

Annexes

Annexe 1 :	Principales données techniques et hydrogéologiques sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 (indice BRGM BSS001NUKB - ancien code : 05914X0043/F) avec diagraphies sur le forage d'essai et photographies
Annexe 2 :	Données géologiques et hydrogéologiques autour du forage d'exploitation Les Menottes F1
Annexe 3 :	Résultats des pompages d'essai du 19 mai au 6 juillet 2015 sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 par 4 paliers longs (7 jours) aux débits de 30, 45, 60 et 45 m ³ /h espacés de remontées de durée équivalente
Annexe 4 :	Résultats des pompages d'essai du 15 décembre 2016 au 21 février 2017 sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 par 1 palier continu très long (68 jours) au débit moyen de 56,6 m ³ /h
Annexe 5 :	Données sur les forages de Brousois (indice BRGM/BSS 05914X0012/F - nouvel identifiant : BSS001NUHU), La Vaudieu (indice BRGM/BSS 05914X0036/F - nouvel identifiant : SS001NUJU) et La Forêt (indice BRGM/BSS 05914X0037/F - nouvel identifiant : BSS001NUJV) situés dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1
Annexe 6 :	Qualité de l'eau brute du forage d'exploitation Les Menottes F1 (analyses des 11 avril 2013, 18 avril 2013, 22 juin 2015, 16 février 2017)
Annexe 7 :	Cartographie des points relevés dans le cadre de la recherche d'indices karstiques et d'anciennes carrières dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1 et fiches de relevés des anciennes carrières (FG308, FG309, FG310) répertoriées en bordure de la RD 975
Annexe 8 :	Résultats de l'actualisation de l'enquête agricole réalisée dans la zone d'étude du forage d'exploitation Les Menottes F1
Annexe 9 :	Opération de multitraçage des eaux souterraines en amont du forage d'exploitation Les Menottes F1 : conditions d'essai des 3 injections, données du fluorimètre de terrain, résultats d'analyses de l'échantillonneur automatique
Annexe 10 :	Relevés topographiques effectués par le CONSEIL DEPARTEMENTAL de l'Indre le long de la RD 975 entre La Forêt au sud-ouest et La Vaudieu au nord-est, en vue de propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la route en amont du forage d'exploitation Les Menottes F1

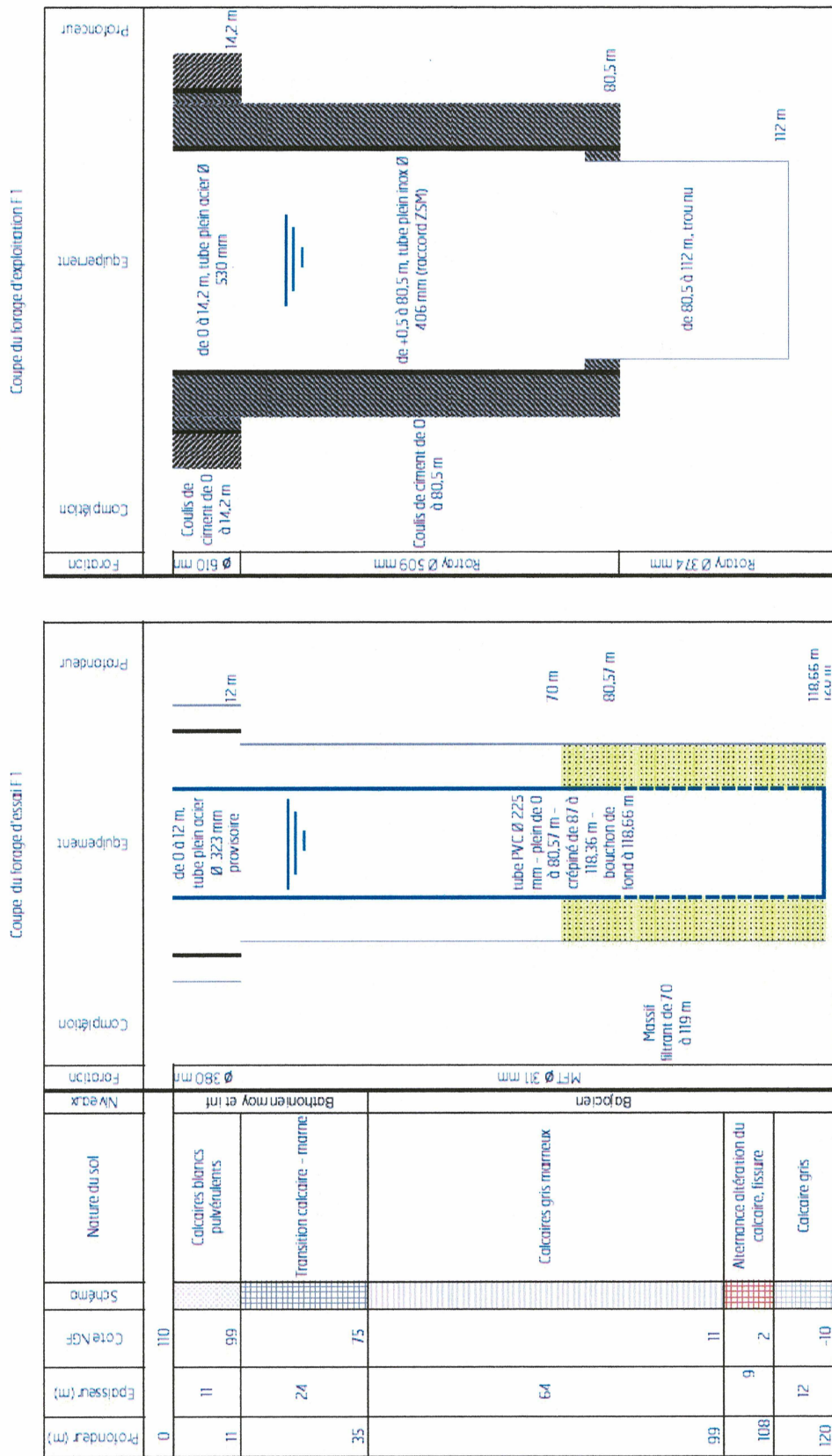
Annexe 1

Principales données techniques et hydrogéologiques sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 (indice BRGM BSS001NUKB - ancien code : 05914X0043/F) avec diagraphies sur le forage d'essai

- ❖ Coupe géologique et technique (*source : ARCHAMBAULT CONSEIL*)
- ❖ Diagraphies sur le forage d'essai (*source : SOLEO*) :
 - gamma-ray et résistivité (9 juin 2011)
 - profil débitométrique et profils physico-chimiques (28 juin 2011)
- ❖ Contrôle de cimentation (CBL) (27 mai 2013) (*source : SOLEO*)
- ❖ Pompages d'essai par paliers des 3 et 4 avril 2013 : débits spécifiques, courbe caractéristique (*source : ARCHAMBAULT CONSEIL*)
- ❖ Pompages d'essai en régime continu aux débits de 68,4 m³/h (du 8 au 11 avril 2013) et de 146,2 m³/h (du 15 au 18 avril 2013) : hydrogrammes et interprétation (*source : ARCHAMBAULT CONSEIL*)
- ❖ Zone d'appel théorique et isochrones sur fond IGN (*source : HYDROGEOLOGUES CONSEIL*)
- ❖ Schéma de principe de la chambre de pompage et de la tête du forage (*source : HYDROGEOLOGUES CONSEIL, juillet 2016*)
- ❖ Photographies : 15 octobre 2019 (avant transformation de la tête du forage Les Menottes F1 en février 2021), 8 juin 2021 (nouvelle tête du forage Les Menottes F1) (*source : C.F. MOREAU*)

(15 pages)

Figure 4 : coupe géologique et technique du forage d'essai et du forage d'exploitation



Annexe 4 : Sondage – diagraphies Gamma ray et résistivité

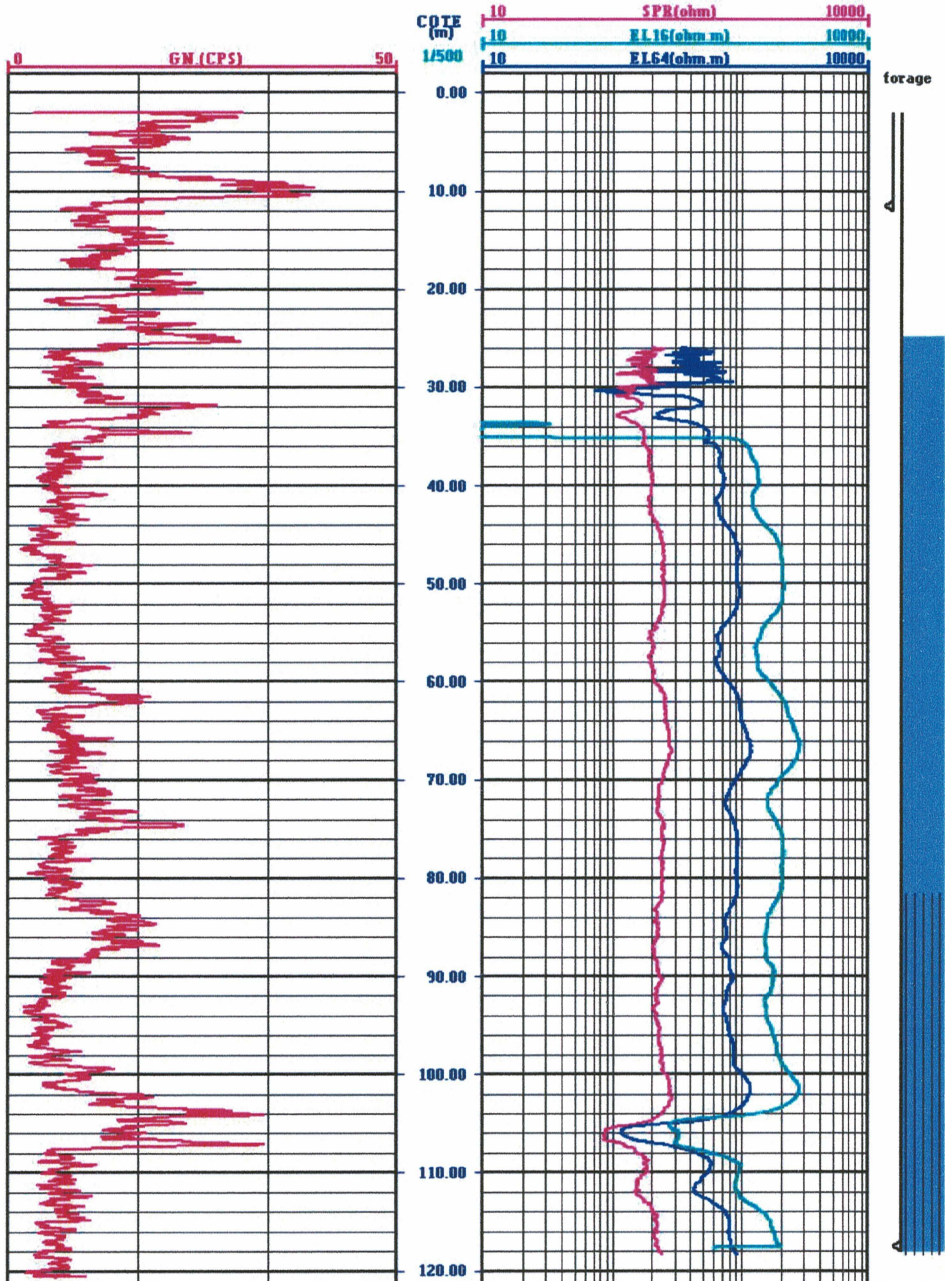
MESURES & DÉVELOPPEMENTS
SOLEO
 FORAGES ACAVITES

les AYROUX
 18360 VESDUN
 TEL : 33 (0)2 48 63 08 49

soleo.vesdun@free.fr
 www.soleovesdun.com

CLIENT : **VAN IGEN**
 REPRESENTANT CLIENT : M VAN IGEN FREDDY
 OPERATEUR(S) : P.C.

