



# Carrière du Hourdel : rabattement de la nappe au droit du site de la Barge

NOTE TECHNIQUE

## SOMMAIRE

<b>1. OBJECTIF DE LA SIMULATION</b>	<b>2</b>
<b>2. MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE</b>	<b>4</b>
2.1. MODELE UTILISE	4
2.2. EMPRISE DU MODELE	4
2.3. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES	5
2.4. DISCRETISATION SPATIALE	5
2.5. INTEGRATION DES PLANS D'EAU	6
2.6. CONDITIONS AUX LIMITES	6
<b>3. SIMULATION DU RABATTEMENT DE LA NAPPE AU DROIT DU SITE DE LA BARGE</b>	<b>8</b>
3.1. INTEGRATION DES FORAGES POUR LE RABATTEMENT DE LA NAPPE SUPERFICIELLE	8
3.2. RESULTATS DU SCENARIO DE RABATTEMENT	10
3.2.1. Incidence piézométrique du rabattement	10
3.2.2. Incidence sur la position du biseau salé du rabattement	12
3.3. TESTS DE SENSIBILITE	15
<b>4. CONCLUSION</b>	<b>19</b>

## TABLEAUX

TABL. 1 - « CHRONOLOGIE DE PRINCIPE » DU RABATTEMENT AU DROIT DU SITE DE LA BARGE	9
TABL. 2 - TESTS DE SENSIBILITE SUR LA PERMEABILITE	15

## FIGURES

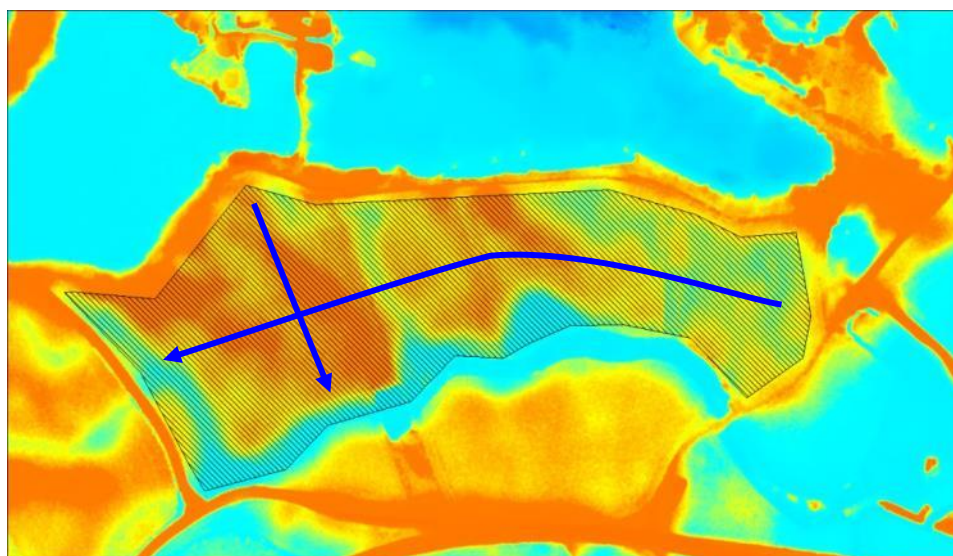
FIG. 1.	PROFIL TOPOGRAPHIQUE NORD-SUD AU DROIT DU SITE DE LA BARGE	3
FIG. 2.	DONNEES TOPOGRAPHIQUES D'APRES LIDAR 2011	3
FIG. 3.	COUPE EST-OUEST : PIEZOMETRIE SIMULEE AFFINEE AU DROIT DES PLANS D'EAU DE LA CARRIERE	4
FIG. 4.	SUBDIVISION VERTICALE DE MODELE NUMERIQUE DE LA NAPPE SUPERFICIELLE	5
FIG. 5.	MAILLAGE AU DROIT DE LA CARRIERE	5
FIG. 6.	MODELE CONCEPTUEL HYDROGEOLOGIQUE PROPOSE DE L'AQUIFERE SUPERFICIEL	7
FIG. 7.	POSITION DES FORAGES DE RABATTEMENT	8
FIG. 8.	SECTORISATION N°1 A N°6 DE L'EXPLOITATION DU SITE DE LA BARGE (DONNEES GSM)	9
FIG. 9.	DEBITS DE POMPAGE INTEGRES DANS LE MODELE EN FONCTION DE LA ZONE DECAPEE	10
FIG. 10.	CARTES PIEZOMETRIQUES A DIFFERENTS PAS DE TEMPS DE LA SIMULATION	11
FIG. 11.	CHRONIQUES DE LA PIEZOMETRIE AU DROIT DU SITE DE LA BARGE	12
FIG. 12.	COUPE DE LA SALINITE AU DROIT DE LA BARGE AVANT LE DEMARRAGE DES POMPAGES	13
FIG. 13.	COUPE DE LA SALINITE AU DROIT DE LA BARGE A LA FIN DU POMPAGE DE LA ZONE 6	13
FIG. 14.	COUPE DE LA SALINITE AU DROIT DE LA BARGE AU BOUT DE 50 ANS	13
FIG. 15.	POSITION DES POINTS DE REFERENCE POUR LA SALINITE	14
FIG. 16.	CHRONIQUES DE LA SALINITE ENTRE LA MER ET LE SITE DE LA BARGE	15
FIG. 17.	CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES POUR LE SCENARIO LE PLUS PENALISANT (POMPAGE 140 M3/H)	16
FIG. 18.	CARTES PIEZOMETRIQUES POUR LE SCENARIO LE PLUS PENALISANT (POMPAGE 140 M3/H)	17
FIG. 19.	CHRONIQUES DE LA SALINITE ENTRE LA MER ET LE SITE DE LA BARGE POUR LE SCENARIO LE PLUS PENALISANT (POMPAGE 140 M3/H)	18
FIG. 20.	COUPE DE LA SALINITE AU DROIT DE LA BARGE AVANT LE DEMARRAGE DES POMPAGES	18
FIG. 21.	COUPE DE LA SALINITE AU DROIT DE LA BARGE A LA FIN DU POMPAGE DE LA ZONE 6	18
FIG. 22.	COUPE DE LA SALINITE AU DROIT DE LA BARGE AU BOUT DE 50 ANS	18

## 1. OBJECTIF DE LA SIMULATION

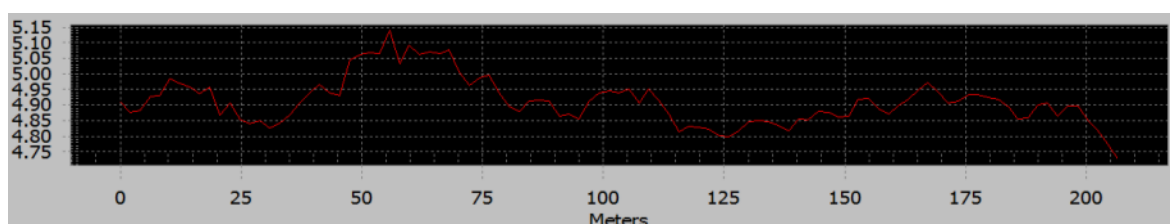
La topographie au droit de la zone de la Barge varie entre 4,2 et 5,2 m NGF/IGN69 (Fig. 2). D'après les sondages géologiques disponibles, l'épaisseur moyenne de découverte sur la parcelle est de 2,1 m avec des valeurs comprises entre 6,8 et 0,6 m. Si on considère une cote topographique de 5 m IGN69 et une épaisseur moyenne de 2,1 m, alors la base des découvertes se situe autour de la cote altimétrique de 2,9 m IGN69. Or d'après les données transmises par GSM pour l'année 2015, la piézométrie sur ce secteur est comprise :

- sur le secteur Ouest (Pz1) : entre 3,74 et 3,21 m IGN69,
- sur le secteur Est (Pz5) : entre 3,47 et 2,94 m IGN69.

