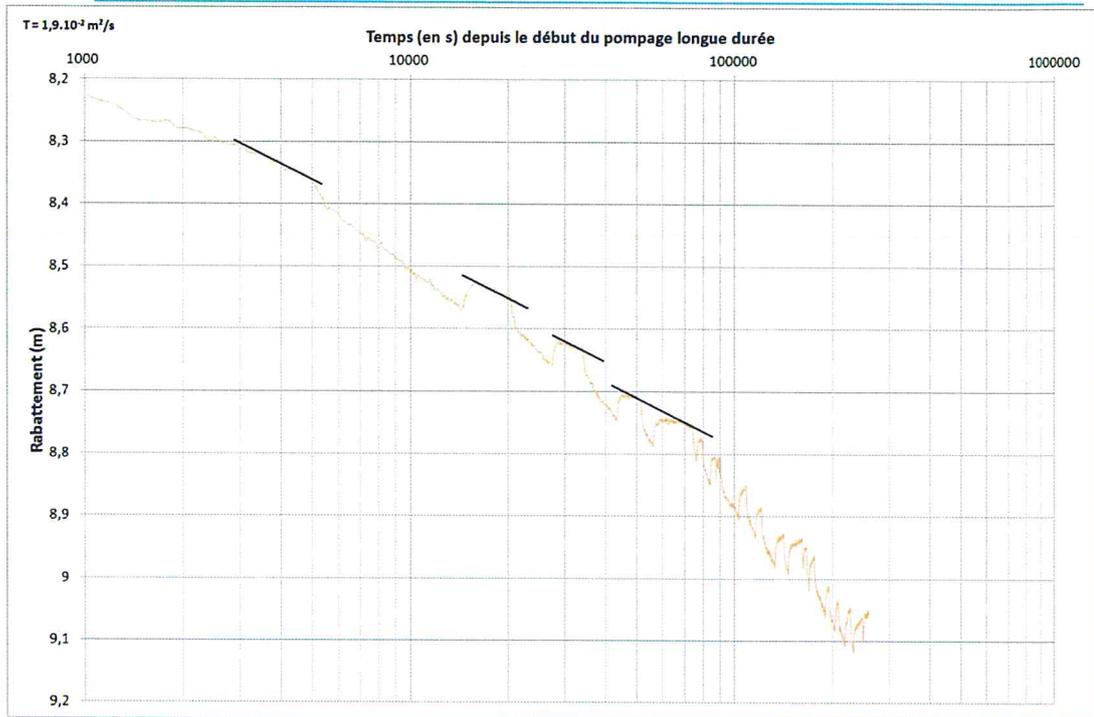
$$T = 1,9.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \text{ pour un débit de } 93 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul durant la remontée

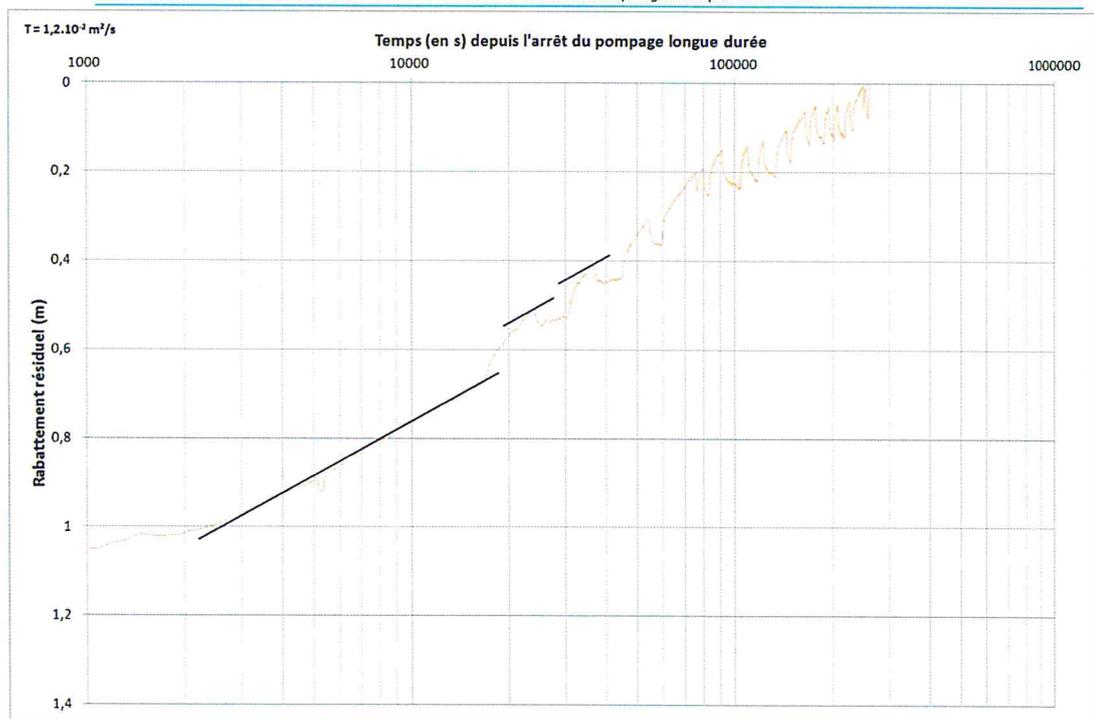
Pour l'intervalle [3 000 – 40 000] secondes soit entre 50 minutes et 11 h 7 mn suite à l'arrêt du pompage, on obtient :

$$T = 1,2.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \text{ pour un débit de } 93 \text{ m}^3/\text{h}$$

Graphique 18 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations du rabattement depuis le début du pompage longue durée pour le calcul de la transmissivité lors de la descente – Echelle des temps logarithmique



Graphique 19 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Variations du rabattement depuis l'arrêt du pompage longue durée pour le calcul de la transmissivité lors de la remontée – Echelle des temps logarithmique



4.3.2.4 Comparaison de la transmissivité « 2014 » avec celle calculée lors de la création du forage (1997)

La transmissivité déduite des résultats obtenus en 1997 par ANTEA lors de la création de l'ouvrage S3 était de $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Les valeurs obtenues en 2014 à partir des données de l'essai de pompage longue durée ($1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ lors de la descente et $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ durant la remontée) sont donc semblables à celle obtenue en 1997.

Le forage n'étant pas utilisé depuis sa création, il n'a donc pas pu se développer progressivement suite à une phase d'exploitation. Toutefois, on retrouve ici une valeur de transmissivité correcte favorisée par la phase de développement engagée par le groupement explor-e/D.I.R'eau en amont du pompage longue durée.

4.4 Interprétations des variations de nappe observées sur le forage et les autres points de suivi lors du pompage 72h

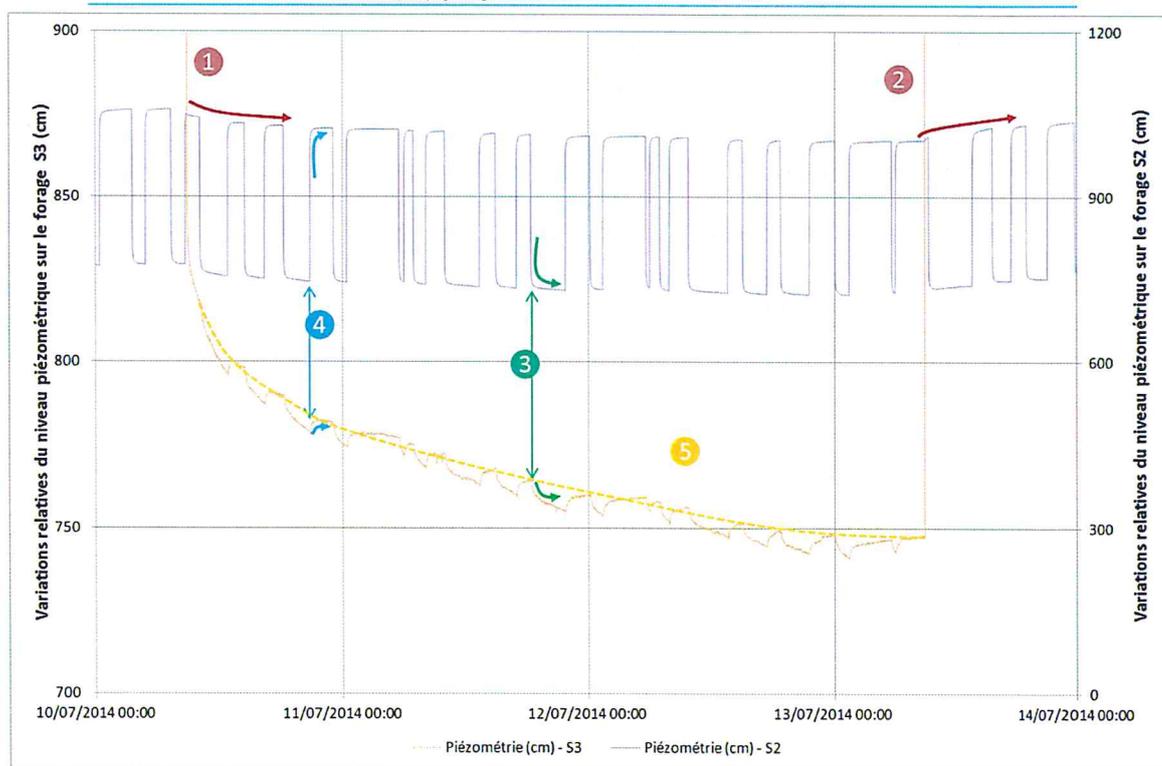
Afin de s'assurer du bon fonctionnement des sondes installées dans chaque ouvrage, nous avons procédé à un contrôle régulier avec la sonde piézométrique et à une relève régulière du logger durant la période de suivi.