site : ST_HILAIRE_09062011
 puits : F1



Page 17 / 24

SOLEO Les aurox 18360 VESDUN
 .C.S. BOURGES 453 222 507- SIRET 453 222 507 00015- S.A.R.L. au capital de 4000€



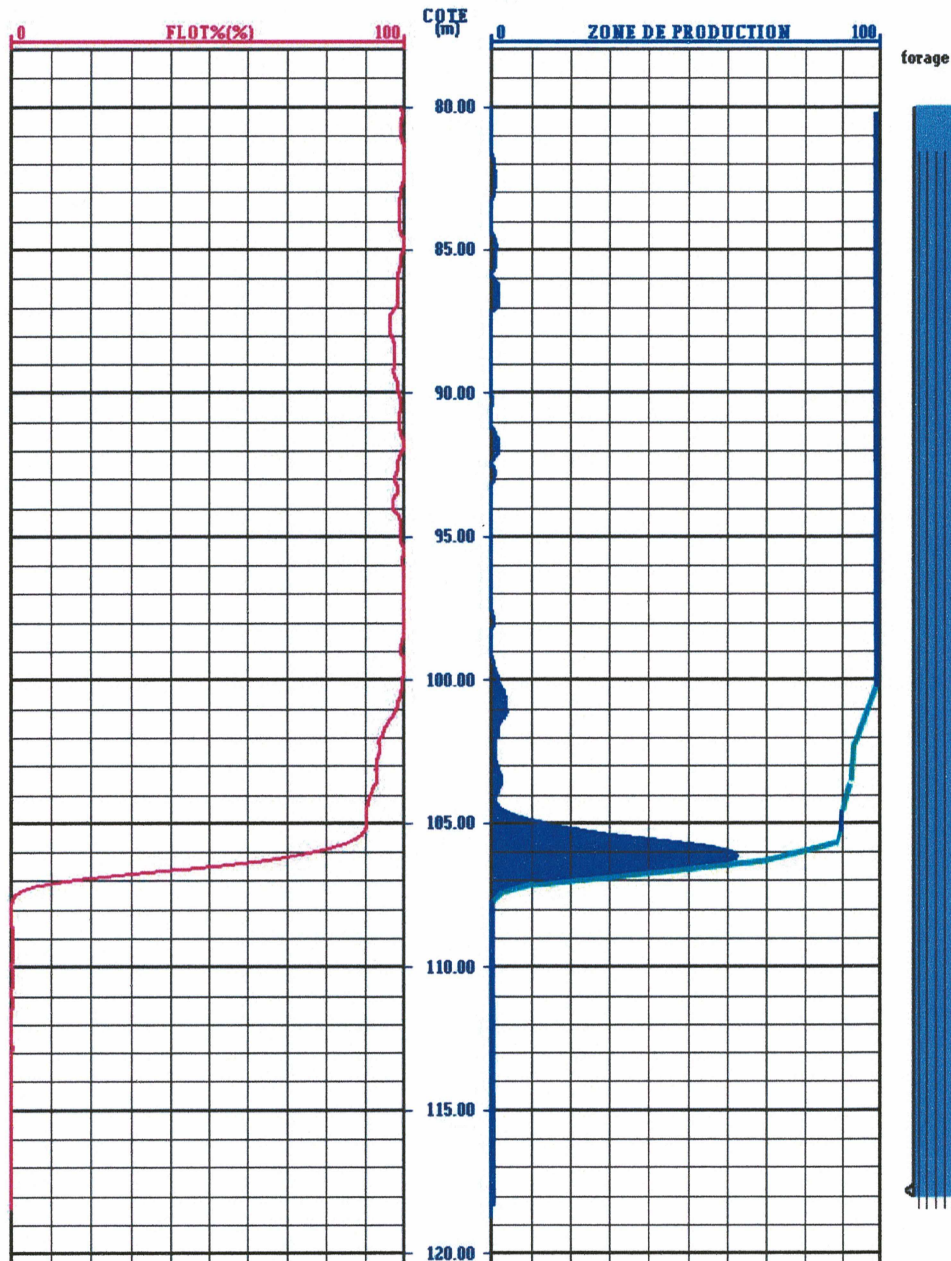
Annexe 8 : Forage d'essai – profil débitmétrique



les AJIROUX
18360 VESDUN
TEL : 33 (0)2 48 63 08 49
soleo.vesdun@free.fr
www.soleovesdun.com

CLIENT : **VAN IGEN**
REPRESENTANT CLIENT : **M VAN IGEN FREDDY**
OPERATEUR(S) : P.C.

site : **ST_HILAIRE_09062011**
puits : **F1**



SOLEO Les auroux 18360 VESDUN
R.C.S. BOURGES 453 222 507- SIRET 453 222 507 00015- S.A.R.L. au capital de 4000€



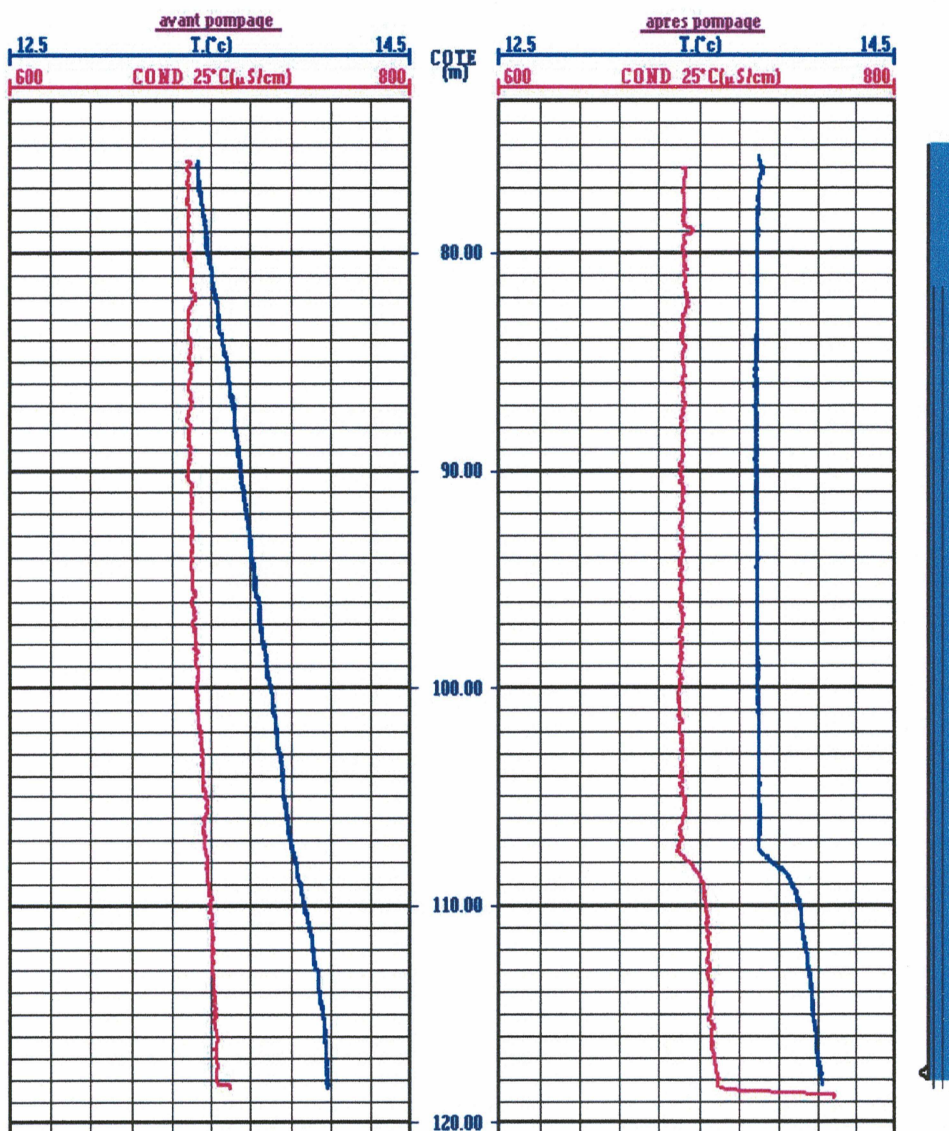
Annexe 19 : Forage d'essai – profils physico chimiques

MESURES & DÉVELOPPEMENTS
SOLEO
 FORAGES & CAVITÉS

les AUROUX
 18360 VESDUN
 TEL : 33 (0)2 48 63 08 49
 soleo.vesdun@free.fr
 www.soleovesdun.com

CLIENT : **VAN IGEN**
 REPRESENTANT CLIENT : M VAN IGEN FREDDY
 OPERATEUR(S) : P.C.