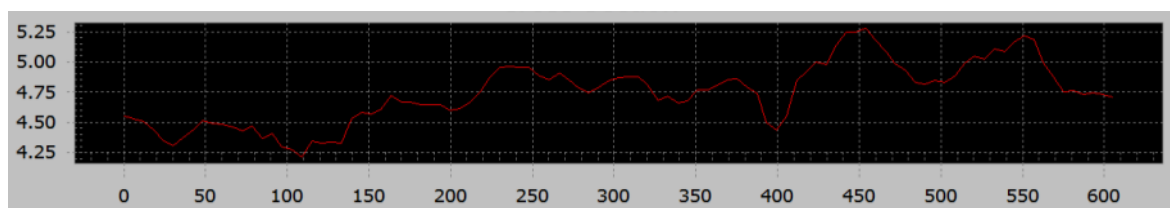
Une partie des découvertes se situe donc sous eau (secteur ouest). Afin de décaper le site hors d'eau, GSM souhaite évaluer quel serait le débit nécessaire pour rabattre temporairement la cote piézométrique en-dessous des formations de découverte.



**Fig. 1. Profil topographique Nord-Sud au droit du site de la Barge**



Profil topographique Est-Ouest



**Fig. 2. Données topographiques d'après LIDAR 2011**

## 2. MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE

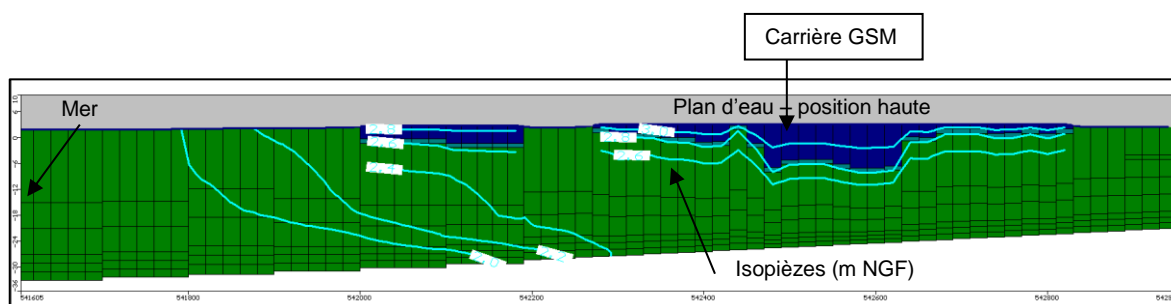
### 2.1. MODELE UTILISE

Dans le cadre de l'étude de dépoldérisation de la Ferme Caroline en 2014, un modèle hydrogéologique sur le secteur des Bas-Champs de Cayeux a été construit et calé pour le compte du conseil général de la Somme.

Grâce à l'acquisition de données sur un cycle hydrogéologique, la piézométrie a été calée en régimes permanent et transitoire.

Afin d'étudier la problématique de l'intrusion saline au sein de l'aquifère superficiel, ce modèle hydrogéologique a été réalisé avec le plugin SEAWAT, qui est un logiciel reconnu pour les études de modélisation hydrogéologique avec intrusion saline.

Pour l'évaluation de l'impact du rabattement de la nappe au droit du site de la Barge, il a été décidé de reprendre ce modèle hydrogéologique. Le calage n'a pas été repris dans le cadre de cette étude mais a été affiné au droit de la carrière GSM afin de mieux représenter les écoulements déduits des mesures piézométriques de janvier 2017.



**Fig. 3. Coupe Est-Ouest : piézométrie simulée affinée au droit des plans d'eau de la carrière**

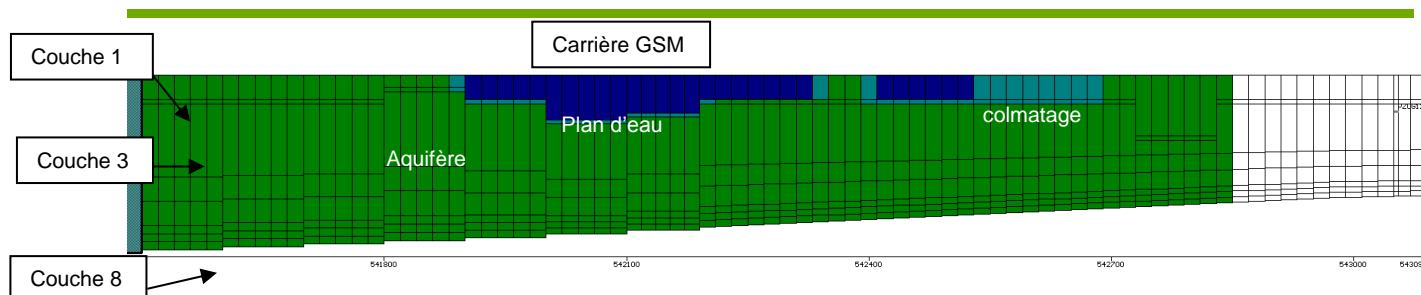
### 2.2. EMPRISE DU MODELE

L'extension latérale du modèle a été définie :

- A l'Ouest, au trait de côte de la Manche
- A Nord, à l'embouchure de la Somme
- Au Sud et à l'Est, perpendiculairement à l'écoulement supposé des eaux souterraines.

Verticalement, la géométrie de l'aquifère a été définie d'après la carte du substratum établie à partir des coupes lithologiques traversant toute l'épaisseur de la formation quaternaire. Le substratum correspond au toit de la craie turo-sénonienne. Les échanges avec l'aquifère inférieur de la craie, qui est une ressource primordiale en eau potable pour la région, ont été considérés comme négligeables d'après les sources bibliographiques.

Le modèle est composé de 8 couches de façon à intégrer les plans d'eau, leurs colmatages et à simuler correctement l'intrusion saline au sein de l'aquifère (Fig. 4).



**Fig. 4. Subdivision verticale de modèle numérique de la nappe superficielle**

## 2.3. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère permettent d'évaluer, d'une part, sa facilité à laisser l'eau circuler lorsqu'il est soumis à un gradient de charge hydraulique et, d'autre part, sa capacité d'emmagasinement de l'eau. Les paramètres qui décrivent ces caractéristiques sont respectivement la perméabilité et le coefficient d'emmagasinement.

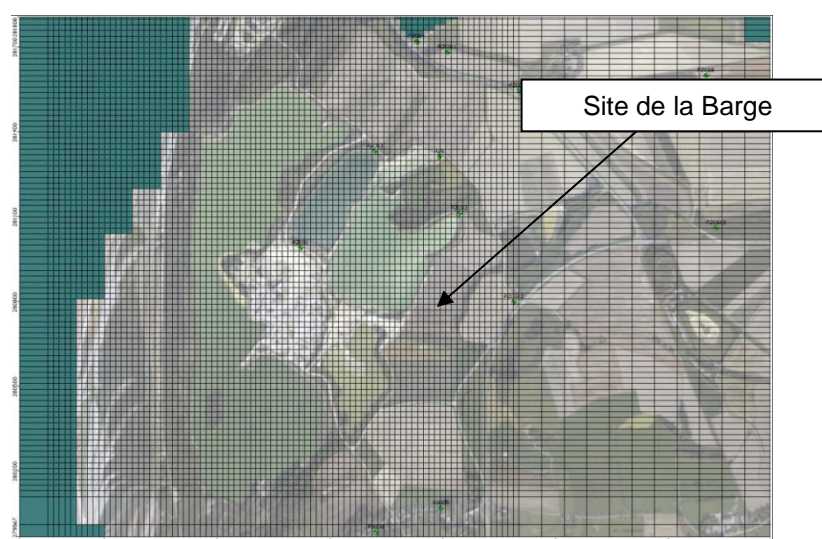
Pour l'aquifère superficiel (formations quaternaires), les valeurs de perméabilités sont basées sur les données présentées dans la thèse de Beun et les analyses granulométriques réalisées par les carriers. La perméabilité des sables a été évaluée entre  $4 \cdot 10^{-4}$  et  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

Une faible perméabilité a été intégrée pour représenter le colmatage des plans d'eau de la carrière ( $5 \cdot 10^{-8}$  m/s).