4.4.1 Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage AEP S2

Pendant l'intervention, outre au niveau du forage, le niveau piézométrique a été enregistré sur le forage S2 captant la nappe de la craie et situé à 141 m au sud du forage S3.

Le graphique suivant rapproche les variations piézométriques sur le forage S3 et le forage AEP S2.

Graphique 20 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage AEP S2 – Zoom sur l'essai de pompage longue durée



D'un point de vue global, on constate deux influences :

- ✓ La première due au pompage longue durée du forage S3 provoquant une légère baisse du niveau piézométrique sur le forage AEP S2 (1). L'arrêt du pompage de 72h au régime de 93 m³/h induit alors une remontée du niveau piézométrique sur le forage AEP S2 (2).
- ✓ La seconde due au pompage d'exploitation du forage AEP S2 induisant des variations du niveau d'eau sur l'ouvrage S3 (3 suite à la mise en route et 4 suite à l'arrêt du pompage). On se référera au graphique page suivante pour la corrélation entre les variations piézométriques sur le forage AEP S2 et les phases de pompage d'exploitation. Le tracé 5 offre un aperçu du niveau de la nappe sur S3 en excluant les pompages d'exploitation sur le forage AEP S2 ;

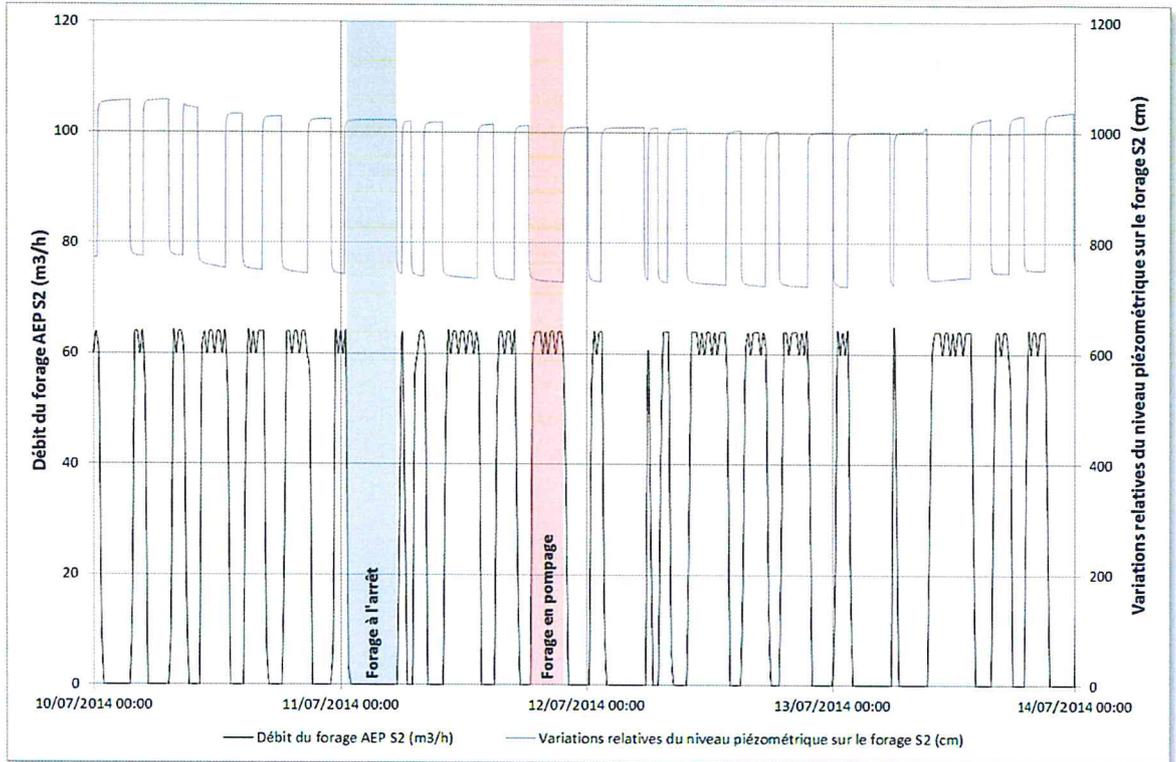
Dans le détail, on remarque les points suivants :

- ✓ Le décalage temporel est non significatif entre la mise en route du pompage longue durée et les variations induites sur l'ouvrage S3 ;
- ✓ Il en est de même lors de la mise en route du pompage d'exploitation sur le forage AEP S2 et les variations de niveau d'eau induites sur l'ouvrage S3 ;
- ✓ Le rabattement induit par le pompage longue durée de S3 au régime de 95 m³/h sur le forage AEP S2 localisé à 141 m en aval hydraulique est d'environ 47,9 cm ;
- ✓ Le pompage d'exploitation de l'ouvrage AEP S2 provoque sur le forage S3 un rabattement de l'ordre de 5 à 10 cm variable selon la durée de pompage.

Le décalage temporel est imperceptible entre le démarrage du pompage sur le forage S3 et la baisse enregistrée sur le forage AEP S2. La conséquence du pompage prolongé sur S3 au régime de 93 m³/h entraîne une baisse avoisinant les 50 cm sur l'ouvrage AEP S2.

Le forage AEP S2 influence également les niveaux d'eau sur l'ouvrage S3 de manière non significative (seulement quelques centimètres).

Graphique 21 : Forage S2 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0103) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie et les phases de pompage d'exploitation sur le forage S2 (données Eaux de Normandie) – Zoom sur l'essai de pompage longue durée sur le forage S3

