

12/30/2006	Fuite sous calorifuge au niveau de la ligne de fond de la colonne C5102	env.1 m3	Sol	Permanent SH	récupéré
12/30/2006	Fuite sdvnt 4ème dilution	?	Sol béton puis égout	Envicap	

	ANCIENNE RAFFINERIE PETROPLUS PLAN DE GESTION Des parcelles AM 40 et AM 100	Page : 69/74
		Date : 24/05/2019
		N° 16B76-PLMM

**Annexe 2 : Rapport ANTEA – Impact de l’arrêt du puits SHELL 1 sur les pollutions en nappe –
Modélisation hydrodynamique et hydrodispersive. Juin 2013, A71576/A**

RAFFINERIE DE PETIT COURONNE (76)

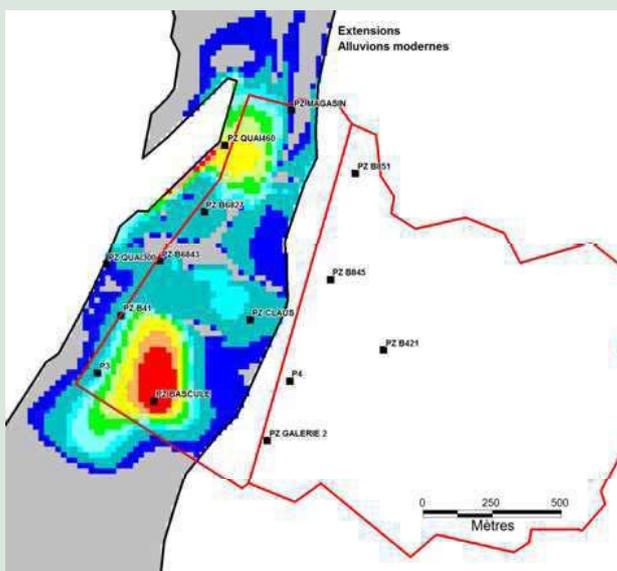
Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

Modélisation hydrodynamique et hydrodispersive



*Boulevard Maritime
76650 Petit Couronne*

*Juin 2013
A71576/A*



Agence Paris – Centre – Normandie

*Avenue des Hauts Grigneux – Mach 5
76420 BIHOREL*

Tél. : 02.32.76.69.60 - Fax. : 02.32.76.69.63

Sommaire

	Pages
1 Introduction	6
2 Construction du modèle	7
2.1 Géométrie du modèle.....	7
2.1.1 Extension horizontale du modèle.....	7
2.1.2 Extension verticale.....	9
2.1.3 Le mur de la craie.....	12
2.1.4 Le maillage retenu.....	15
2.2 Entrées et sorties d'eau.....	15
2.2.1 Infiltration.....	15
2.2.2 Echanges d'eau avec la Seine.....	16
2.2.3 Colmatage des berges.....	18
2.2.4 Prélèvements d'eau par les ouvrages.....	18
2.3 Piézométrie.....	19
2.3.1 Carte piézométrique historique de la nappe de la Craie.....	19
2.3.2 Données piézométriques sur le site.....	20
2.3.3 Variations piézométriques sous l'influence des marnages de la Seine.....	24
2.4 Conditions aux limites.....	24
2.5 Paramètres hydrodynamiques.....	25
2.5.1 Perméabilités.....	25
2.5.2 Coefficients d'emmagasinement et porosité des aquifères.....	28
2.6 Teneurs en hydrocarbures mesurées dans les eaux souterraines du site (indice C5-C10).....	29
2.6.1 Concentrations mesurées.....	29
2.6.2 Zones sources possibles de pollution.....	31
3 Calage hydrodynamique	32
3.1 Objectifs.....	32
3.2 Méthodes de calage.....	32
3.2.1 Calage en régime d'hydraulique transitoire.....	32
3.2.2 Optimisation du calage.....	33
3.3 Résultats.....	34
3.3.1 Travail par zones.....	34
3.3.2 Perméabilités.....	36
3.3.3 Coefficients d'emmagasinement.....	38
3.3.4 Chroniques simulées/observées.....	38
3.4 Exploitation du modèle hydrodynamique.....	42
3.4.1 Echanges d'eau.....	42
3.4.2 Charges piézométriques dans la nappe de la craie – échanges avec la Seine.....	44
4 Calcul des concentrations suite à l'arrêt de SHELL1	46
4.1 Hypothèses utilisées.....	46
4.1.1 Processus gouvernant la migration de la pollution en nappe pris en compte.....	46
4.1.2 Zones sources de pollution.....	47
4.1.3 Propriétés du polluant considéré.....	48
4.1.4 Paramètres hydrodispersifs des réservoirs aquifères.....	49
4.2 Concentrations simulées en régime permanent – SHELL 1 arrêté.....	50
4.3 Concentrations simulées en régime transitoire.....	52
4.3.1 Impact de l'arrêt de SHELL 1.....	52
4.3.2 Sensibilité du facteur de retard – SHELL 1 arrêté.....	57
4.4 Flux massiques simulés en amont Seine.....	60
4.4.1 Régime permanent.....	60
4.4.2 Régime transitoire.....	60
5 Conclusions	62

Liste des figures

Figure 1 : Extension horizontale du domaine modélisé (sur fond de carte géologique à 1/50 000^{ème}) 7

Figure 2 : Extension horizontale des formations géologiques modélisées 9

Figure 3 : Topographie du modèle 10

Figure 4 : Lithologie des formations alluviales issue des coupes des ouvrages du secteur SHELL 1 12

Figure 5 : Vue 3D des formations modélisées 13

Figure 6 : Coupe géologique E – O passant par le site 14

Figure 7 : Points ayant fait l'objet d'un suivi continu des niveaux d'eau au pas de temps de 5 mn entre le 29/05/2013 et le 03/06/2013 16

Figure 8 : Courbes d'évolution des niveaux d'eau sur la Seine, dans les piézomètres Pz B41, Pz B6827, Pz Quai 300 et au droit de Shell 1 entre le 29/05/2013 et le 03/06/2013 17

Figure 9 Localisation des deux puits de pompage de confinement de la pollution du site – SHELL1 et SHELL 6 19

Figure 10 : Isopièzes de la nappe de la Craie – Extrait de la carte hydrogéologique de Seine-Maritime au 1/25 000^{ème}, BRGM, 1990 20

Figure 11 : Localisation des piézomètres du site pour lesquels des niveaux d'eau ont été mesurés en avril 2013 23

Figure 12 : Conditions aux limites imposées dans le modèle sur l'ensemble des couches 25

Figure 13 : Concentrations mesurées en hydrocarbures (indice C5-C10) au droit des piézomètres du site entre mai 2012 et avril 2013 – SHELL1 en fonctionnement 30

Figure 14 : Zones sources possibles de pollution aux hydrocarbures 31

Figure 15 : Charges imposées au droit de la Seine pendant 36 heures dans le modèle en régime d'hydraulique transitoire 33

Figure 16 : Zonage des paramètres hydrodynamiques des couches 1 et 2 (alluvions modernes) 35

Figure 17 : Zonage des paramètres hydrodynamiques de la couche 4 (craie) 35

Figure 18 : Perméabilités affectées aux sables limoneux (couche 1) 36

Figure 19 : Perméabilités affectées aux limons argileux (couche 2) 37

Figure 20 : Perméabilités affectées à la craie (couche 4) 38

Figure 21 : Chroniques simulées au droit des ouvrages équipés d'enregistreurs en continu 40

Figure 22 : Isopièzes simulées de la nappe de la craie – temps = 11h 44

Figure 23 : Isopièzes simulées de la nappe de la craie – temps = 13h 45

Figure 24 : Isopièzes simulées de la nappe de la craie – temps = 15h 45

Figure 25 : Zones sources de pollution utilisées pour les simulations en transport 47

Figure 26 : Concentrations simulées en régime permanent dans la craie (couche 4) 51

Figure 27 : Concentrations simulées en régime permanent dans les sables limoneux (couche 1) 51

Figure 28 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 200 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté 53

Figure 29 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 200 jours – R = 10 – SHELL 1 en fonctionnement 53

Figure 30 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 200 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté 56

Figure 31 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 200 jours – R = 10 – SHELL 1 en fonctionnement 56

Figure 32 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 20 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté 58

Figure 33 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 20 jours – R = 350 – SHELL 1 arrêté 58

Figure 34 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 20 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté 59

Figure 35 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 20 jours – R = 350 – SHELL 1 arrêté 59

Figure 36 : Flux massiques simulés en régime transitoire en amont seine dans la craie (couche 4) – R = 10 – SHELL 1 arrêté 61