Le coefficient d'emmagasinement n'est pas connu sur la zone d'étude et a été estimé dans un premier temps d'après la connaissance lithologique. Ce paramètre a ensuite été affiné au cours du calage. Un coefficient d'emmagasinement de 0.02 a été considéré sur l'ensemble de la zone.

## 2.4. DISCRETISATION SPATIALE

Au droit de la carrière, le modèle a été discrétisé en maille élémentaire carrée de 20 m de côté. Ce maillage fin permet de représenter correctement le contour des différents plans d'eau et est nécessaire pour aborder la problématique de l'intrusion marine.



**Fig. 5. Maillage au droit de la carrière**



## **2.5. INTEGRATION DES PLANS D'EAU**

Les plans d'eau ont été intégrés dans le modèle comme des zones à perméabilités élevées. Une valeur de 10 m/s a été fixée.

D'après l'analyse des données piézométriques, une couche à faible perméabilité a été intégré entre les plans d'eau et l'aquifère pour simuler le colmatage des plans d'eau et leurs faibles réactivité face aux cycles de la marée.

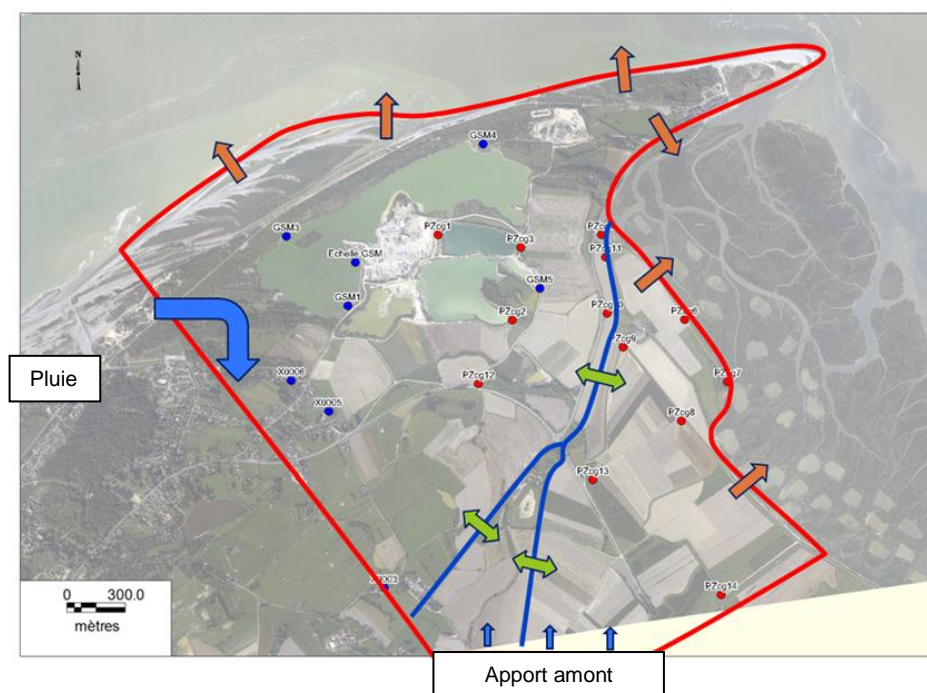
## **2.6. CONDITIONS AUX LIMITES**

Les conditions hydrauliques aux limites définies pour le système aquifère sont :

- La recharge par les précipitations efficaces, prises en compte sous la forme d'un débit surfacique imposé sur la couche supérieure. Un zonage a été distingué entre les zones les plus perméables et celles moins perméables.
- la cote de la mer représentée par un potentiel imposé de 0 m NGF
- L'apport amont souterrain qui a été considéré comme faible d'après les informations piézométriques
- Les canaux qui ont été représentés comme des conditions de rivières rechargeant ou drainant la nappe en fonction de la position relative du niveau d'eau dans la rivière et de la nappe. Les profils en long des canaux ont été déduits du LIDAR 2001. En l'absence de données, les hauteurs d'eau dans les canaux ont été considérées comme constantes et un colmatage a été pris en compte. La salinité au sein de ces canaux a été considérée comme nulle. Les courses et les petits fossés n'ont pas été intégrés dans le modèle aux vues des faibles échanges avec la nappe superficielle.

Aucun prélèvement n'est pris en compte dans le modèle tel que puits, forage AEP, rabattement de nappe.





**Fig. 6. Modèle conceptuel hydrogéologique proposé de l'aquifère superficiel**

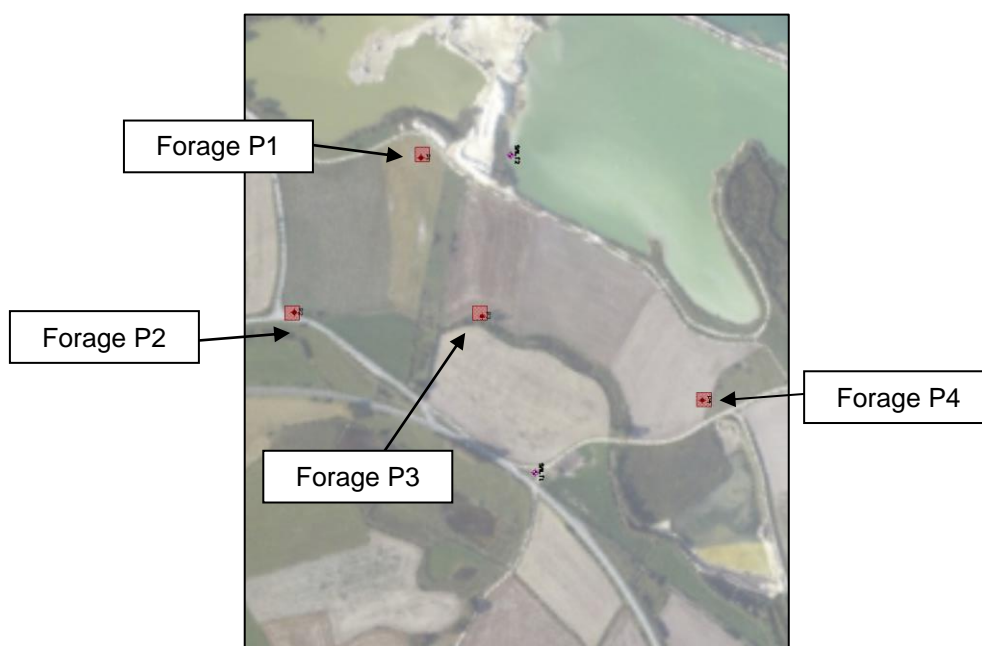
### 3. SIMULATION DU RABATTEMENT DE LA NAPPE AU DROIT DU SITE DE LA BARGE

#### 3.1. INTEGRATION DES FORAGES POUR LE RABATTEMENT DE LA NAPPE SUPERFICIELLE

L'objectif de cette simulation est de simuler le rabattement piézométrique souhaité à partir de l'implantation de quelques forages de pompage répartis sur la parcelle de la Barge.

En fonction de l'épaisseur des terres de découverte, les cotes de rabattement ont été fixées par GSM à 1.5 m NGF sur le secteur ouest et à 2.5 m NGF sur le secteur est.

Quatre forages ont été représentés sur le site de la Barge.



