

	  	<p>OPERATION BIOSAV</p> <p>NOTE TECHNIQUE</p>	<p>Ref : 42-GCV-NTE-00000-12-1012</p> <p>Révision : 03</p> <p>Date : 29/07/2013</p> <p>Statut : INF</p> <p>Page : 1/12</p>
--	---	--	--

Date : 01/08/2013

NOTE TECHNIQUE

DEFINITION DU RABATTEMENT DE NAPPE EN PHASE CHANTIER

03	08/10/13	Fichiers PDF refait pour plus de clarté	B. LAPOSTOLLE	B.LAPOSTOLLE	S. MARINUTTI
02	01/08/13	Ajout volumes totaux pompés	B. LAPOSTOLLE	B. LAPOSTOLLE	S. MARINUTTI
01	29/07/13	Première édition	B. LAPOSTOLLE	B. LAPOSTOLLE	S. MARINUTTI
Rev.	Date	Intitulé révision / Libellé des modifications depuis la révision précédente	Rédacteur / Visa	Vérificateur / Visa	Approbateur / visa

	  	<p style="text-align: center;">OPERATION BIOSAV</p> <p style="text-align: center;">NOTE TECHNIQUE</p>	<p>Ref : 42-GCV-NTE-00000-12-1012</p> <p>Révision : 03</p> <p>Date : 29/07/2013</p> <p>Statut : INF</p> <p>Page : 2/12</p>
--	---	--	--

Sommaire :

1.	Objet	3
2.	Présentation des caractéristiques du site et du chantier	3
	2.1.1 Horizon géologique.....	3
	2.1.2 Besoins du chantier	4
3.	Présentation du rabattement mis en place	6
	3.1.1 Zone membranaire	6
	3.1.2 Zone biofiltration	9
4.	Rejet des eaux pompées	10
5.	Annexe : Rapport d'essai et modélisation - ERF	12

1. Objet

Cette note a pour objet de définir le rabattement de nappe qui sera mis en place durant la phase chantier, et ce en vue des demandes d'autorisation vis-à-vis de la loi sur l'eau.

Ainsi, cette note rappellera les principales contraintes du site, puis présentera les moyens qui seront mis en œuvre, et évaluera leur impact au niveau de la nappe phréatique.

2. Présentation des caractéristiques du site et du chantier

2.1.1 Horizon géologique

Sur l'emprise des zones de terrassement, le terrain se compose de cinq faciès différents :

- | | | |
|---|------------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - des remblais sablo graveleux sur une couche superficielle - du gros sable graveleux parfois légèrement limoneux jusque 4m de profondeur - du sable plus fin avec des graviers divers jusque 5 à 6m de profondeur - des marnes calcaires jusqu'à 12m de profondeur - du calcaires plus ou moins marneux et plus ou moins sableux jusque 25m. | }
}
}
} | <p>Couches très perméables</p> <p>Couche quasi imperméable</p> <p>Couche très perméable</p> |
|---|------------------|---|

répartis en trois couches de perméabilité différentes, le toit de la nappe se trouvant au milieu de la couche de marnes calcaires.

Il ressort de cette analyse géologique les points suivants :

- La première couche, jusqu'à 6m de profondeur, très perméable, laisse bien s'écouler les eaux de ruissellement de surface. Ces dernières sont par contre bloquées au niveau des marnes calcaires. Un rabattement profond de type puits ne permet donc pas de les récupérer.
- La deuxième couche, quasi-imperméable, constitue un bouchon protégeant la fouille de la nappe, à condition de laisser en place une épaisseur de terrain suffisante.
- En cas de percement de ce bouchon, il est impératif de procéder à un rabattement, la nappe étant sous-pression au niveau du calcaire grossier.

2.1.2 Besoins du chantier

a) Emprises concernées :

Les principales fouilles concernées par le rabattement de nappe sont situées au niveau des bassins d'aération (37 000_m²) pour la zone membranaire, et au niveau des bâches eaux sales (2 600 m²) pour la zone biofiltration.

En effet, en dehors de ces zones, les niveaux de plate-forme sont situés au-dessus du niveau de la nappe (hors points bas ponctuels du type fosses-toutes-eaux de quelques mètres carrés qui seront traités via des pointes filtrantes ou par épuisement ponctuel).

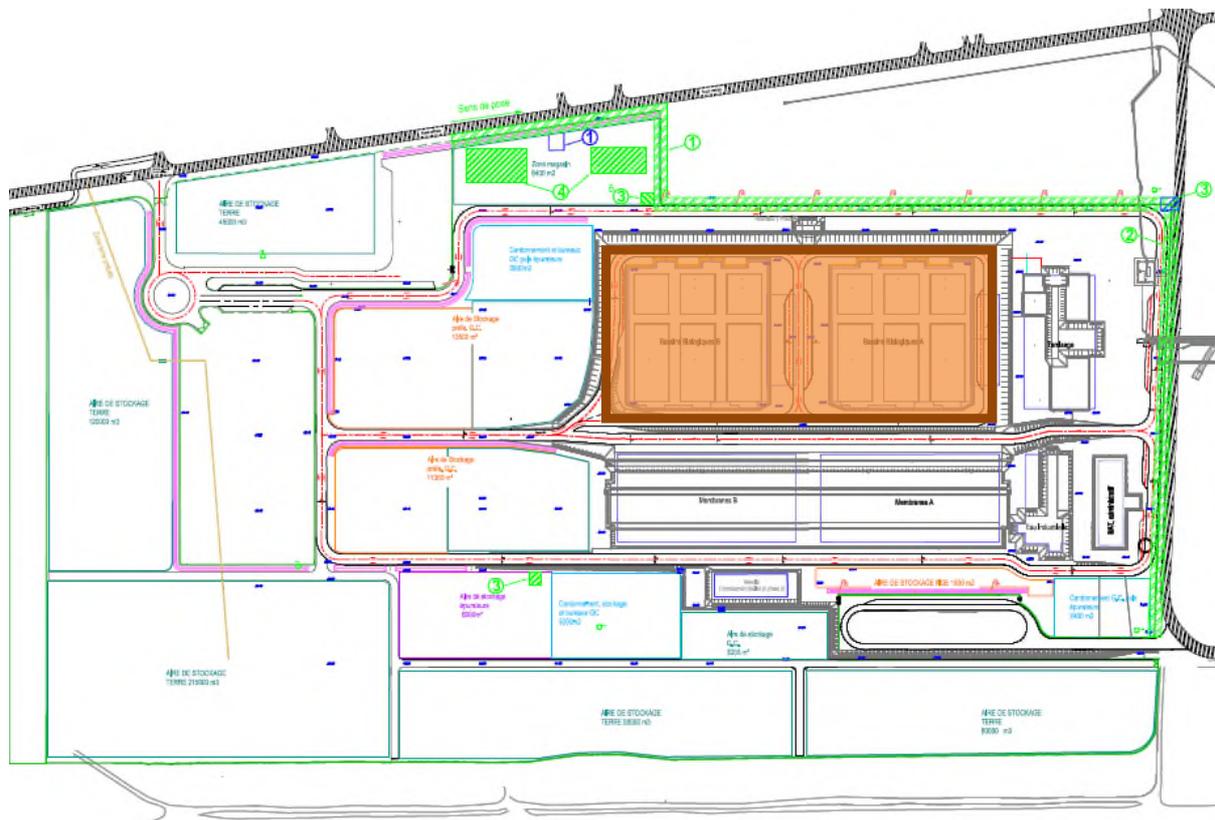


Figure 1: Emprise terrassée zone membranaire pour laquelle un rabattement est nécessaire

NOTE TECHNIQUE

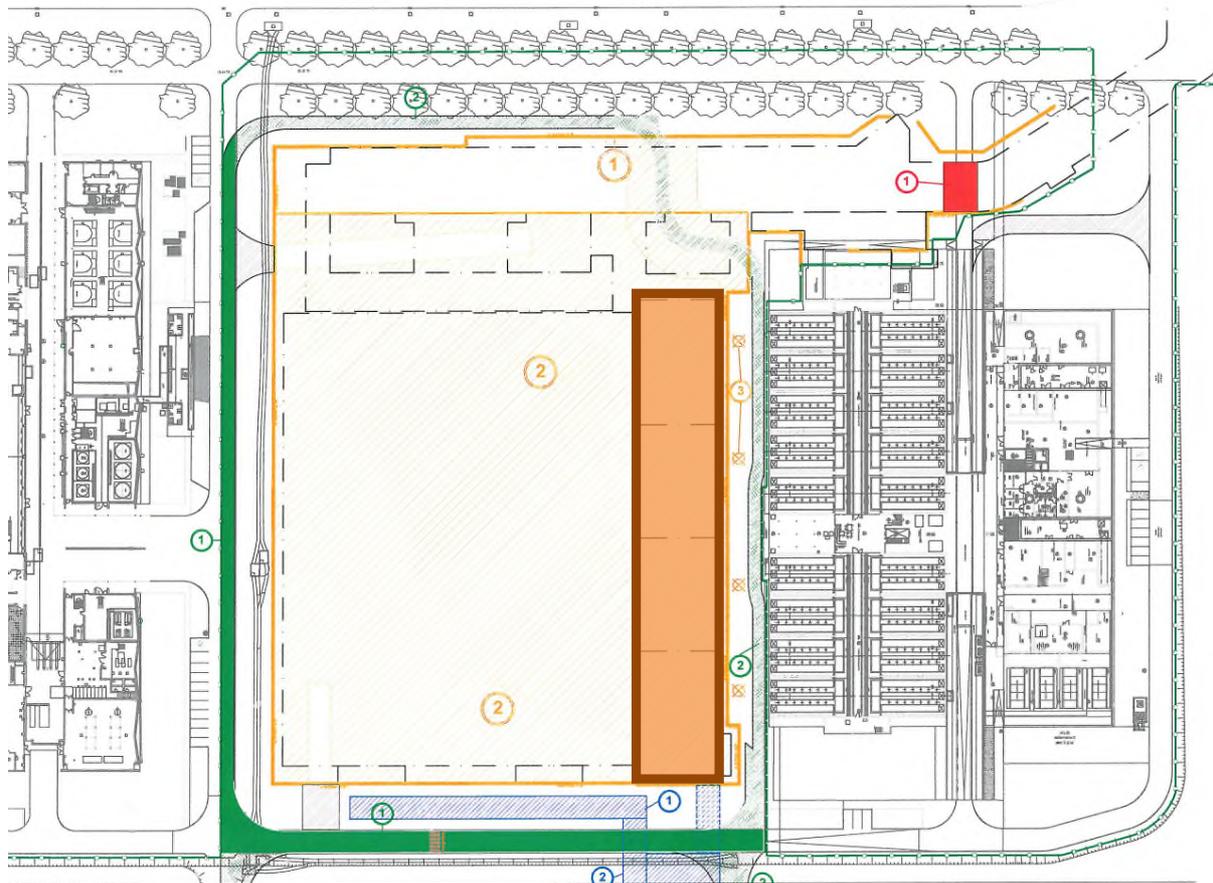


Figure 2: Emprise terrassée zone Biofiltration pour laquelle un rabattement est nécessaire

Sur ces zones de terrassement, les niveaux de plateforme évoluent entre 19,50m pour la zone membranaire, et 17m pour la zone Biofiltration.

Ces niveaux sont à la fois situés sous le niveau de la nappe et sous le toit du calcaire grossier.

En outre, pour des raisons de maintien du fond de fouille en phase travaux, il est décidé de maintenir le niveau de nappe au droit des futurs ouvrages 1,00m sous le niveau fond de fouille.

b) Durées de chantier ;

Pour la zone membranaire, il est prévu un terrassement à partir de fin aout 2013, pour un remblaiement qui se termine en octobre 2015, ce qui représente en tout 26 mois de travaux.

Pour la zone Biofiltration, le terrassement est quant à lui prévu à partir de Novembre 2013, pour un remblaiement fin septembre 2015, ce qui représente en tout 23 mois de travaux.

Le rabattement sera maintenu opérationnel durant ces périodes.

3. Présentation du rabattement mis en place

3.1.1 Zone membranaire

Compte-tenu des éléments donnés ci-dessus, deux types de collecte d'eau seront mis en place au niveau de la zone membranaire :

- Un épuisement fond de fouille positionné au niveau du toit des marnes imperméables permettant de récupérer les eaux de ruissellement,
- Un rabattement de nappe via 12 puits crépinés, dont le débit global estimé sera de 120m³/h, permettant d'abaisser le niveau de la nappe de 1.00m sous le niveau fond de fouille. Ces puits seront répartis régulièrement en limite de terrassement, comme l'indique le plan ci-dessous.