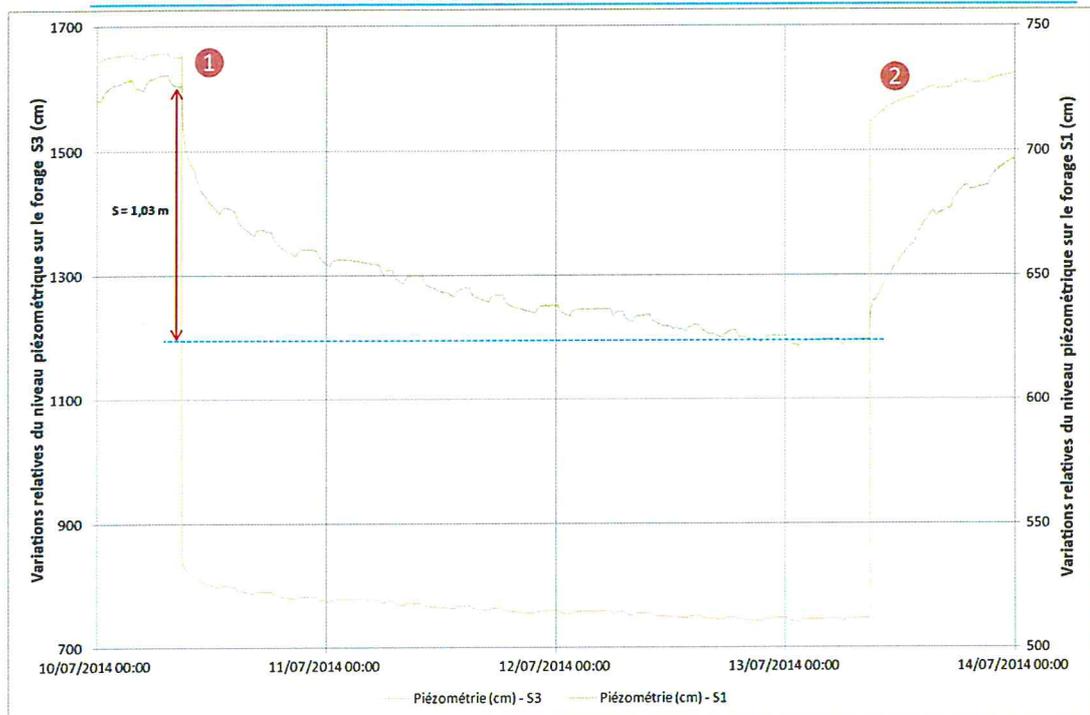


4.4.2 Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage S1

Pendant l'intervention, le niveau piézométrique a aussi été enregistré sur le forage S1 captant la nappe de la craie et situé à 68 m au sud-ouest du forage S3.

Le graphique suivant rapproche les variations piézométriques sur le forage S3 et le forage S1.

Graphique 22 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le forage S1 – Zoom sur l'essai de pompage longue durée



On constate plusieurs points :

- ✓ La mise en route du pompage longue durée (1) entraîne une baisse immédiate du niveau piézométrique sur l'ouvrage S1 ;
- ✓ Le pompage longue durée réalisé sur le forage S3 au régime de $93 \text{ m}^3/\text{h}$ induit un rabattement final de 1,03 m sur l'ouvrage S1 ;
- ✓ L'arrêt du pompage longue durée (2) entraîne immédiatement la remontée du niveau piézométrique sur le forage S1 ;
- ✓ On constate également les variations imputables aux pompages d'exploitation sur l'ouvrage AEP S2.

Le décalage temporel est imperceptible entre le démarrage du pompage sur le forage S3 et la baisse enregistrée sur le forage S1. La conséquence du pompage longue durée sur S3 au régime de $93 \text{ m}^3/\text{h}$ entraîne un rabattement de 1,03 m sur l'ouvrage S1 au bout de 72h.

4.4.3 Calcul du coefficient d'emmagasinement

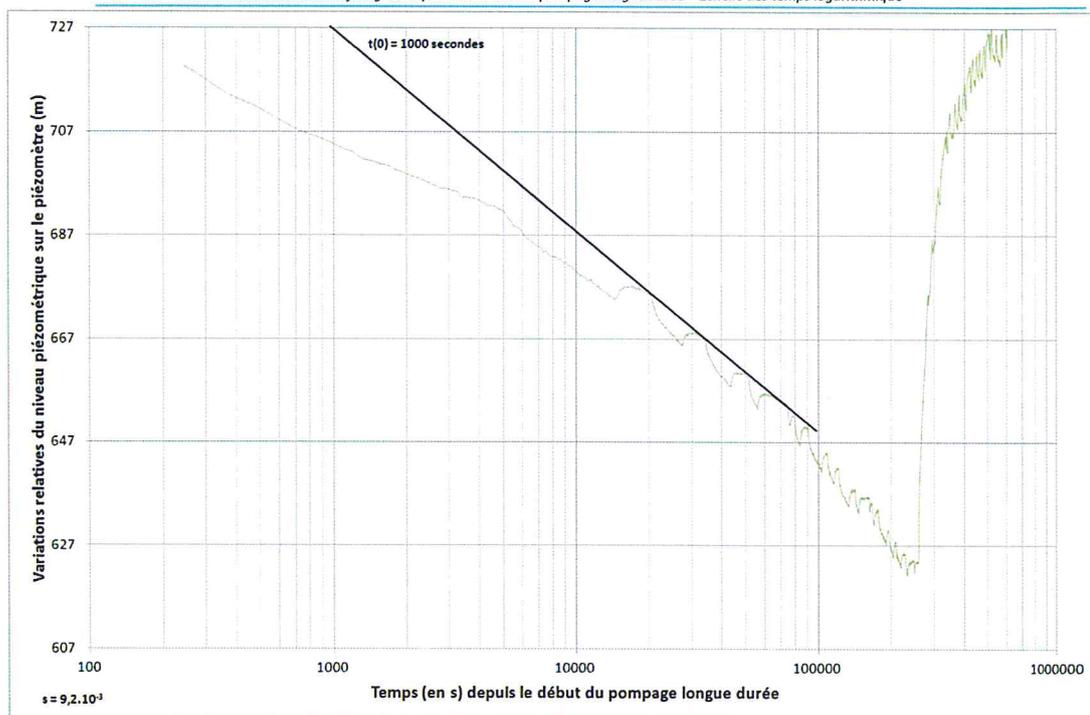
Selon la méthode de Jacob, le coefficient d'emmagasinement S est déterminé par l'expression :

$$S = \frac{(2,25 \times T \times t(0))}{x^2}$$

Avec x, la distance de l'ouvrage S1 à l'axe du forage S3 qui est ici égale à 68 m.

Le graphique suivant présente les variations du niveau d'eau sur le forage S1 en fonction du temps en secondes, sur une échelle logarithmique. En abscisse, le zéro correspond à l'heure de mise en route du pompage longue durée sur le forage S3.

Graphique 23 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations de piézométrie sur le forage S1 – Variations du rabattement sur le forage S1 à partir du début du pompage longue durée – Echelle des temps logarithmique



On obtient un $t(0)$ de 1 000 secondes. Ainsi :

$$S = \frac{(2,25 \times T \times t(0))}{x^2} = \frac{(2,25 \times 0,019 \times 1000)}{68^2}$$

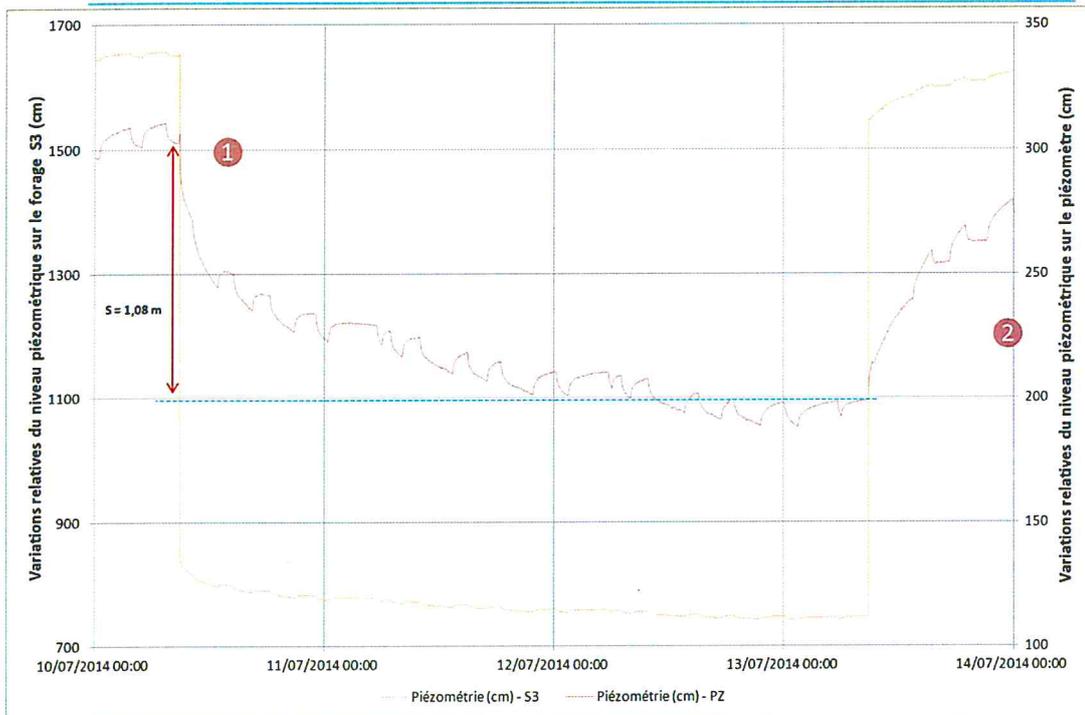
On obtient un coefficient d'emmagasinement de $9,2 \cdot 10^{-3}$ proche des caractéristiques d'une nappe libre (valeur généralement comprise entre 0,2 et 0,01 pour un aquifère à nappe libre).