site : ST_HILAIRE_09062011
 puits : F1

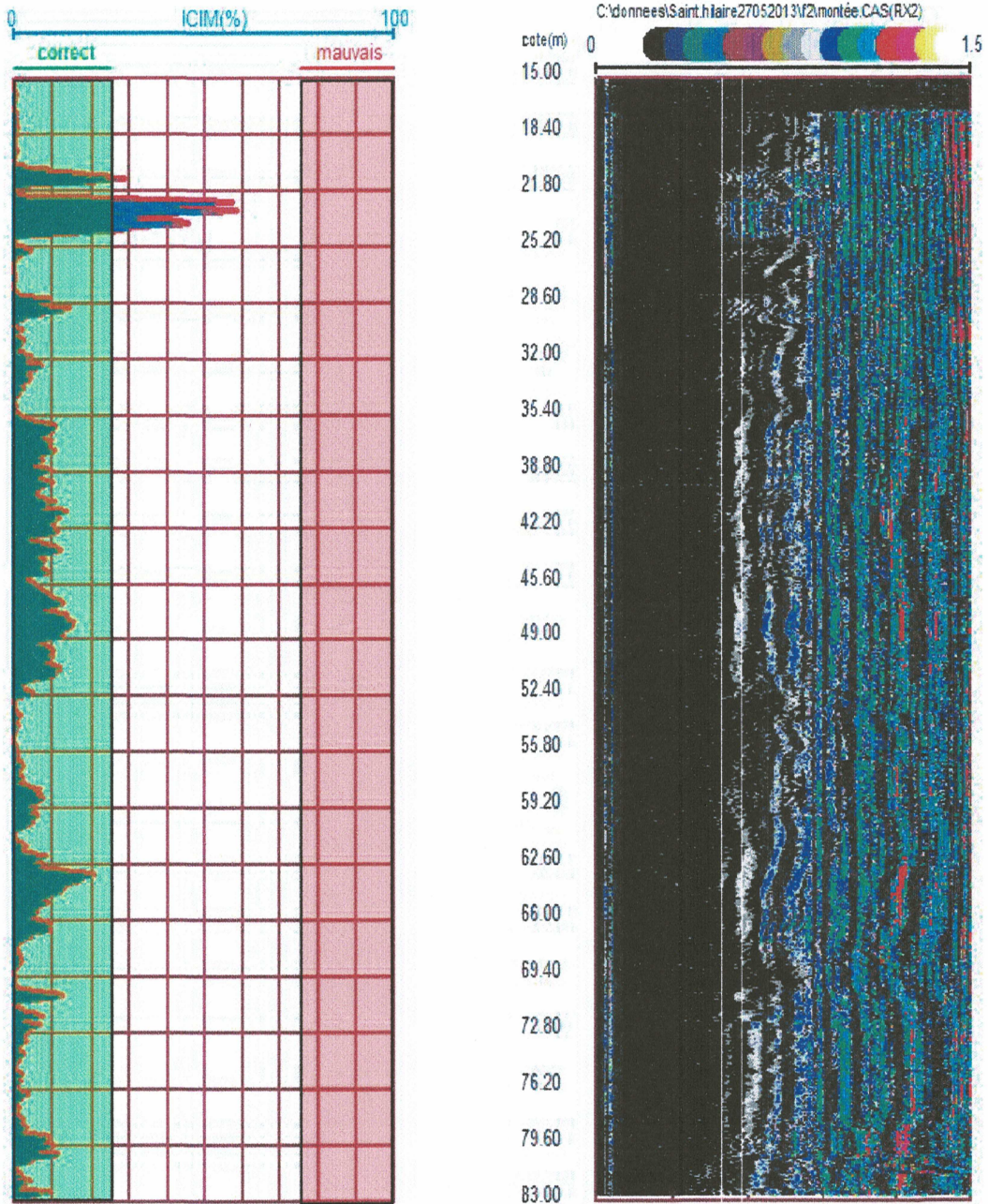


4.2. CBL

La mesure CBL montre que le forage est plutôt bien cimenté dans toute la partie inspectée puisque l'indice de cimentation reste inférieur à 25%.

Seul un intervalle entre 20 m et 24 m donne un indice de cimentation moyen puisque l'indice se situe entre 25% et 60%

Sur le graphique nous avons tracé deux zones. Si l'indice de cimentation est dans la zone verte (0 à 25%) la cimentation est bonne. Dans la zone rouge la cimentation est mauvaise. Entre les deux, elle est moyenne.



7.4.3.2 Courbe caractéristique

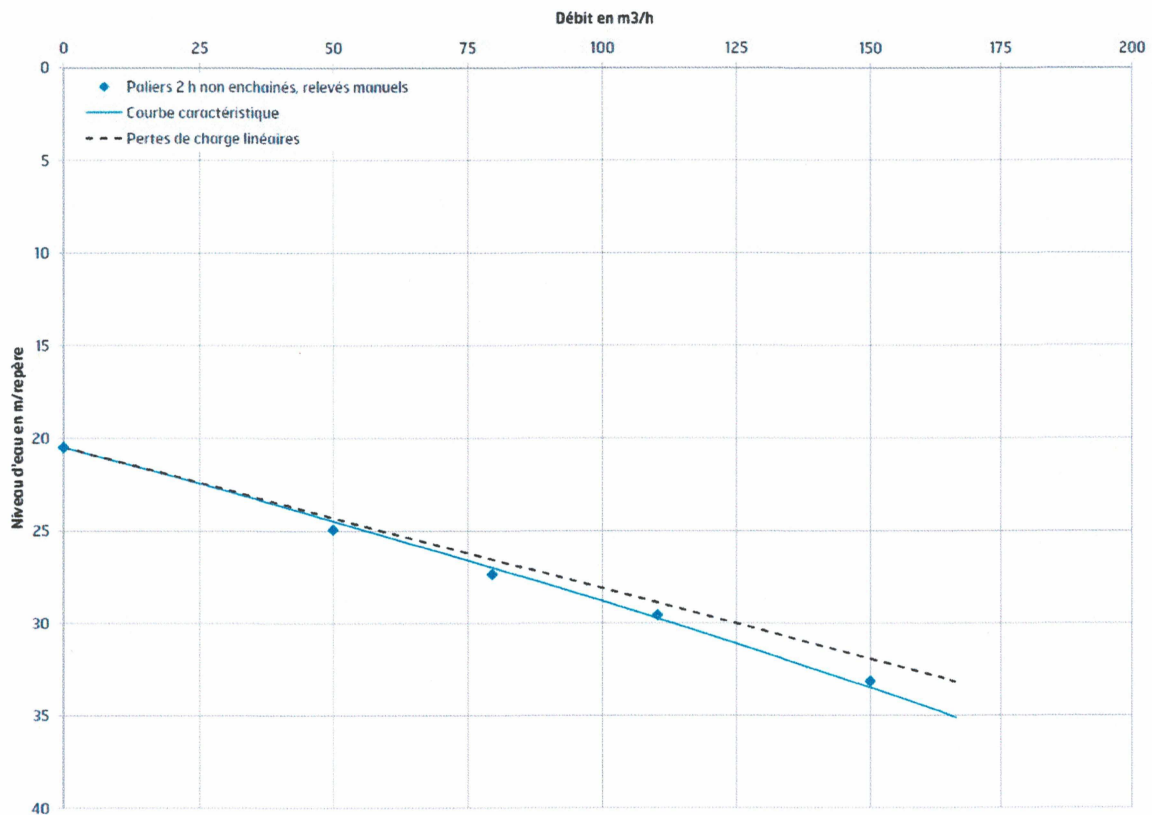
La courbe caractéristique (rabattement s en fonction du débit Q : Q/s) du forage a été tracée à l'aide des données du pompage par paliers reportées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : interprétation du pompage par paliers, forage d'exploitation - 3 et 4 avril 2013

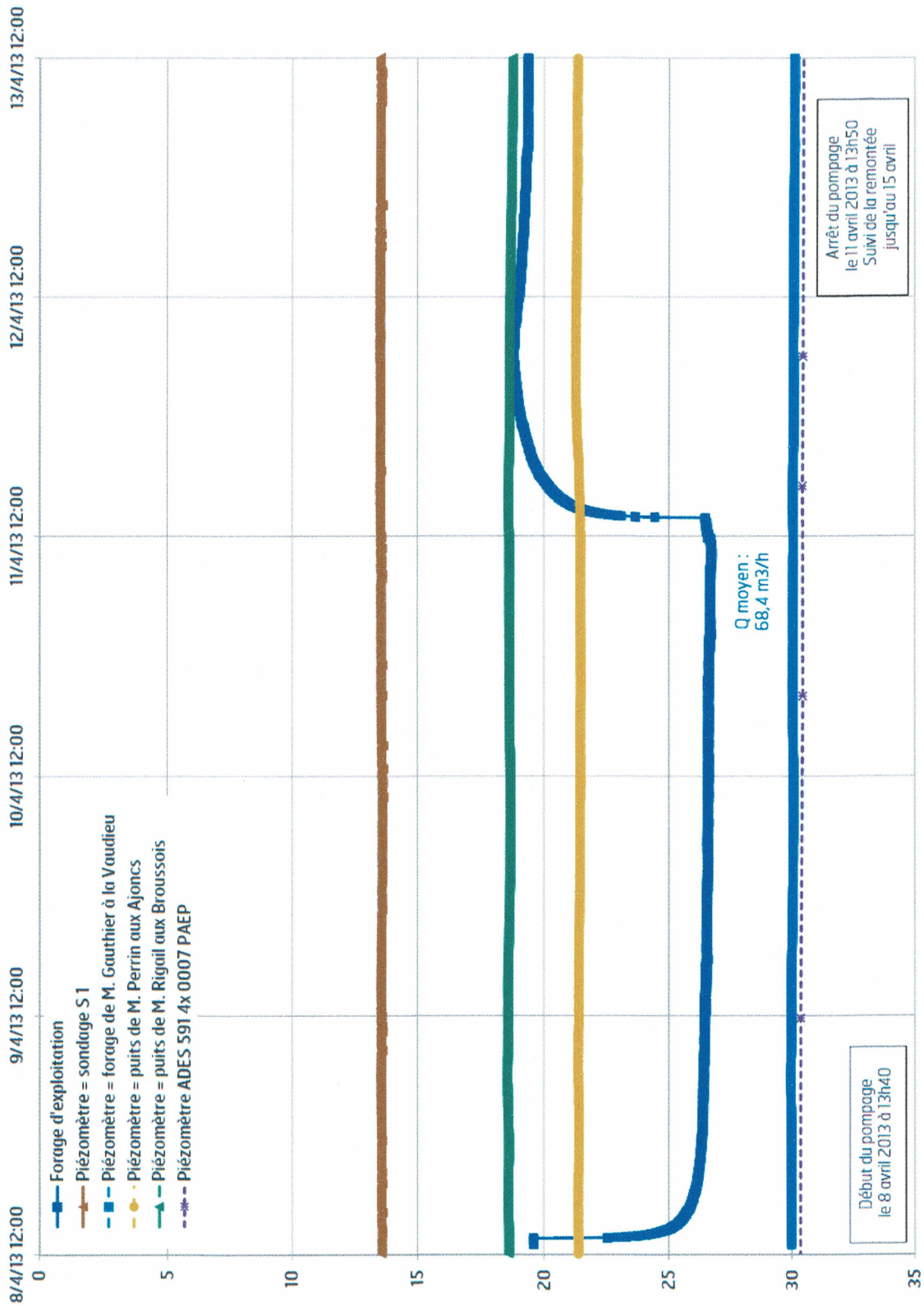
Pompage	Débit moyen Q	Niveau statique	Niveau dynamique	Rabattement final s	Débit spécifique Q/s	
	m ³ /h	m	m	m	m ³ /h/m	m ² /s
1 ^{er} palier	49,9	20,49	24,93	4,44	11,2	3,1. 10 ⁻³
2 ^{ème} palier	79,5		27,35	6,86	11,6	3,2. 10 ⁻³
3 ^{ème} palier	110,3	20,24	29,57	9,33	11,8	3,3. 10 ⁻³
4 ^{ème} palier	149,9		33,15	12,91	11,6	3,2. 10 ⁻³

La courbe caractéristique du forage est présentée ci-après :