Figure 37 : Incidence de la mise en fonctionnement de SHELL 1 sur les flux massiques simulés en régime transitoire dans la craie (couche 4) – R = 10 61

PETROPLUS
Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

Liste des tableaux

Tableau 1 : Campagne piézométriques initiale sur les ouvrages du site (avril 2013) – SHELL 1 en fonctionnement.....	22
Tableau 2 : Résultats des pompages d'essai réalisés au droit de SHELL1 et SHELL6 entre 1990 et 2001 .	26
Tableau 3 Résultats des pompages d'essai réalisés au droit de W1, W2 et W5 en 1991.....	26
Tableau 4 : Perméabilité à saturation des sols type (source : Johnson & Ettinger, 2004).....	27
Tableau 5 : Concentrations en hydrocarbures indice C5-C10 mesurées au droit du site entre mai 2012 et avril 2013 (SHELL1 en fonctionnement)	29
Tableau 6 : Flux d'eau dans le modèle (m ³ /h) – la Seine est en situation de basses eaux – temps = 11 h	42
Tableau 7 : Flux d'eau dans le modèle (m ³ /h) – la Seine est en situation de hautes eaux– temps = 15 h	43
Tableau 8 : Flux massiques (kg/h) simulés en amont Seine en régime permanent.....	60

Liste des annexes

- Annexe 1 : Coupe technique de SHELL 1
- Annexe 2 : Coupes techniques des piézomètres du secteur SHELL 1 réalisés en 2012
- Annexe 3 : Carte des zones impactées en hydrocarbures

1 Introduction

Le Tribunal de commerce de Rouen a ouvert une procédure de liquidation judiciaire à l'égard de la société PETROPLUS RAFFINAGE PETIT-COURONNE SAS.

La raffinerie dispose de 2 puits d'exploitation de la nappe :

- SHELL 1, situé au CAP1 exploité à raison de 150 m³/h, 24/24h et 7j/7 ;
- SHELL6, situé gare routière à raison de 450 m³/h, 24h/24, 7j/7 en alternance avec le puits SHELL7.

Ces ouvrages profonds de plus de 20 m captent le réservoir crayeux et confinent les pollutions en nappe.

Le site a fait l'objet d'une modélisation hydrodynamique en 1997 (rapport A10874 d'octobre 1997) qui a montré que les puits confinent le site vis-à-vis du risque de pollution de la Seine. En cas d'arrêt du puits SHELL1, les pollutions identifiées sont susceptibles de migrer et de sortir du site.

PETROPLUS souhaite ainsi mettre en œuvre une modélisation hydrodispersive afin d'évaluer l'influence de l'arrêt du puits SHELL 1 sur les pollutions de la raffinerie, notamment celles identifiées au CAP1 et CAP2.

La gestion de la pollution présente au droit de la gare routière et ses abords (Nord du petit-bassin, Nord du CAP3, centre ville de Petit-Couronne) est prise en charge par la société des Pétroles SHELL avec le puits SHELL6 ou SHELL7 en fonctionnement. L'étude des puits SHELL6 ou SHELL7 ne fait pas partie de la présente étude, ils seront considérés en exploitation.

Le présent rapport comporte trois phases principales :

1. La construction du modèle sur la base des données disponibles ;
2. Le calage du modèle hydrodynamique en régime transitoire ;
3. L'exploitation du modèle en hydrodispersif.

2 Construction du modèle

2.1 Géométrie du modèle

2.1.1 Extension horizontale du modèle

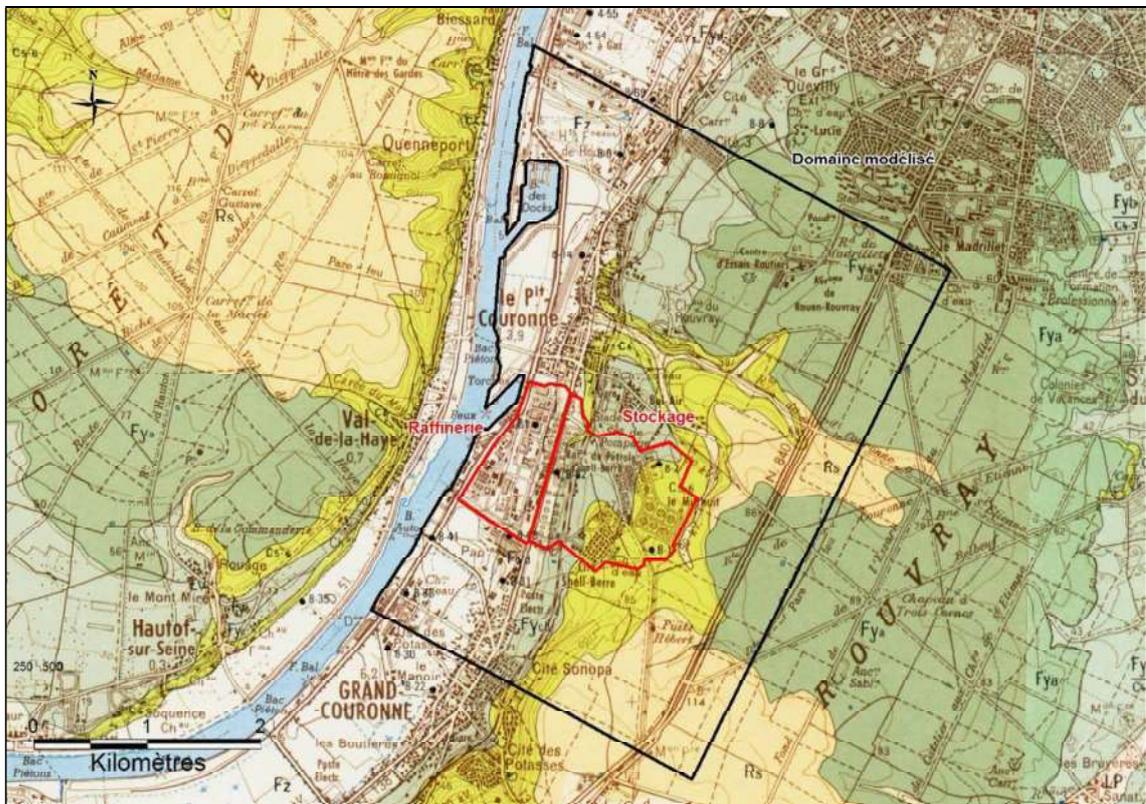
La raffinerie Petroplus est implantée en bordure de Seine dans la zone industrielle de Petit-Couronne (76). Le site est scindé en 2 parties :

- A l'ouest, la raffinerie proprement dite, d'une superficie avoisinant les 150 hectares ;
- A l'est les stockages, d'une superficie d'environ 125 hectares ;

L'étendue du domaine modélisé, présenté sur la Figure 1, est ainsi la suivante, en coordonnées Lambert II étendu :

Xmin : 502 620 m	Xmax : 507 718 m	Largeur : 5,0 km
Ymin : 2 484 544 m	Ymax : 2 491 075 m	Hauteur : 6,5 km

Ainsi le domaine modélisé englobe largement le site Petroplus, ainsi que les forages de confinement SHELL1 et SHELL6 (cf. Figure 1). Aucun autre puits en exploitation n'a été recensé dans le domaine d'étude.



PETROPLUS
Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

La Figure 1 présente l'extension du domaine modélisé sur fond de carte géologique de Rouen Ouest du BRGM à 1/50 000. Ainsi, le site repose sur les formations suivantes, de haut en bas :

- Des remblais (R) de surélévation en bordure de Seine, de nature et d'épaisseurs très hétérogènes (sables, argiles, matériaux de démolition, etc.) ;
- Des alluvions modernes (Fz), principalement constitués de silts, d'argiles, de tourbes, de vases et de sables fins. Ces matériaux ont été déposés par la Seine et dont l'extension correspond à celle des plus grandes crues du fleuve ;
- Des alluvions anciennes (Fy - Fyd, Fyc, Fyb et Fya), plus grossières se composant de sables et de graves plus ou moins argileux. Elles constituent les différents niveaux de terrasses quaternaires le long de la Seine.

La raffinerie repose sur le complexe alluviale ;

- Des formations à silex (Rs), issues des résidus de décalcification de la Craie lorsque cette dernière affleurerait ;
- La craie du Santonien-Campanien (C_{5,6}) et du Coniacien (C₄), craie blanche, marneuse renfermant de nombreux silex. Elle affleure en pied de coteaux, à l'est du site.

La partie la plus en amont de l'aire de stockage du site repose sur la formation crayeuse.