4.4.4 Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le piézomètre

Pendant l'intervention, le niveau piézométrique a également été enregistré sur le piézomètre situé sur la parcelle du forage S3 à 59 m au sud-sud-est de ce dernier et captant la nappe de la craie.

Le graphique suivant rapproche les variations piézométriques sur le forage S3 et le piézomètre.

Graphique 24 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage S3 et le piézomètre – Zoom sur l'essai de pompage longue durée



On constate plusieurs points :

- ✓ La mise en route du pompage longue durée (1) entraîne une baisse immédiate du niveau piézométrique sur le piézomètre ;
- ✓ Le pompage longue durée réalisé sur le forage S3 au régime de 93 m³/h induit un rabattement final de 1,08 m sur le piézomètre ;
- ✓ L'arrêt du pompage longue durée (2) entraîne immédiatement la remontée du niveau piézométrique sur le piézomètre ;
- ✓ On constate également les variations imputables aux pompages d'exploitation sur l'ouvrage AEP S2.

Le décalage temporel est imperceptible entre le démarrage du pompage sur le forage S3 et la baisse enregistrée sur le piézomètre. La conséquence du pompage longue durée sur S3 au régime de 93 m³/h entraîne un rabattement de 1,08 m sur le piézomètre au bout de 72h.

4.4.5 Calcul du coefficient d'emmagasinement

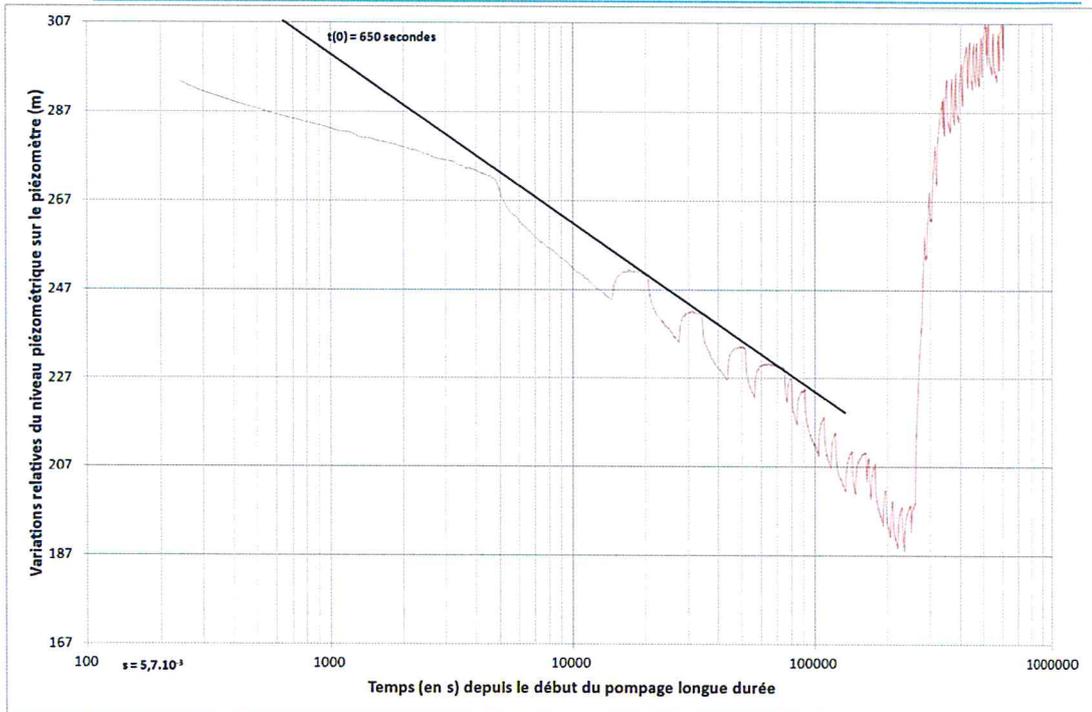
Selon la méthode de Jacob, le coefficient d'emmagasinement S est déterminé par l'expression :

$$S = \frac{(2,25 \times T \times t(0))}{x^2}$$

Avec x , la distance du piézomètre à l'axe du forage S3 qui est ici égale à 59 m.

Le graphique suivant présente les variations du niveau d'eau sur le piézomètre en fonction du temps en secondes, sur une échelle logarithmique. En abscisse, le zéro correspond à l'heure de mise en route du pompage longue durée sur le forage S3.

Graphique 25 : Forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations de piézométrie sur le forage S1 – Variations du rabattement sur le piézomètre à partir du début du pompage longue durée – Echelle des temps logarithmique



On obtient un $t(0)$ de 650 secondes. Ainsi :

$$S = \frac{(2,25 \times T \times t(0))}{x^2} = \frac{(2,25 \times 0,019 \times 650)}{59^2}$$

On obtient un coefficient d'emmagasinement de $8,0 \cdot 10^{-3}$ proche des caractéristiques d'une nappe libre (valeur généralement comprise entre 0,2 et 0,01 pour un aquifère à nappe libre).

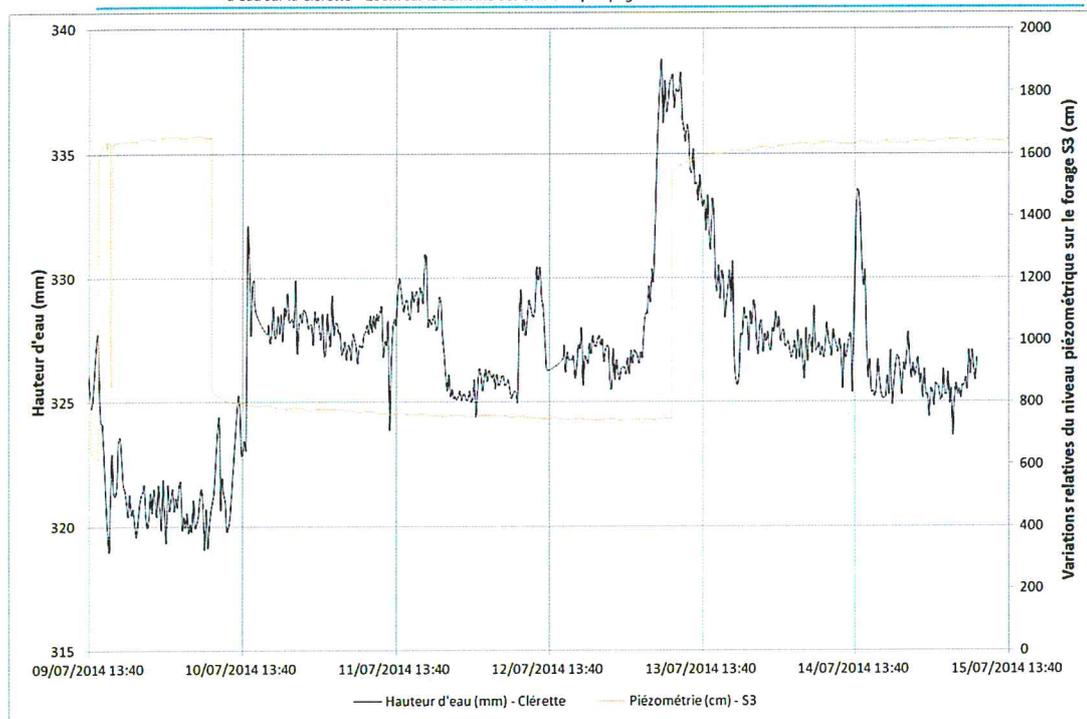
4.4.6 Suivi des variations synchrones de la piézométrie sur le forage et la Clérette

4.4.6.1 Suivi continu des niveaux d'eau de la Clérette

Afin de vérifier l'éventuelle influence du pompage sur le forage S3 d'Anceaumeville avec la Clérette longeant l'ouest de la parcelle à 40 m du forage S3, une sonde hauteur/vitesse a été disposée sur le cours d'eau au droit de l'ouvrage.

Le graphique ci-dessous présente simultanément le suivi du niveau piézométrique du forage S3 et le niveau d'eau sur la Clérette.