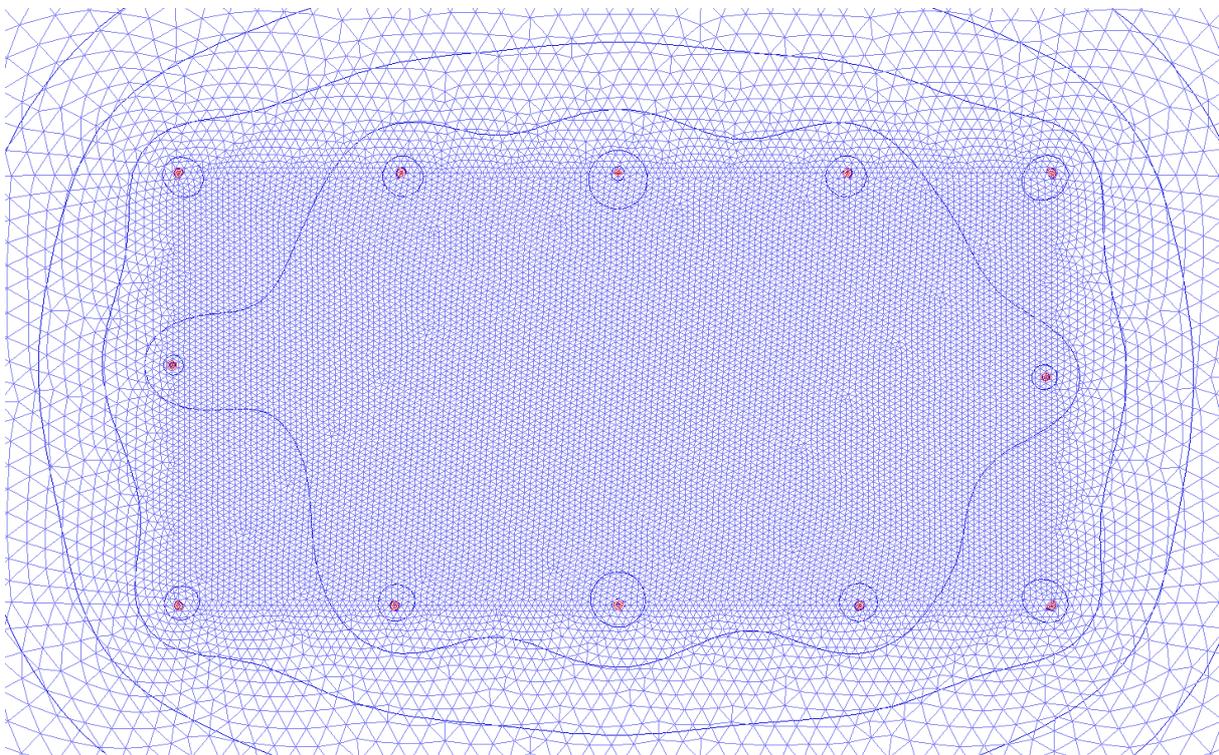


Figure 3: Implantation des puits de pompage en limite de fouille

La position précise des puits de pompage est donnée dans le plan n°42-GCV-PLG-M0000-12-1002-03.¹

Le dimensionnement de ce rabattement a été réalisé à partir d'une modélisation paramétrée grâce aux essais de pompage effectués en mai 2013 sur site (voir annexe).

On peut ainsi évaluer l'impact de ce rabattement sur la nappe.

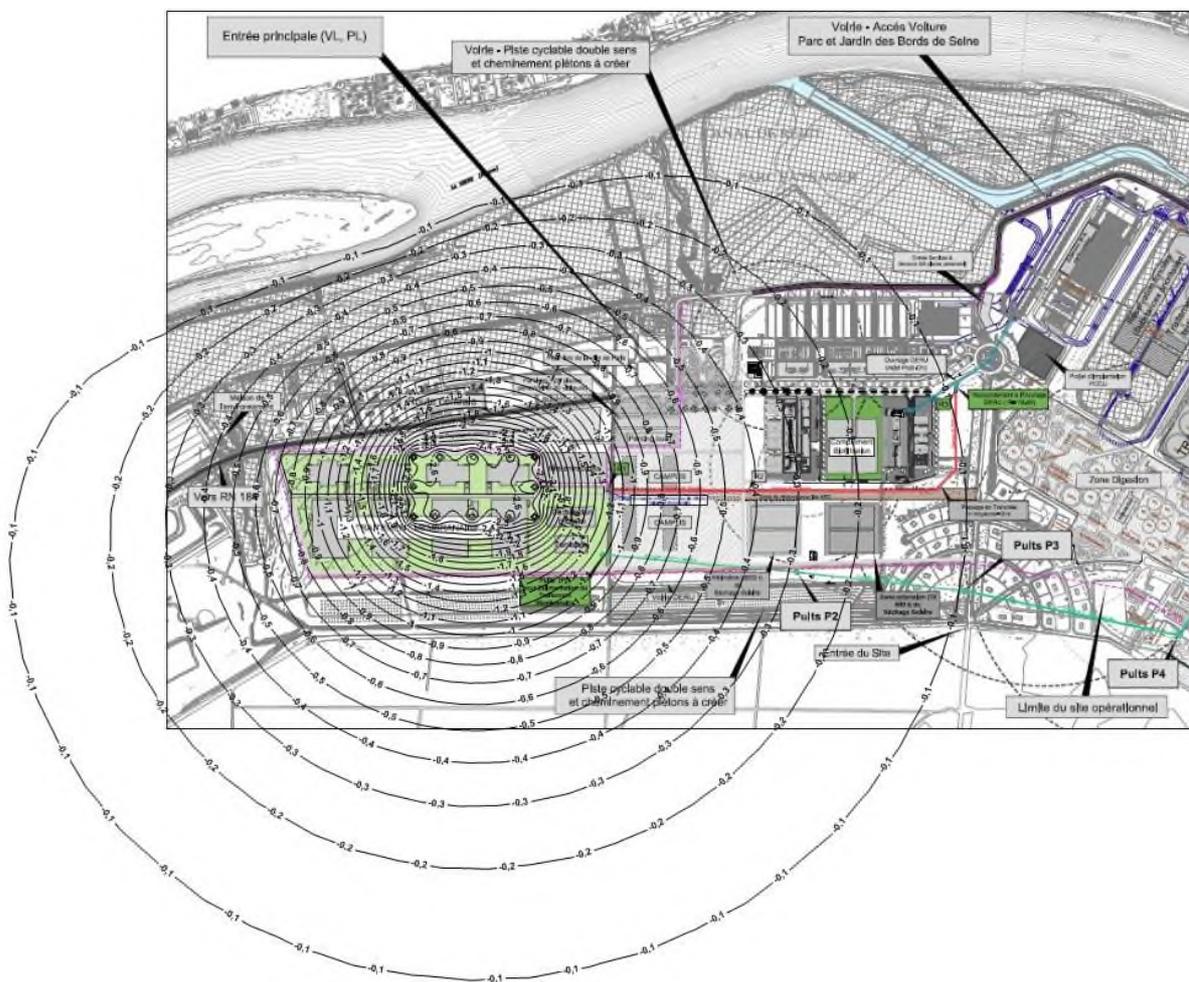


Figure 4 : Modélisation du rabattement de nappe à l'objectif 18.5m NGF projeté sur le plan aérien du futur ouvrage.

¹ La position des puits est susceptible d'être ajustée de quelques mètres sur le chantier en fonction des contraintes du terrain.

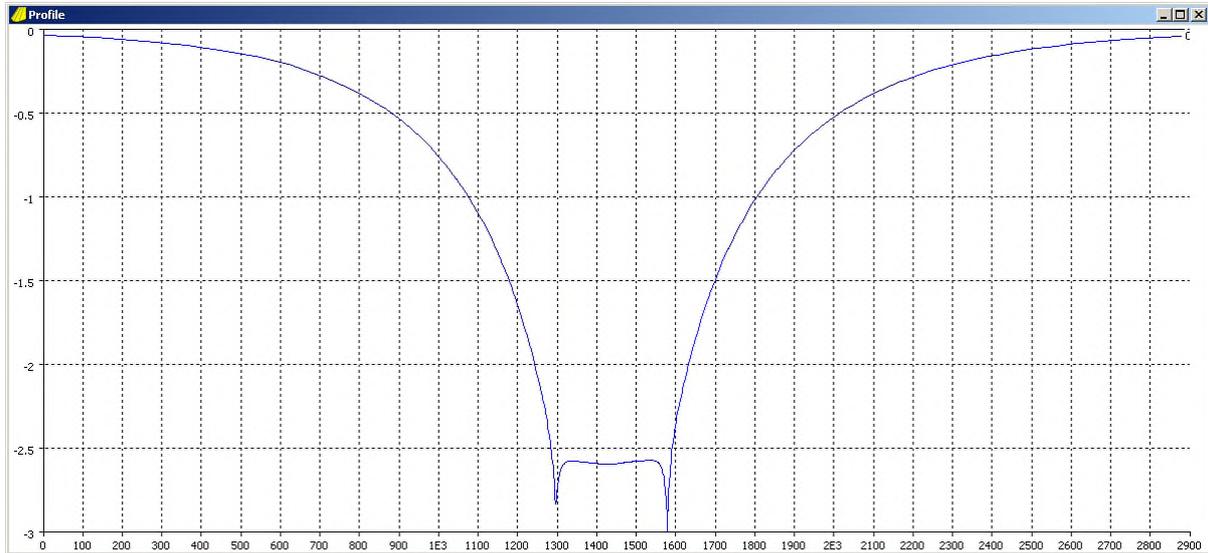


Figure 5 : Profil de rabattement de nappe Nord-Ouest/Sud-Est.

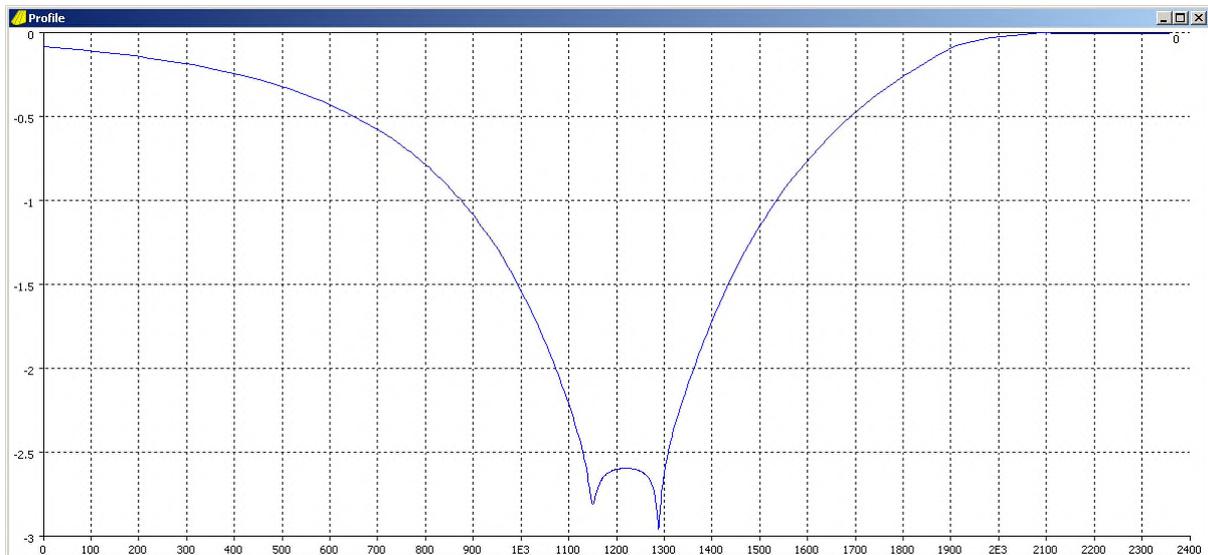


Figure 6: Profil de rabattement de nappe Sud-Ouest/Nord-Est.

Il ressort de cette modélisation que l'impact du rabattement sur la nappe est supérieur à 1,0m sur un rayon de 600m par rapport au centre de la fouille.

3.1.2 Zone biofiltration

Pour la zone Biofiltration, 4 puits crépinés seront mis en place (voir implantation exacte sur le plan n°42-GCV-PLG-J0000-12-1002-2)

Ces puits permettront de pomper jusqu'à 50m³/h, de façon à abaisser le niveau de nappe localement 1.00m sous le fond de fouille.

La modélisation de l'impact de ces puits est donnée en annexe. En voici les principaux résultats.

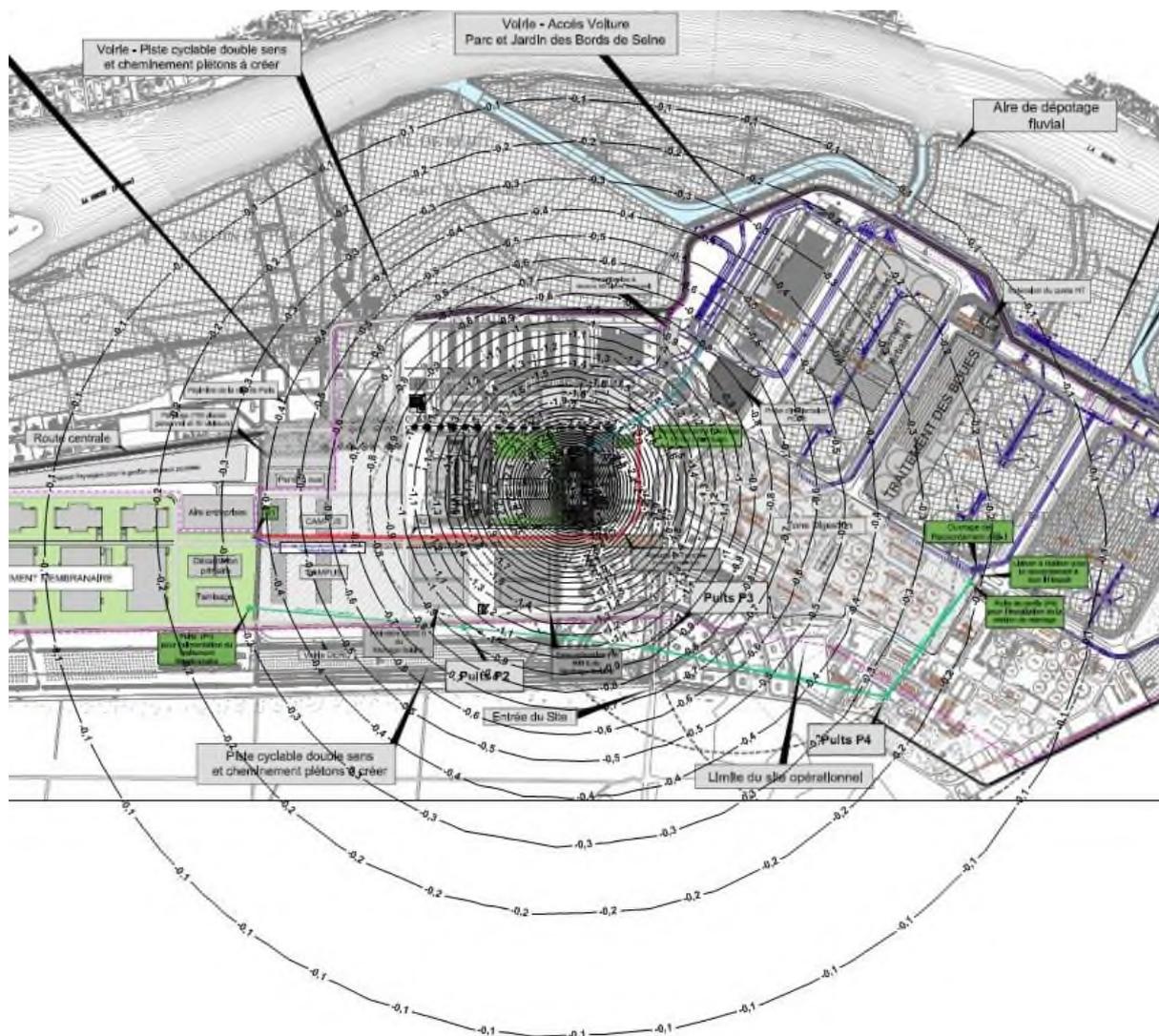


Figure 7: Modélisation du rabattement de nappe projeté sur le plan aérien du futur ouvrage.