Dans le modèle, les formations à silex et la craie ont été modélisées comme une seule formation.

Les extensions horizontales retenues pour ces trois formations (alluvions modernes, alluvions anciennes et formations à silex+craie) dans le modèle conceptuel sont celles de la carte géologique. Elles sont présentées sur la Figure 2.

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

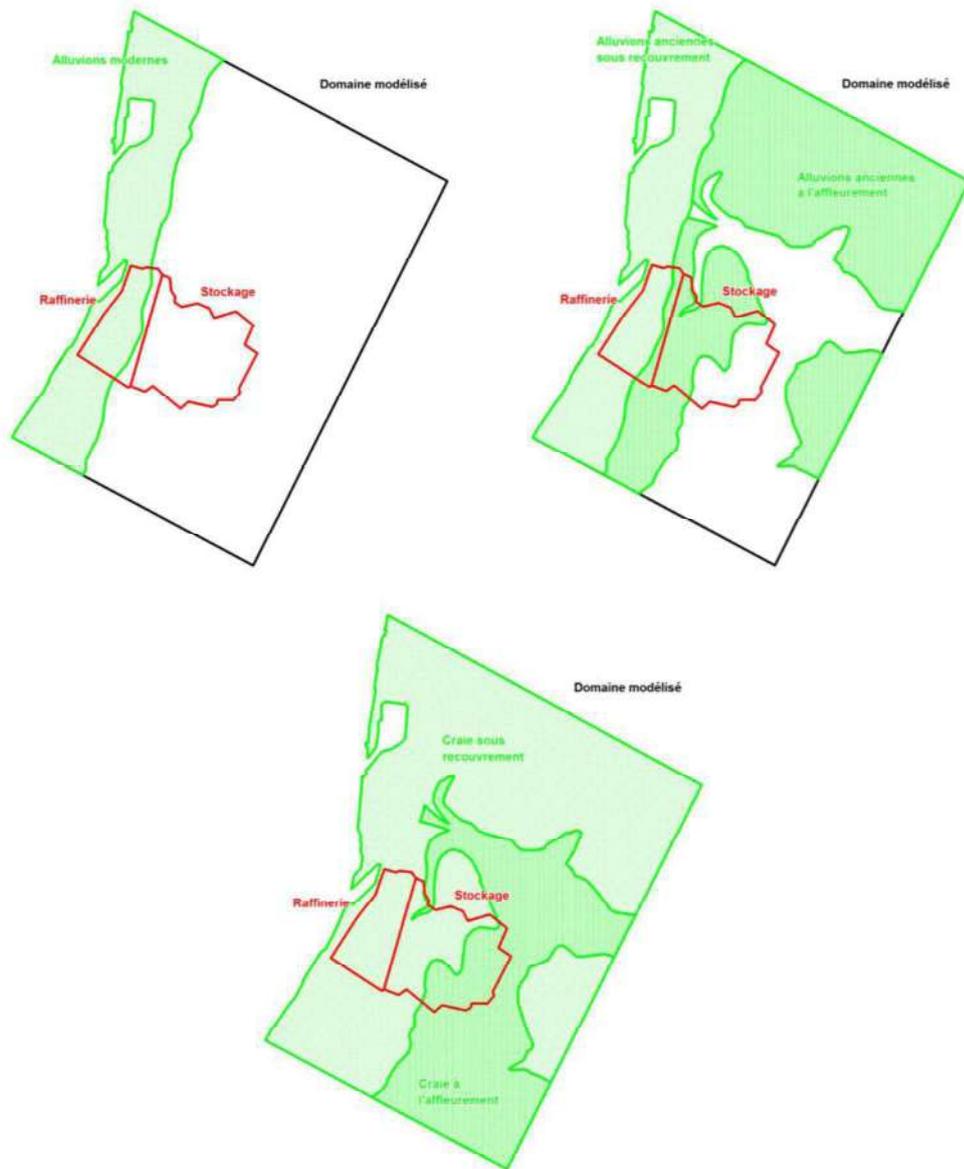


Figure 2 : Extension horizontale des formations géologiques modélisées

2.1.2 Extension verticale

Les différentes interfaces à entrer dans le modèle sont :

- Le sol (la topographie) ;
- Le mur des alluvions modernes ;
- Le mur des alluvions anciennes ;
- Le mur de la craie.

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

2.1.2.1 La topographie

En l'absence de modèle numérique de terrain, l'origine des données est la carte IGN au 1/25 000ème de la zone d'étude. La topographie du modèle a ainsi été établie par interpolation des courbes de niveaux à un pas de 20 mètres, taille du maillage retenu pour le modèle (cf. paragraphe 2.1.4).

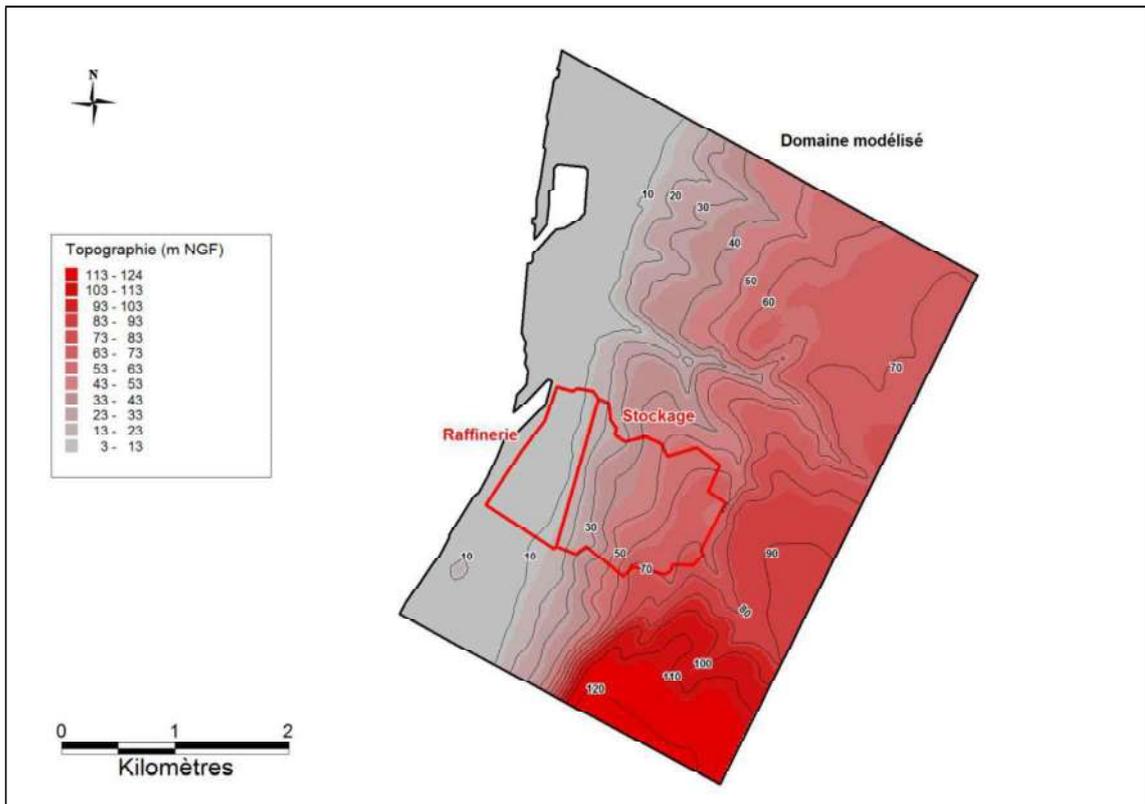


Figure 3 : Topographie du modèle

Sur la zone d'étude, les données géologiques disponibles sont peu nombreuses et surtout non homogènes. Ainsi une approche simplifiée a été mise en œuvre pour le dimensionnement de l'extension verticale des formations géologiques rencontrées sur la zone modélisée.

2.1.2.2 Le mur des alluvions modernes

L'épaisseur des alluvions modernes est prise constante et est déduite de la topographie en soustrayant 10 mètres.

Les coupes des piézomètres aux alluvions réalisés en 2012 situés dans le secteur d'intérêt de SHELL 1 (cf. Annexe 2), ainsi que la connaissance acquise lors d'études similaires de sites implantés le long de la Seine dans le secteur d'étude¹ montrent que les alluvions modernes regroupent en fait des sables plus ou moins limoneux ou argileux sur 2-3 mètres d'épaisseur, surmontant des argiles ou limons argileux peu perméables. Néanmoins, la présence de ces niveaux argileux est très hétérogène d'un ouvrage à l'autre. La Figure 4 présente ainsi sur fond de carte géologique les ouvrages aux alluvions du secteur SHELL 1 pour lesquels des niveaux argileux d'au moins 5 m d'épaisseur ont été identifiés. La lithologie de la formation alluviale recoupée par SHELL 1 est également indiquée, sur la base de la coupe de l'ouvrage présentée en Annexe 1. On remarque par ailleurs sur cette figure que, d'après la coupe lithologique présentée en Annexe 2, l'ouvrage Pz B421 repose sur la craie alors qu'il est situé dans la zone d'extension des alluvions anciennes d'après la carte géologique.