Graphique 26 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105) – Suivi des variations synchrones de piézométrie sur le forage S3 et de hauteur d'eau sur la Clérette – Zoom sur la semaine des essais de pompage



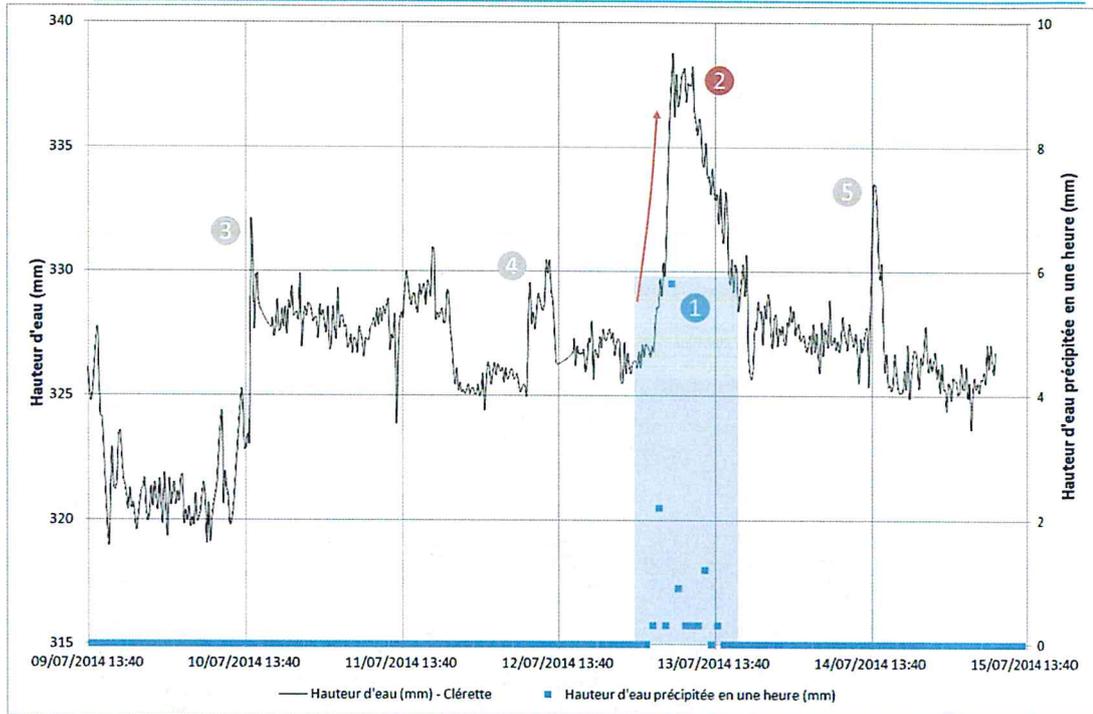
Première constatation : le pompage longue-durée à un débit de 93 m³/h sur le forage S3 n'influence pas le niveau d'eau de la Clérette. Les prélèvements au niveau du forage n'entraînent pas de modification du régime de la rivière.

Les variations de hauteur d'eau enregistrées sur la Clérette peuvent être rapprochées des variations de pluviométrie sur le site. On se référera au graphique page suivante.

Ce graphique met en exergue plusieurs points :

- ✓ L'épisode pluvieux enregistré le 13 juillet 2014 (1) entraîne une remontée du niveau d'eau de la Clérette quasi instantanément (2) ;
- ✓ Les autres variations constatées (3, 4, et 5) sont vraisemblablement dues à l'accumulation de végétaux en amont de la sonde induisant alors une hausse du niveau d'eau (cf. Paragraphe 3.1.2.3).

Graphique 27 : Forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-SX-0105) – Suivi des variations de hauteur d'eau sur la Clérette – Rapprochement avec la pluviométrie



Il n'y a donc aucun lien entre les prélèvements effectués sur l'ouvrage S3 et les variations de hauteur d'eau constatées sur la Clérette. Le cours d'eau ne contribuerait pas à l'alimentation du forage S3 et serait donc isolé par rapport à la nappe captée au niveau du forage.

Ce schéma est confirmé par les valeurs de nivellement. En effet, ces dernières montrent une indépendance totale entre les fortes variations de niveau de la nappe induites par les pompages et les faibles variations de hauteur d'eau de la rivière.

Les faibles variations observées sur la Clérette sont dues aux précipitations avec un décalage dans le temps imperceptible et vraisemblablement à la présence de vannages en amont.

En dimensionnant le lit dans lequel s'écoule la Clérette, il a été possible d'approcher les valeurs de débits du cours d'eau. Toutefois, ces valeurs sont à prendre avec parcimonie étant donné :

1. L'envasement de la rivière sur les bordures induisant une baisse conséquente des vitesses sur les berges ;
2. Les variations latérales de vitesse (les vitesses étant plus importantes là où se trouvait la sonde de mesure c'est-à-dire au centre du lit de la rivière) majorant ainsi les valeurs du débit calculées.

Le débit moyen de la Clérette a ainsi été évalué à la date des essais à $2\,500\text{ m}^3/\text{h}$.

Cette valeur se rapproche du module estimé au lieu-dit « Launaye » au niveau du gué par la DREAL ($0,620\text{ m}^3/\text{s}$ soit $2\,232\text{ m}^3/\text{h}$).

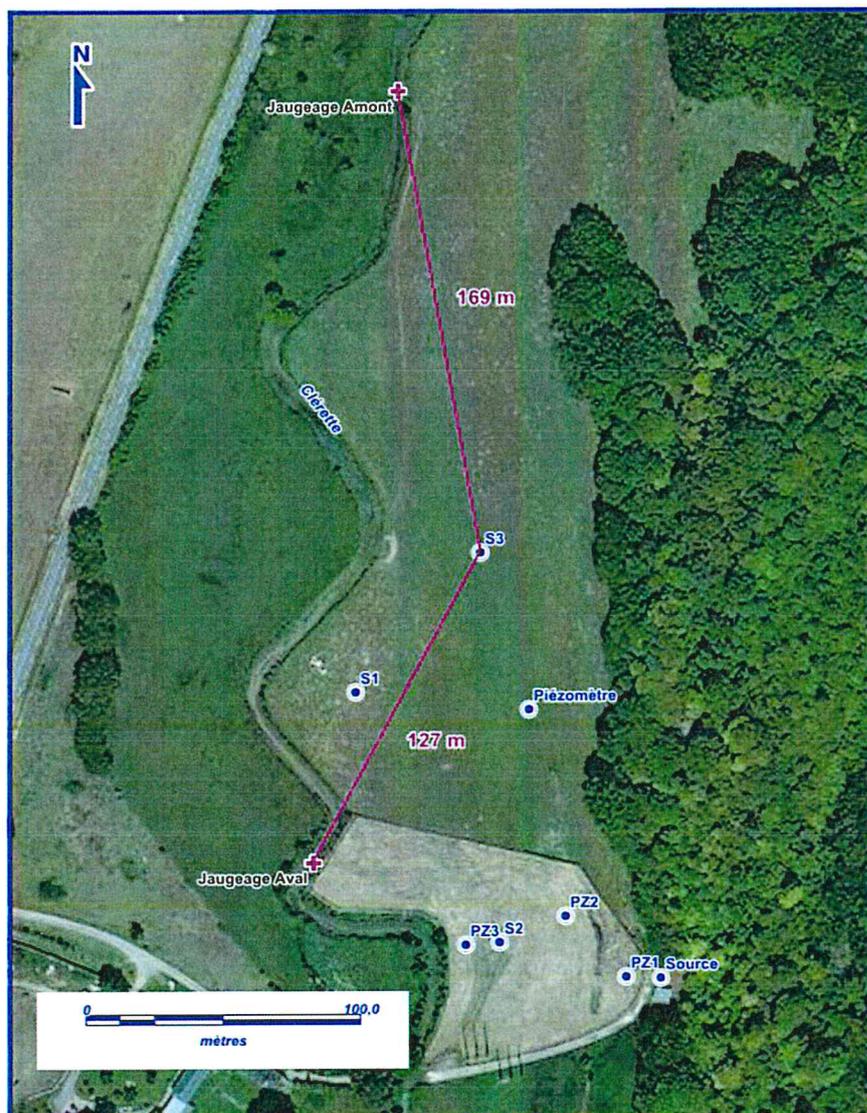
4.4.6.2 Estimation par jaugeage du débit de la Clérette

Afin de vérifier une éventuelle influence du pompage sur le forage S3 vis-à-vis de la Clérette, une série de jaugeages a donc été effectuée en amont et en aval du forage respectivement à 169m et 127m de ce dernier.