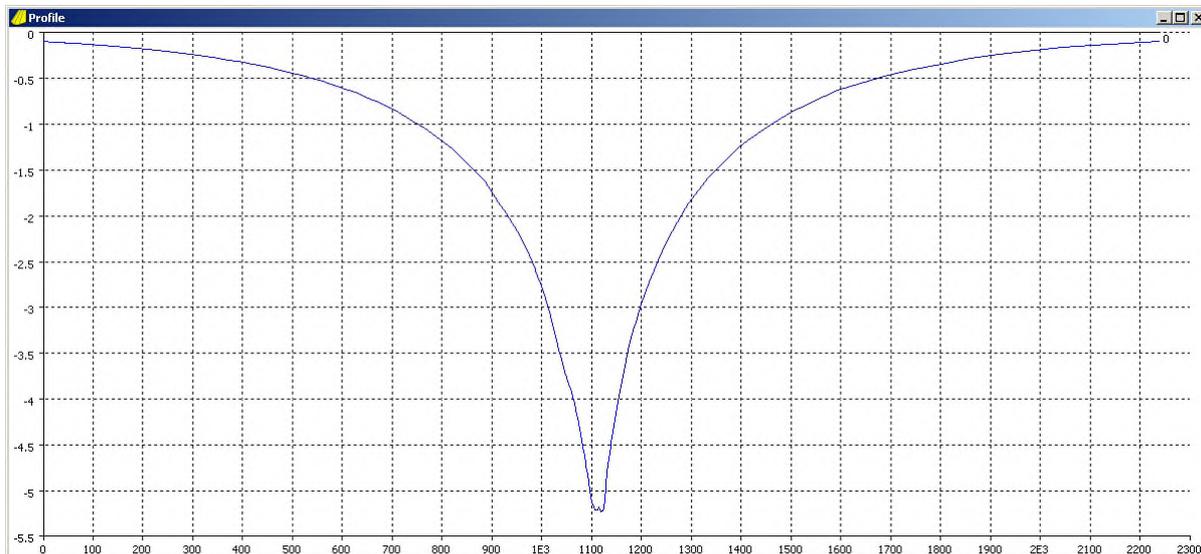


Figure 8: Profil de rabattement Nord-Ouest/Sud-Est.

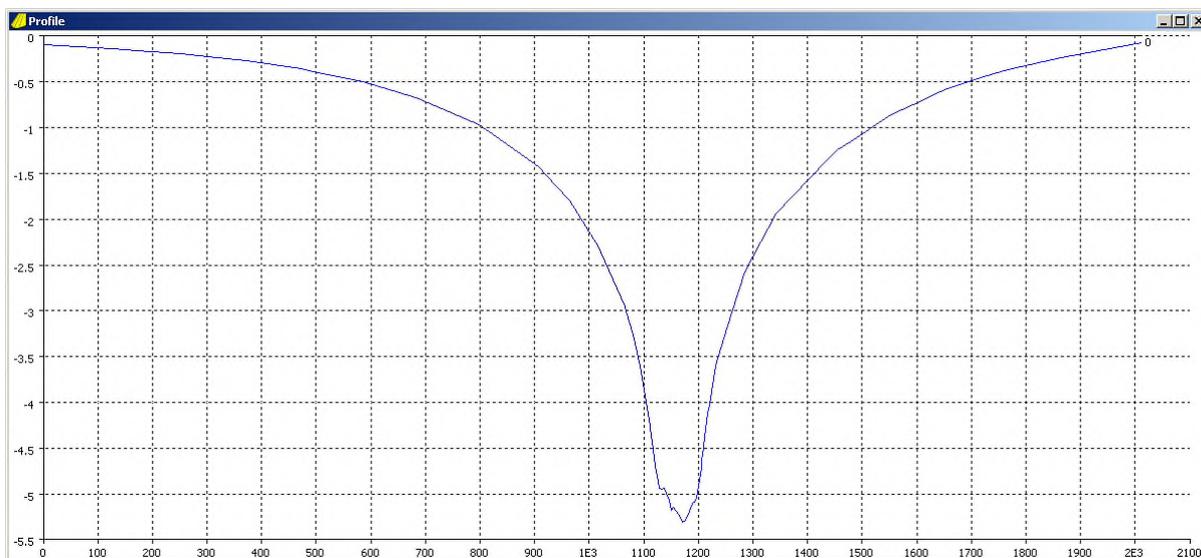


Figure 9: Profil de rabattement Sud-Ouest/Nord-Est.

Il ressort de cette modélisation que l'impact du rabattement sur la nappe est supérieur à 1,0m sur un rayon de 600m par rapport au centre de la fouille.

4. Rejet des eaux pompées

Les eaux pompées dans le cadre du rabattement de nappe en phase chantier seront renvoyées dans la station d'épuration avant rejet en Seine.

Plus précisément, les eaux issues de la zone membrane seront renvoyées en tête de station, alors que celles issues de la zone Biofiltration seront renvoyées en tête des Biostyrs de la PDN.

Le tableau suivant donne un récapitulatif des volumes rabattus estimés.

Zone	Durée de travaux	Débit horaire estimé	Volume annuel rabattu	Volume total rabattu
Membranaire	26mois	120 m3/h	1 051 200 m3	2 283 000 m3
Biofiltration	23 mois	50 m3/h	438 000 m3	841 000 m3

Ainsi, au total 3 124 000m3 d'eau seront rabattus sur la totalité du chantier.

 <p>biologie seine aval</p>	  	<p>OPERATION BIOSAV</p> <p>NOTE TECHNIQUE</p>	<p>Ref : 42-GCV-NTE-00000-12-1012</p> <p>Révision : 03</p> <p>Date : 29/07/2013</p> <p>Statut : INF</p> <p>Page : 12/12</p>
---	---	--	---

5. Annexe : Rapport d'essai et modélisation - ERF



ACHERES – USINE SEINE AVAL

Présentation des résultats de l'essai de pompages

B	20/06/2013	Ajout Modélisation du rabattement de nappe	M.PLEUVRET	M.HAUW
A	04/06/2013	INITIAL	M.PLEUVRET	M.HAUW
INDICE	DATE	DESIGNATION	APPROBATEUR	REDACTEUR

SOMMAIRE

I) Introduction	2
II) Essai de pompage	2
A) Présentation	2
B) Résultats de l’essai de pompage	8
III) Caractérisation des aquifères.....	10
A) Essais de pompages	10
B) Modélisation du rabattement de nappe	14
1) Au sein des futurs bassins biologiques	14
2) Au sein de la Biostyr Nord.....	22
IV) Conclusion.....	26

FIGURES

Figure 1: Distance entre chaque forages réalisés.	3
Figure 2: Données initiales à l’installation des sondes et la programmation de l’automate.	4
Figure 3: Relevé manuelle au sein des différents points d’observations.	7
Figure 4: Suivi du niveau piézométrique au sein des différents points d’observations lors de l’essai de pompage du 7 Mai au 13 Mai réalisé au sein de la zone d’étude. (ERF)	9
Figure 5: Zoom sur la phase de descente de l’essai de pompage du 7 Mai au 13 Mai réalisé au sein de la zone d’étude. (ERF)	11
Figure 6: Zoom sur la phase de remontée de l’essai de pompage du 7 Mai au 13 Mai réalisé au sein de la zone d’étude. (ERF)	12
Figure 7: Rabattement de nappe observé au sein des piézomètres satellitaires. (ERF)	11
Figure 8: Interface des résultats fournis par le logiciel MLU. (ERF)	11
Figure 9: Comparaison graphique entre les points de mesures (points) et le calcul de rabattement (lignes) par le logiciel MLU.	12
Figure 10: Modélisation du rabattement avec l’implantation de 12 puits à l’objectif 19 m NGF (ERF)	10
Figure 11: Modélisation du rabattement avec l’implantation de 12 puits à l’objectif 18.5 m NGF . (ERF)	10
Figure 12: Modélisation du rabattement de nappe à l’objectif 18.5m NGF projeté sur le plan aérien du futur ouvrage.	11
Figure 13: Profil de rabattement de nappe Nord-Ouest/Sud-Est.	10
Figure 14: Profil de rabattement de nappe Sud-Ouest/Nord-Est.	11
Figure 15: Modélisation du rabattement de nappe projeté sur le plan aérien du futur ouvrage.	23
Figure 16: Profil de rabattement Nord-Ouest/Sud -Est.	24
Figure 17: Profil de rabattement Sud-Ouest/Nord -Est.	25

I) Introduction

Dans le cadre de notre étude de rabattement de nappe concernant la conception et la réalisation de deux bassins biologiques dans la refonte de l'usine seine aval à Achères (Yvelines), nous avons conseillé aux groupes VINCI et EIFFAGE la réalisation d'un essai de pompage multi-aquifère afin de définir dans un premier temps les caractéristiques intrinsèques de chaque aquifères présent et dans un deuxième temps les échanges hydrauliques éventuels pouvant exister entre ces derniers. Ce présent rapport a pour but de vous présenter les résultats et les conclusions relatives à la réalisation de l'essai de pompage qui a eu lieu du 7 Mai au 13 Mai 2013.

Le terrain se compose de cinq faciès différents :

- Des remblais sablo graveleux sur une couche superficielle
- Du gros sable graveleux parfois légèrement limoneux jusque 4m de profondeur
- Du sable plus fin avec des graviers divers jusque 5 à 6m de profondeur
- Des marnes calcaires jusqu'à 12m de profondeur
- Du calcaires plus ou moins marneux et plus ou moins sableux jusque 25m.

Ces différents faciès ont des épaisseurs variant au sein des différents ouvrages réalisés.

II) Essai de pompage

A) Présentation

La campagne de forage et d'exécution de l'essai de pompage s'est déroulée du 27 Avril au 14 Mai 2013. Cette campagne avait pour principal but l'élaboration d'un essai de pompage multi-aquifère le long d'un profil à l'emplacement des futures constructions envisagées.

Durant cette campagne, la réalisation du forage d'un puits de pompages ainsi que de 3 piézomètres satellitaires ont été effectués par la méthode de rotary direct avec injection d'eau via une foreuse EGT. Chaque piézomètre satellitaire était un piézomètre sélectif. C'est-à-dire qu'il était constitué de deux piézomètres ancrés chacun dans un aquifère différent. L'un d'entre eux était dénommé « piézomètre court » et était ancré à une profondeur de 10m. Le second dénommé « piézomètre long » était quant à lui ancré à une profondeur de 20m. Pour s'assurer de la bonne réalisation de l'essai, un bouchon d'argile a été installé dans chaque forage « double » à une profondeur comprise entre 10 et 12m afin d'éviter tout échange hydraulique entre les aquifères présent via les forages effectués. Les différentes coupes de forages réalisés vous sont présentées en annexes. La figure 1 renseigne sur la distance entre chaque forage. Ces distances sont des paramètres importants dans l'essai de pompage et sont également utilisé lors de la modélisation du rabattement de nappe.



FICHE PRISE DE DISTANCE

Distance prise en mètres

	P1	PZ1	PZ2	PZ3
P1		3.6	7.03	11.53
PZ1	3.6		3.43	14.96
PZ2	7.03	3.43		18.56
PZ3	11.53	14.96	18.56	

Figure 1: Distance entre chaque forages réalisés.

Après ces prises de mesures, l'essai de pompage peut être mis en place. Cet essai est divisé en différentes étapes :

- Installations des sondes de suivi et de la pompe dans le puits de pompages :

Chaque forage est équipé d'une sonde relevant la pression de l'eau dans le forage. Chaque sonde est ensuite reliée à un automate qui permet l'enregistrement de ce paramètre en plus du calcul d'autres paramètres.

En plus d'une sonde, la pompe est installée au sein du forage correspondant aux puits de pompage (Puits 1). Cette pompe est reliée à un compteur analogique lui-même relié à l'automate. Cela permet un suivi de ce débit de pompage en temps réel. L'eau pompée est ensuite rejetée dans les réseaux validés par les chefs de chantiers (égouts, rivières,...).

- Mesure des niveaux initiaux :

Après l'installation des sondes et de la pompe de pompage, l'essai peut se commencer. Cependant afin d'avoir un suivi rigoureux des résultats et une analyse pertinente de ceux-ci, il est important de mesurer certains paramètres initiaux. Ces paramètres sont : le niveau d'eau dans chaque forage, la profondeur d'installation de la sonde, la profondeur du forage ainsi que le niveau NGF des différentes têtes de puits. Ces différents paramètres sont notés sur des feuilles de suivies propres à l'entreprise. La figure 2 correspond à cette feuille de relevé initial pour l'essai de pompage réalisé sur le macro-lot B5 Est par l'entreprise ERF.

- Programmation de l'automate de suivi :

La dernière étape avant le lancement de l'essai de pompage proprement dit est la programmation de l'automate de suivi. Cette automate permet de recueillir et visualiser les courbes piézométriques au sein de chaque forage ainsi que le débit pompé.

En effet, comme expliqué plus haut, l'automate reçoit les données des sondes pressiométriques présents dans les différents forages et les données du compteur analogique de la pompe de pompage.

La programmation consiste donc à fournir à l'automate, les paramètres initiaux mesurés et présentés dans la figure 2.