Par ailleurs les niveaux piézométriques mesurés en continu sur plusieurs jours en mai 2013 au droit d'ouvrages aux alluvions modernes, implantés à proximité de la Seine, ont montré une influence limitée voir nulle des marnages de cette dernière sur le signal piézométrique observé. Alors que des différences de plus de 2 mètres sur le niveau de la Seine dans le secteur entre marée haute et marée basse ont été mesurées (cf. paragraphe 2.2.2 Echanges d'eau avec la Seine).

Cette forte atténuation en nappe (voir quasi-annulation) du signal de marnage se justifie par la présence dominante de limons argileux dans les alluvions modernes.

Ainsi les alluvions modernes ont été séparées en deux formations dans le modèle :

- 1. Des sables limoneux sur 3 m d'épaisseur au sommet, relativement perméables,**
- 2. Des limons argileux sous-jacents sur 7 m d'épaisseur, formant la base des alluvions modernes, peu perméables.**

2.1.2.3 Le mur des alluvions anciennes

Sur la base des coupes lithologiques des ouvrages du secteur d'étude, l'épaisseur des alluvions anciennes est prise constante :

- En soustrayant 5 m au mur des alluvions anciennes sous recouvrement de ces dernières ;
- En soustrayant 10 m à la topographie sur la zone d'affleurement des alluvions anciennes (cf. Figure 2).

¹ Rapport Antea Group n°A66006/B de juin 2012 sur le projet de dépollution des sols et de la nappe impactés par de l'arsenic au droit du site GPN de Grand Quevilly (76)

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

2.1.3 Le mur de la craie

Le mur de la craie a été pris constant sur l'ensemble du modèle, soit à -30 m NGF.

La Figure 5 présente une vue d'ensemble des formations géologiques modélisées tandis que la Figure 6 présente une coupe géologique transversale E-W passant par le site.

Remarque : La méthode utilisée pour définir les murs des formations géologiques modélisées ne permet pas de rendre compte avec précision du pendage des formations, en particulier sur les coteaux. Toutefois, le secteur d'intérêt étant principalement situé dans la vallée où la topographie est quasi-plane, l'impact de son utilisation sur la robustesse du modèle est limité.

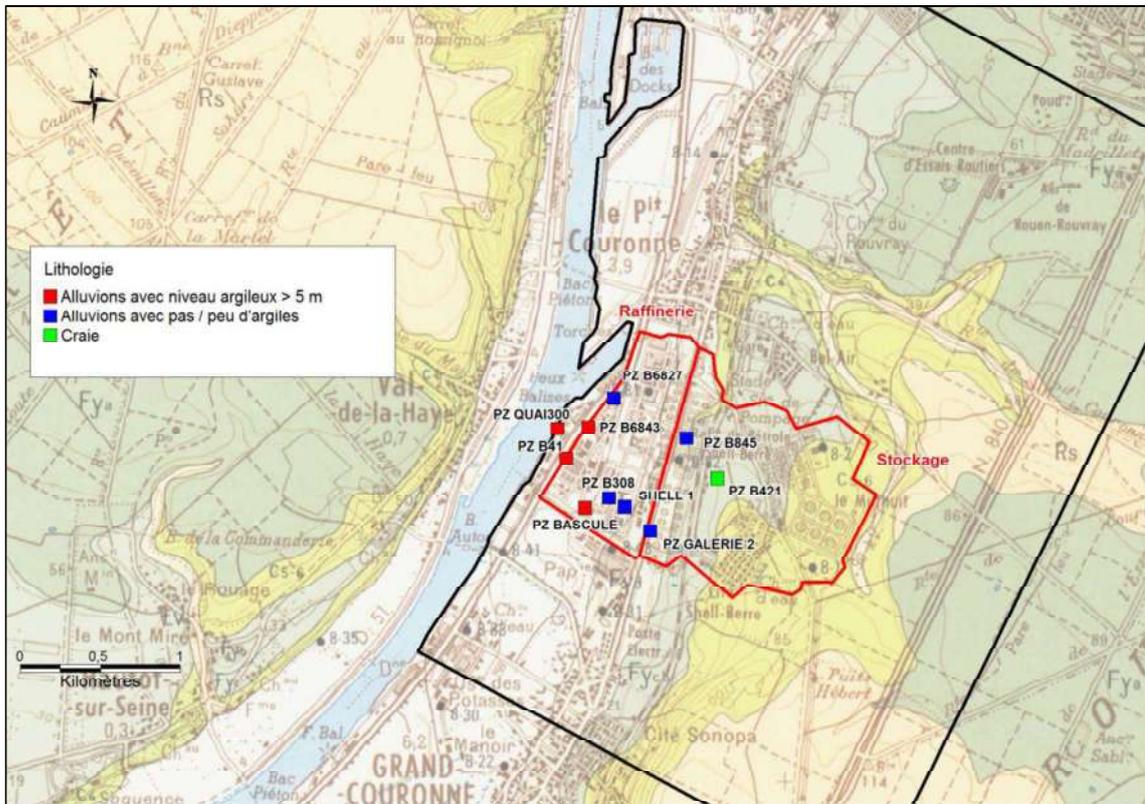


Figure 4 : Lithologie des formations alluviales issue des coupes des ouvrages du secteur SHELL 1