Pour permettre une bonne estimation du débit du cours d'eau et des éventuelles variations dues au pompage, les jaugeages ont été réalisés avant, pendant et après le pompage longue durée.

On se référera au schéma ci-dessous pour l'implantation des jaugeages.

Schéma 6 : Localisation des jaugeages – Report sur fond Bing Aerial



4.4.6.2.1 Présentation – Mode opératoire

Le jaugeage permet d'estimer les vitesses d'un cours d'eau après intégration des vitesses selon des verticales ou horizontales et une section de rivière.

La méthode se décompose en 3 phases :

1. La mesure sur le terrain se fait sur plusieurs verticales de la rivière. Sur ces verticales sont mesurées les vitesses (en m/s) selon plusieurs profondeurs depuis la surface jusqu'au lit du cours d'eau ;
2. En intégrant ces vitesses sur chaque verticale ou horizontale de la section de la rivière on obtient alors un débit unitaire exprimé en m^2/s et représentatif de la vitesse sur une verticale donnée ;
3. On intègre ensuite ce débit unitaire selon la largeur de la section définissant le lit de la rivière pour obtenir le débit exprimé en m^3/s .

Dans le cas de la Clérette pour la présente mission, le descriptif des profils est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15 : Descriptifs des profils pour les jaugeages réalisés sur la Clérette durant le suivi de juillet 2014

Type de jaugeage	Distance/Rive droite (m)	Nombre de verticales	Inter-verticale (m)
Amont	+0,50	4	1
Aval	+0,50	4	1

Les mesures ont été effectuées avec un vélocimètre portable électromagnétique BFM801 (précision de $\pm 0,5\%$ de la lecture) selon une moyenne fixe de 30 secondes de mesures.

Clichés : Vélocimètre électromagnétique utilisé dans le cadre de la présente mission (crédit photo explor-e)



4.4.7 Résultats – Interprétation

Les résultats obtenus suite aux opérations de jaugeage sont présentés en annexe 2.

Annexe 2 : Résultats des jaugeages réalisés sur la Clérette en amont et en aval du forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105)

On se référera également au tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Résultats des opérations de jaugeage réalisées sur la Clérette durant le suivi de juillet 2014

Date	Phase	Type de jaugeage	Débit estimé (m ³ /s - m ³ /h)	Commentaires
4 juillet 2014 (#9h15 – #9h55)	Anté-pompage	Amont	0,63 – 2 268	Pluie légère
4 juillet 2014 (#10h05 – #10h45)		Aval	0,71 – 2 556	Eclaircies
11 juillet 2014 (#13h55 – #14h30)	Pompage	Amont	0,72 – 2 592	Ciel couvert sans pluie
11 juillet 2014 (#14h40 – #15h05)		Aval	0,65 – 2 340	Ciel couvert sans pluie
15 juillet 2014 (#10h05 - #10h35)	Post-pompage	Amont	0,73 – 2 628	Ciel couvert sans pluie
15 juillet 2014 (#10h45 - #11h15)		Aval	0,63 – 2 268	Ciel couvert sans pluie

Les résultats obtenus révèlent :

- ✓ Une bonne corrélation avec la valeur moyenne du module définie par la DREAL à Launaye au niveau du gué (soit 0,620 m³/s) ;
- ✓ Les difficultés d'estimation du débit en rivière du fait de la présence de vitesses sub-nulles à proximité des berges, de l'envasement du fond et du bord du lit notamment au niveau du jaugeage aval où le débit est vraisemblablement minoré du fait des pertes d'eau en bordure.

Les débits estimés ne peuvent donc pas être utilisés pour définir une quelconque variation de débit imputable aux pompages sur le forage. Ils permettent néanmoins d'apprécier les modules de la rivière.

De plus d'après les résultats du suivi des hauteurs d'eau sur la Clérette décrit précédemment, il s'avère que la Clérette est isolée de la nappe de la craie au droit du forage.

4.4.8 Synthèse du suivi des variations de hauteur d'eau sur les points de mesure lors du pompage longue durée

Suite au suivi, les constats sont les suivants :

- Le piézomètre, le forage S1 et le forage AEP S2 (captant tous la nappe de la craie) réagissent quasi instantanément à la mise en route du pompage sur l'ouvrage S3. Le rayon d'influence du forage S3 atteint donc le forage AEP S2 (soit 141 m) en aval hydraulique ;
- Le coefficient d'emmagasinement traduit le caractère libre de la nappe au niveau du site ;
- La Clérette n'est pas impactée par les pompages sur le forage S3 ;
- Les berges du cours d'eau sont vraisemblablement colmatées ce qui confirme que la Clérette ne constitue pas une limite d'alimentation pour la nappe sur le secteur.

Pour synthétiser l'ensemble des données :

- La Clérette est donc isolée par rapport à la nappe captée par le forage S3 et ne participe pas à l'alimentation de celui-ci ;
- Le rayon d'influence des pompages sur l'ouvrage S3 impacte le piézomètre, le forage S1 et le forage AEP actuel (S2) ;
- L'influence des prélèvements sur S3 est peu significative sur la ressource AEP actuelle (S2) et vice-versa.

4.4.9 Calcul des indicateurs DREAL

4.4.9.1 Calcul l'indicateur de Bon Etat Quantitatif des Eaux Souterraines : BEQESO

Dans l'objectif de disposer d'un outil d'aide à la décision pour enjeu quantitatif des eaux superficielles et souterraines sur le long terme (dans une logique DCE, Développement Durable, changement climatique...), une mission d'un sous-groupe de travail de la DISE AEP a établi une série d'indicateurs dont le BEQESO qui correspond à l'indicateur de Bon Etat Quantitatif des Eaux Souterraines.

C'est un indicateur intégrateur des ouvrages existants et futurs situés dans un bassin d'alimentation. Il vise à préserver à long terme l'alimentation des eaux superficielles par les eaux souterraines.

La méthode de calcul est la suivante :

$$\text{BEQESO (\%)} = P \text{ (m}^3\text{)} / V \text{ (m}^3\text{)} \times 100$$

Avec : P : Prélèvement annuel sur le BAC (m³)

Tableau 17 : Prélèvements annuels sur le BAC du forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105)

Forage	Débit maximal d'exploitation	Prélèvement annuel effectif
Forage S3 d'Anceaumeville 0077-5X-0105	Débit souhaité : 60 m ³ /h (1 200 m ³ /j)	-
Forage S2 d'Anceaumeville 0077-5X-0103	Qmax/heure = 60 m ³ /h Qmax/jour = 1 200 m ³ /j	270 000 m ³ /an (données SIAEPA)
0077-1X-0026	Qmax/heure = 75 m ³ /h Qmax/jour = 300 m ³ /j	92 881 m ³ /an (données SIAEPA de Montville – 2012)
0077-1X-0042	Plus exploité actuellement	
0077-2X-0185	Qmax/heure = 53 m ³ /h Qmax/jour = 300 m ³ /j	70 214 m ³ /an (données mairie Bosc-le-Hard – 2012)

$$P = 270\,000 + 92\,881 + 70\,214 = \underline{\# 433\,093 \text{ m}^3/\text{an}}$$

V : Apport annuel sur le BAC (pluie efficace × surface du BAC)

$$P_{\text{eff}} = 312 \text{ mm (moyenne de 1946 à 2011 de l'Atlas Hydrogéologique 2012)}$$

$$S = 77 \text{ km}^2 \text{ (piézométrie de l'Atlas Hydrogéologique 2012)}$$

$$\text{Soit } V = \underline{\#24\,000\,000 \text{ m}^3/\text{an}}$$

$$\underline{\text{BEQESO} = 1,80 \text{ \%}}$$

Le BEQESO relatif au forage S3 est inférieur au seuil admis de 10%.