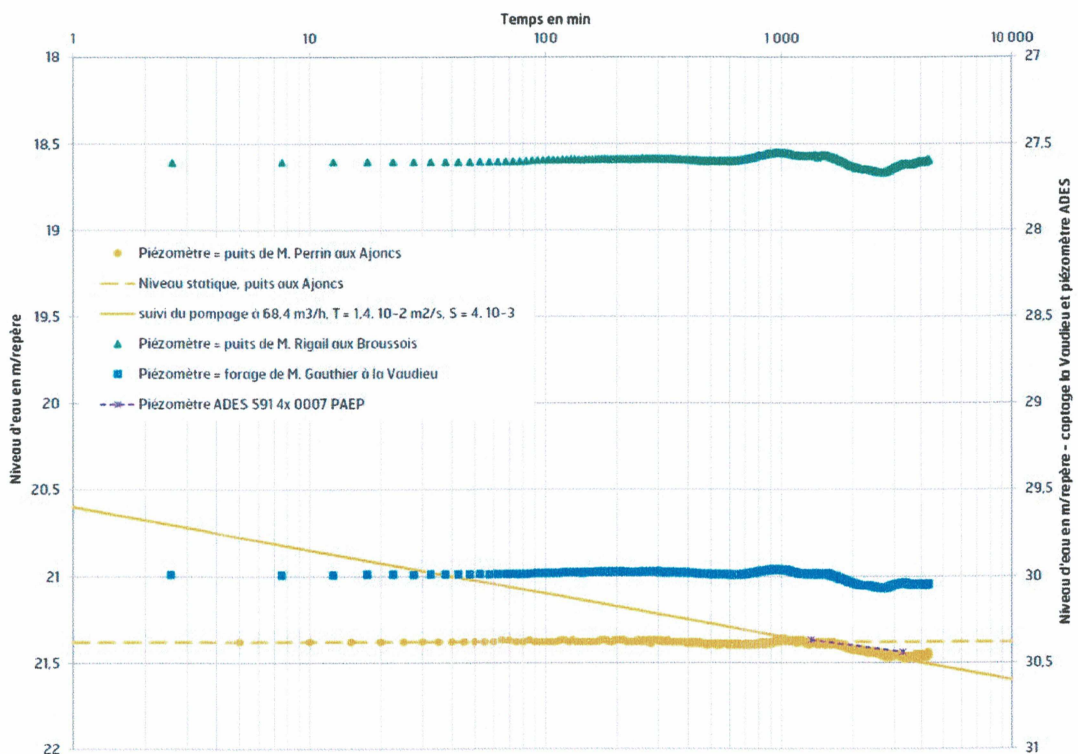
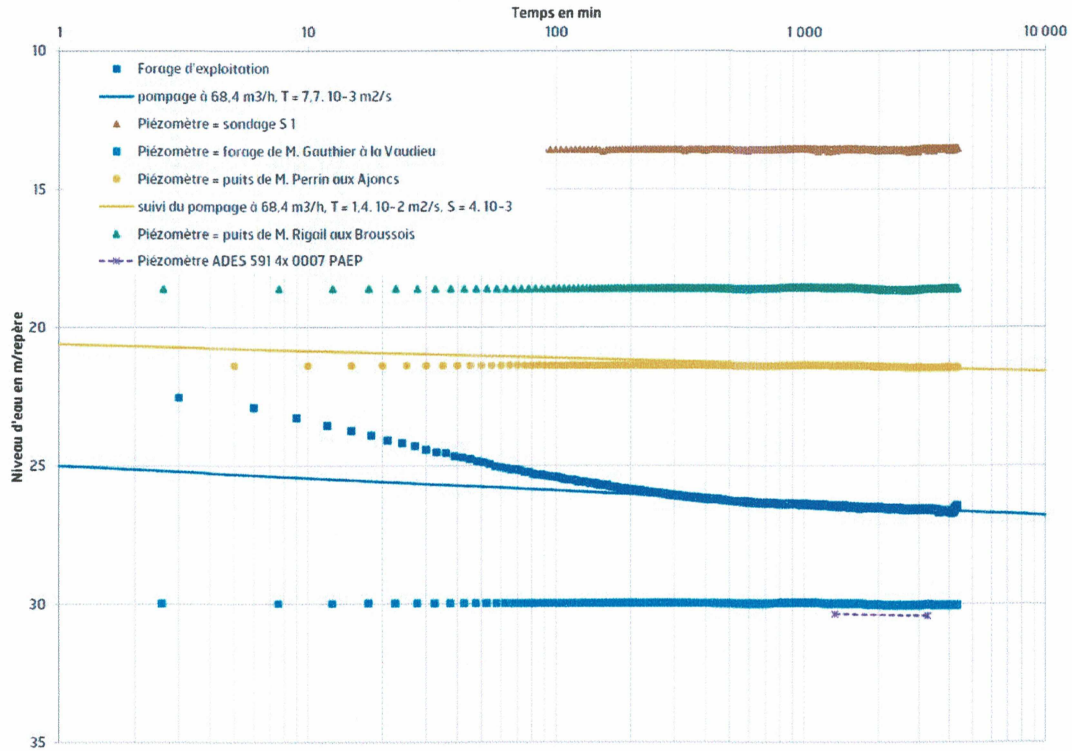
Figure 13 : courbe caractéristique du forage d'exploitation - 3 et 4 avril 2013



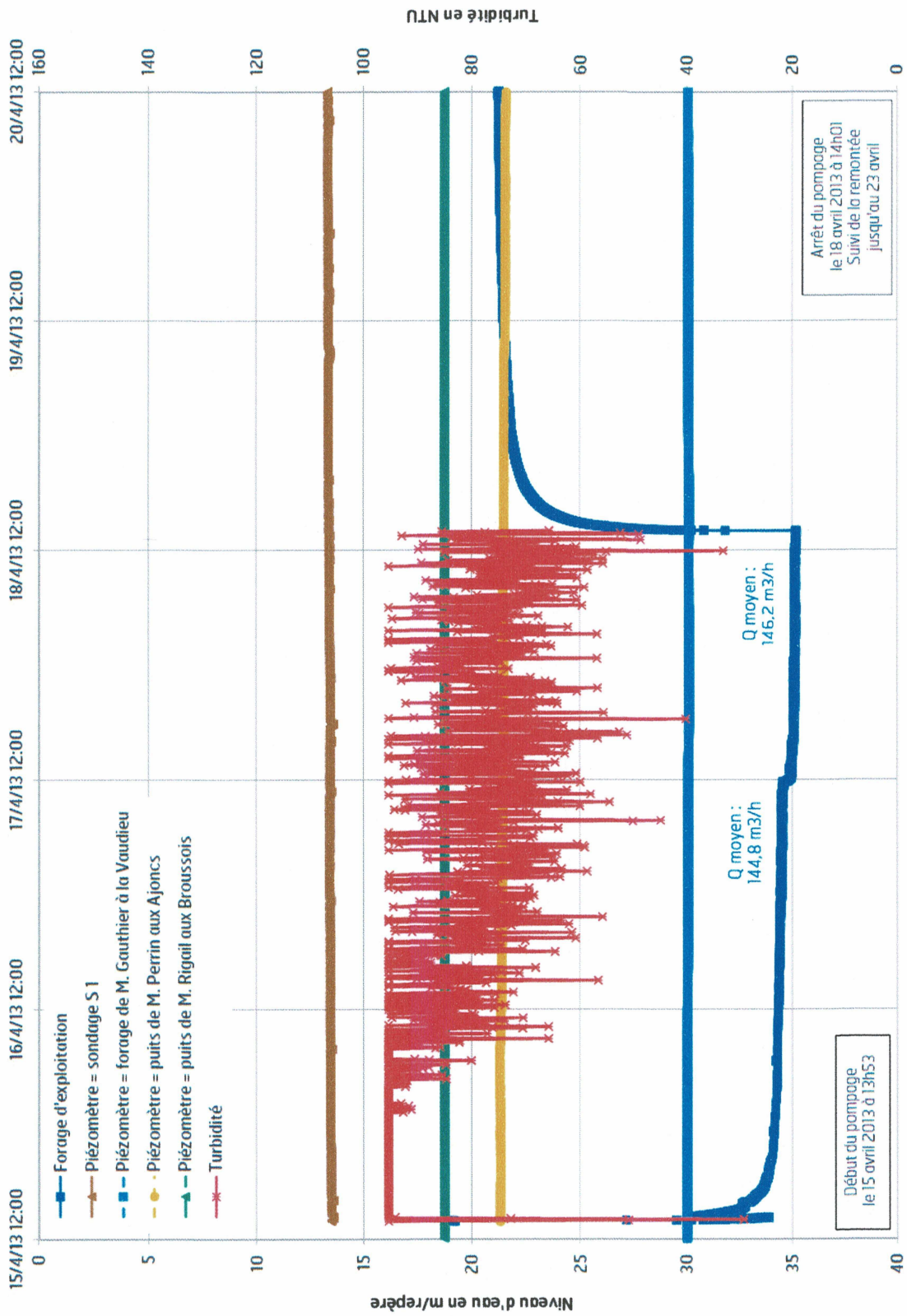
Annexe 11.1 : Forage d'exploitation, pompage continu à 68,4 m³/h - hydrogramme



Annexe 11.2 : Forage d'exploitation, pompage continu à 68,4 m³/h – interprétation de la descente



Annexe 12.1 : Forage d'exploitation, pompage continu à 146,2 m³/h - hydrogramme



Annexe 12.2 : Forage d'exploitation, pompage continu à 146,2 m³/h – interprétation de la descente