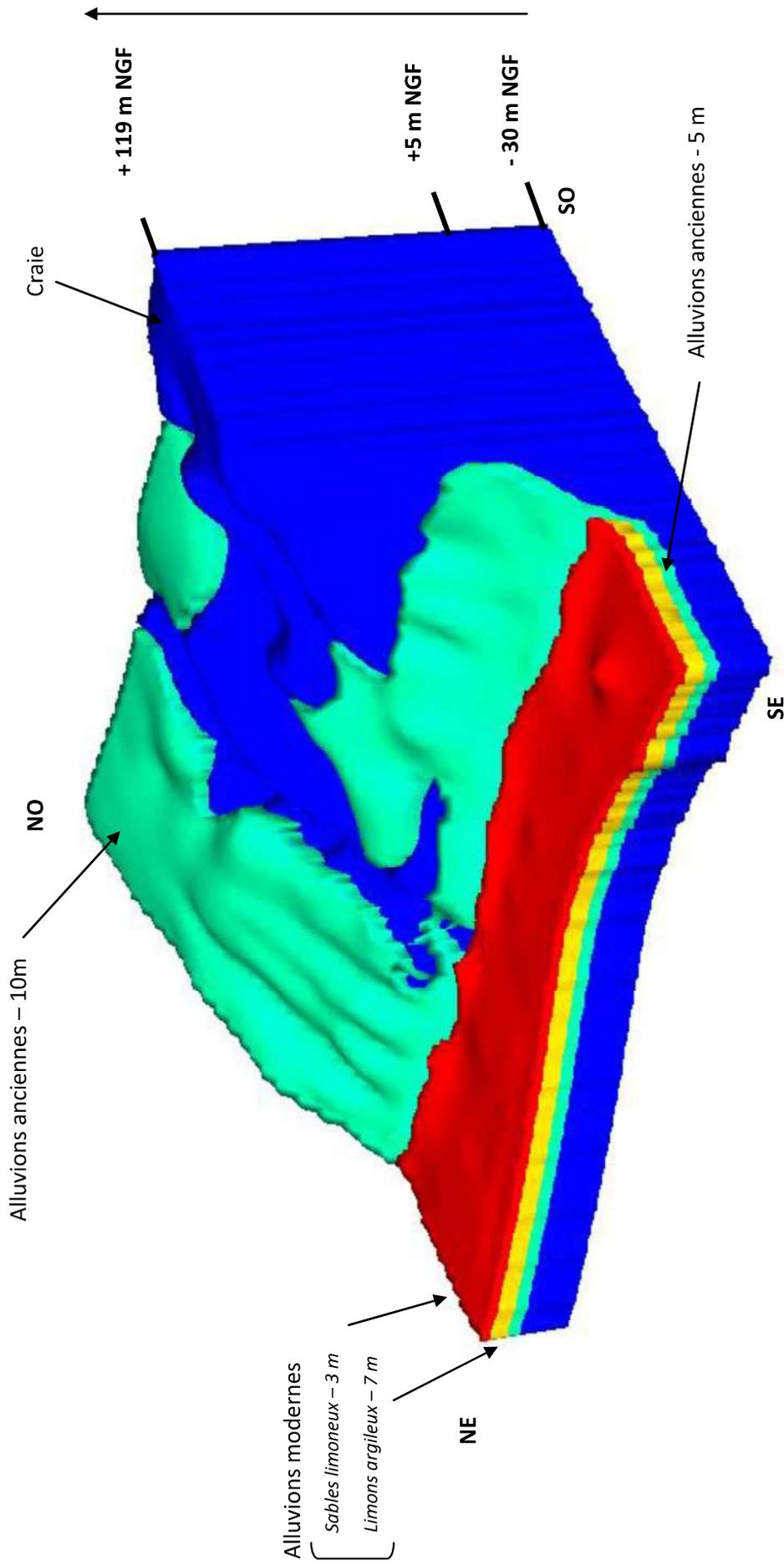


Figure 5 : Vue 3D des formations modélisées

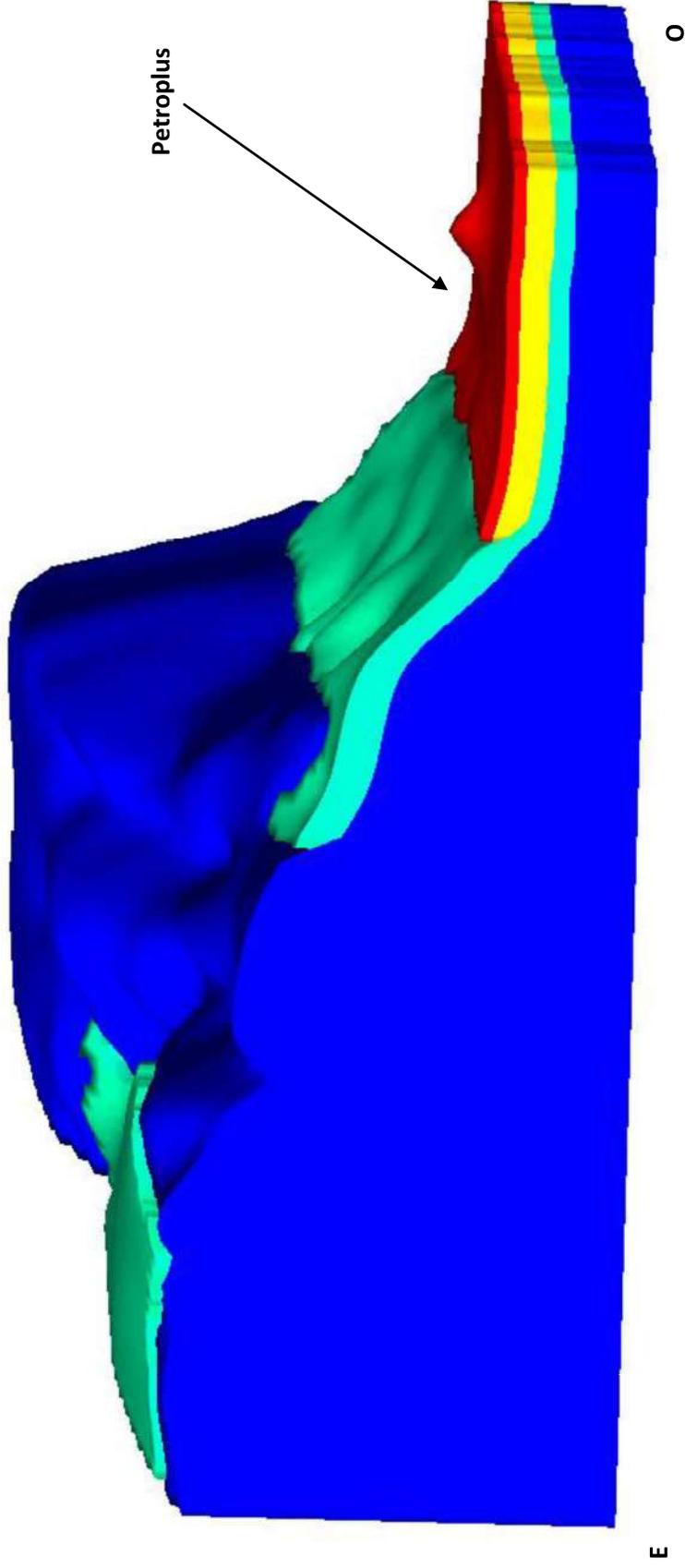


Figure 6 : Coupe géologique E – O passant par le site

2.1.4 Le maillage retenu

Les dimensions affectées aux mailles résultent d'un compromis entre la variabilité spatiale des données disponibles, la taille et la complexité géométrique/hydrogéologique des entités à modéliser, le respect des critères numériques assurant la représentativité des calculs (nombre de Peclet et nombre de Courant pour le calcul de transport), et le nombre de mailles compatibles avec une durée de calcul « raisonnable ».

L'ensemble de la zone modélisée a été discrétisée avec des mailles carrées de 20 m de côté pour permettre une analyse suffisamment fine en hydraulique et en transport.

Ainsi, le maillage retenu est constitué de 43 088 mailles par couches, soit 172 352 mailles.

2.2 Entrées et sorties d'eau

De manière générale, les entrées et sorties possibles sur les différents réservoirs modélisés sont les suivantes :

Entrées d'eau	Sorties d'eau
<ul style="list-style-type: none"> - infiltration des précipitations sur toute la surface d'affleurement - entrées d'eau par les limites latérales le cas échéant - drainance descendante depuis le réservoir sus-jacent le cas échéant - drainance ascendante depuis le réservoir sous-jacent le cas échéant 	<ul style="list-style-type: none"> - drainance descendante vers le réservoir sous-jacent le cas échéant - drainance ascendante vers le réservoir sus-jacent le cas échéant - débordement vers la Seine - pompages de dépollution SHELL1 et SHELL6 - suintement sur les talus en limite d'affleurement le cas échéant

2.2.1 Infiltration

D'après la carte des précipitations efficaces moyennes annuelles de France à 1/ 1 500 000^{ème2}, les précipitations efficaces moyennes annuelles à la station de Rouen Boos de 205 mm / an.

La recharge a été prise égale à 200 mm / an dans le modèle.

² Source : Précipitations efficaces moyennes annuelles en France (1946 – 1976) – rapport BRGM 83 SGN 003 EAU – janvier 1983

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

2.2.2 Echanges d'eau avec la Seine

La Seine qui borde le site est en relation hydraulique avec les réservoirs d'eau souterraine. Par ailleurs, le fleuve présente des variations cycliques de niveau sous l'effet des marées.

Ces battements réguliers entraînent des variations du niveau des nappes d'eau souterraine au droit du site avec un certain retard lié à la diffusivité³ des formations et au colmatage des berges de la Seine.

Afin d'évaluer ces phénomènes au droit du site Petroplus, plus particulièrement dans la zone d'intérêt autour de SHELL1, des enregistreurs ont été installés sur 3 piézomètres du site ainsi que sur SHELL1 entre le 29 mai 2013 et le 03 juin 2013 afin de suivre en continu les niveaux d'eau dans ces ouvrages (mesure toutes les 5 minutes). Un enregistreur a également été installé sur la Seine afin de suivre simultanément le niveau du fleuve. La position de ces 5 points de mesure ainsi que la nappe captée par les 4 ouvrages sont présentées sur la Figure 7. Les résultats de ce suivi sont quant à eux présentés en Figure 8.