4.4.9.2 Indicateur de Bon État Quantitatif des Eaux Superficielles (BEQESU)

C'est un indicateur intégrateur des prélèvements existants et futurs en m³/h situés dans un périmètre pertinent. Cet indicateur vise à maintenir un débit suffisant dans les cours d'eau permettant de concilier les nombreux de différents usages des cours d'eau (capacités de dilution des rejets, intégrité, biologiques,...). La méthode de calcul de l'Indicateur de Bon Etat Quantitatif des Eaux Superficielles BEQESU est la suivante :

- Déterminer la zone potentielle d'alimentation du forage en délimitant autour du point de prélèvement son aire d'alimentation (A) d'après la piézométrie ;
- Déterminer le bassin versant correspondant qui comporte le prélèvement et son aire d'alimentation au droit du cours d'eau (BV) ;
- Recenser tous les prélèvements Pr en (m³/h) existants et futurs dans le bassin versant (BV) en m³/s puis m³/h.

$$\text{BEQESU} = \text{Pr (m}^3/\text{h)} / \text{QMNA5 (m}^3/\text{h)} \times 100$$

Avec : Pr : Prélèvement sur le BV (m³/h) ;

Seul l'ouvrage de Clères est localisé sur le bassin versant correspondant, soit 35 m³/h (25 m³/h – Bas-Service et 10 m³/h – Haut-Service).

De plus, à Anceaumeville, les ouvrages ne seront pas utilisés en même temps, mais en alternance, on considère donc seulement un prélèvement de 60 m³/h.

$$\text{Pr} = 60 + 35 = 95 \text{ m}^3/\text{h}$$

QMNA5 : « débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassé une année donnée »

$$\text{QMNA5} = 0,260 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 936 \text{ m}^3/\text{h}$$

BEQESU # 10 %

Le BEQESU relatif au forage S3 est équivalent au seuil admis de 10%.

4.4.9.3 Impact direct sur les Eaux Superficielles (IDESU)

L'IDESU est calculé en cas de prélèvement en nappe d'accompagnement d'un cours d'eau ou en cours d'eau. Dans le cas présent, nous ne prélevons pas la nappe d'accompagnement de la Clérette qui est perchée au droit du forage. Nous avons toutefois calculé cet indice :

$$\text{IDESU (\%)} = \text{Pr (m}^3/\text{h)} / \text{QMNA5 (m}^3/\text{h)} \times 100$$

Avec : P : Prélèvement sur le forage (m³/h) ;

$$P = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

QMNA5 : « débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassé une année donnée »

$$\text{QMNA5} = 0,260 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 936 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{IDESU} = 6,4\%$$

L'IDESU relatif au forage S3 est supérieur au seuil admis de 5%. Pour être cohérent avec la limite définie de 5%, le prélèvement devrait être au maximum de 46,8 m³/h.

Toutefois, au regard des données collectées lors du présent diagnostic, il s'avère que les pompages sur l'ouvrage S3 n'influencent aucunement le débit de la Clérette.

Examen du forage par caméra immergée

5.1 Intervention

L'inspection vidéo du forage a été réalisée le lundi 7 juillet 2014 en régime STATIQUE puis en régime DYNAMIQUE le 9 juillet 2014 lors de l'essai de pompage par paliers (à 5 paliers de débits distincts).

Le matériel mis en œuvre par la société DIR'eau comprenait un ensemble vidéo inspection GEOVISTA GVCAM II composé des éléments suivants :

- ✓ Caméra en acier inoxydable à double visée : radiale avec rotation à 360° (gauche et droite) infinie et axiale avec rotation à 360° (gauche et droite) infinie ;
- ✓ Éclairage à LED blanche pour les 2 objectifs, immergeable jusqu'à 500 m (72 mm de diamètre dépourvue d'éclairages annexes).

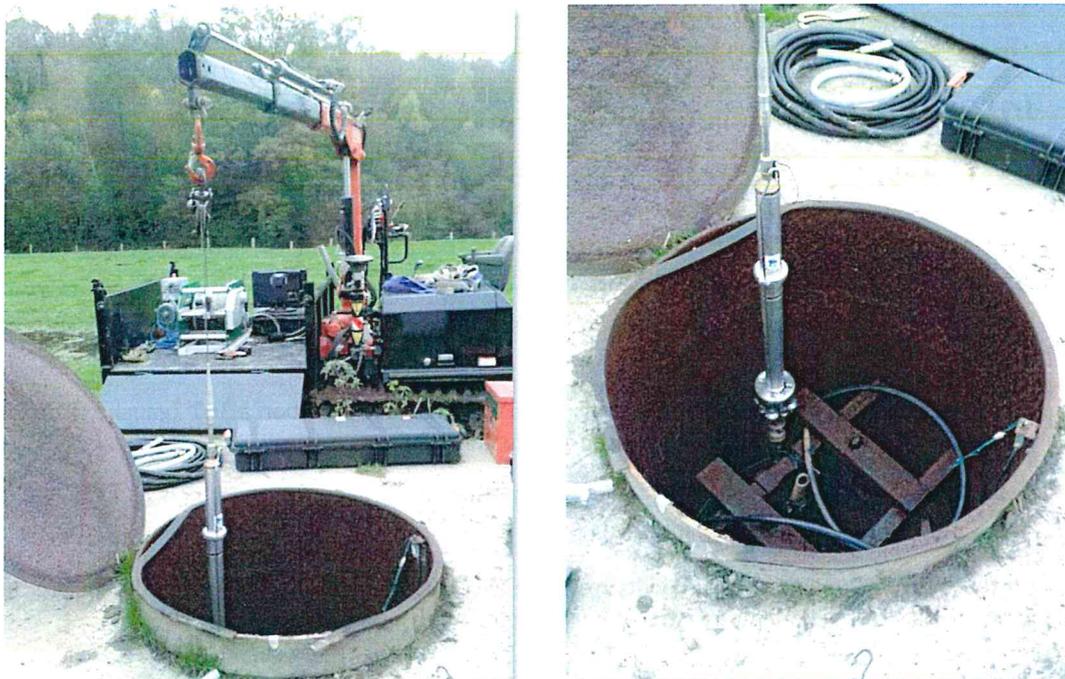
Un touret de 500 mL de coaxial blindé, motorisé avec incrémentation sur la vidéo du linéaire de coaxial et variation de vitesse (alimentation 220 AC).



L'ensemble étant piloté à partir d'une régie de contrôle comprenant : panel de commande, éclairage, vitesse touret, prises diverses, écran couleur LCD 17 cm, objectifs, rotation...

L'enregistrement des séquences vidéo a été réalisé sur DVD (et format informatique) au moyen d'un enregistreur SONY 220 V AC.

Clichés : Illustration du matériel mis en œuvre lors d'un passage caméra (crédit photo explor-e – clichés d'archives)



5.2 Caractéristiques générales

On se référera à la coupe technique du forage de S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) en annexe 3 et à son inspection vidéo en annexe 4.

Annexe 3 : Coupe technique du forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105) recollée à partir des observations faites lors de l'inspection vidéo

Annexe 4 : DVD – Inspection vidéo du forage S3 d'Anceauville (indice BRGM 0077-5X-0105)

5.3 *Compte-rendu de l'inspection vidéo du forage S3 d'Anceaumeville (indice BRGM 0077-5X-0105)*

Toutes les cotes sont référencés par rapport à l'arase du casing en acier (=R).

Le zéro de la caméra a été réalisé de -0,30 m/R.

5.3.1 *Tête de forage*

Il s'agit d'un forage en acier E24-2 Ø 300 x 325mm.

Le forage de captage est situé en extérieur et ne dispose pas d'édicule de protection.

Le forage est fermé en tête par un capot en acier E24-2, fermé par une barre cadénassée traversante.

Le forage S3 est un forage d'essai jamais équipé ni exploité.

Il présente un hors-sol de 1,20 m/TN.

On distingue à sa base une cimentation annulaire sommitale Ø 450 mm, régulière, située à l'arase du TN.

5.3.2 *Casing hors d'eau*

Il s'agit d'un tube lisse en acier E24-2 Ø 300 x 325mm.

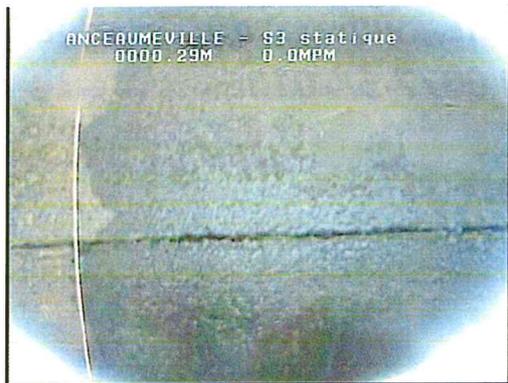
La surface du tubage acier apparaît normalement oxydée, plus ou moins régulière, sans défaut structurel apparent.