**Fig. 7. Position des forages de rabattement**

La simulation a été réalisée en régime transitoire sur une période longue de 50 ans (18250 jours) afin de permettre :

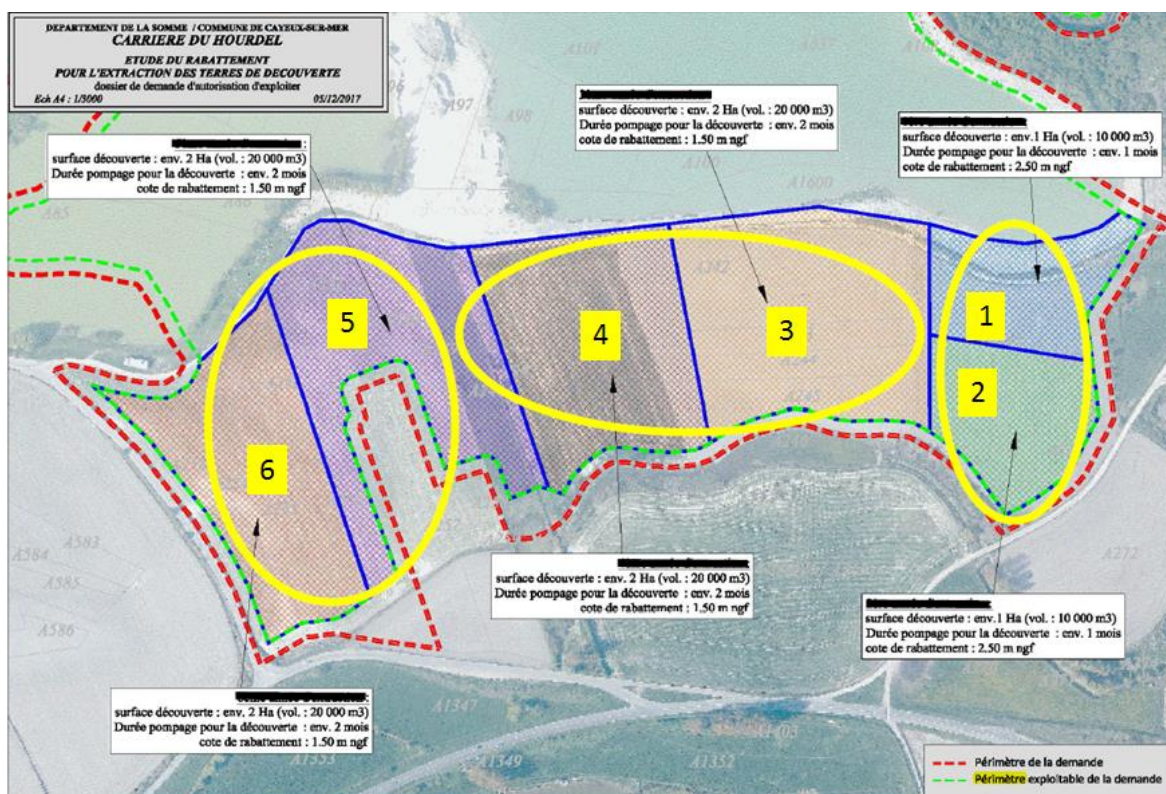
- de bien représenter les déplacements éventuels du biseau salé au sein de l'aquifère
- d'intégrer la « chronologie de principe » sur 15 ans du pompage envisagée pour rabattre la nappe aux cotes piézométriques souhaitées et ainsi décaper les terres de découverte. Cette « chronologie de principe » pourra être ajustée lors de l'exploitation du site mais des phases d'arrêt et de reprise du pompage seront toujours respectées afin de limiter la migration du biseau salé dans la carrière qui serait accentué par un pompage en continu.

Ces pompages ne seront pas en fonctionnement sur la totalité de la période d'exploitation mais uniquement lors des phases de décapage. L'exploitation du site a été découpée en 6 secteurs (Fig. 8). Pour chaque secteur, GSM a transmis une estimation du temps nécessaire pour réaliser les travaux de décapage, appelée « chronologie de principe » (Tabl. 1 - ).

Les phases de pompage s'étaleront sur une période de 15 ans avec une période maximale de pompage de 60 jours.

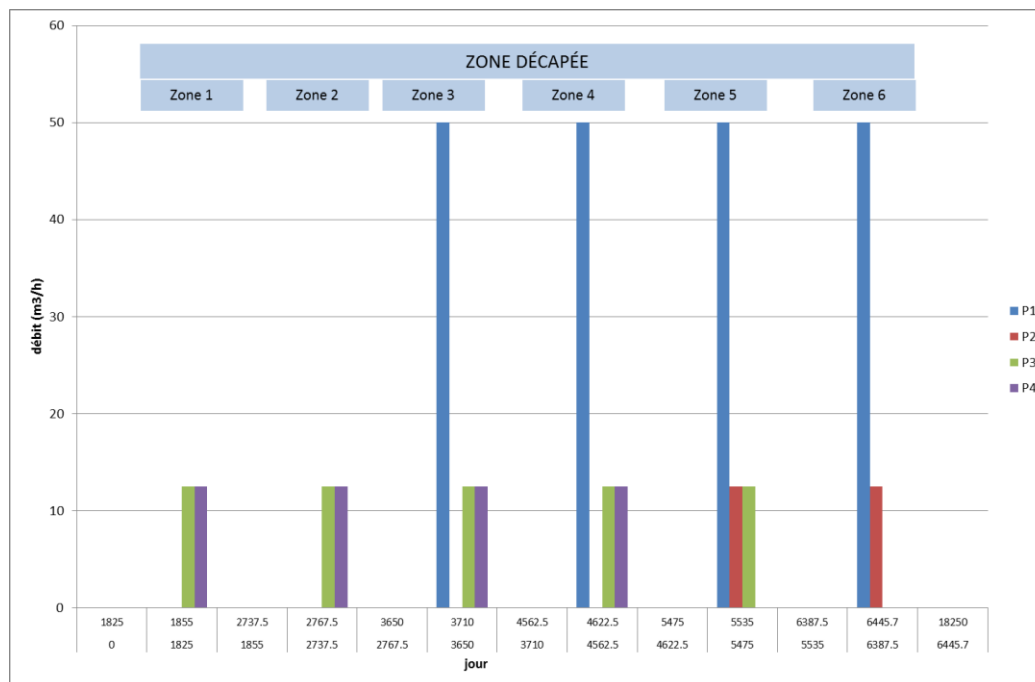
**Tabl. 1 - « Chronologie de principe » du rabattement au droit du site de la Barge**

Zone	Nbre jour		
1	30	pompage	Période 5 ans
	882.5	arrêt (2 ans 5 mois)	
2	30	pompage	Période 5 ans
	882.5	arrêt (2 ans 5 mois)	
3	60	pompage	Période 5 ans
	852.5	arrêt (2 ans 4 mois)	
4	60	pompage	Période 5 ans
	852.5	arrêt (2 ans 4 mois)	
5	60	pompage	Période 5 ans
	852.5	arrêt (2 ans 4 mois)	
6	60	pompage	Période 5 ans
	852.5	arrêt (2 ans 4 mois)	



**Fig. 8. Sectorisation n°1 à n°6 de l'exploitation du site de la Barge (données GSM)**

En fonction des zones décapées, le fonctionnement des 4 forages n'est pas systématique. Par exemple pour rabattre la piézométrie au droit de la zone 6, il n'a pas été nécessaire de pomper sur le secteur est, limitant ainsi le rabattement piézométrique et le risque d'augmentation de la salinité au sein de l'aquifère (Fig. 9).



**Fig. 9. Débits de pompage intégrés dans le modèle en fonction de la zone décapée**

## 3.2. RESULTATS DU SCENARIO DE RABATTEMENT

Afin de rabattre la nappe aux cotes altimétriques souhaitées sur toute la zone, le débit de pompage total a été fixé à 90 m<sup>3</sup>/h.

### 3.2.1. Incidence piézométrique du rabattement

3 cartes de la piézométrie simulée sont figurées ci-après (Fig. 10) :

- Une carte piézométrique avant le démarrage des pompes,
- Une carte piézométrique le dernier jour du pompage de la zone 6, choisie car elle correspond au rabattement maximum simulé sur la ressource en eau,
- Une carte piézométrique à la fin de la simulation (50 ans) incluant les 30 années après l'arrêt des pompes.