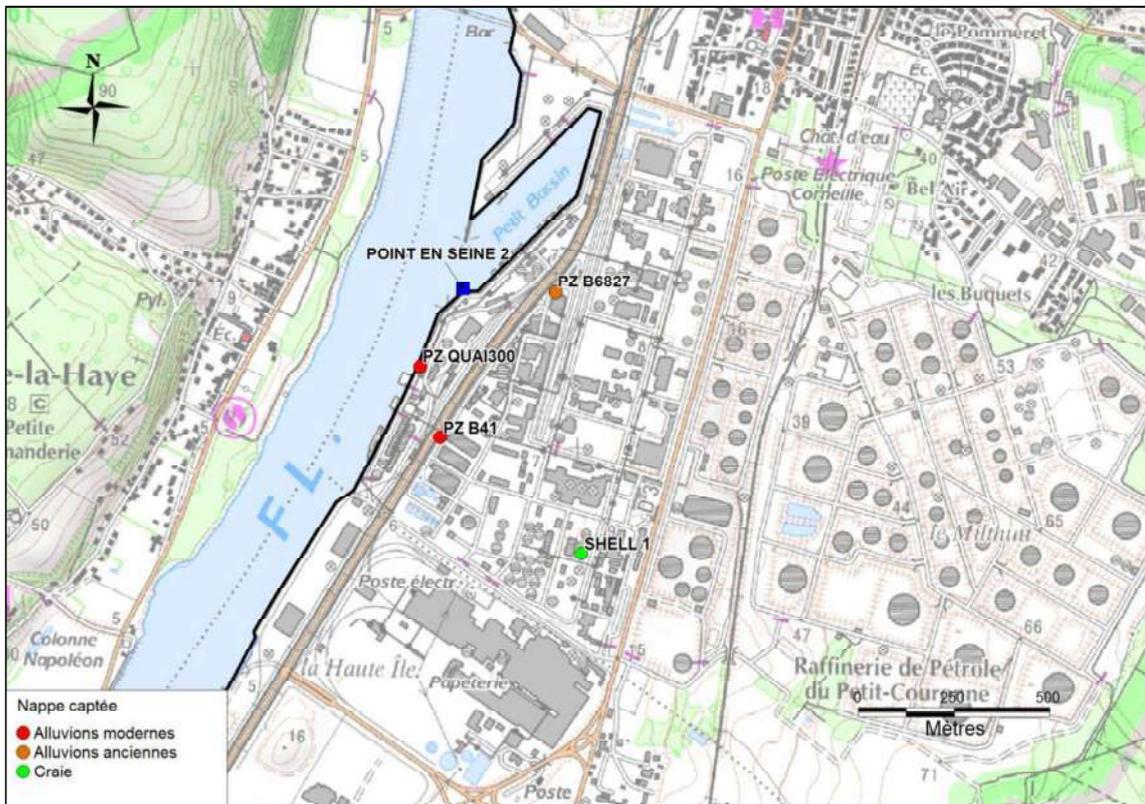


Figure 7 : Points ayant fait l'objet d'un suivi continu des niveaux d'eau au pas de temps de 5 mn entre le 29/05/2013 et le 03/06/2013

³ La diffusivité est le paramètre régissant la propagation d'influence dans un aquifère saturé : c'est le quotient de la transmissivité (T) par le coefficient d'emmagasinement (S)

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

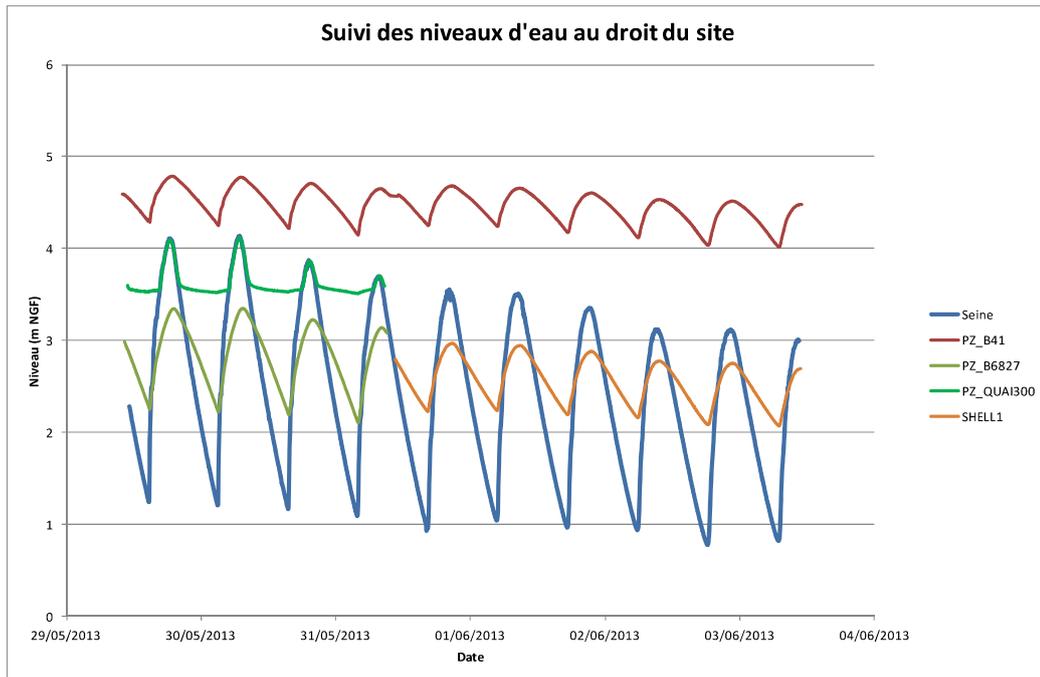


Figure 8 : Courbes d'évolution des niveaux d'eau sur la Seine, dans les piézomètres Pz B41, Pz B6827, Pz Quai 300 et au droit de Shell 1 entre le 29/05/2013 et le 03/06/2013

La Figure 8 montre que :

- Sur la période de suivi, le niveau de la Seine au droit du site Petroplus connaît des variations journalières sous l'influence des marées d'amplitude comprise entre 2 m et 2,5 m (4 h de montée et 8 h de descente) : le niveau de la Seine est compris entre 1,8 m NGF et 4,2 m NGF ;
- Le niveau de la Seine connaît des battements plus tendanciels, à la baisse sur la période de suivi, de l'ordre de 1 m ;
- L'influence des variations marégraphiques du niveau de la Seine est différente selon les piézomètres suivis :
 - L'amplitude des variations de niveau observées dans le Pz B41, captant les alluvions modernes, est de l'ordre de 50 cm, soit environ 5 fois plus faible que l'amplitude des variations du niveau du fleuve, traduisant une faible diffusivité de la formation dans ce secteur. Par ailleurs, le niveau d'eau dans le Pz B41 est systématiquement supérieur au niveau de la Seine ;
 - Les variations du niveau dans le Pz Quai 300, captant les alluvions modernes à proximité immédiate du fleuve, sont similaires à celles de la Seine en situation de marée haute. A marée basse, le niveau dans le Pz Quai 300 est quasi stationnaire et ne suit plus la baisse du niveau de Seine ;
 - Concernant les variations du niveau d'eau dans le Pz B6827, captant les alluvions anciennes, la remontée du niveau à marée haute est légèrement déphasée par rapport à la remontée du niveau de Seine tandis que l'amplitude des variations de la nappe dans cet ouvrage est amortie par rapport à l'amplitude des variations du niveau de Seine ;

*PETROPLUS
Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe*

- Les mêmes phénomènes sont observés au droit de SHELL 1 captant la Craie, avec un amortissement de l'amplitude des variations du niveau de Seine plus marqué.

On peut donc en conclure que dans le secteur des piézomètres suivis :

- **en fonction du cycle des marées de Seine, la nappe d'eau contenue dans les alluvions anciennes et la craie est soit alimentée par la Seine, soit drainée par cette dernière ;**
- **la Seine draine la nappe d'eau contenue dans les alluvions modernes ;**
- **les formations présentent des hétérogénéités dans leurs paramètres hydrodynamiques entraînant une diffusivité variable des variations marégraphiques de la Seine ;**
- **le colmatage des berges de Seine est variable le long du fleuve.**

2.2.3 Colmatage des berges

Les sondages réalisés en 2012 le long des quais du Petit-Bassin (cf. rapport Antea A67173/A de juillet 2012) indiquent systématiquement la présence d'argiles à partir de 1 m de profondeur et jusqu'au moins 4 m. Ces résultats semblent indiquer un colmatage des berges de Seine dans les alluvions modernes.

Par ailleurs, comme montré précédemment, les mesures des niveaux d'eau au droit de la Seine et au droit d'ouvrages captant les alluvions modernes donnent des indications quant à la réduction de perméabilité dans cette formation au voisinage du fleuve lié au colmatage des berges (cf. Figure 8 et Tableau 1).

2.2.4 Prélèvements d'eau par les ouvrages

La raffinerie dispose de 2 puits d'exploitation de la nappe (cf. Figure 9) :

- SHELL1, situé au CAP1 anciennement exploité à raison de 150 m³/h, 24h/24h, 7j/7j,
- SHELL6, situé gare routière à raison de 450 m³/h, 24h/24h, 7j/7j, en alternance avec le puits SHELL7.

Ces deux ouvrages sont respectivement profonds de 86 m et 60 m et captent la nappe de la Craie.

Le puits SHELL1 a été arrêté le 12 avril 2013 par PETROPLUS. La coupe technique de l'ouvrage SHELL 1 est présentée en Annexe 1.