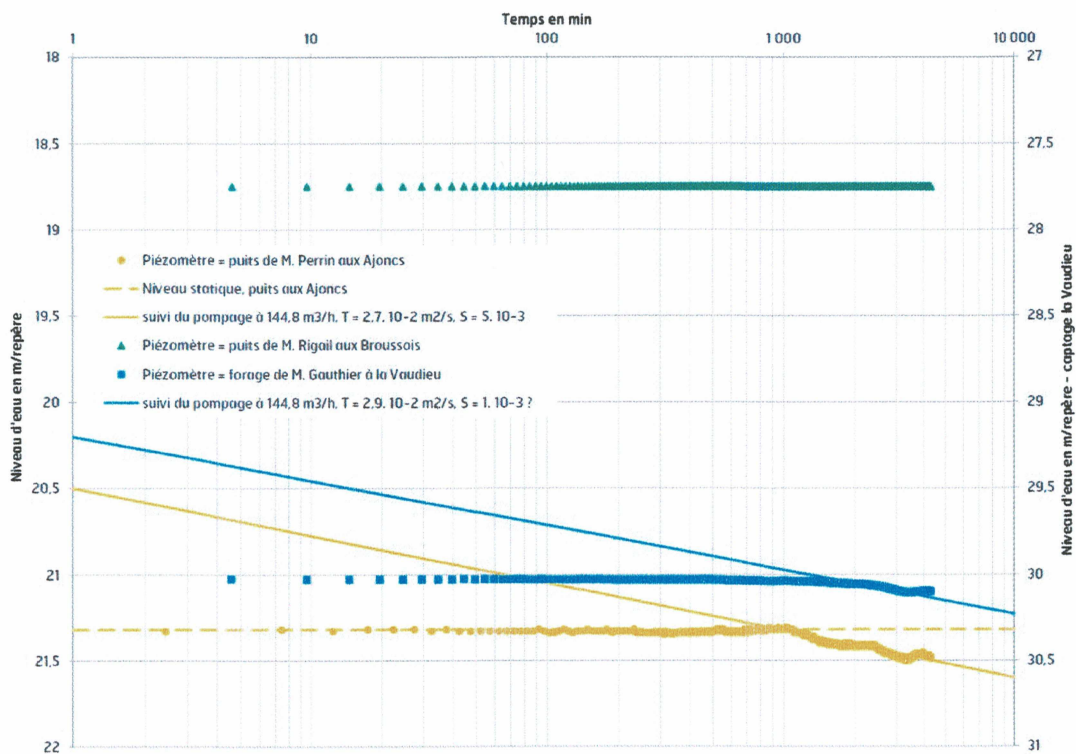
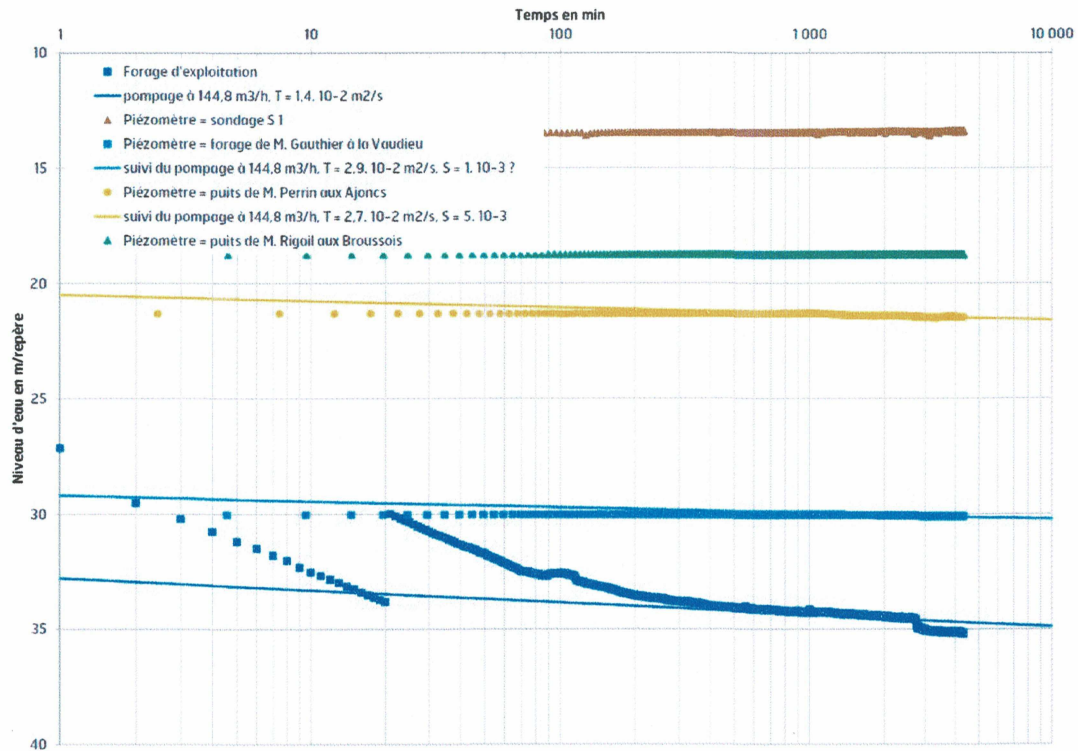
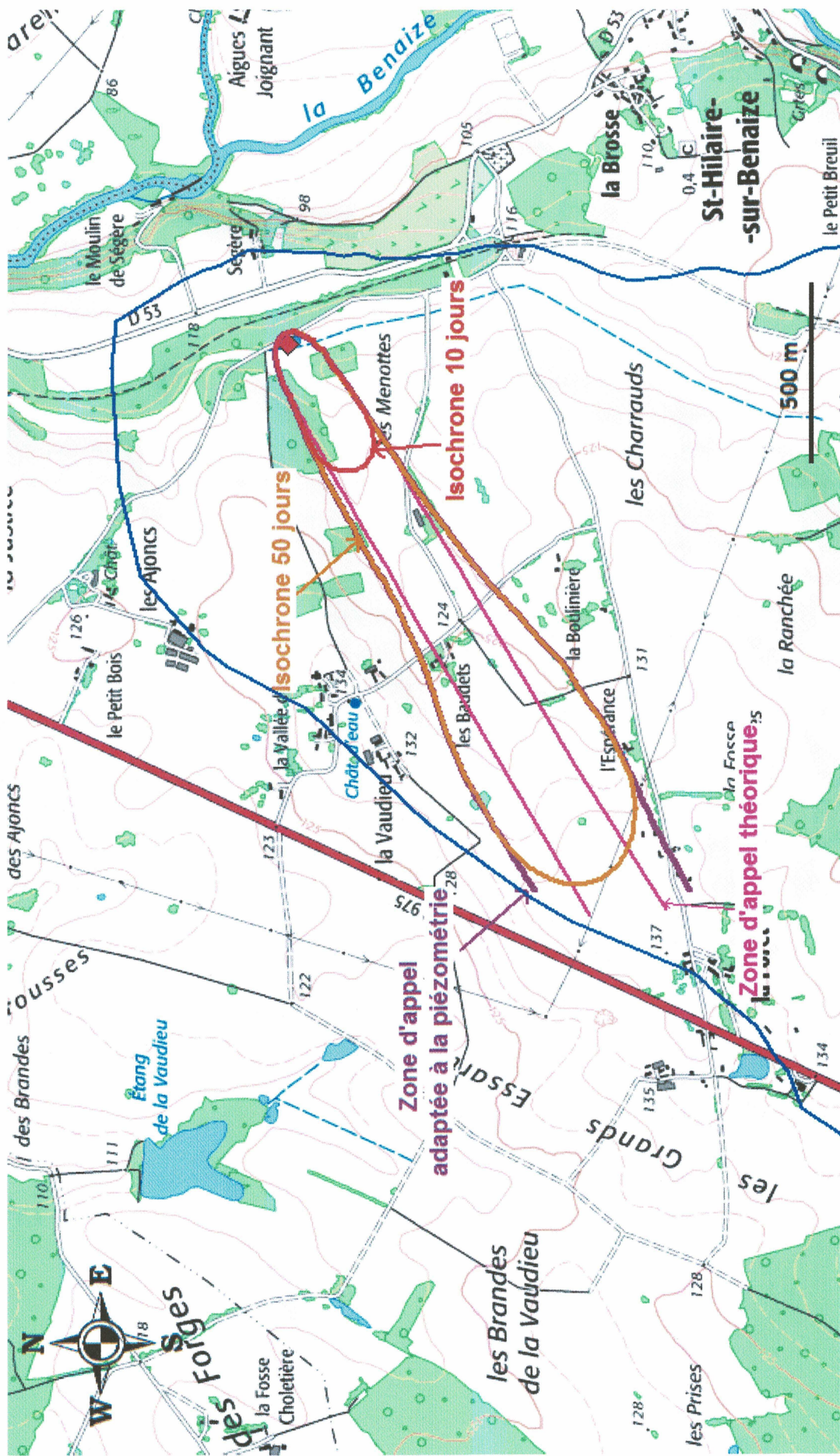


Figure 19 : zoom que la zone d'appel et les isochrones sur fond de carte IGN



3.2.3 Ruissellement à proximité du forage

La parcelle où est situé le forage de captage est bordée à l'ouest par un fossé s'écoulant entre la clôture et le champ voisin en direction du nord et de l'Anglin. Le fossé le plus souvent sec peu présenter un faible écoulement en eau en période pluvieuse. A l'est une route communale borde la parcelle qui est située directement en contrebas sans fossé ou bordure de sécurité pouvant protéger la parcelle.

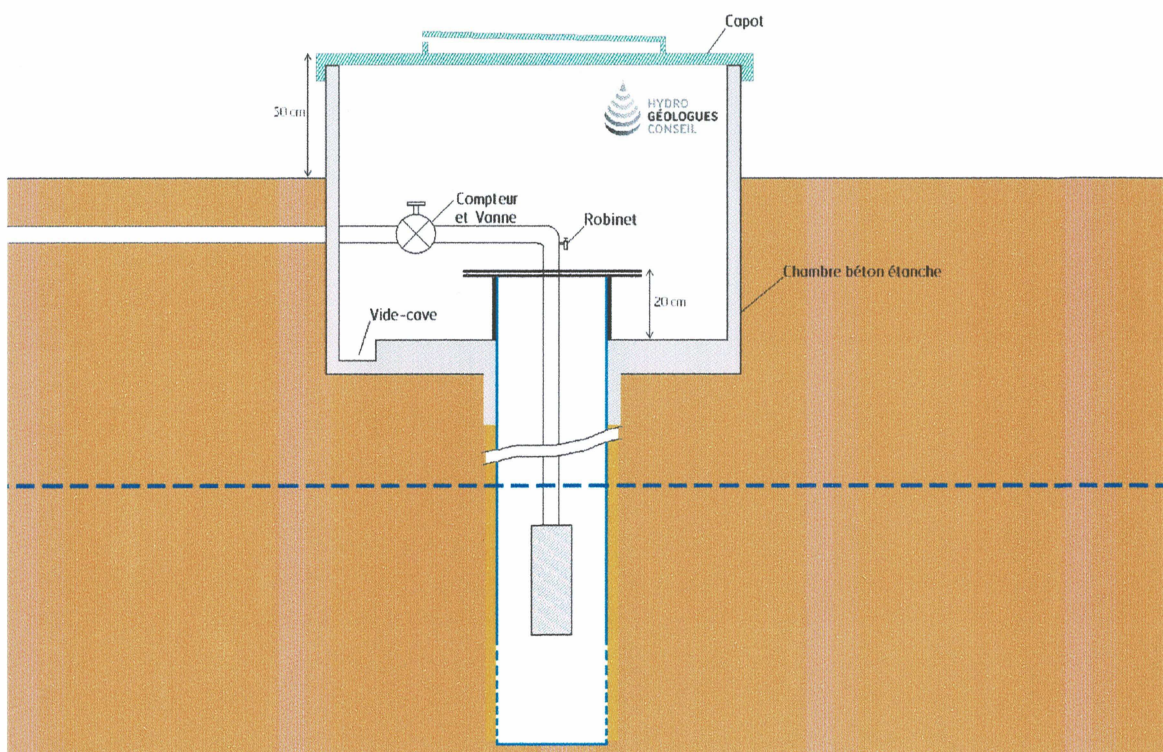
3.3 ZONES DE PROTECTION

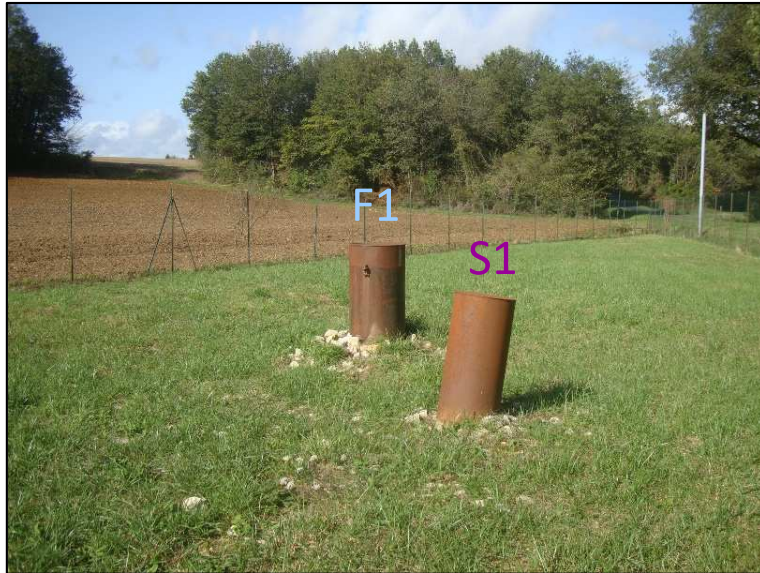
3.3.1 Zone inondables

La commune de Saint-Hilaire-sur-Benaize n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques d'Inondations. Le fossé qui passe le long de la parcelle à l'Ouest est, selon les dires des personnes rencontrées sur site, parfois bien "rempli" sans toutefois provoquer d'inondation de la parcelle. Le site ne semble pas sujet au risque d'inondation.

La tête du forage sera située dans une chambre de comptage étanche. Le schéma de principe de cette chambre de comptage est présenté sur la figure qui suit.