A partir de -1,10 m/R, le casing présente une oxydation (corrosion) plus avancée, ce qui engendre un effeuillement du casing. Ce dernier se délite en plaques plus ou moins importantes.

On distingue 1 jonction soudée à -0,61 m/R.

Cette jonction correspond au repère utilisé lors des essais de pompage de 1997.

Le forage a ensuite été rehaussé contre les crues de la Clérette.



1^{re} jonction soudée rencontrée hors eau



Vue d'ensemble du tube lisse HORS EAU



Tube lisse hors eau avec corrosion plus prononcée engendrant un effeuillement du casing



5.3.3 Eau

Le niveau d'eau statique est rencontré à -1,51 m/R.

En régime STATIQUE, l'eau apparaît claire sans particules minérales et/ou colloïdales en suspension, sur toute la hauteur.

En régime DYNAMIQUE, la qualité de l'eau a été contrôlée par ITV depuis la base de la pompe (placée à -13,50 m/R) jusqu'au fond du forage.

On distingue des venues de particules crayeuses de teinte blanche et de turbidité (conséquence des vitesses de circulation d'eau) à partir de -22,10 m/R, jusqu'au fond.

Sous l'influence du pompage, cette « colonne d'eau turbide » remonte jusqu'à la pompe, mais reste « centrale » dans l'ouvrage. En effet, de -22 m/R jusqu'à la pompe, les venues d'eau sont dépourvues de particules et de turbidité, générant une couronne d'eau claire.

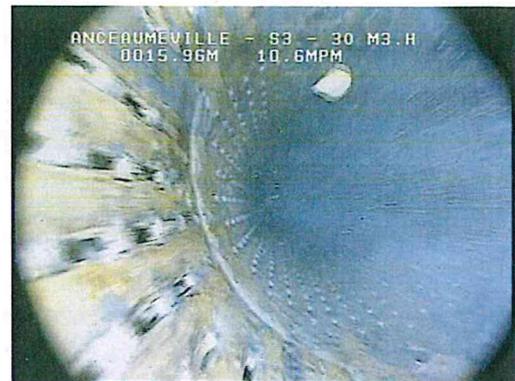
La turbidité s'estompe progressivement dans le temps, sous l'influence du pompage.

Plus le débit est important, plus le temps d'éclaircissement de l'eau est long.

Les séries de photos ci-après illustrent les venues d'eau turbide et d'eau claire en pompage, lors de chacun des 5 paliers de débit de l'essai de puits.

Les prises de vue se situent en début de pompage.

Q = 30 m³/h



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine

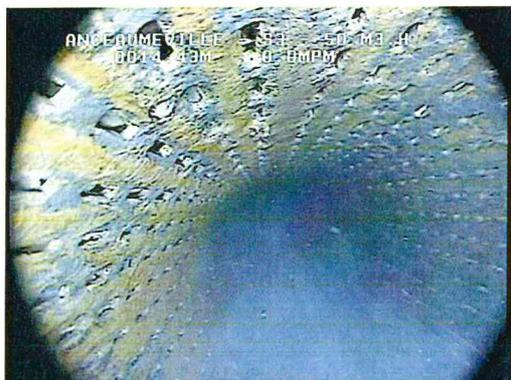


Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine de plus en plus faibles, eau turbide à partir de -20,20 m/R

Q = 50 m³/h



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine



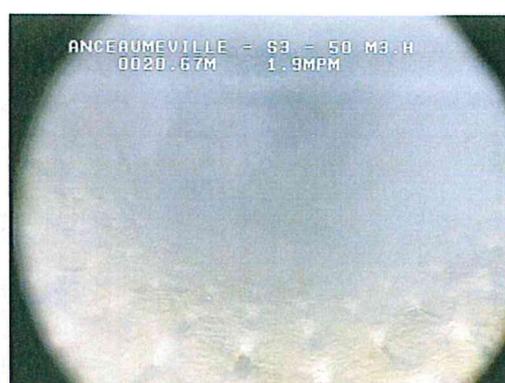
Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine



Turbidité de plus en plus généralisée



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau plus ou moins claire depuis l'ensemble de la crépine

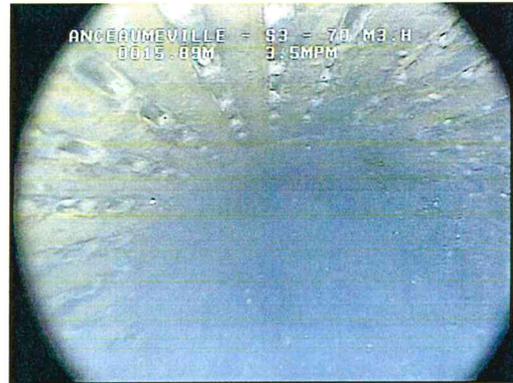


Turbidité généralisée avec venues de particules de carie au droit de certaines fentes oblongues

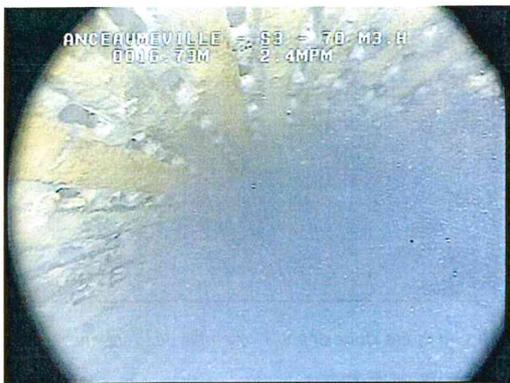
Q = 70 m³/h



Colonne d'eau peu turbide



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine, avec particules de craie en suspension



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine, avec particules de craie en suspension



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine, avec particules de craie en suspension, qui diminuent avec le temps de pompage



Q = 90 m³/h



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine avec particules de craie en suspension



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine



Turbidité généralisée à proximité du fond



Venues de particules de carie au travers de certaines fentes oblongues

Q = 106 m³/h



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine avec particules de craie en suspension



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine avec particules de craie en suspension



Colonne d'eau « centrale » chargée en turbidité avec venues d'eau claire depuis l'ensemble de la crépine avec particules de craie en suspension

A L'ARRET



Arrivées d'eau (EN STATIQUE) avec venues de particules de craie au travers de certaines fentes

5.3.4 Casing immergé

5.3.4.1 Partie non captante

Il s'agit de la continuité du tube lisse de tête, rencontré hors eau, en acier E24-2 Ø 300 x 325mm.

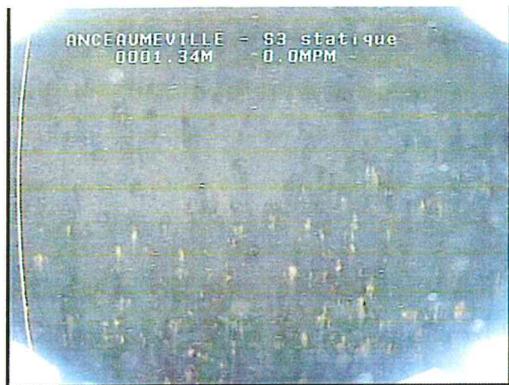
Le tube lisse immergé présente une incrustation irrégulière de teinte homogène grisâtre à foncée.

Cette incrustation se traduit par la présence d'un concrétionnement irrégulier, peu volumineux, plus ou moins friable (hydroxyde de fer). Ce dernier apparaît par zones bien localisées, plus dense que sur le reste du tubage.

A partir de -4,90 m/R, l'incrustation apparaît plus homogène et se traduit par des petits nodules épars, réguliers tapissant la quasi-totalité de la surface du casing.

On peut y distinguer de rares concrétions isolées plus volumineuses et très peu étendues.

A -10,95 m/R, la jonction du tube lisse et de la partie captante présente une corrosion plus avancée sous forme d'un concrétionnement plus dense et plus volumineux.



Tube lisse recouvert d'une incrustation irrégulière et hétérogène



Tube lisse recouvert d'une incrustation irrégulière et hétérogène



Tube lisse recouvert d'une incrustation irrégulière et hétérogène