Pour le suivi piézométrique, l'automate a besoin du niveau NGF de la tête des puits et la longueur des sondes dans chaque puits. Ensuite en ajoutant ces paramètres aux valeurs que lui envoient les sondes, l'automate calcule la hauteur de la nappe en m NGF en temps réel au sein de chaque forage. Le calcul est le suivant :

$$\text{Hauteur de nappe NGF} = \text{Hauteur de la tête de puits NGF} - (\text{Longueur sonde} - \text{Valeur de la sonde})$$

L'automate enregistre l'ensemble des valeurs toutes les minutes. Un point important à signaler et la mise à l'air libre des sondes. Cela signifie que la valeur donnée par la sonde n'a pas besoin d'être corrigé par une sonde barométrique placée à l'air libre.

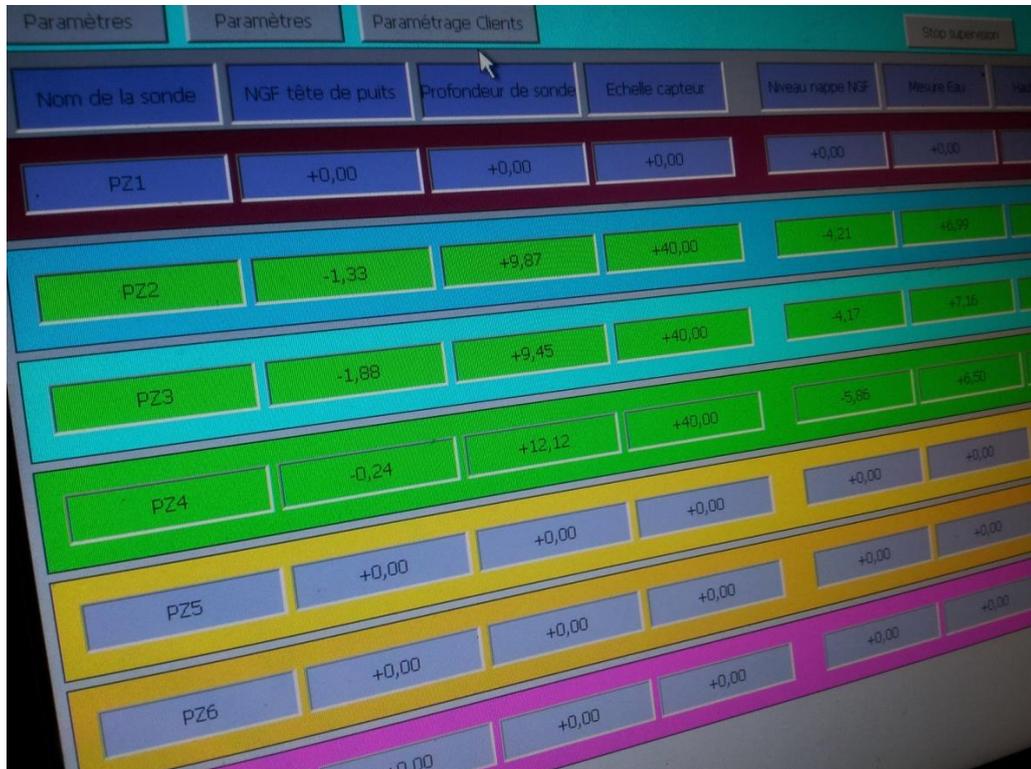
 MISE EN PLACE SONDE + AUTOMATE									
Date et heure	Position	Profondeur forage	Niveau NGF tête de puits	Longueur de câble= profondeur de sonde.	Hauteur d'eau	Hauteur de nappe NGF théorique	Hauteur de nappe NGF affichée sur automate avant modification	Delta	Hauteur de nappe affiché après modification.
7 Mai 2013 à 12H04	Puits 1	19.40	27.32	17.80	6.64	20.68	20.56	0.12	20.67
	PZ1 long	20.62	27.44	20.35	6.80	20.64	20.57	0.07	20.64
	PZ1 court	10.32	27.44	10.20	6.82	20.62	20.62	0.00	20.62
	PZ2 long	20.50	27.45	20.13	6.80	20.65	20.63	0.02	20.66
	PZ2 court	10.24	27.45	10.15	6.83	20.62	20.56	0.06	20.6
	PZ3 long	20.76	27.62	20.25	6.91	20.71	20.58	0.13	20.69
	PZ3 court	10.54	27.62	10.40	7	20.62	20.54	0.08	20.63

Figure 2: Données initiales à l'installation des sondes et la programmation de l'automate.

Voici ci-dessous, quelques photos du branchement des sondes à l'automate, ainsi que de l'écran de visualisation des paramètres.



Photographie 1: Sonde avec mise à l'air libre. (Crédit photo ERF)



Photographie 2: Menu de visualisation des paramètres sur l'automate. (Crédit photo ERF)

- Début de l'essai de pompages. Démarrage de la pompe. (phase de pompage) :

L'essai de pompage peut démarrer. La pompe est démarrée. Il est important de noter l'heure de démarrage de la pompe, ainsi que le compteur initial de celle-ci. Il est possible de visualiser le rabattement dans chaque forage via l'automate. Cette visualisation permet également de vérifier que l'essai de pompage à débiter correctement (Descente du niveau d'eau dans les différents forages).

- Relevé manuelles à t différent :

La vérification s'effectue ensuite manuellement. A $t=5$ min puis $t=15$ min, un opérateur relève les niveaux d'eau dans chacun des forages réalisés. Il calcule ensuite le niveau théorique de la nappe en soustrayant sa mesure à la cote de la tête de puits. Cette opération a été effectué à $t=5$ min / $t=15$ min et avant d'arrêter la pompe. (Voir Fig. 3)

- Arrêt de la pompe. (phase de remontée) :

La phase de remontée de la nappe n'est pas à négliger, elle est tout aussi importante que la phase de descente. Cette phase de remontée commence dès lors que l'utilisateur arrête la pompe. L'heure de cet arrêt est sauvegardée et la phase de remontée de l'essai de pompage commence.

- Relevé manuelles à t différents :

La vérification manuelle de la phase de remontée est similaire à celle de la phase de descente. Les relevés manuels effectués lors de la phase de remontée sont également présent sur la figure 3.

 ESSAI DE POMPAGE MESURES MANUELLES									
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	COMPTEUR FIN	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Vendredi 3/05/13 à 10h45									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court		
profondeur nappe / tete	6m71 / TETE	6m85 / TETE	6m88 / TETE	6m87 / TETE	6m75 / TETE				
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	COMPTEUR FIN	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Lundi 6/05/13 à 13h35									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court		
profondeur nappe / tete	6m62 / TETE	6m74 / TETE	6m84 / TETE	6m75 / TETE	6m85 / TETE	6m92 / TETE	7m01 / TETE		
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	RELEVE COMPTEUR	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Mardi 7/05/13 à 12h04									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court		
profondeur nappe / tete	6m64 / TETE	6m80 / TETE	6m82 / TETE	6m80 / TETE	6m83 / TETE	6m91 / TETE	7m / TETE		
Démarrage de la pompe: Le 7 Mai 2013 à 12h57									
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	RELEVE COMPTEUR	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Mardi 7/05/13 à 13h03									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court	P2	
profondeur nappe / tete	14m90 / TETE	7m15 / TETE	6m82 / TETE	7m05 / TETE	6m83 / TETE	7m81 / TETE	7m / TETE	5m65 / TETE	
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	RELEVE COMPTEUR	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Mardi 7/05/13 à 13h12									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court		
profondeur nappe / tete	15m30 / TETE	7m58 / TETE	6m82 / TETE	7m49 / TETE	6,83 / TETE	8m18 / TETE	7m / TETE		
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	RELEVE COMPTEUR	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Lundi 13/05/13 à 6h00									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court		
profondeur nappe / tete	13m81 / TETE	8m18 / TETE	6m72 / TETE	8m10 / TETE	6,72 / TETE	8m27 / TETE	6m84 / TETE		
Arrêt de la pompe: Le 13 Mai 2013 à 6h05									
DATE / HEURE	COMPTEUR DEBUT	RELEVE COMPTEUR	HEURE DEBUT		HEURE FIN			DUREE	M3/H
Lundi 13/05/13 à 6h15									
	P1	PZ1 long	PZ1 court	PZ2 long	PZ2 court	PZ3 long	PZ3 court		
profondeur nappe / tete	7m04 / TETE	7m52 / TETE	6m72 / TETE	7m52 / TETE	6,72 / TETE	7m31 / TETE	6m87 / TETE		

Figure 3: Relevé manuelle au sein des différents points d'observations.

- Arrêt de l'essai de pompage :

L'essai de pompage est considéré comme étant terminé lorsque le niveau d'eau dans les forages est revenu à son état initial. Si ce n'est pas le cas au bout d'un temps de 5h après l'arrêt de la pompe. L'essai est considéré comme terminé sauf si l'opérateur souhaite attendre le retour aux niveaux initiaux. Selon les terrains, cette remontée peut être très rapide ($t < 30$ min) ou très lente ($t \approx 3$ jr)

- Récupération des données de l'automate :

Dès la fin de l'essai de pompage, l'opérateur de l'entreprise E.R.F récupère les données présent sous format CSV (compatible avec le logiciel EXCEL) sous clefs USB.

- Désinstallation des sondes, analyse et interprétations des résultats :

Les données ainsi récupérer, la désinstallation des sondes ainsi que le démontage des branchements à l'automate peut alors s'effectuer. Les données recueillis sont traitées en interne et la modélisation du rabattement de nappe peut être effectuée.

B) Résultats de l'essai de pompage

L'essai de pompage s'est déroulée durant six jours du 7 Mai 2013 à 12h20 au 13 Mai à 14h00 à un débit constant de $26,7\text{m}^3/\text{h}$. Les hypothèses géologiques considérées lors du précédent rapport sont :

- Niveau T.N : Varie entre 26.82m NGF et 29.90 m NGF.
- Niveau Fond de fouille : 19.58 m NGF soit environ à 10m de profondeur.

Le rabattement observé au sein des différents puits et piézomètres est représenté sur les figures ci-dessous.

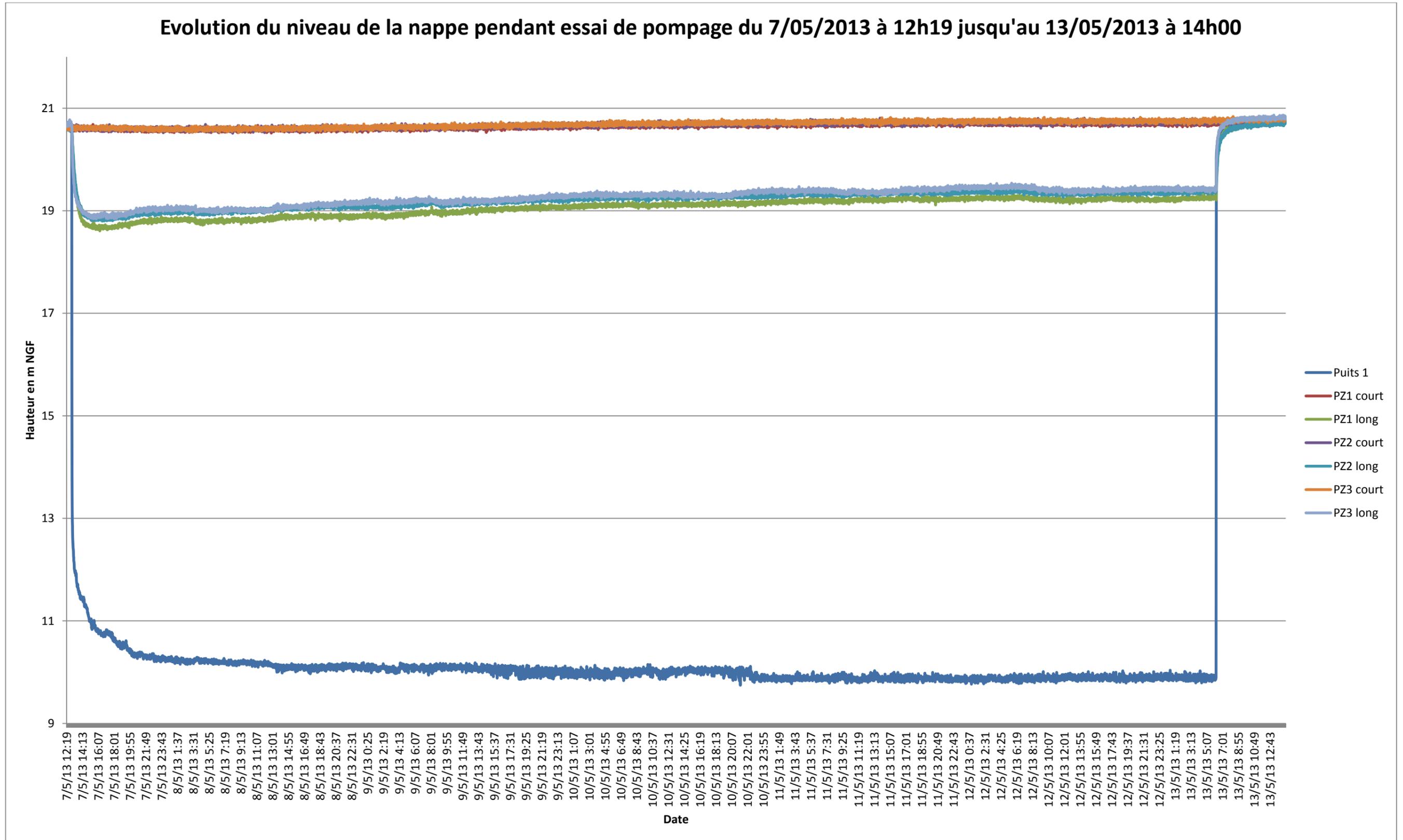


Figure 4: Suivi du niveau piézométrique au sein des différents points d'observations lors de l'essai de pompage du 7 Mai au 13 Mai réalisé au sein de la zone d'étude. (ERF)