Dans les simulations, le puits SHELL6 sera constamment pris en fonctionnement, à un débit de prélèvement dans la couche 4, correspondant à la craie, de 450 m³/h.

Le puits SHELL 1 sera considéré à l'arrêt pour le calage du modèle en régime d'hydraulique transitoire. Pour les simulations en transport, il sera pris successivement en fonctionnement et à l'arrêt afin d'évaluer l'impact de son exploitation sur le devenir de la pollution au droit du site.

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

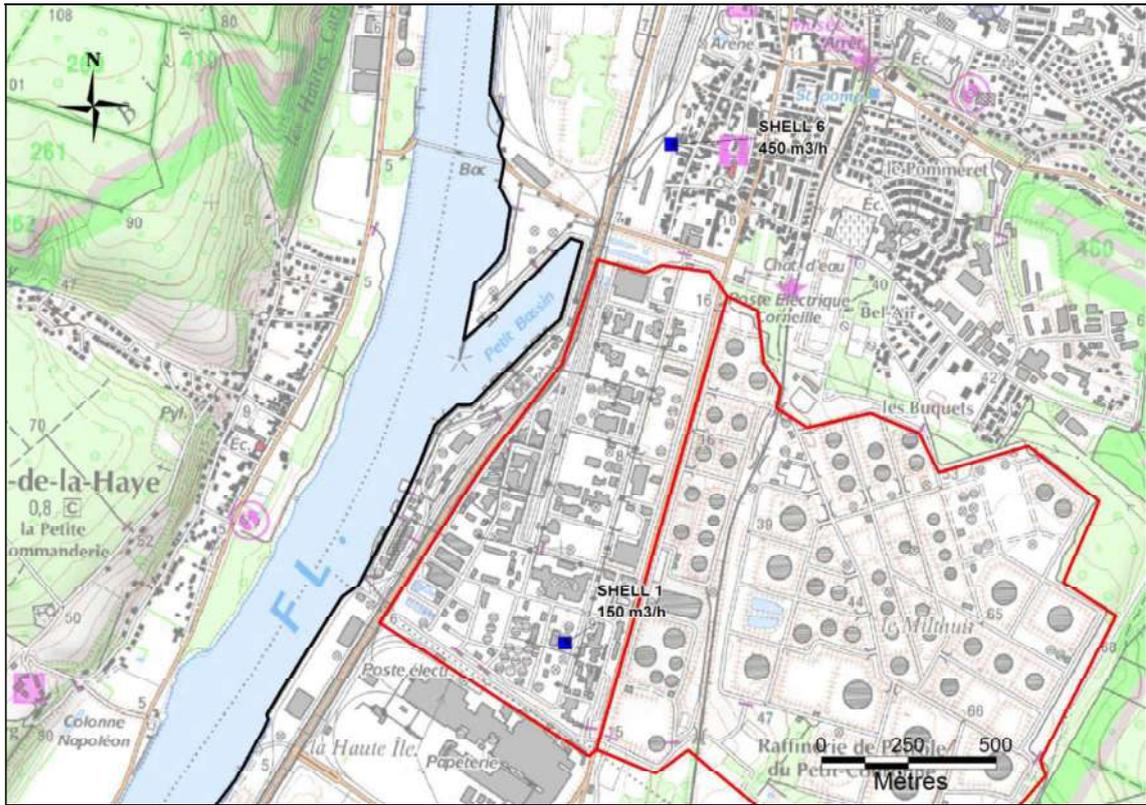


Figure 9 Localisation des deux puits de pompage de confinement de la pollution du site – SHELL1 et SHELL 6

2.3 Piézométrie

Les nappes contenues dans les formations présentes au droit du site sont libres. Les formations comportent ainsi une zone saturée en eau et une zone non saturée. Les épaisseurs de ces zones fluctuent en fonction des variations de charges hydrauliques dont la distribution spatiale est représentée par la surface piézométrique de la nappe. La piézométrie du modèle est l'ensemble des charges hydrauliques mesurées et simulées en tout point.

2.3.1 Carte piézométrique historique de la nappe de la Craie.

L'unique carte piézométrique disponible au droit du site est la carte hydrogéologique de Seine-Maritime au 1/25 000^{ème} réalisé par le BRGM en 1990. Les isopièzes de la nappe de la craie issues de cette carte sont présentées en Figure 10.

Cette carte piézométrique a été réalisée avant la mise en fonctionnement des deux puits de pompage de la raffinerie captant la nappe de la craie (SHELL 6 à 450 m³/h et SHELL 1 à 150 m³/h). Les directions d'écoulement ainsi que le gradient de la nappe au droit de la raffinerie aux abords de ces ouvrages ont donc évolué.

Néanmoins cette carte montre le drainage général de la nappe de la craie par la Seine, et donc des directions d'écoulement perpendiculaires à la Seine sous la zone de stockage du site, ainsi qu'un dôme piézométrique en aval hydraulique caractérisant la ligne de partage des eaux souterraines dans la boucle de Seine.

PETROPLUS
 Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
 Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

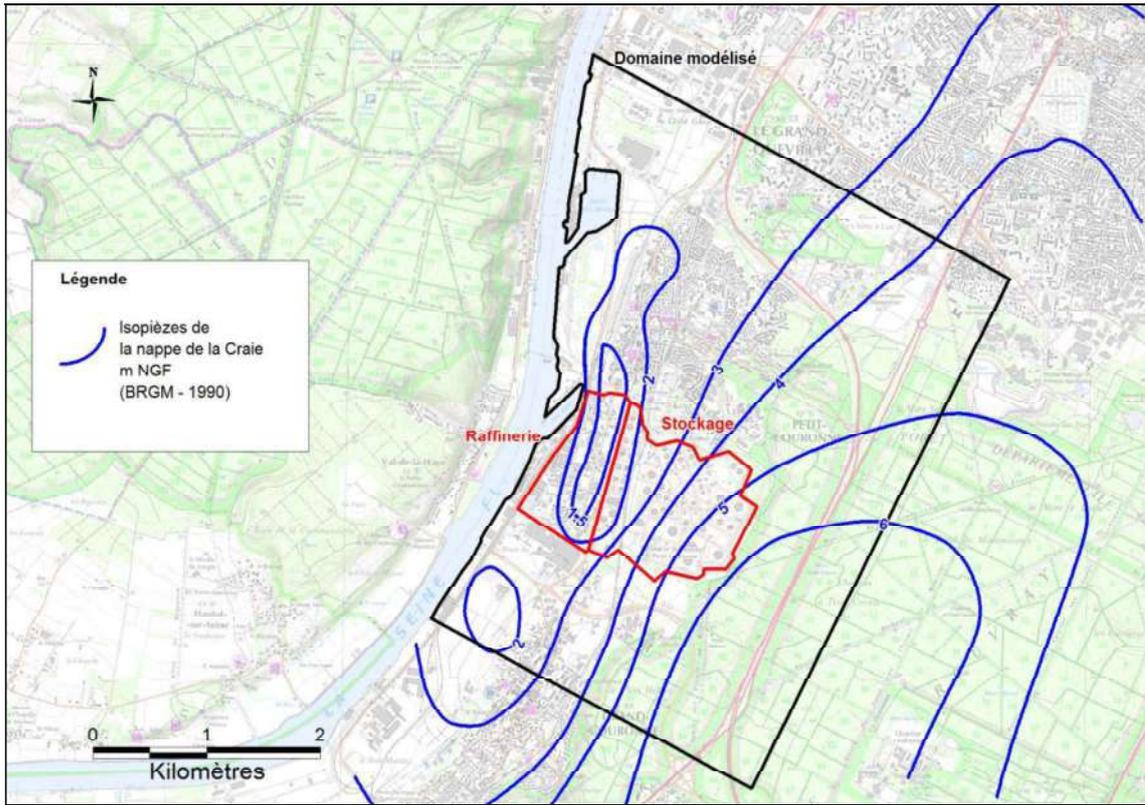


Figure 10 : Isopièzes de la nappe de la Craie – Extrait de la carte hydrogéologique de Seine-Maritime au 1/25 000ème, BRGM, 1990

2.3.2 Données piézométriques sur le site

2.3.2.1 Campagne initiale d'avril 2013

Afin d'obtenir des mesures des niveaux d'eau sur le site pour actualiser la piézométrie du modèle, une campagne piézométrique a été réalisée en avril 2013 : deux mesures ont été effectués sur chaque point, une en « basses eaux » de la Seine (marée basse) et une seconde en « hautes eaux » (marée haute). Les résultats de cette campagne sont présentés dans le Tableau 1 tandis que la localisation des points de mesure ainsi que de la nappe captée par les ouvrages sont présentées en Figure 11.