Figure 25 : schéma de principe de la future chambre de comptage et de la tête du forage





Vue vers le nord-ouest (F1 : tête de forage initiale)



Vue de l'intérieur du forage F1 (tubage acier inox Ø 406 mm)



Vue générale vers le nord/nord-ouest
(au premier plan : portail et station de surpression)



Vue de l'intérieur du sondage S1 (tubage acier ordinaire Ø 323 mm)

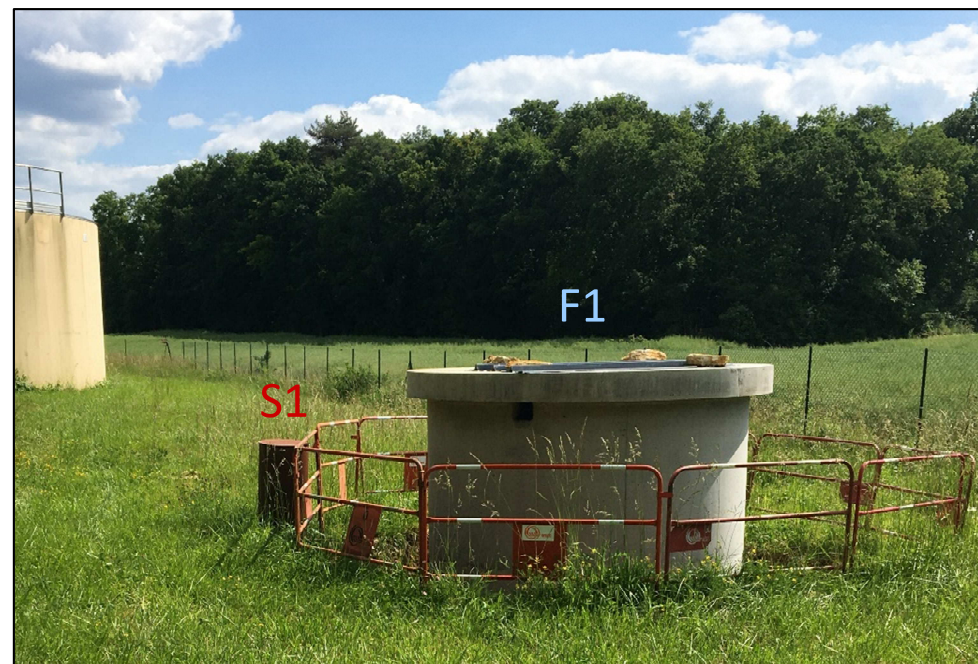
Forage d'exploitation Les Menottes F1 (avant transformation de sa tête en février 2021) et sondage de reconnaissance S1

(photographies C.F. MOREAU, Hydrogéologue agréé, 15 octobre 2019)

Forage d'exploitation au lieu-dit "Les Menottes" sur la commune de SAINT-HILAIRE-SUR-BENAIZE (Indre) destiné à l'alimentation en eau potable du SERF : avis hydrogéologique sur la disponibilité de la ressource en eau et la définition de ses périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, finalisé à l'issue de l'opération de multitraçage des eaux souterraines et des propositions de modification de la collecte des eaux pluviales de la RD 975 en amont du forage



Vue générale vers le sud
(en arrière plan à gauche : station de surpression)



Vue de la nouvelle tête du forage Les Menottes F1
(sondage S1 inchangé)

Nouvelle tête du forage d'exploitation Les Menottes F1 (après transformation effectuée en février 2021)

(photographies C.F. MOREAU, Hydrogéologue agréé, 8 juin 2021)

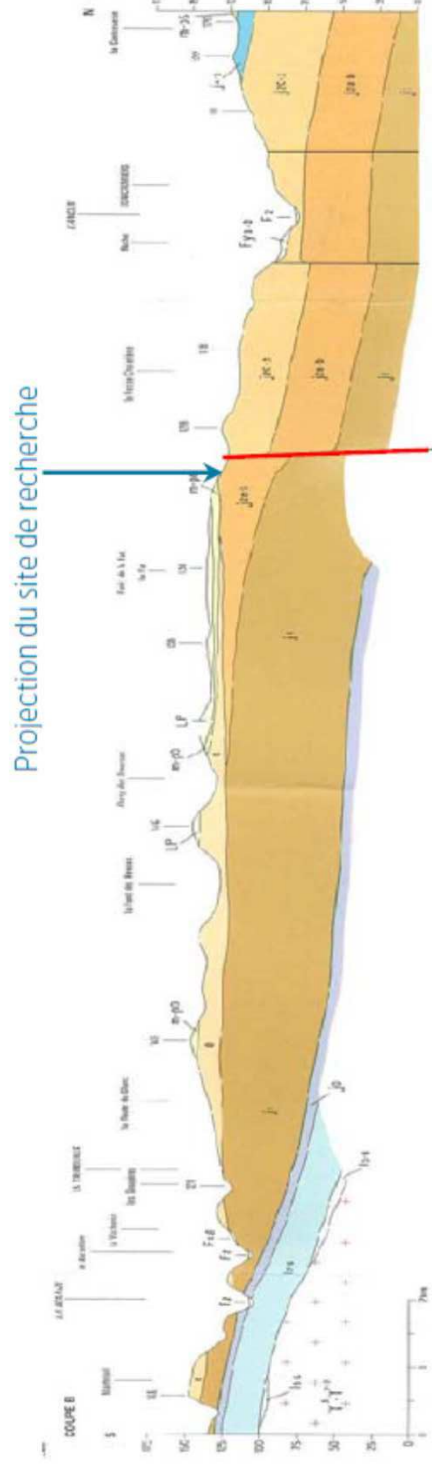
Annexe 2

Données géologiques et hydrogéologiques autour du forage d'exploitation Les Menottes F1

- ❖ Coupe géologique interprétative (*source : carte géologique BRGM n° 591 LA TRIMOUILLE in Dossier de déclaration préalable à la création du forage d'essai - Rapport ARCHAMBAULT CONSEIL réf. CNT 2412 R5 HG v2, 26 juillet 2013*)
- ❖ Piézométries de la nappe des calcaires jurassiques (Dogger)
(*source : HYDROGEOLOGUES CONSEIL*) :
 - octobre 2015 (basses à moyennes eaux)
 - juin 2016 (hautes eaux)
- ❖ Chronique piézométrique 1995-2016 du piézomètre d'indice BRGM/BSS 05914X0007/PAEP (nouvel identifiant : BSS001NUHP) (*source : HYDROGEOLOGUES CONSEIL*)

(4 pages)

Figure 6 : coupe géologique interprétative



Faille du moulin de Ségère

D'après la notice de la carte, au moulin de Ségère, près du confluent de la Benaize et de l'Anglin, les assises du Bathonien moyen (J_{2C-2}) plongent brusquement (8° N. W.) et buttent contre les calcaires graveleux de la partie supérieure du Bathonien (J_{2C-3}). Cet accident dont le rejet serait de l'ordre de 25 m, semble se prolonger plus à l'Ouest. Sur le plateau on peut le suivre de la Vaudieu à la Lande, sa présence étant jalonnée par d'anciennes petites carrières.

Figure 11 : carte piézométrique du secteur réalisée en octobre 2015 (basses-moyennes eaux)

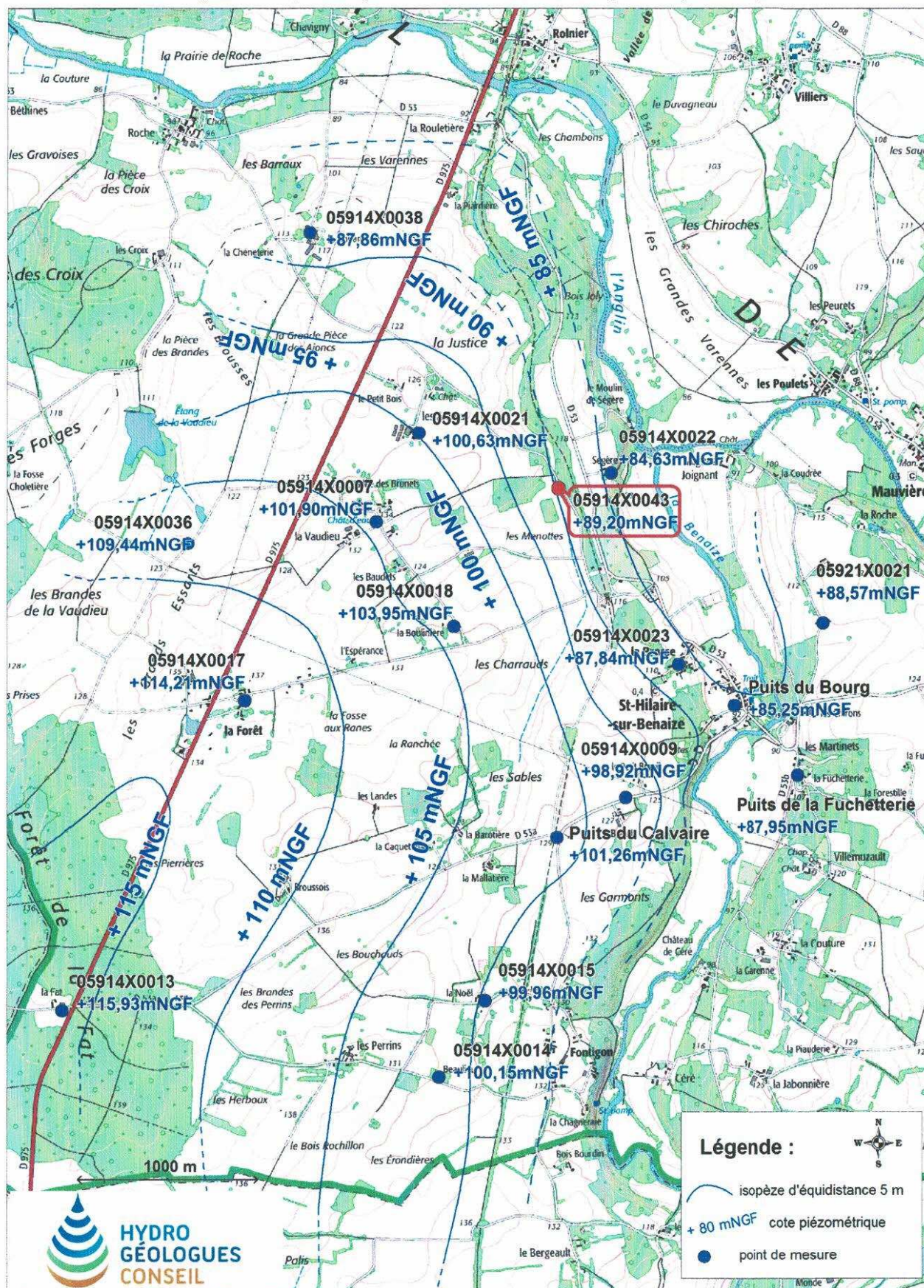


Figure 12 : carte piézométrique du secteur réalisée en juin 2016 (hautes eaux)