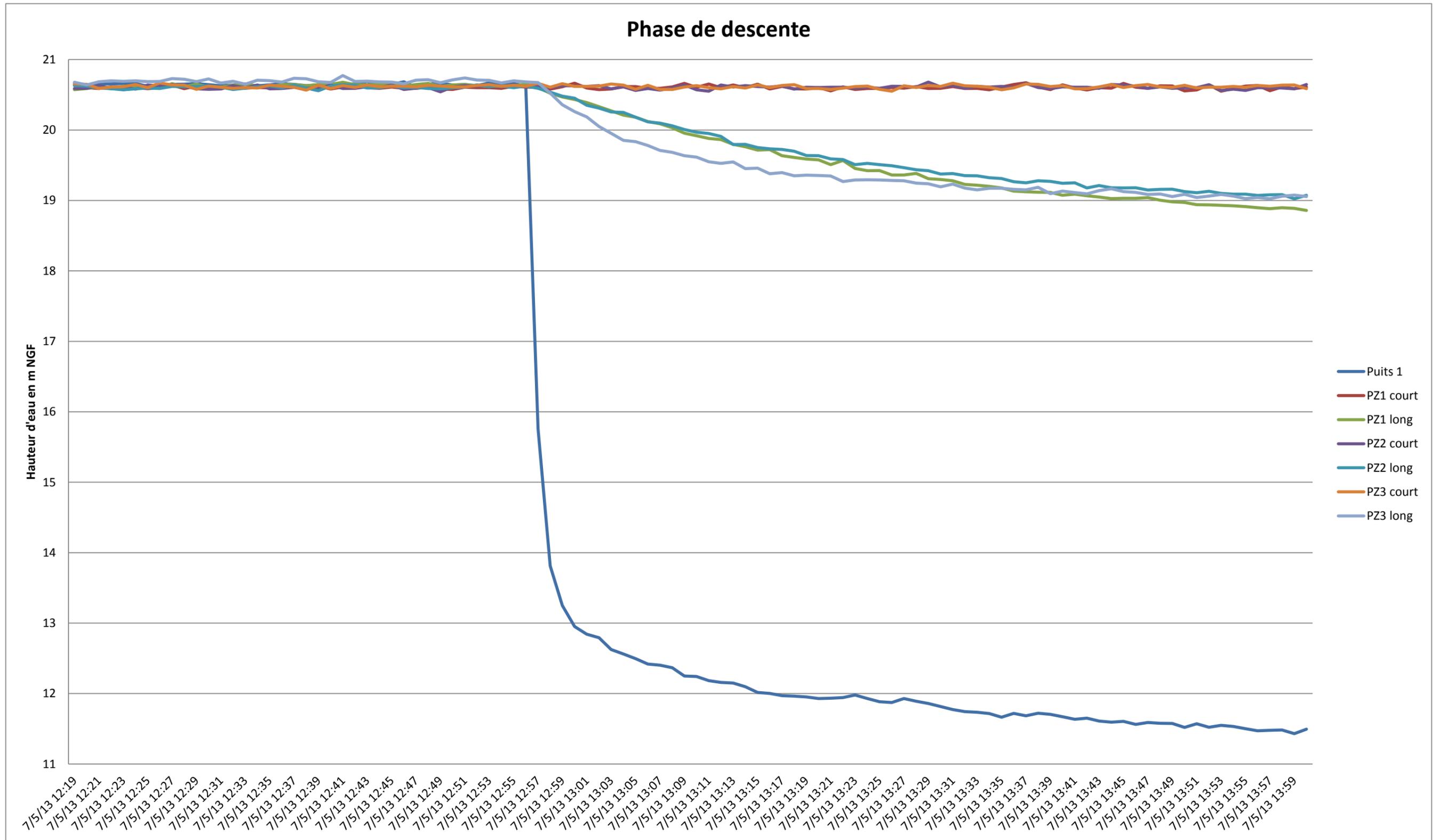


Figure 5: Zoom sur la phase de descente de l'essai de pompage du 7 Mai au 13 Mai réalisé au sein de la zone d'étude. (ERF)

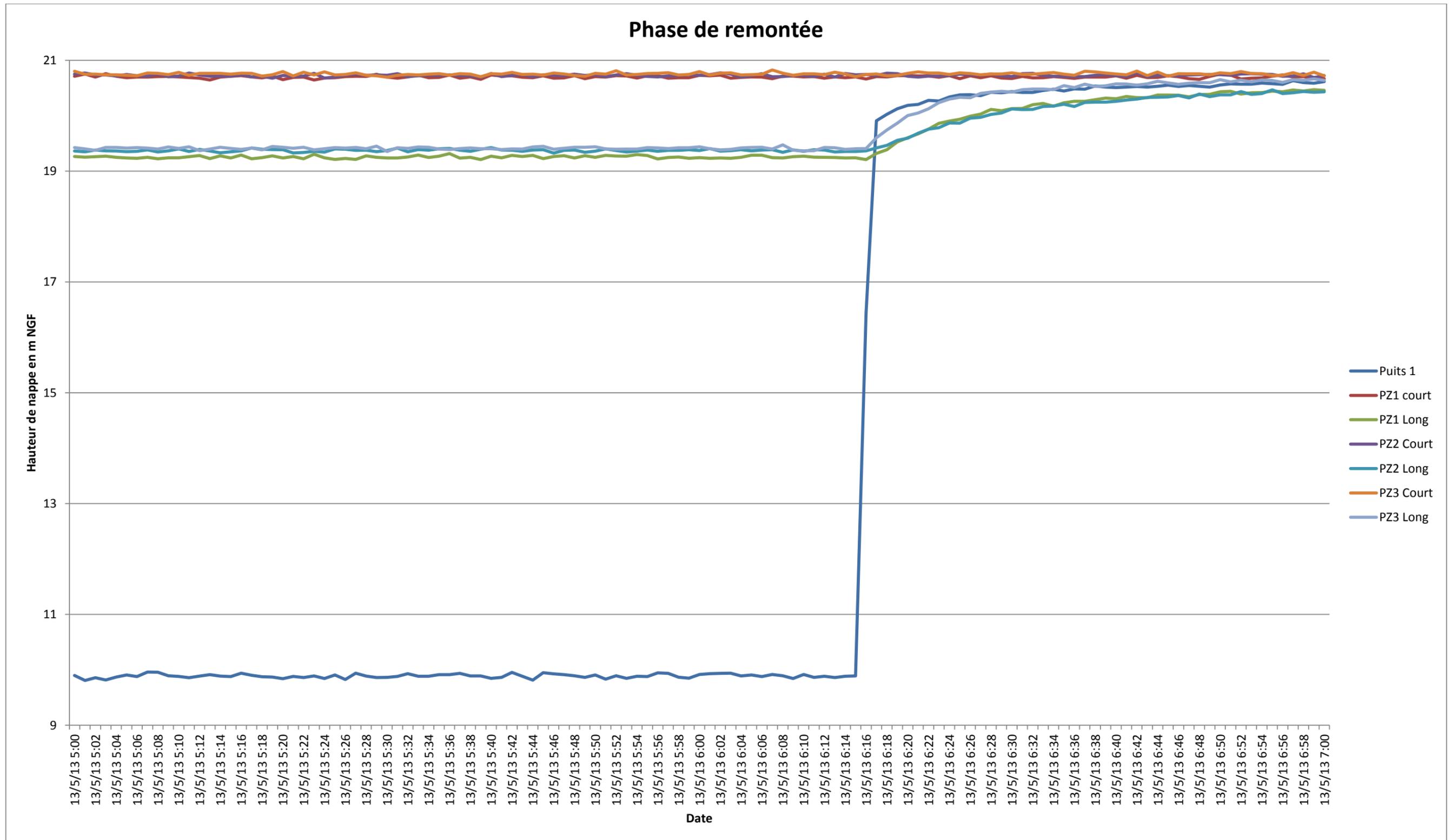


Figure 6: Zoom sur la phase de remontée de l'essai de pompage du 7 Mai au 13 Mai réalisé au sein de la zone d'étude. (ERF)

Au regard de ces résultats, nous remarquons un rabattement maximum d'environ 11m au sein du puits. De plus, on remarque une différence notable entre le rabattement observé au sein des piézomètres long et des piézomètres court. En effet, le rabattement au sein des piézomètres courts est quasi nul tandis que le rabattement au sein des piézomètres long est compris entre 1.3 et 2m suivant leur distance au puits de pompage.

III) Caractérisation des aquifères

A) Essais de pompages

Afin de confirmer les résultats décrits dans les paragraphes précédents, nous avons modélisé l'essai de pompage et vérifier les rabattements obtenus au sein des piézomètres.

Concernant l'élaboration des différents forages, nous nous sommes basés sur les résultats de notre campagne de forage dont les coupes sont présentées en annexes :

- Puits : Crépiné de 10 à 19.4m
- Piézomètres courts : Crépiné de 6 à 10m
- Piézomètres long : Crépiné de 12 à 20m
- Un bouchon d'argile a été placé au sein de chaque piézomètre sélectif entre 10 et 12m de profondeur.
- Niveau de la nappe avant essai : 20.6m NGF
- Niveau moyen des têtes de puits : 27.5m NGF

D'après les coupes de forages présentés en annexes, il est possible de constater que les crépines des piézomètres longs sont présentes dans la couche marno-calcaires tandis que celles des piézomètres courts sont présentes dans la succession des couches de calcaires marneux et de sables. La figure 7, ci-dessous présente l'évolution du rabattement observé dans les différents piézomètres lors d'un pompage constant à 26.66m³/h.

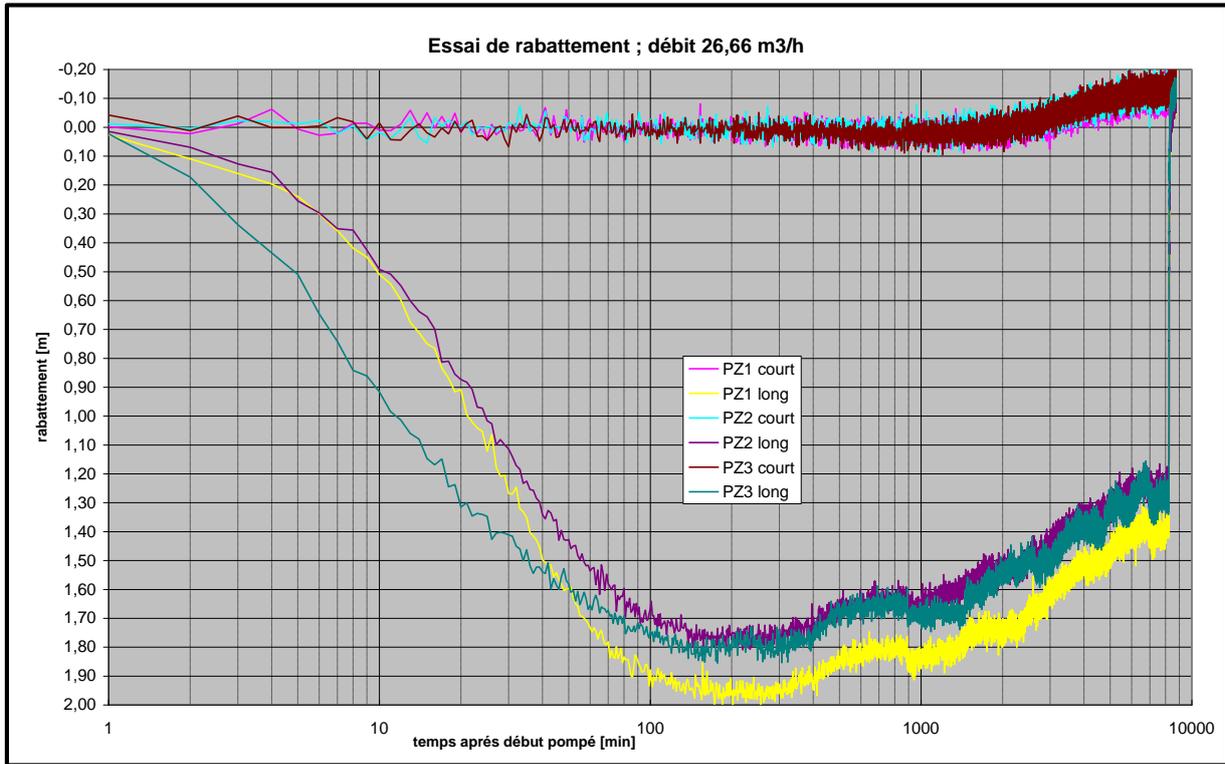


Figure 7: Rabattement de nappe observé au sein des piézomètres satellitaires. (ERF)

Il est possible de constater que l'évolution du rabattement au sein des différents piézomètres correspond aux données expérimentales visualiser sur la figure 6.

L'interprétation et le calcul des paramètres hydrauliques des aquifères en présence est ensuite effectué grâce à un logiciel spécialisé dans le domaine des essais de pompages et dénommé MLU. Ce logiciel prend en compte simultanément les mesures relevées au sein des piézomètres et les différentes couches en présence. Seul la phase de descente (jusque t=200minutes) a été considéré afin de définir les paramètres de chaque couche. Les différents résultats obtenus sont répertoriés sur la figure 8.

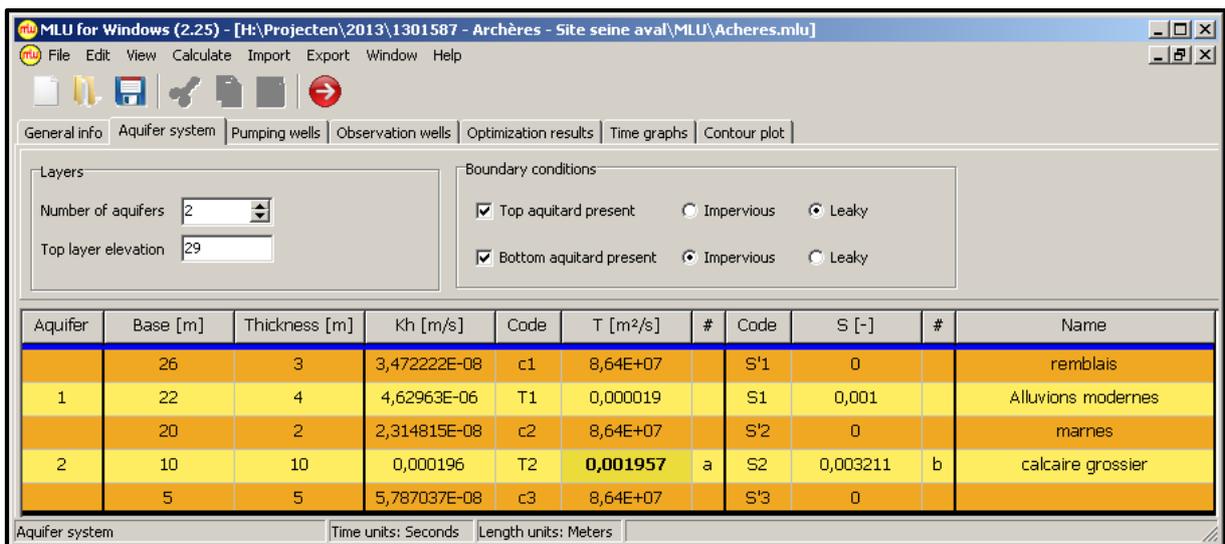


Figure 8: Interface des résultats fournis par le logiciel MLU. (ERF)

Concernant la couche des calcaires marneux et calcaires sableux (identifiée par l'aquifère 2 sur la figure 8), une épaisseur de 10m a été considérée. Cette épaisseur varie selon les forages et ne peut être considérée totalement exacte. C'est pour cela que la transmissivité calculée doit être considérée comme une transmissivité apparente. La perméabilité qui en découle est seulement valable si l'épaisseur de la couche 2 est effectivement de 10m. Au vu du faciès présent cette perméabilité semble assez élevée.