Lors du fonctionnement des pompes, le sens d'écoulement est temporairement inversé au droit de la Barge. Cet inversement des gradients provoque alors une avancée temporaire du biseau salé au sein de l'aquifère.

Dès l'arrêt des pompes, la piézométrie remonte et les directions d'écoulement souterrain sont de nouveau orientées vers la mer permettant ainsi au biseau salé de reculer (Fig. 12 à Fig. 14).



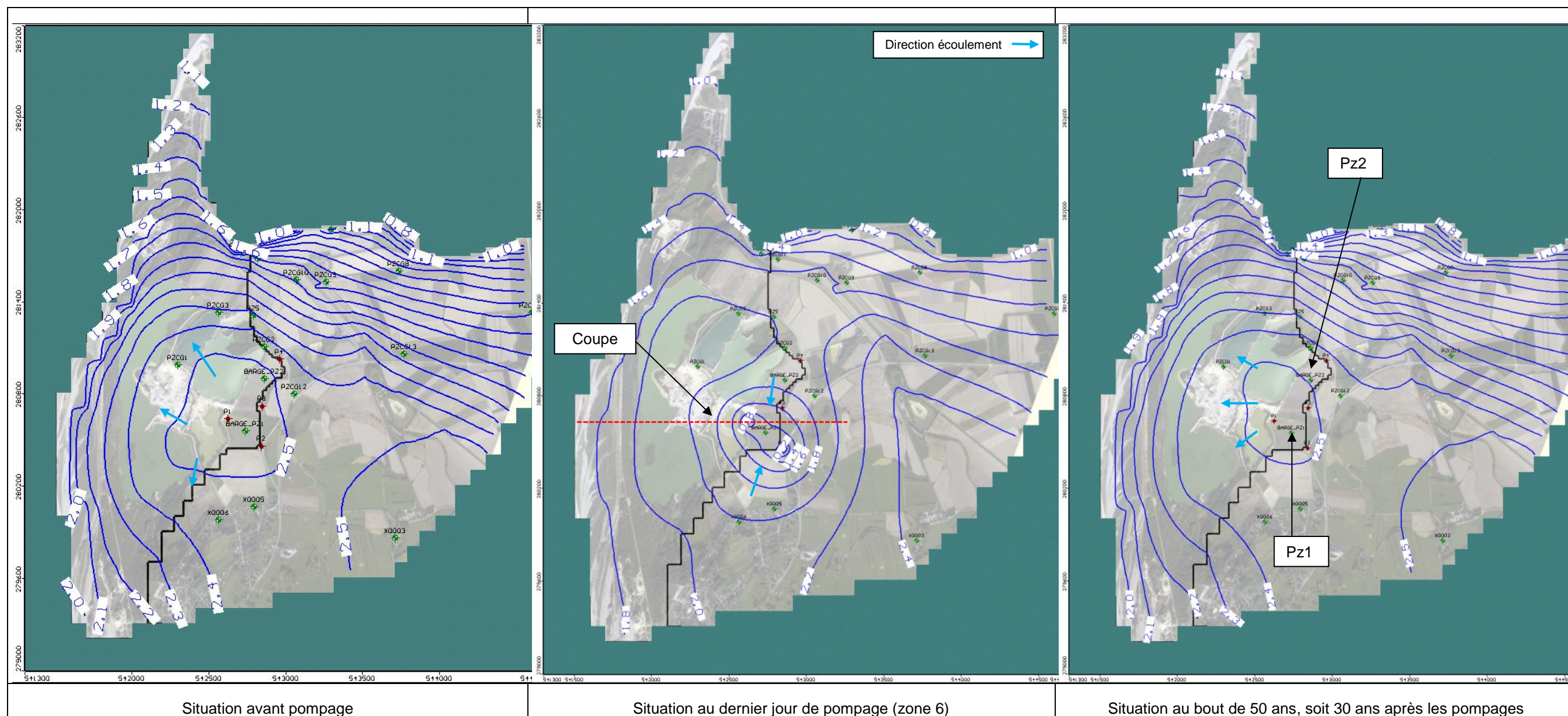


Fig. 10. Cartes piézométriques à différents pas de temps de la simulation

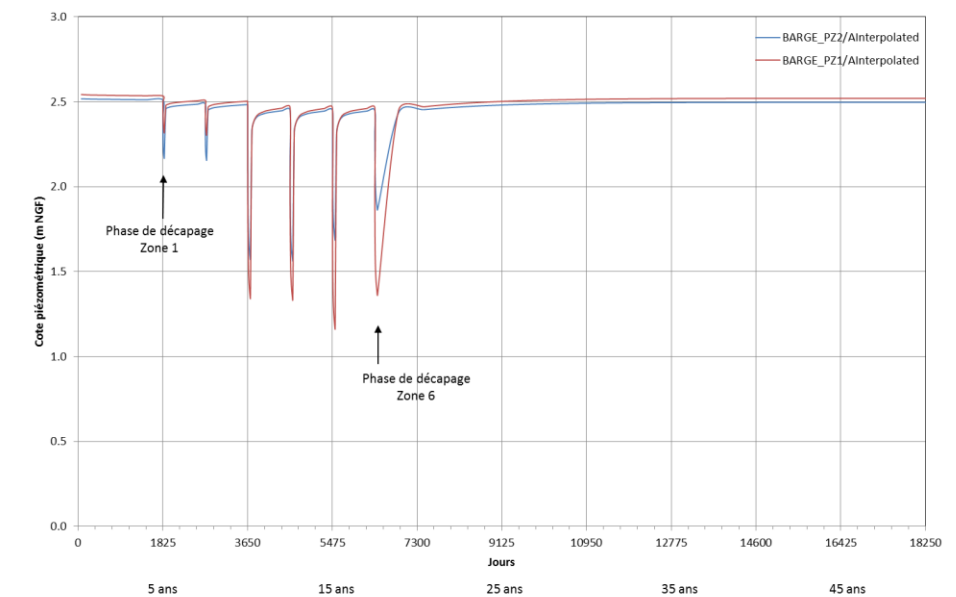


Deux chroniques piézométriques au droit de la Barge sont présentées pour évaluer l'incidence des pompages temporaires sur la piézométrie au droit des piézomètres Pz1 et Pz2 (Fig. 11).

La mise en place des pompages provoque localement une dépression piézométrique qui permet de mettre hors d'eau les terres de découverte :

- Une cote piézométrique inférieure à 2.5 m NGF lorsque le décapage est effectué sur les zones 1 et 2
- Une cote piézométrique de l'ordre de 1.5 m NGF lors le décapage est effectué sur les zones 3, 4, 5 et 6.

Dès l'arrêt des pompages au droit de la zone 6, la piézométrie atteint une cote similaire à celle de l'état initial, après 450 jours d'arrêt, soit moins de 1.5 an.