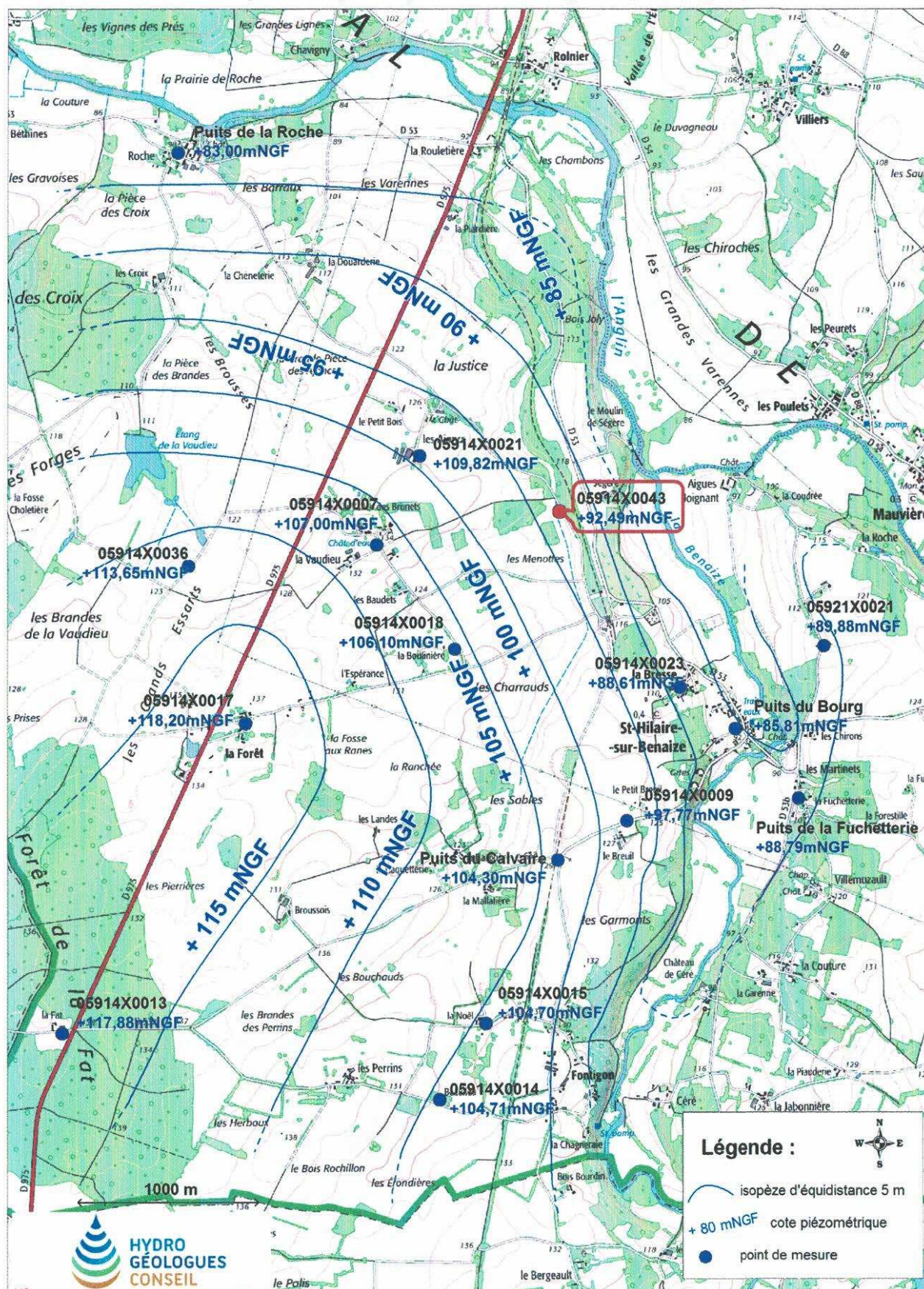
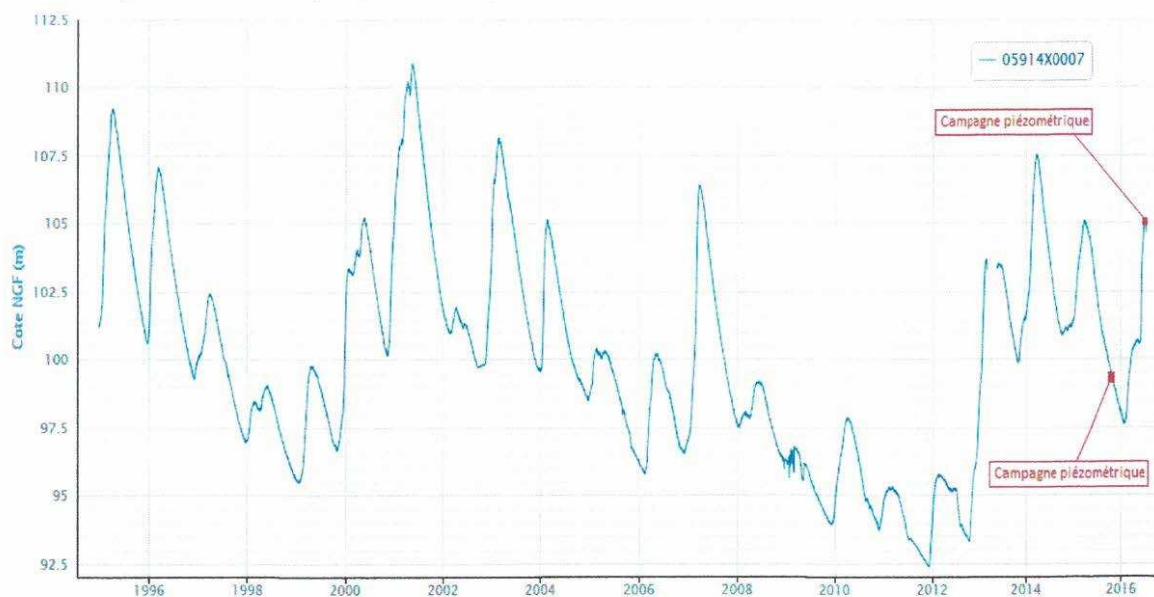


Figure 10 : chronique piézométrique au droit de l'ouvrage d'indice BSS 0591 4X 0007



D'après cette chronique,

- les fluctuations interannuelles présentent une baisse de la nappe entre 1995 et 1999, une remontée jusqu'en 2001 (110,89 m NGF), une nouvelle baisse jusqu'en 2006, une remontée rapide en 2008 pour descendre à son plus bas niveau en juillet 2011 (93,42 m NGF), une importante remontée liée aux fortes pluviométriques de 2013 et une relative stagnation jusqu'à 2015 ;
- sur la période 1995 - 2015, les variations interannuelles varient entre 15 m (Hautes eaux) et 8 m (Basses eaux) ;
- les fluctuations saisonnières montrent les périodes de recharge (février à mai) et les périodes d'étiage (septembre à janvier) ;
- sur la période 1995 - 2015, les variations inter saisonnières varient entre 1,76 m (2005) et 10,62 m (2001).

Annexe 3

Résultats des pompages d'essai du 19 mai au 6 juillet 2015 sur le forage d'exploitation Les Menottes F1 par 4 paliers longs (7 jours) aux débits de 30, 45, 60 et 45 m³/h espacés de remontées de durée équivalente

- ❖ Synthèse des données de pompage
- ❖ Hydrogramme de pompage (forages Les Menottes F1, Les Ajoncs - M. PERRIN et Broussois - M. RIGAIL, piézomètre régional ADES)
- ❖ Hydrogramme de pompage (forages Les Menottes F1 et Les Ajoncs - M. PERRIN) avec pluviométrie
- ❖ Suivi hydraulique (débit pompé) et physico-chimique (turbidité, MES, aluminium total, fer total)
- ❖ Turbidité en fonction du débit et du temps de pompage

(source : HYDROGEOLOGUES CONSEIL)

(5 pages)

déterminer une transmissivité significative de l'aquifère ou une remise en dépôt des fines mises en suspension par les pompages et qui agissent comme un colmatage. »

2.3.3 Pompages de longue durée par paliers

Divers pompages de longue durée à débit constant ont été réalisés à la demande de l'hydrogéologue agréé. Le déroulement des investigations a été le suivant :

- du 19 au 26 mai 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 30 m³/h ;
- du 1^{er} au 8 juin 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 45 m³/h ;
- du 15 au 22 juin 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 60 m³/h ;
- du 29 juin au 6 juillet 2015 : pompage continu de 7 jours au débit moyen de 45 m³/h.

L'hydrogramme de pompage est consigné en **annexe 1** et le tableau qui suit synthétise les données hydrodynamiques obtenues au droit du forage de captage.

Tableau 15 : synthèse des données de pompage

	Temps de pompage (en jours)	Débit (en m ³ /h)	Niveau statique (en m/R)	Niveau dynamique final (en m/R)	Rabatement (en m)	Débit spécifique (m ³ /h/m)	Transmissivité (m ² /s)
Pompage n°1	7	30	20,25	24,24	3,99	7,52	4,6.10 ⁻³ 5,2.10 ⁻³
Pompage n°2	7	45	20,65	26,67	6,02	7,48	3,3.10 ⁻³ 4,7.10 ⁻³
Pompage n°3	7	60	20,56	28,37	7,81	7,68	4,4.10 ⁻³ 5,6.10 ⁻³
Pompage n°4	7	45	21,15	27,05	5,9	7,63	5.10 ⁻³ 5.10 ⁻³

2.3.4 Synthèse des résultats

Les caractéristiques hydrodynamiques obtenues sont globalement homogènes avec une transmissivité de l'ordre de 5.10⁻³ m²/s pour un coefficient d'environ 0,5%.

La courbe est quasi rectiligne jusqu'à 150 m³/h sans présenter de rupture de pente. Aussi, le débit critique n'a pas été atteint à 150 m³/h.

Les valeurs mesurées et calculées ci-dessus permettent d'obtenir la formule des pertes de charge suivante pour le forage :

$$s = 0,08 Q + 0,0004 Q^2$$

avec : pertes de charge linéaires (liées à l'aquifère) : 0,08 ;

perdes de charge quadratiques (liées à l'ouvrage) : 0,0004.

3.1.3 Interprétation des pompages continus de 2013

Lors des pompages réalisés du 28 février au 3 avril 2013 une transmissivité moyenne de 1.10^{-2} m²/s pour un coefficient d'emmagasinement de 0,8 %.