Le logiciel MLU propose ensuite une comparaison graphique entre les mesures effectuées par le logiciel et le rabattement obtenues via les paramètres d'entrées présents dans la figure 7. Ce résultat vous est présenté sur la figure 9 ci-dessous. On y constate que le rabattement calculé (lignes) correspond raisonnablement avec les mesures (points).

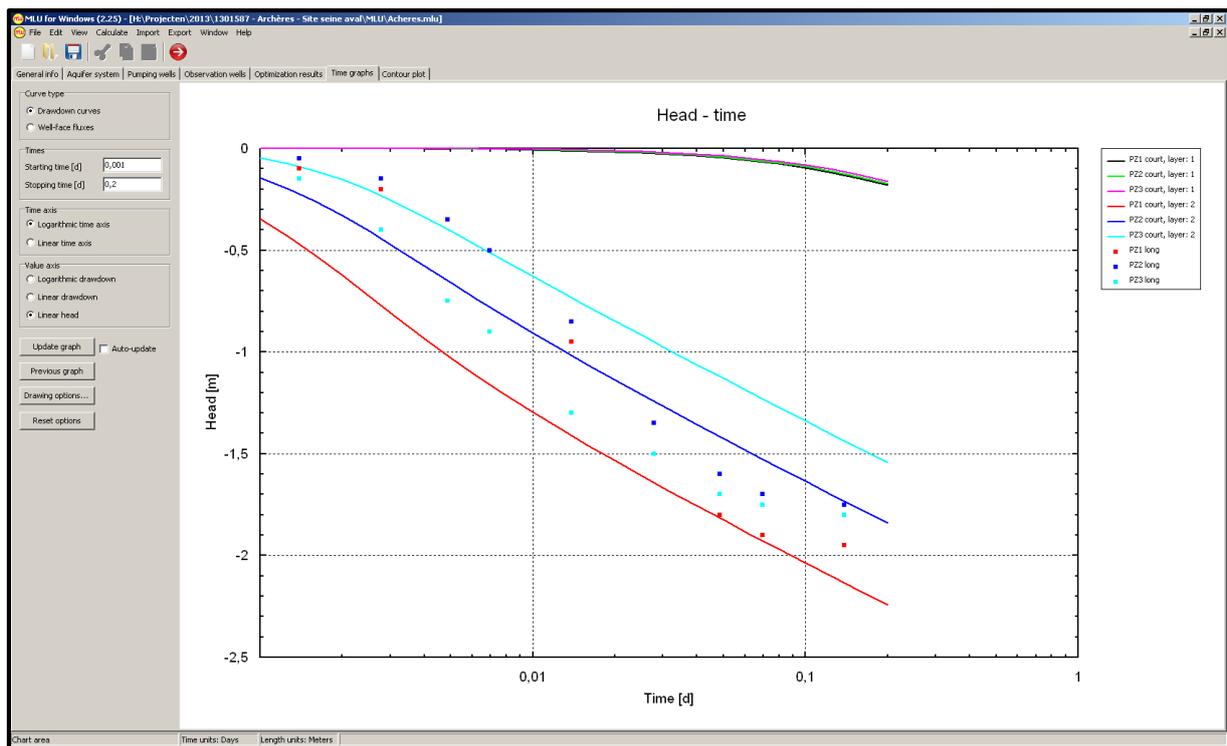


Figure 9: Comparaison graphique entre les points de mesures (points) et le calcul de rabattement (lignes) par le logiciel MLU.

Comme remarqué au vue des résultats expérimentaux (fig. 4,5 et 6), le niveau de la nappe dans les piézomètres courts ne descend pas durant l'essai. Cela indique que la couche de marnes calcaires semble peu perméable et possède une forte résistance contre l'écoulement verticale.

En prenant la hauteur de nappe mesurée à un niveau de 20.6m NGF, la couche de sable avec graviers n'est pas saturée. Ce résultat a également été vérifié lors de l'élaboration des différents forages. En effet, lors du terrassement jusqu'à la base des sables, aucune présence d'eau ni venue d'eau n'a été observées.

MODELISATION DU RABATTEMENT DE NAPPE

1] Bassins biologiques :

Fond de fouille : 19.50m NGF

Modélisation 1 : Objectif rabattement à 19.00 m NGF

Modélisation 2 : Objectif rabattement à 18.50 m NGF

2] Zone Biostyr NORD

B) Modélisation du rabattement de nappe

1) *Au sein des futurs bassins biologiques*

Pour la modélisation du rabattement de nappe, nous considérons les hypothèses suivantes :

- Niveau du terrain naturel : Varie entre 27m et 29m NGF
- Niveau du fond de fouille des bassins : Varie entre 19.51m et 19.71m NGF
- Le niveau de nappe rencontré pendant l'essai de pompage : Varie entre 20.6m et 20.8m NGF. (considéré à 21m NGF pour la modélisation)
- L'objectif du rabattement : Fixé à 19.0m NGF puis à 18.5m NGF
- Dimensions de la fouille : 275m x 135m
- Nombre de puits : 12

Au vue du niveau piézométrique relevé lors de la campagne réalisé par notre entreprise, la nappe d'eau libre se situe au niveau des marnes. Or cette couche est comme expliqué précédemment peu perméables et résistant à l'écoulement vertical. Le rabattement est donc surtout à établir au sein de la couche de calcaires sous-jacente. Nous vous conseillons donc un rabattement par puits crépiné dans la couche de calcaires.

La couche de marnes étant peu perméables, nous conseillons la mise en place d'un pompage supplémentaire au niveau du point d'excavation le plus profond dans la couche des marnes pendant l'excavation de ceux-ci.

Cependant, certains paramètres n'ont pas été pris en compte lors de la modélisation. En effet, la proximité de la Seine et l'alimentation de la nappe libre par celle-ci peut entraîner des remontées de nappe saisonnière due aux crues (cf fig.4.5 et 6). De plus l'hétérogénéité de la couche de calcaires peut perturber l'influence du pompage entre les puits. En effet, lors d'un pompage, un rayon d'influence est créé dans une zone circulaire autour du puits. Ce rayon d'influence peut fortement varier d'un puits à l'autre suivant les caractéristiques de la couche de calcaires avoisinant ce puits. La superficie importante de la fouille ainsi que la grande distance entre les puits accentue ce phénomène.

Notre modélisation prend en compte une partie de ces aléas. Celle-ci a été effectuée pour un objectif de rabattement fixé dans un premier temps à 19.0 m NGF (*Fig.10*) puis dans un second temps à 18.5 m NGF. (*Fig.11*)

Avec un débit calculé de 120m³/h, l'objectif de rabattement de 19m NGF est obtenu. Pour obtenir la côte 18.5m NGF, le débit calculé est de 140m³/h dans ce cas.

La figure 13, représente la modélisation du rabattement de nappe avec l'objectif de rabattement à 18.50m NGF projeté sur le plan du futur ouvrage.

Les figures 12 et 13 représentent quant à elles des profils de rabattement réalisés au sein des futurs bassins biologiques.

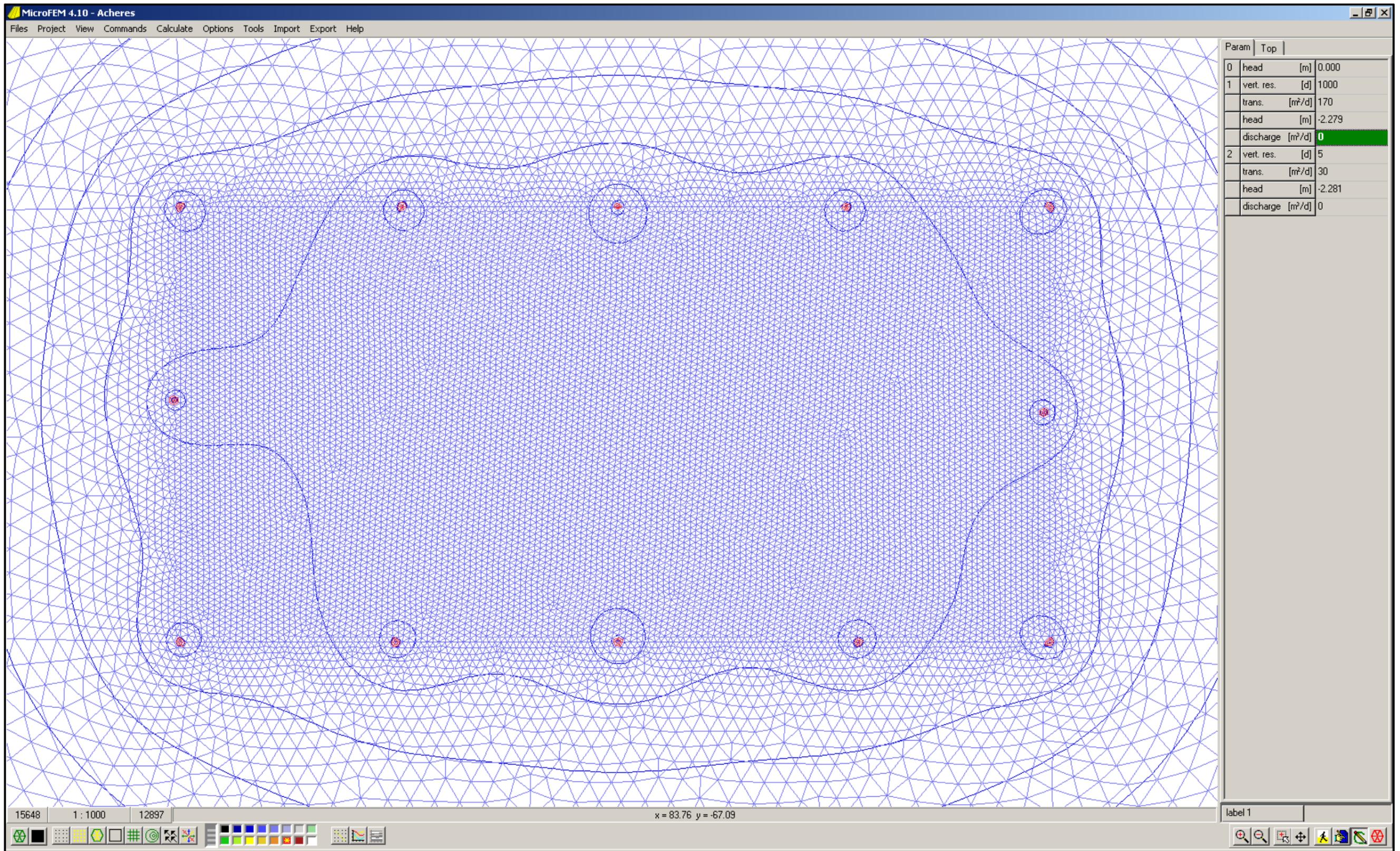


Figure 10: Modélisation du rabattement avec l'implantation de 12 puits à l'objectif 19 m NGF (ERF)