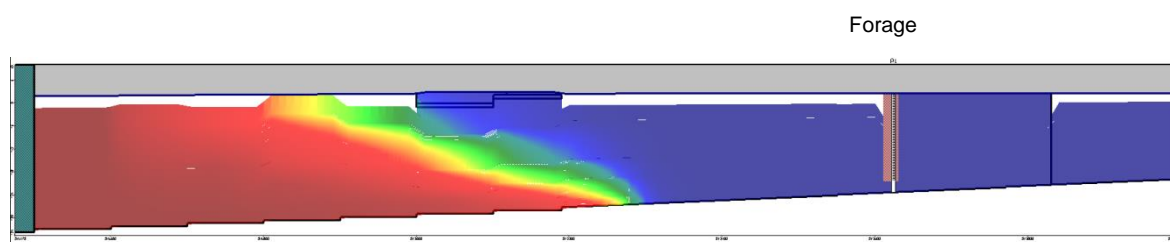
**Fig. 11. Chroniques de la piézométrie au droit du site de la Barge**

### 3.2.2. Incidence sur la position du biseau salé du rabattement

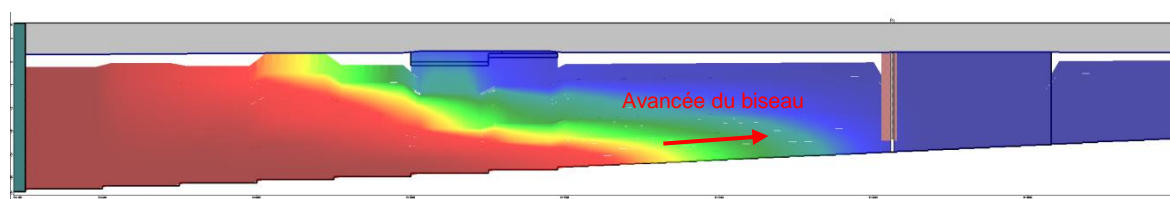
3 coupes transversales au sein de l'aquifère sont figurées ci-après afin de pouvoir visualiser l'évolution de la position du biseau salé :

- avant le démarrage des pompages (Fig. 12),
- le dernier jour du pompage de la zone 6, choisie car elle correspond au rabattement maximum simulé sur la ressource en eau (Fig. 13),
- à la fin de la simulation (50 ans) incluant les 30 années après l'arrêt des pompages (Fig. 14).

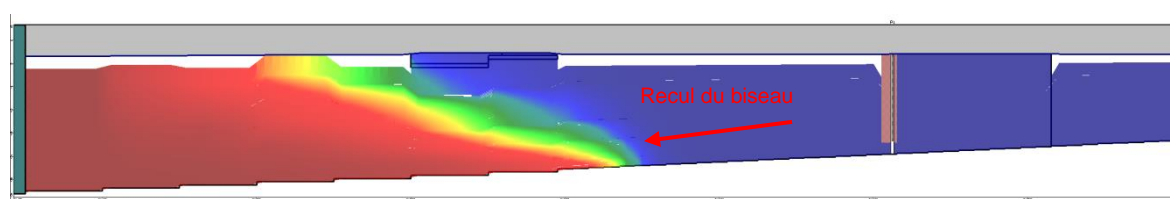
Ces coupes mettent en évidence l'avancée du biseau salé lorsque les pompages fonctionnent. Dès l'arrêt des prélèvements, celui-ci recule pour retrouver, 30 ans après l'arrêt des pompages, une situation proche de l'état initial.



**Fig. 12.** Coupe de la salinité au droit de la Barge avant le démarrage des pompages



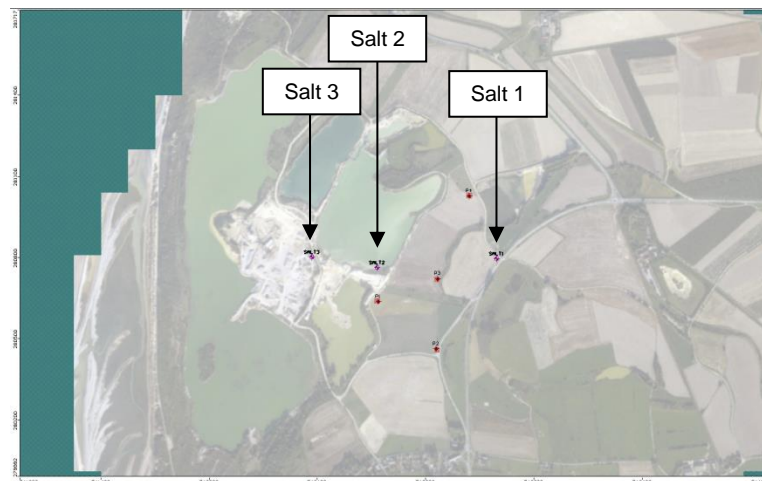
**Fig. 13.** Coupe de la salinité au droit de la Barge à la fin du pompage de la zone 6



**Fig. 14.** Coupe de la salinité au droit de la Barge au bout de 50 ans



L'intégration de 3 piézomètres d'observation entre la mer et la Barge permet de suivre l'évolution de la teneur en sels sur l'ensemble de la simulation.



**Fig. 15. Position des points de référence pour la salinité**

Après le décapage des 6 zones, la salinité a été modifiée uniquement au droit de Salt 3, le plus proche de la mer (Fig. 16). Les 2 autres points ne sont pas impactés par les pompages ponctuels des différentes phases de décapage.

L'augmentation de la salinité pour Salt 3 atteint une valeur maximale de 8 mg/l. Cette concentration diminue dès l'arrêt des pompages pour retrouver une salinité proche de l'état initiale au bout de 12 années. Aux vues des teneurs actuelles en sels au droit de la carrière (salinité mesurée au droit de cette zone le 17/01/2017 : 3 790 mg/l), cette augmentation temporaire représente une hausse d'environ 0.2% des teneurs en sels de la nappe superficielle.

Par ailleurs, cette hausse est nettement inférieure aux variations saisonnières mises en évidence au droit des plans d'eau de la carrière. En effet, le suivi GSM depuis 2008 indique que ces fluctuations annuelles sont en moyenne de 500 mg/l.

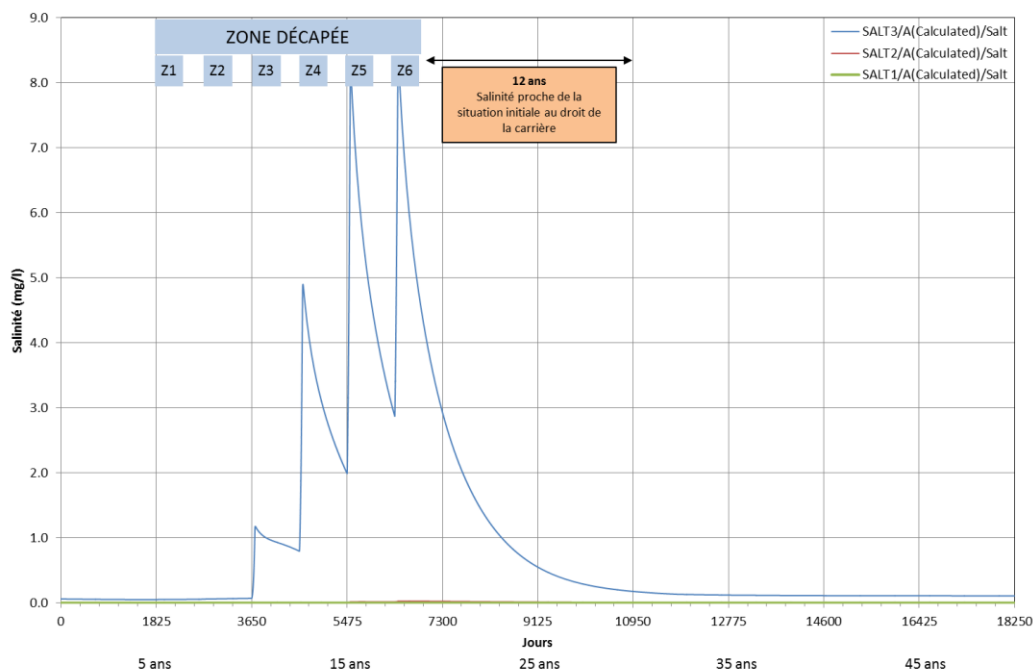


Fig. 16. Chroniques de la salinité entre la mer et le site de la Barge

### 3.3. TESTS DE SENSIBILITE

Ne connaissant pas avec précision la perméabilité des terrains au droit du site, des tests de sensibilité ont été effectués pour évaluer l'incidence de la perméabilité des terrains sur le débit nécessaire pour obtenir la cote de rabattement souhaitée au droit du site de la Barge.

Par ailleurs, des tests de sensibilité ont été effectués sur le colmatage des plans d'eau GSM. En effet, ce colmatage a été intégré lors de la phase de calage du modèle pour représenter la stabilité de la cote du plan d'eau GSM, peu influencé par la marée. Ce colmatage limite donc les échanges entre les plans d'eau et l'aquifère ainsi que le débit de pompage nécessaire au rabattement piézométrique.