Deux points de mesure sur la Seine ont été suivis :

1. Point en Seine 1 : ce point est situé dans la zone de SHELL 6 ;
2. Point en Seine 2 : ce point est situé dans la zone de SHELL 1.

PETROPLUS
Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

On peut voir dans le Tableau 1 que :

- les mesures au droit des piézomètres ne sont pas synchrones par rapport aux mesures du niveau de la Seine. Cette désynchronisation est par ailleurs variable d'un ouvrage à l'autre entre la mesure à marée basse et la mesure à marée haute. Par exemple, le niveau de l'ouvrage Pz B41 a été mesuré à 15h55 en situation de marée haute, soit 40 mn après la mesure du niveau de Seine (« Point en Seine 2 » mesuré à 15h15) tandis que le niveau à marée basse a été mesuré à 12h25 au droit de cet ouvrage, soit 1h30 après la mesure du niveau de Seine correspondante (« Point en Seine 2 » mesuré à 10h55) ;
- les valeurs maximales et minimales de Seine sont de 0,64 m NGF en situation de marée basse et de 3,62 m NGF en situation de marée haute (valeurs mesurées au droit du « Point en Seine 2 »). Du fait du caractère ponctuel de ces mesures, il n'est pas certain que ces dernières traduisent les valeurs extrêmes réellement atteintes par la Seine lors du cycle de marée correspondant. Ce qui est confirmé par l'amplitude du niveau de Seine observée lors des mesures en continu entre le 29/05/2013 et le 03/06/2013 (cf. Figure 8).

Ainsi, il semble difficile d'utiliser ces données piézométriques pour interpréter l'influence des marnages de la Seine sur les niveaux d'eau dans les formations modélisées et en tirer une répartition spatiale des paramètres hydrodynamiques à affecter dans le modèle.

Néanmoins, l'observation de ces données semble indiquer que :

- dans le secteur de SHELL 1, le niveau d'eau dans les piézomètres captant les alluvions modernes (Pz Quai 300, Pz B41) ne varie quasiment pas entre les hautes eaux et les basses eaux de la Seine. Il reste par ailleurs supérieur au niveau de la Seine : dans ce secteur, la nappe contenue dans les alluvions modernes semble donc perchée au dessus du niveau de la Seine ;
- de même, en bordure de Seine au niveau de SHELL 6, la nappe contenue dans les alluvions modernes semble perchée au dessus du niveau de la Seine (cf. niveaux d'eau observés dans les piézomètres captant les alluvions modernes Pz3 SIREC et Pz4 SIREC) ;
- au contraire, dans les piézomètres captant les alluvions modernes en bordure de Seine au sud de SHELL 6 (PTW2 à PTW5), le niveau d'eau varie entre les hautes eaux et les basses eaux de la Seine. En situation de basses eaux de la Seine (1,00 m NGF mesuré au droit de « Point en Seine 1 »), il est supérieur au niveau de la Seine, tandis qu'en situation de hautes eaux (3,56 m NGF mesuré au droit de « Point en Seine 1 »), il est inférieur au niveau de Seine. Dans ce secteur, la nappe contenue dans les alluvions modernes est soit alimentée, soit drainée par la Seine en fonction des marées ;

Le comportement de la nappe contenue dans les alluvions modernes est donc variable sur l'ensemble du site, traduisant l'hétérogénéité de la formation.

- sur l'ensemble de la raffinerie, dans les piézomètres captant les alluvions anciennes et la craie, la nappe d'eau est soit drainée, soit alimentée par la Seine en fonction du niveau de cette dernière ;
- sur la zone de stockage du site, les niveaux d'eau mesurés dans les piézomètres captant la craie (LM 1, Pz B845 et Pz B421) ne varient pas en fonction des niveaux de Seine. A cette distance de la Seine, l'influence du cycle des marées de cette dernière sur le niveau de la nappe de la craie semble donc fortement atténuée.

PETROPLUS
Raffinerie de PETIT-COURONNE (76)
Impact de l'arrêt du puits SHELL1 sur les pollutions en nappe

Sur la base de ces observations, comme cela a été présenté précédemment, des enregistreurs des niveaux d'eau en continu (sur un pas de 5 mn) ont donc été installés sur 4 ouvrages captant des nappes d'eau différentes dans le secteur autour de SHELL1, zone d'intérêt pour les simulations du devenir des polluants suite à l'arrêt de cet ouvrage. Un point sur la Seine a également été suivi (« Point en Seine 2 »). La localisation de ces points de suivi est présentée sur la Figure 7.

Ces données seront prioritairement utilisées pour le calage des paramètres hydrodynamiques du modèle.

Tableau 1 : Campagne piézométriques initiale sur les ouvrages du site (avril 2013) – SHELL 1 en fonctionnement

Nom	Niveau « marée basse » (m NGF)	Horaire de mesure	Niveau « marée haute » (m NGF)	Horaire de mesure
Pz B851	2.39	11:10	2.43	15:20
PTS FAREU	2.79	10:45	2.83	15:05
Pz B850	2.91	10:55	2.95	15:10
Pz B845	2.38	10:45	2.36	15:00
P4	2.25	10:40	2.27	14:50
Pz GALERIE 2	2.27	10:30	2.25	14:45
Pz B421	2.30	11:40	2.32	15:45
LM1	4.05	11:25	4.07	15:30
P3	2.45	12:35	3.50	16:00
Pz B41	4.09	12:25	4.52	15:55
Pz B6827	1.84	12:20	2.76	15:45
Pz BASCULE	5.18	11:30	5.28	16:15
Pz DB4	1.79	11:35	2.75	16:10
Pz B308	1.85	11:20	2.57	16:15
PTS METAL	2.26	11:15	2.32	16:30
SHELL 1	-0.92	11:10	-0.03	16:35
Pz CLAUD	2.25	10:33	2.31	14:45
Pz MAGASIN	2.28	12:05	2.50	15:30
MW2	2.21	12:00	2.40	15:25
SHELL 4	2.27	11:50	2.44	15:05
SHW2	2.30	11:55	2.41	15:10
Pz4 TER	2.35	12:00	2.44	15:20
Pz QUAI300	3.44	11:00	3.59	15:22
Pz QUAI460	2.14	10:53	2.43	15:12
PTS PETIT BASSIN	1.90	10:45	2.57	15:05
PTW2	1.93	10:50	2.53	15:10
PTW3	2.20	10:35	2.19	14:55
PTW4	2.27	10:30	2.20	14:48
PTW5	2.00	10:40	2.51	15:00
Pz SDC	2.20	11:10	2.48	15:32
SHELL 6	1.60	11:34	1.88	15:56
Pz4 SIREC	3.84	10:11	3.83	14:54
Pz3 SIREC	3.86	10:06	3.72	14:48
Pz LBM	2.12	10:25	2.60	15:06
Pz DOCK	2.17	10:20	2.68	15:00
Pz NORMANDIE	2.41	11:11	2.46	15:33
Pz CORNEILLE	2.33	10:54	2.45	15:19
Pz ATELIERS	2.35	11:00	2.44	15:23
POINT EN SEINE 2	0.64	10:55	3.62	15:15
POINT EN SEINE 1	1.00	10:03	3.56	14:45

2.3.3 Variations piézométriques sous l'influence des marnages de la Seine

Comme cela a été montré précédemment, les niveaux d'eau dans les réservoirs aquifères du site varient quotidiennement sous l'effet des marées de la Seine. L'amortissement de l'amplitude des variations de la Seine dans le signal piézométrique des ouvrages suivis, captant différentes nappes, permet d'obtenir des indications sur la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques des différentes formations aquifères.

2.4 Conditions aux limites

Les conditions aux limites adoptées sont présentées sur la Figure 12.

Les différentes limites sont :

- 01 – la Seine - limite à charge imposée – limite d'entrée d'eau ou de sortie d'eau en fonction de la charge imposée par la Seine ;
- 02 et 04 – limites à flux nul : pas d'échange d'eau – limites perpendiculaires aux isopièzes ;
- 03 – limite amont d'entrée d'eau – ligne de partage des eaux souterraines de la boucle de la Seine d'après la carte piézométrique de la nappe de la Craie de 1990 (cf. Figure 10).

Dans le modèle, les limites 02, 03 et 04 à flux nul n'ont donc pas de contribution active aux variations de charges hydrauliques du modèle et ne font qu'enregistrer passivement les variations de charges générées par les variations pluviométriques, les sollicitations de la nappe en pompage (SHELL 6) ainsi que les charges imposées par la Seine en aval du modèle.