3.2 NOUVELLES DONNEES HYDRODYNAMIQUES

3.2.1 Influence de l'exploitation du forage

Les pompages ont eu lieu 19 mai au 7 juillet 2015. L'hydrogramme des pompages est présenté sur la figure qui suit :

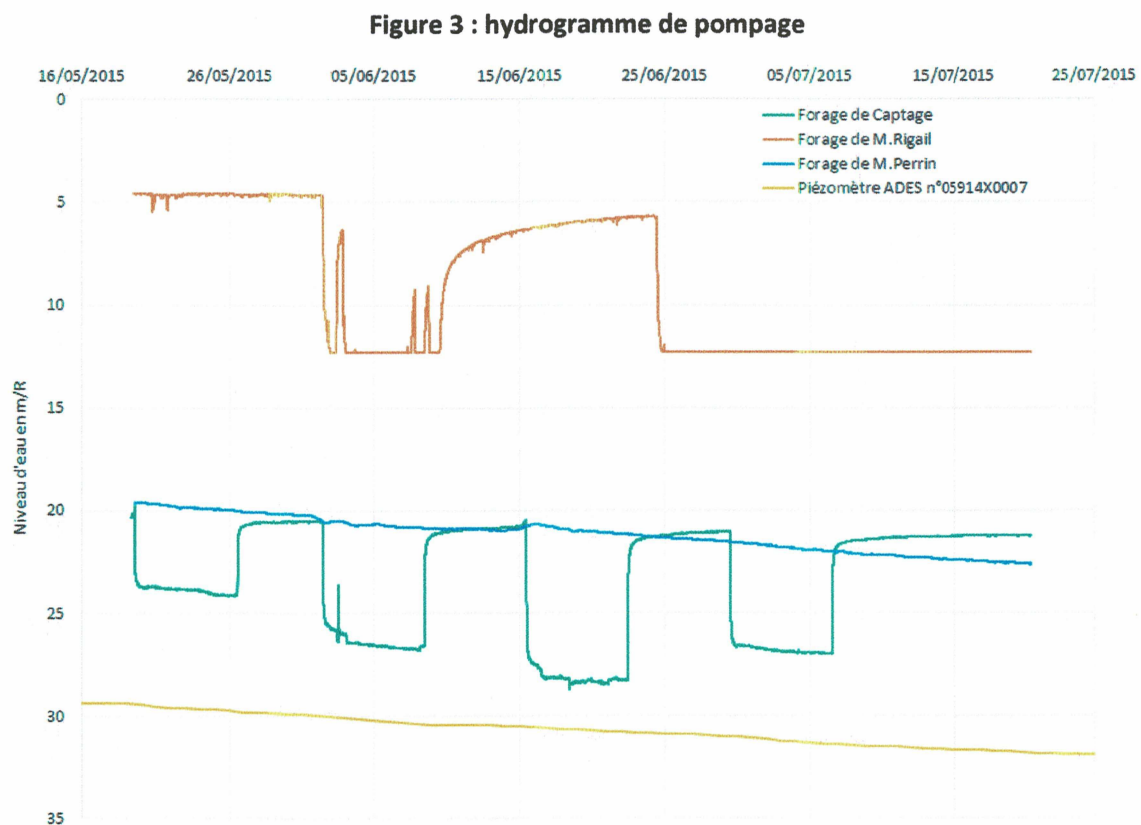
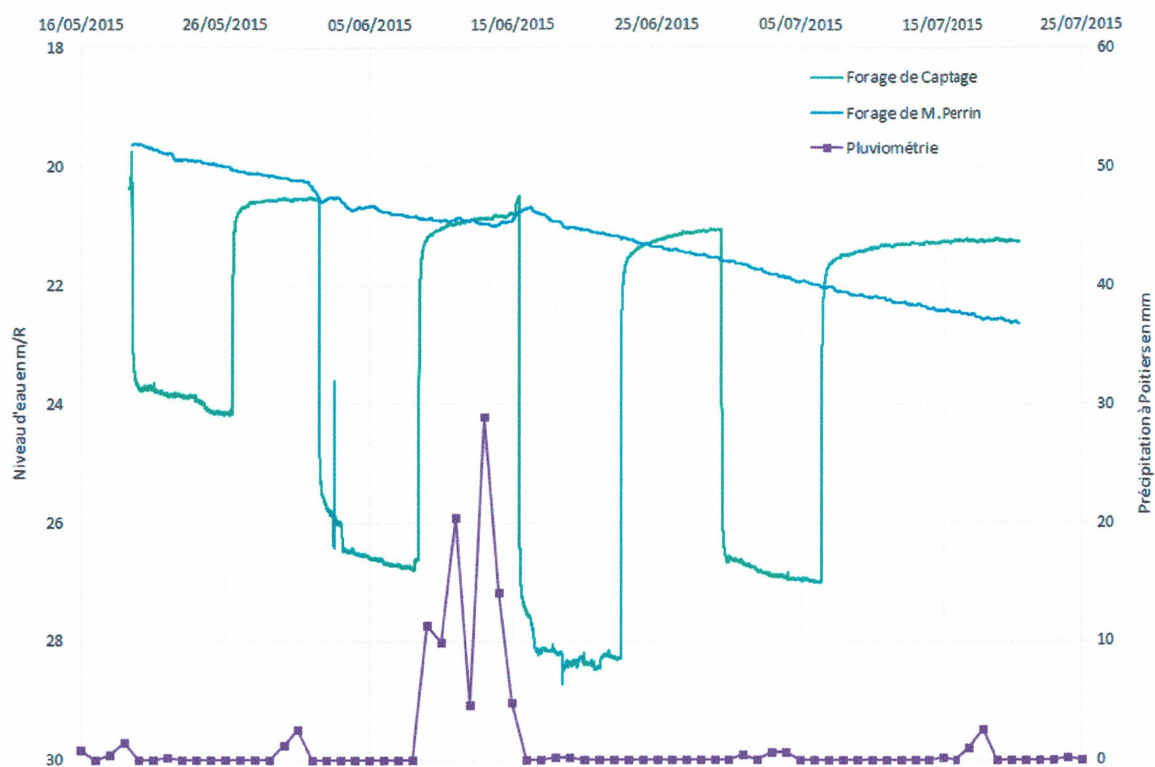


Figure 4 : hydrogramme de pompage (forages de captage et de M. Perrin) et pluviométrie à Poitiers



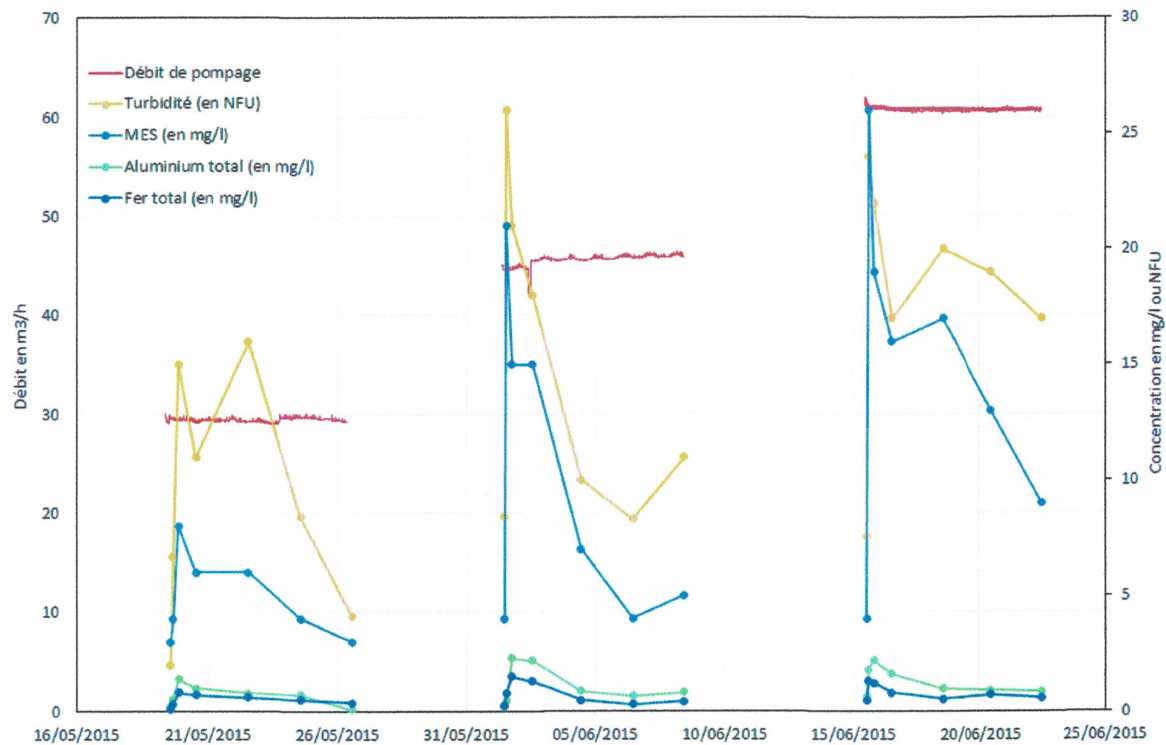
Les variations du niveau d'eau au droit de l'ouvrage de M. Perrin sont liées aux fortes précipitations qui se sont déroulées lors des pompages entre le 5 et 15 juin 2015.

L'exploitation du forage de captage n'a donc pas d'incidence sur les ouvrages suivis alentours (05914X0021 et 05914X0007).

3.3.4 Comparaison des résultats

Les résultats présentés ci-avant sont synthétisés sur la figure qui suit.

Figure 9 : résultat des analyses en fonction du débit et du temps de pompage



Cette figure montre que les paramètres mesurés présentent des valeurs plus fortes plus le débit est élevé (proportionnalité).

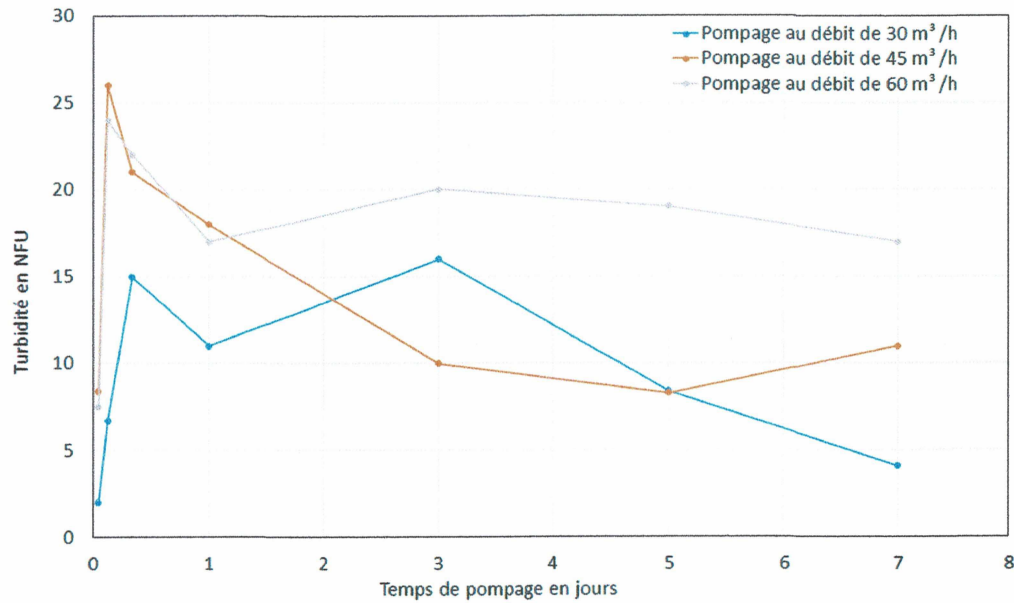
Pour la turbidité, les valeurs sont les suivantes :

- à 30 m³/h un maximum de 16 NFU et une valeur de 4,1 NFU au bout de 7 jours ;
- à 45 m³/h un maximum de 26 NFU et une valeur de 11 NFU au bout de 7 jours ;
- à 60 m³/h un maximum de 24 NFU et une valeur de 17 NFU au bout de 7 jours.

Il est intéressant pour comprendre ces phénomènes de diminution de la turbidité d'observer les variations de concentrations en fonction du débit et du temps de pompage.

Ces variations sont illustrées sur la figure qui suit.

Figure 10 : turbidité en fonction du débit et du temps de pompage



La valeur maximum de la turbidité à 45 et 60 m³/h est sensiblement la même (26 et 24 NFU). Quant à la valeur au terme du pompage, elle est bien proportionnelle au débit de pompage (plus le débit est fort, plus la valeur est forte).

Il est impossible de tenter une extrapolation de ces concentrations à plus de 7 jours pour essayer d'observer à partir de quel temps de pompage les valeurs de turbidité seraient inférieures aux normes et limites de qualité.