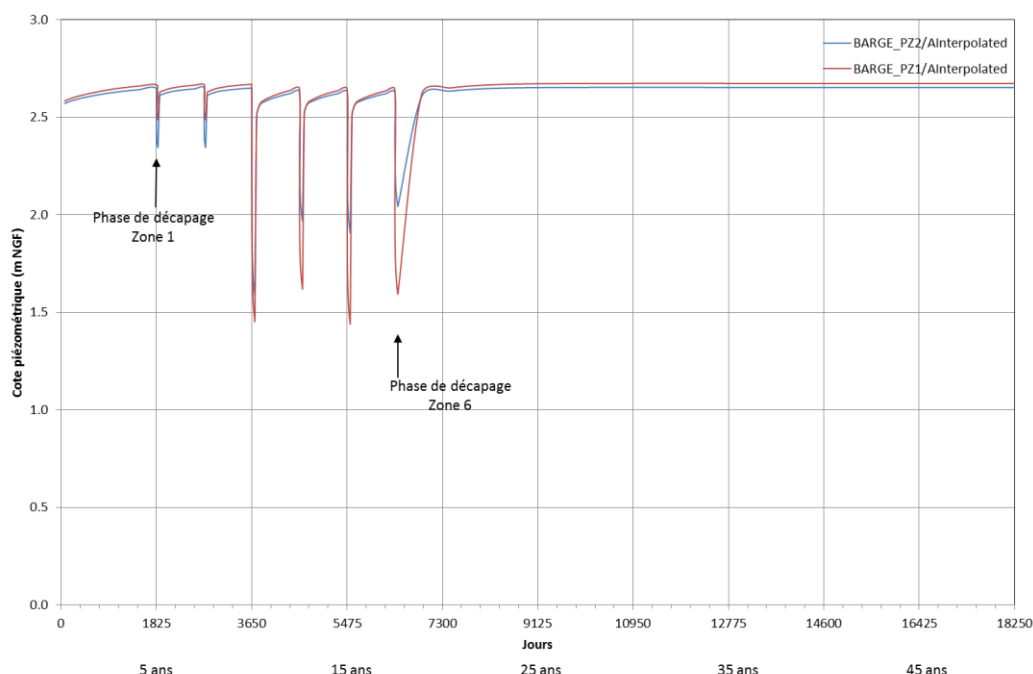
Tabl. 2 - Tests de sensibilité sur la perméabilité

	Débit total de pompage
Perméabilité de calage et colmatage des berges ( $10^{-8}$ m/s)	90 m <sup>3</sup> /h
Perméabilité de calage 50% plus élevée et colmatage des berges moins important ( $10^{-7}$ m/s)	140 m <sup>3</sup> /h
Perméabilité de calage / 2 et colmatage des berges ( $10^{-8}$ m/s)	60 m <sup>3</sup> /h

Ces tests indiquent que les débits de pompage dépendent significativement des hypothèses considérées, notamment celles relatives à la profondeur de rabattement souhaitée et aux perméabilités de l'aquifère.

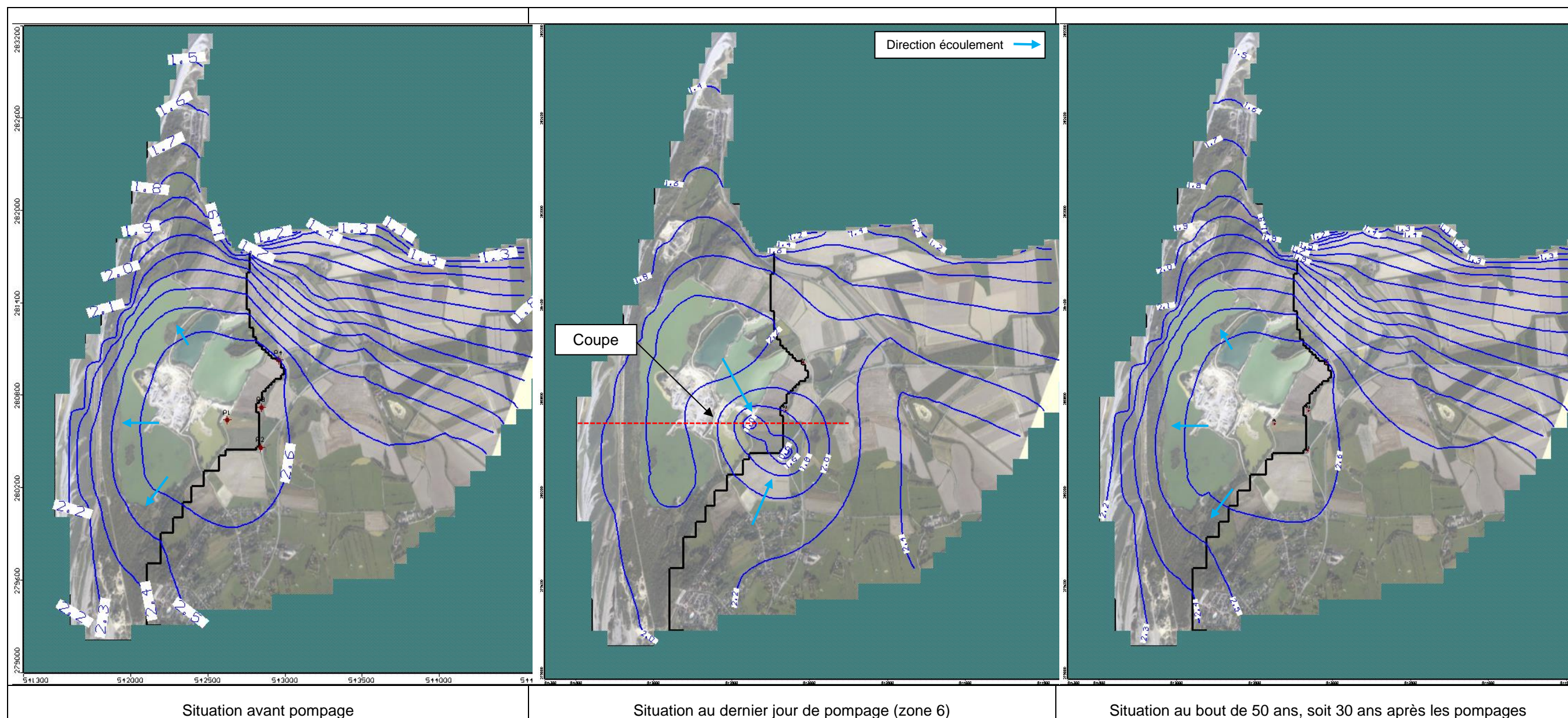
Pour un débit de pompage de 140 m<sup>3</sup>/h, le plus pénalisant, l'incidence sur les niveaux piézométriques et la salinité est présentée :

- Les niveaux piézométriques sont rabattus aux cotes souhaitées le temps des travaux de décapage puis la nappe retrouve des niveaux piézométriques proches de la situation initiale, moins de 1.5 an (400 jours), après l'arrêt des pompages (Fig. 17 & Fig. 18).
- Après le décapage des 6 zones, la salinité a été modifiée au droit des 3 piézomètres (Fig. 20 à Fig. 22):
  - L'augmentation de sels est la plus importante pour Salt 3 avec une valeur maximale de 140 mg/l, soit une hausse de 3.7% par rapport aux valeurs actuelles de salinité mesurées au droit de cette zone (donnée du 17/01/2017 : 3790 mg/l). En effet, l'augmentation de la perméabilité facilite l'intrusion du biseau salé au sein de l'aquifère. Cette concentration diminue dès l'arrêt des pompages pour retrouver une salinité inférieure à 40 mg/l au bout de 7 années. De plus, cette hausse reste inférieure aux variations saisonnières actuellement mises en évidence au droit des plans d'eau de la carrière (moyenne de 500 mg/l).
  - Au droit de Salt 2, la salinité augmente jusqu'à 13 mg/l, soit une hausse d'environ 1.8% par rapport aux valeurs actuelles de salinité mesurées au droit de cette zone (donnée du 17/01/2017 : 705 mg/l). Dès l'arrêt des pompages, la concentration en sels baisse jusqu'à 2.5 mg/l.
  - Au droit de Salt 1, la salinité augmente pour se stabiliser autour d'une valeur seuil de 13 mg/l, soit une hausse d'environ 1.8% par rapport aux valeurs actuelles de salinité mesurées au droit de cette zone (donnée du 17/01/2017 : 705 mg/l).