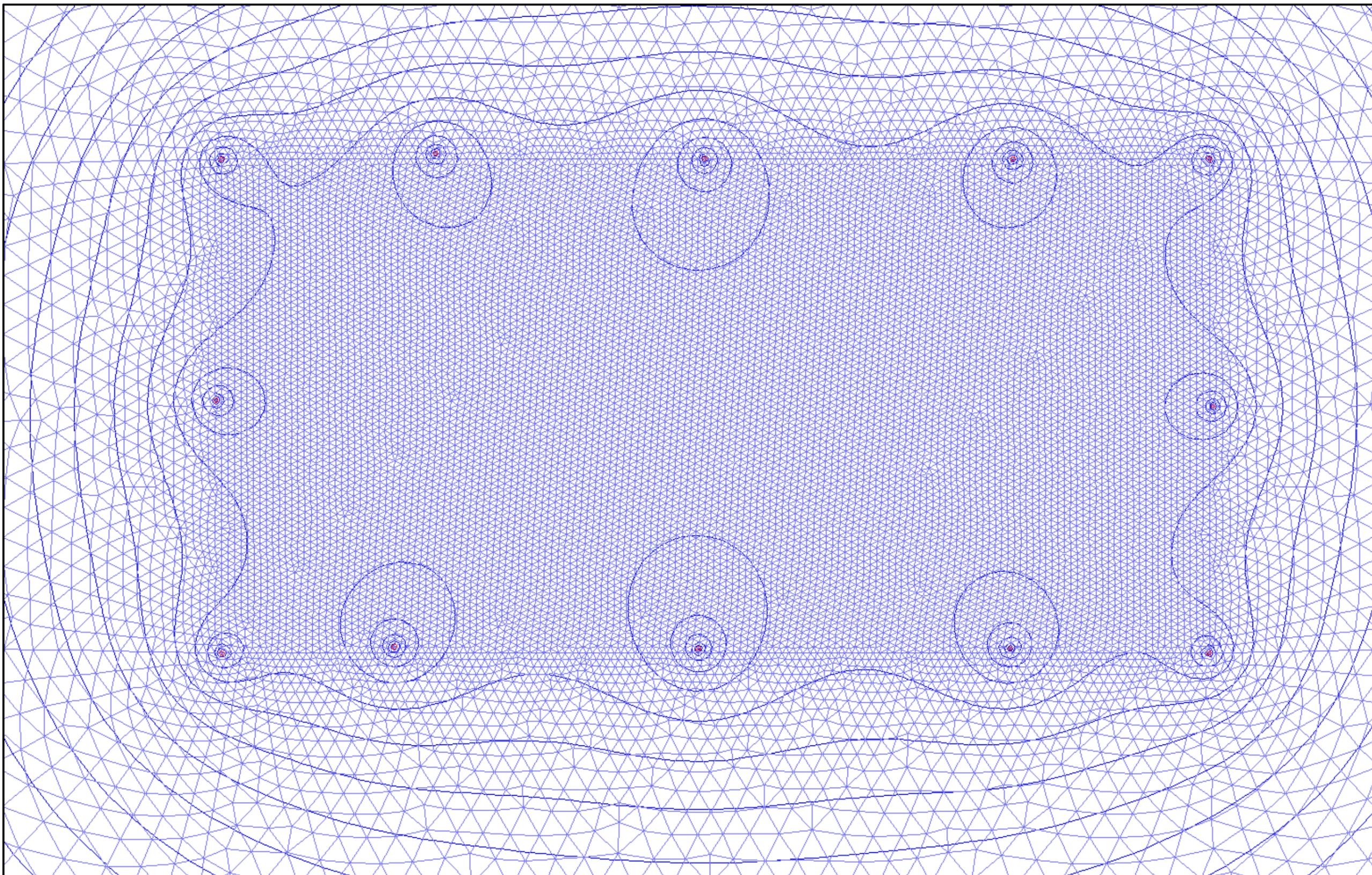


Figure 11: Modélisation du rabattement avec l'implantation de 12 puits à l'objectif 18.5 m NGF . (ERF)

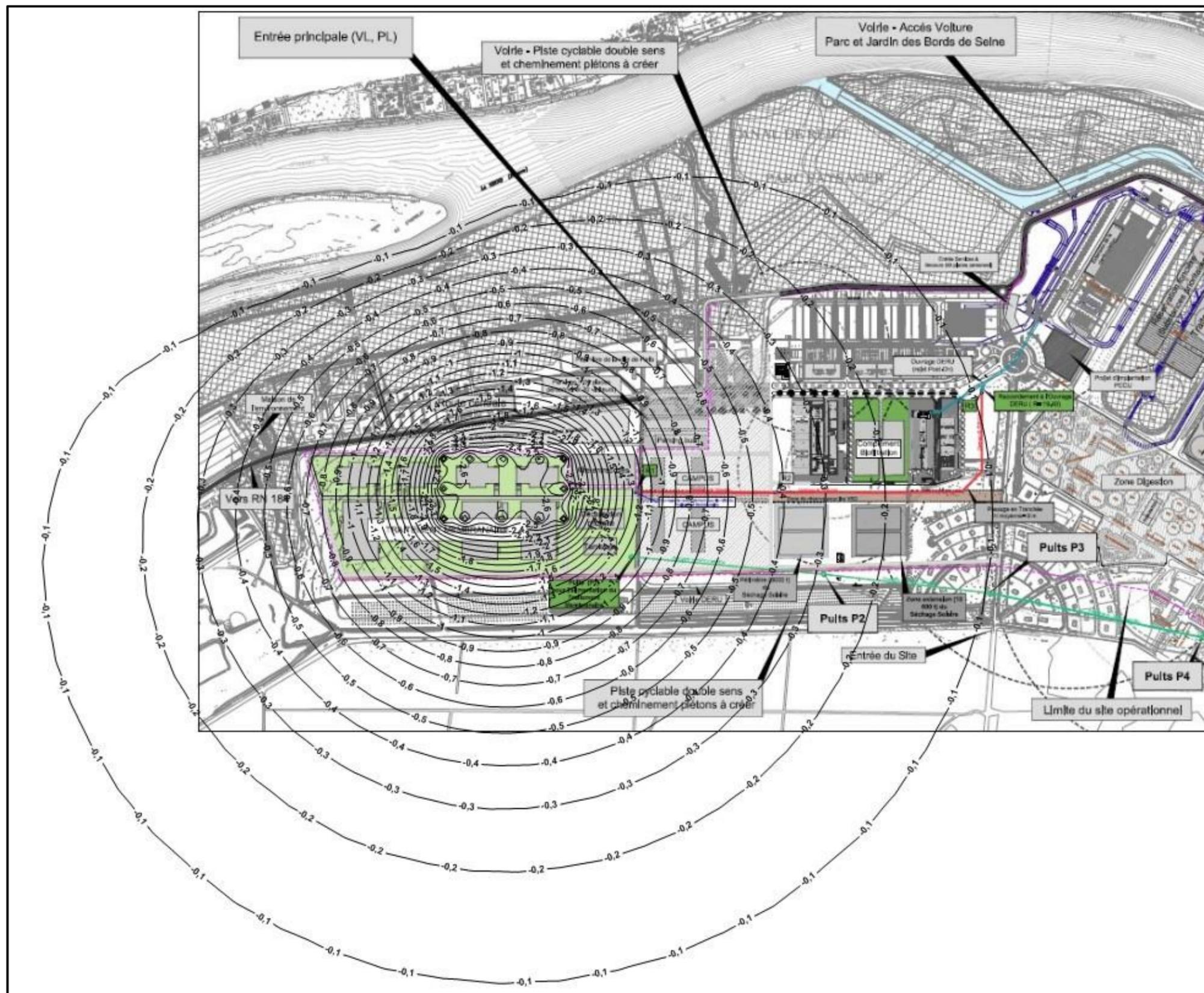


Figure 12: Modélisation du rabattement de nappe à l'objectif 18.5m NGF projeté sur le plan aérien du futur ouvrage.

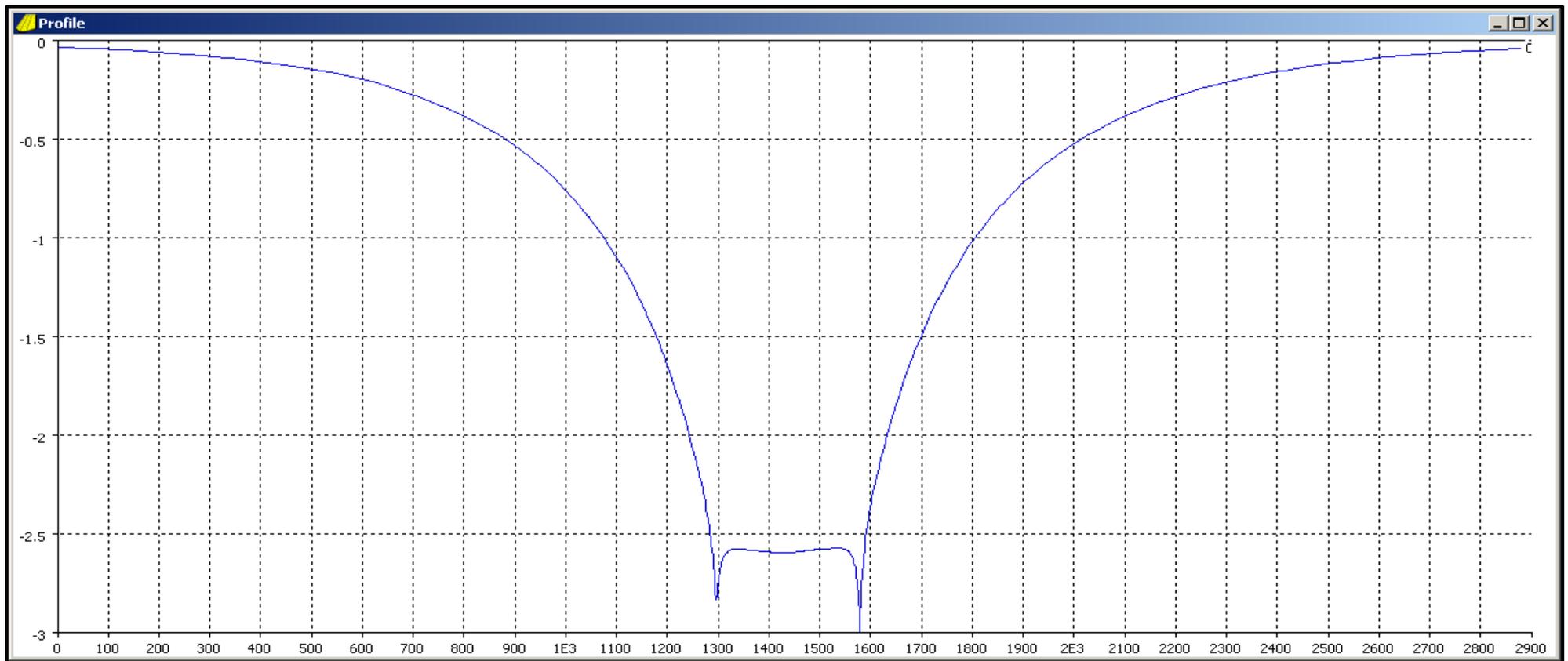


Figure 13: Profil de rabattement de nappe Nord-Ouest/Sud-Est.

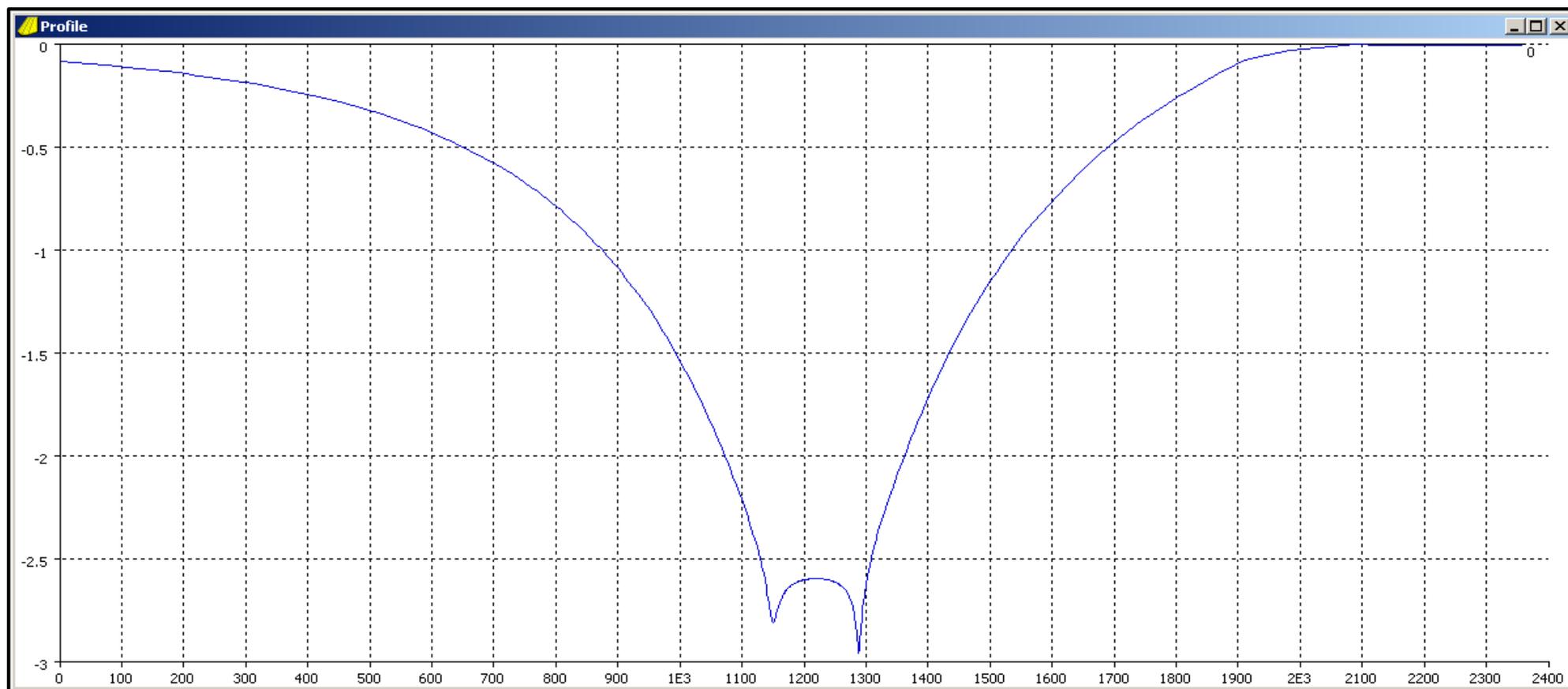


Figure 14: Profil de rabattement de nappe Sud-Ouest/Nord-Est.

2) *Au sein de la Biostyr Nord*

La zone Biostyr Nord est divisée en deux zones de rabattement : La Fouille Sud-Est et la fouille Nord-Ouest.

❖ Pour la modélisation du rabattement de nappe dans la fouille Sud-Est, nous considérons les hypothèses suivantes :

- Niveau du terrain naturel : Varie entre 27m et 29m NGF
- Niveau de nappe considérée : 21.0 m NGF
- Niveau du fond de fouille de la fouille Sud-Est : 17.01m NGF
- Objective de rabattement fouille Sud-Est : 16.5m NGF
- Dimension de la fouille Sud-Est : 85m x 24m

Avec ces hypothèses et en considérant les paramètres hydrogéologiques obtenus lors de l'essai de pompage, le rabattement de la nappe jusqu'à la côte 16.5m NGF nécessite un débit de 90m³/h. Pour atteindre cet objectif, nous conseillons l'installation de 7 puits.

NOTA : Dans le cas d'une nappe considérée à la côte 20m NGF, le débit nécessaire serait de 70 m³/h.