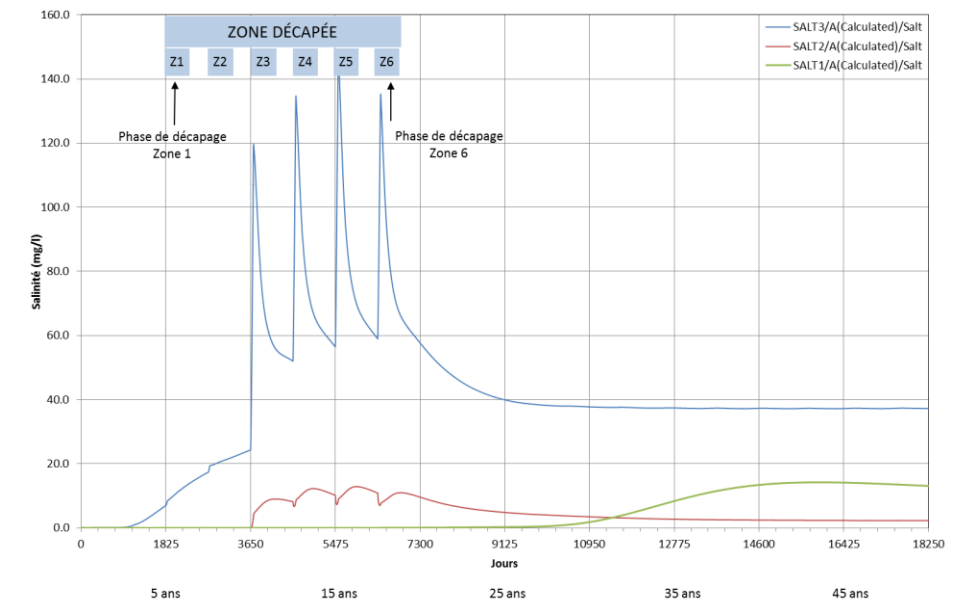
**Fig. 17. Chroniques piézométriques pour le scénario le plus pénalisant (pompage 140 m<sup>3</sup>/h)**



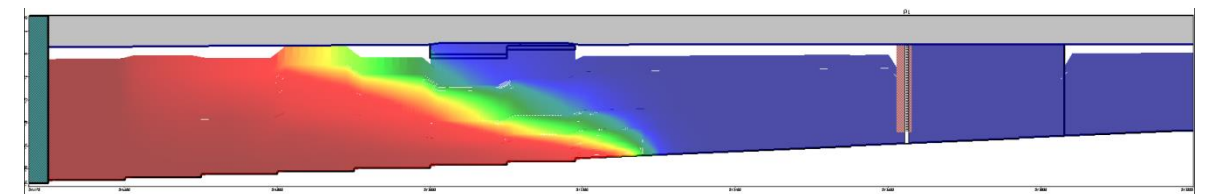


**Fig. 18. Cartes piézométriques pour le scénario le plus pénalisant (pompage 140 m<sup>3</sup>/h)**

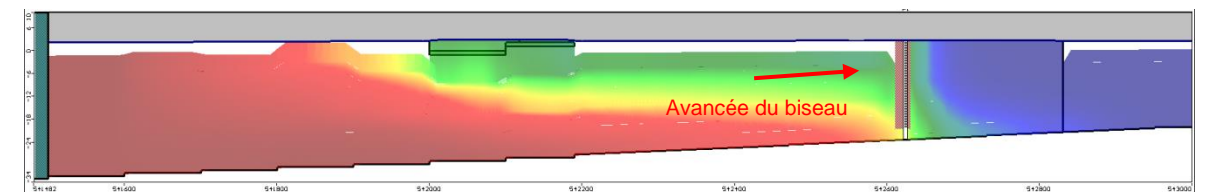




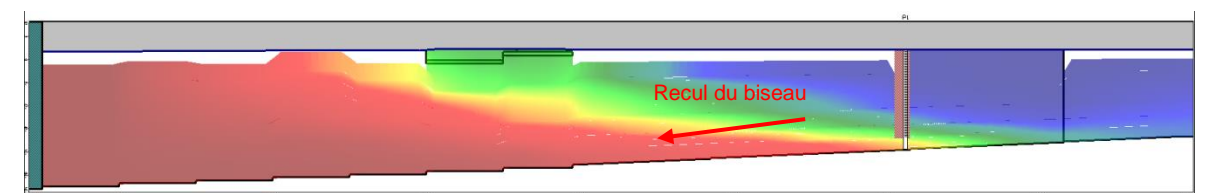
**Fig. 19.** Chroniques de la salinité entre la mer et le site de la Barge pour le scénario le plus pénalisant (pompage 140 m<sup>3</sup>/h)



**Fig. 20.** Coupe de la salinité au droit de la Barge avant le démarrage des pompes



**Fig. 21.** Coupe de la salinité au droit de la Barge à la fin du pompage de la zone 6



**Fig. 22.** Coupe de la salinité au droit de la Barge au bout de 50 ans

## 4. CONCLUSION

L'incidence du pompage au sein de la nappe superficielle, indispensable pour pouvoir réaliser le décapage des terres de découverte sur le site de la Barge, a été modélisée et évaluée en termes de niveaux piézométriques et de teneurs en sels.

Le débit nécessaire pour rabattre la nappe aux cotes piézométriques souhaitées est évalué avec la modèle numérique à  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Le pompage créé alors, localement et temporairement, une dépression piézométrique qui inverse les directions d'écoulement et favorise l'intrusion du biseau salé. La simulation sur une période longue de 50 ans montre cependant que cette modification de l'écoulement n'est que temporaire.

La piézométrie retrouve ces cotes altimétriques d'avant pompage au bout de 450 jours, soit moins de 1.5 an après l'arrêt des pompes, permettant alors le recul du biseau salé et, de nouveau, un écoulement des eaux souterraines vers la mer.

Le biseau salé est, quant à lui, temporairement attiré au sein de l'aquifère lors des phases de pompage, induisant une augmentation des concentrations de seulement 0.2% par rapport aux valeurs actuelles mesurées. L'avancée est limitée, impactant uniquement le piézomètre le plus proche de la mer. De même l'augmentation de la salinité reste limitée, puisque la hausse simulée de  $8 \text{ mg/l}$  ne représente que 0.2% de la concentration actuellement mesurée au droit de la carrière.

En considérant l'incertitude sur la perméabilité des alluvions, le débit nécessaire pour rabattre le niveau piézométrique à la cote souhaitée pourrait être de  $140 \text{ m}^3/\text{h}$ . Dans ce cas de figure maximisant le risque, l'augmentation de la salinité au sein de l'aquifère représenterait alors seulement 3.7% des teneurs actuelles en sels.

L'incertitude sur la perméabilité des alluvions a aussi été prise en considération grâce à la réalisation de tests de sensibilité. Ces tests ont montré que le débit nécessaire pour rabattre le niveau piézométrique à la cote souhaitée pourrait être de  $140 \text{ m}^3/\text{h}$ . Dans ce cas de figure maximisant, l'augmentation des teneurs en sels serait alors perceptible plus en amont au sein de l'aquifère mais resterait inférieure à 4% par rapport aux teneurs actuelles.

oOo