❖ Pour la modélisation du rabattement de nappe dans la fouille Nord-Ouest, nous considérons les hypothèses suivantes :

- Niveau du terrain naturel : Varie entre 27m et 29m NGF
- Niveau de nappe considérée : 21.0 m NGF
- Niveau du fond de fouille de la fouille Nord-Ouest : 18.28m NGF
- Objective de rabattement fouille Nord-Ouest : 17.7m NGF
- Dimension de la fouille Nord-Ouest : 17m x 25m

Avec ces hypothèses et en considérant les paramètres hydrogéologiques obtenus lors de l'essai de pompage, le rabattement de la nappe jusqu'à la côte 17.7m NGF nécessite un débit de 50m³/h. Cependant, une nappe considérée à la côte 20m NGF, le débit nécessaire serait de 35 m³/h. Le niveau de la nappe étant bas, nous conseillons la mise en place d'un système de rabattement par pointes filtrantes ancrés jusqu'à la côte 14m NGF et avec un espace inter pointes de 2m ou 3m.

Il est important de noter que si le rabattement de nappe dans la fouille Sud-Est est en fonctionnement, l'influence de ce dernier sur le débit de pompage de la fouille Nord-Ouest sera non négligeable. Le débit de pompage de cette zone passerait alors de 50m³/h à un débit compris entre 5 m³/h et 10 m³/h.

La figure 14 représente la modélisation du rabattement de nappe projeté sur le plan du Biostyr Nord. Les figures 15 et 16 représentent quant à elles des profils de rabattement au sein de la zone d'étude.

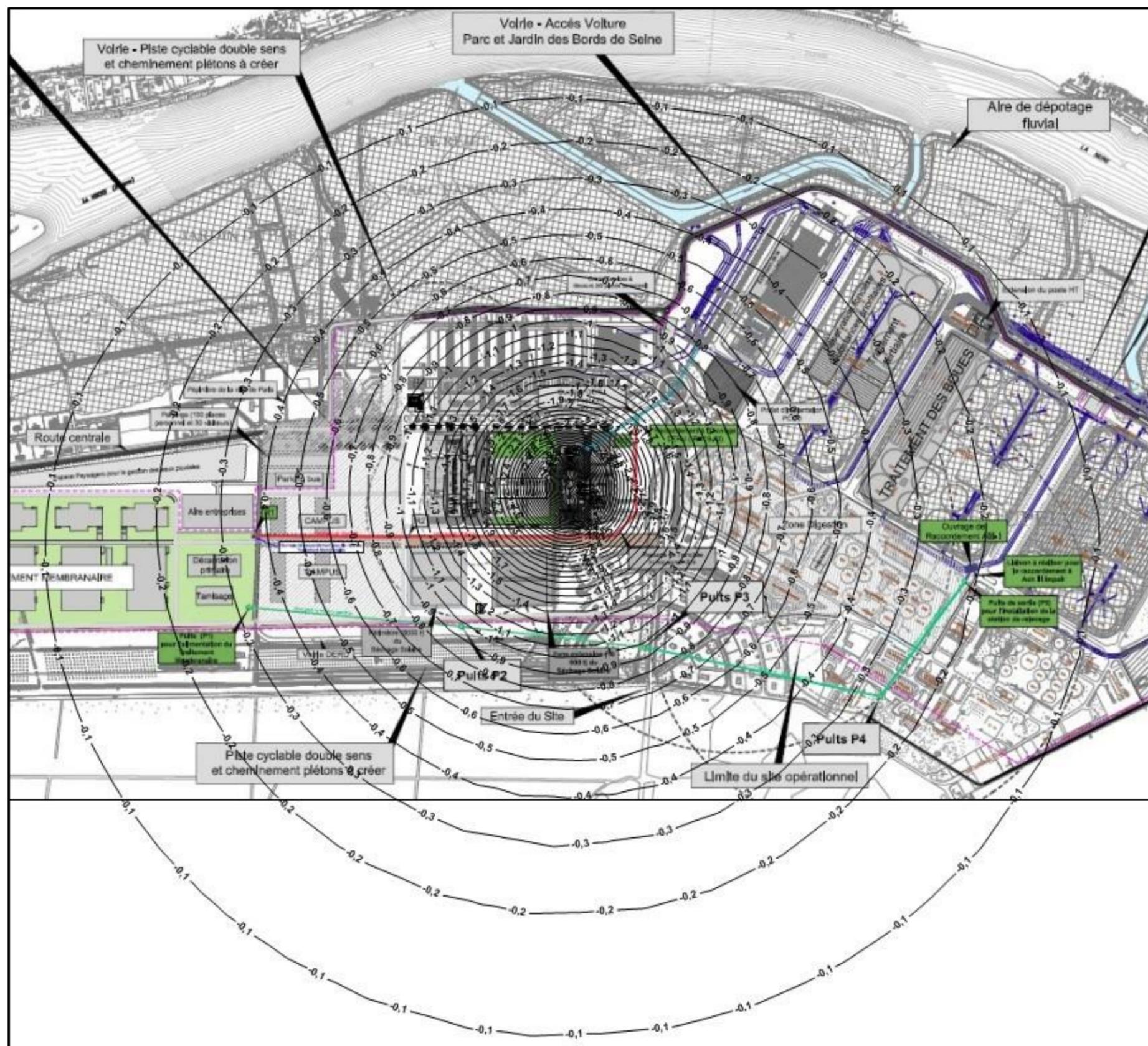


Figure 15: Modélisation du rabattement de nappe projeté sur le plan aérien du futur ouvrage.

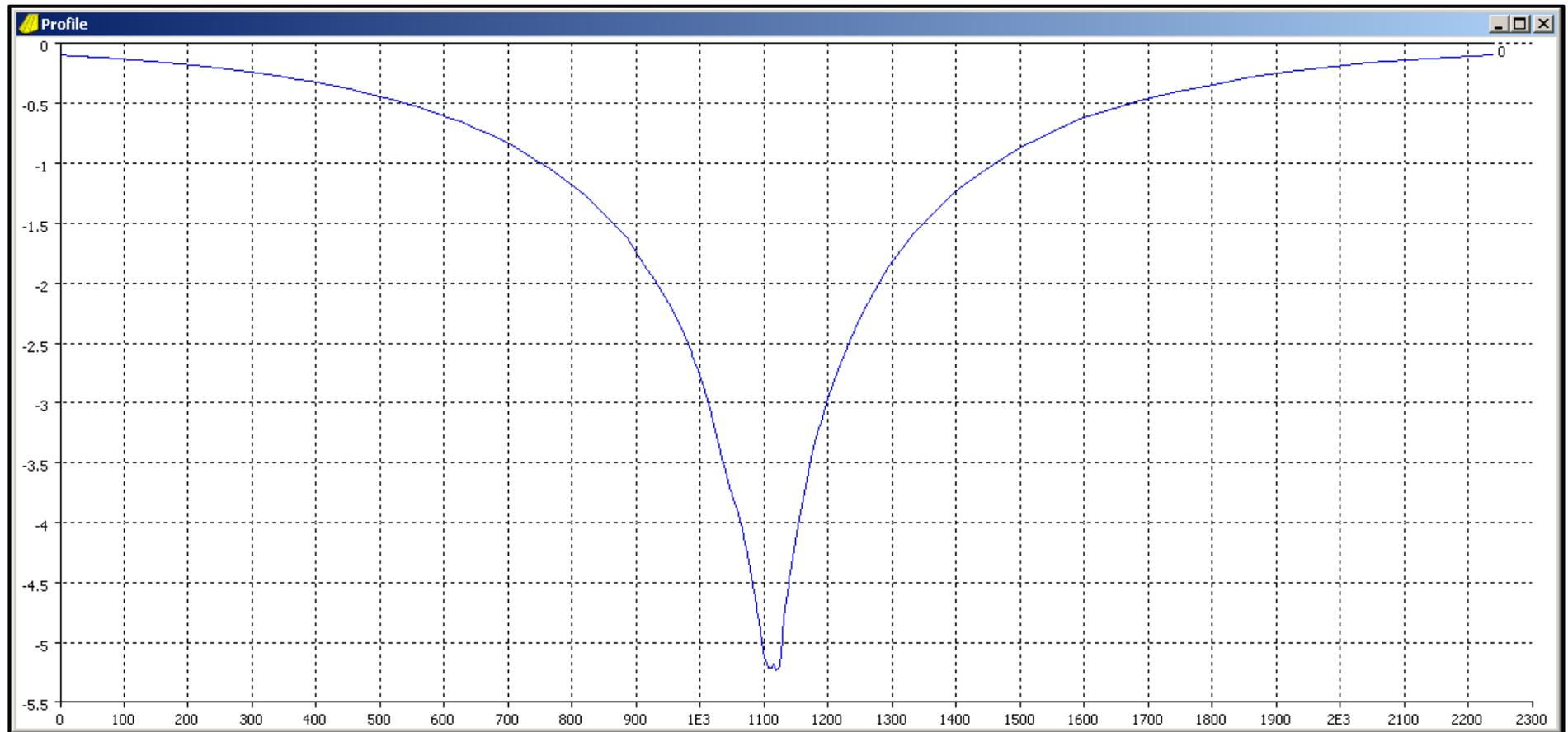


Figure 16: Profil de rabattement Nord-Ouest/Sud -Est.

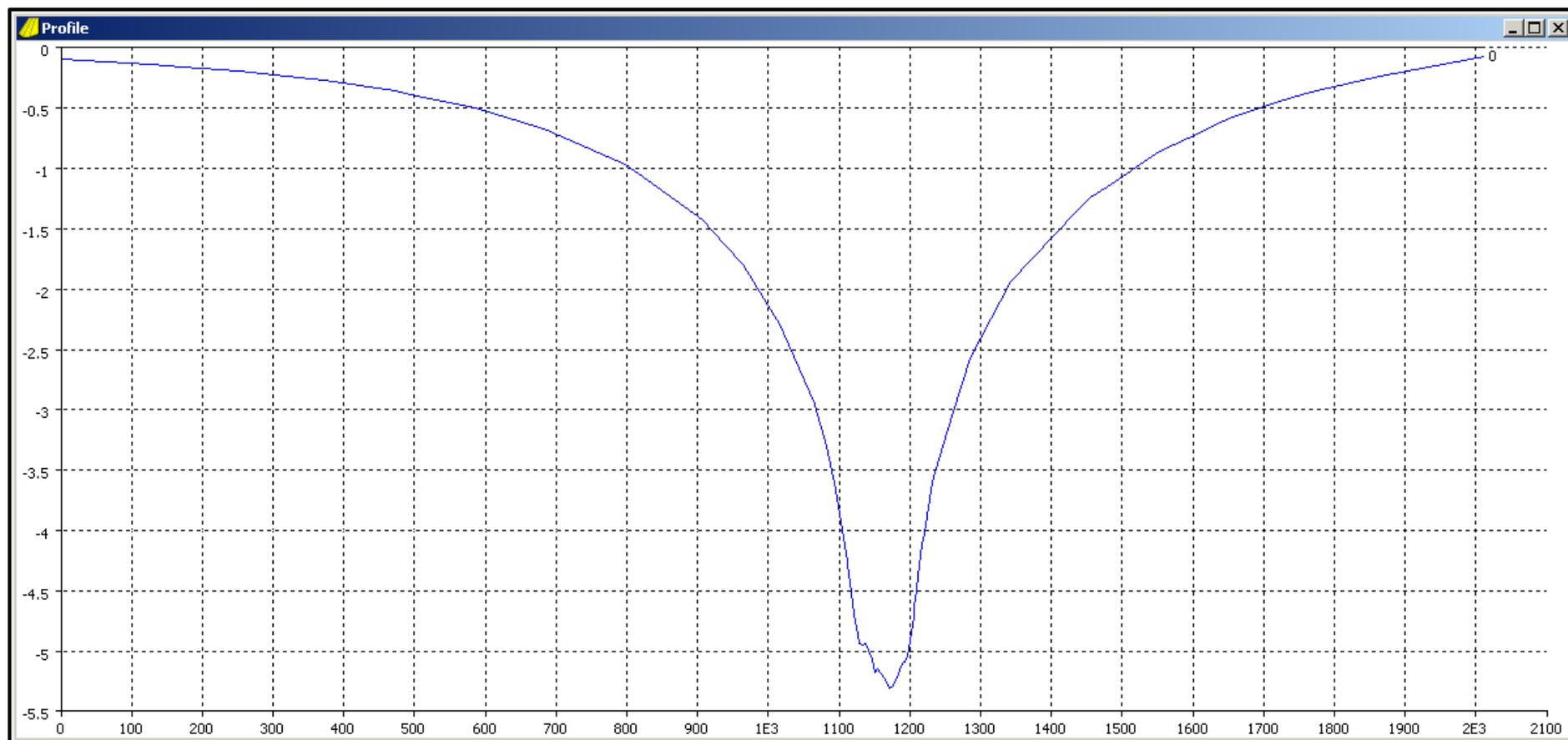


Figure 17: Profil de rabattement Sud-Ouest/Nord -Est.

IV) Conclusion

La modélisation considéré au sein des futurs bassins biologiques, avec l'implantation de 12 puits, permet d'atteindre l'objectif de rabattement (18.5m NGF) à n'importe quelle endroit de la fouille et ceux en prenant en considération les diverses perturbations pouvant intervenir.

La modélisation considérée au sein de la zone Biostyr Nord, avec l'implantation de 7 puits au sein de la fouille Sud-Est et la mise en place d'un système de rabattement au sein de la fouille Nord- Est, permet d'atteindre les objectifs de rabattement respectifs. (16.5 m NGF pour SE et 17.7 m NGF pour NO)

Au regard des caractéristiques hydrodynamique des marnes (quasi imperméable et très forte résistance verticale), le rabattement réalisé avec les puits évitera toute réalimentation de la nappe des calcaires vers les marnes.

Cependant, lors des terrassements l'eau contenue dans les marnes sera toujours présente. Il sera donc nécessaire de réaliser un drainage à l'avancement des terrassements.

Face à de tel faciès géologique, cette solution est la seul possible au regard de l'aspect imperméable des marnes.

De plus, il faut savoir que les marnes conservent de forte teneur en eau naturellement et donc, auront une traficabilité médiocre à nulle.

Ce présent rapport est réalisé au fin de définir notre offre technique et financière et sont non dissociable.

Fait à COUDEKERQUE-BRANCHE

Le 20/06/2013

