

4.2 Concentrations simulées en régime permanent – SHELL 1 arrêté

Conformément à notre proposition initiale, une simulation en régime d'hydraulique permanente et en régime de transport permanent a été réalisée avec l'ouvrage SHELL 1 arrêté. La Figure 26 et la Figure 27 présentent les concentrations simulées respectivement dans la craie (couche 4) et dans les sables limoneux (couche 1). Pour le régime d'hydraulique permanente, un niveau de 4,13 m NGF a été imposé sur la Seine, correspondant à une situation de marée haute.

Comme le montre la Figure 26, le panache de pollution dans la craie dû aux concentrations sources imposées dans la craie et les alluvions modernes s'étend jusque la Seine (1 200 µg/l en Z2 autour de Pz Claus, 1 600 µg/l en Z3 autour de Pz Galerie 2 et 4 500 µg/l en Z4 au nord-est de Pz B6827). Néanmoins le champ des concentrations les plus fortes est principalement orienté vers SHELL 6 qui pompe dans la craie à un débit de 450 m³/h. Ainsi dans cette simulation, une pollution ayant lieu sur la raffinerie même dans sa partie sud (cas de Z3) semble être captée par SHELL 6 et donc attirée en dehors de la limite nord du site dans le secteur de la gare routière.

Enfin on note sur la Figure 26 que la source imposée en Z1 dans les sables limoneux (couche 1) n'atteint pas la craie (couche 4), du fait de la faible perméabilité affectée aux limons argileux (couche 2) dans ce secteur ($3 \cdot 10^{-8}$ m/s).

La Figure 27 montre quant à elle que le panache de pollution généré par la source Z1, concentration permanente de 1 200 µg/l imposée dans la couche 1 autour de Pz Bascule, s'étend au-delà de la limite sud du site mais n'atteint pas la Seine. En dehors de ce panache, on observe de faibles concentrations dans les sables limoneux dues à la remontée des panaches de pollution des couches sous-jacentes issus des concentrations sources Z2, Z3 imposées dans la craie et Z4 imposées dans les alluvions anciennes.

Comme cela a été montré précédemment, l'utilisation d'un régime d'hydraulique permanent ne permet pas de prendre en compte la dynamique de Seine. Les concentrations calculées ne reflètent donc pas les phénomènes réellement à l'œuvre. Par ailleurs l'utilisation d'un régime permanent pour le calcul de transport ne permet pas d'observer l'évolution dans le temps du panache de concentrations ainsi que l'évolution des flux massiques en amont immédiat de la Seine. Les résultats de ce régime permanent sont donc mis de côté.

Par la suite, des simulations en régime d'hydraulique transitoire et en régime de transport transitoire ont donc été réalisées.

A noter par ailleurs qu'en régime permanent, le facteur de retard n'intervient pas¹¹.

¹¹ Source : Hydrogéologie quantitative - G. De Marsily - 1981

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

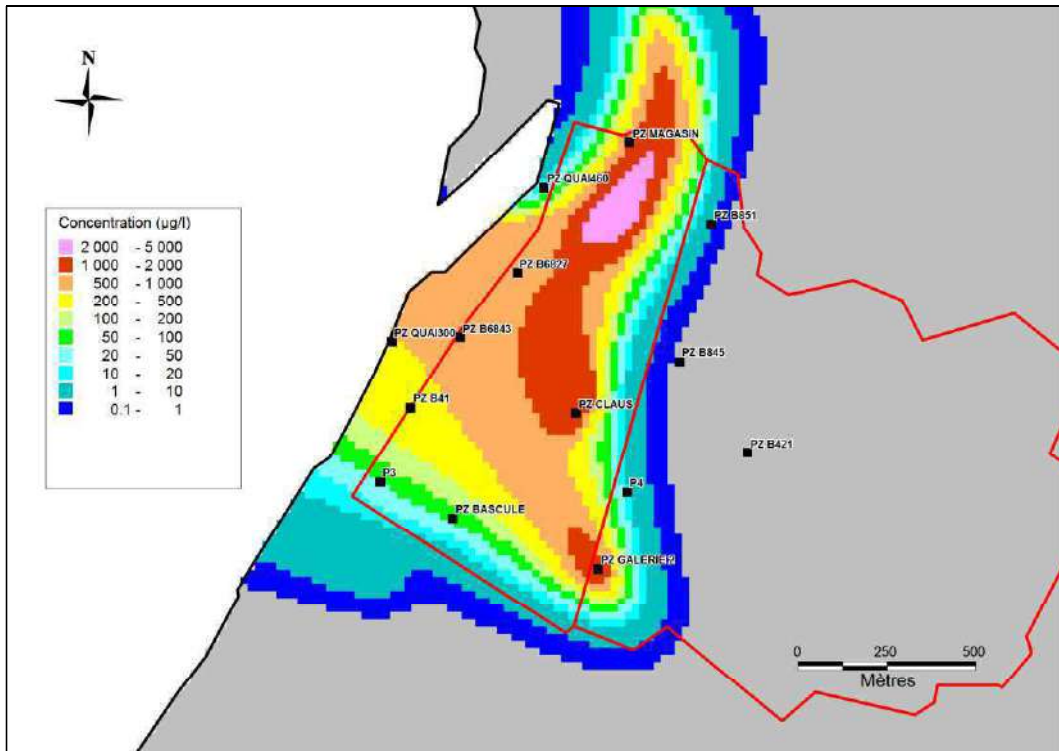


Figure 26 : Concentrations simulées en régime permanent dans la craie (couche 4)

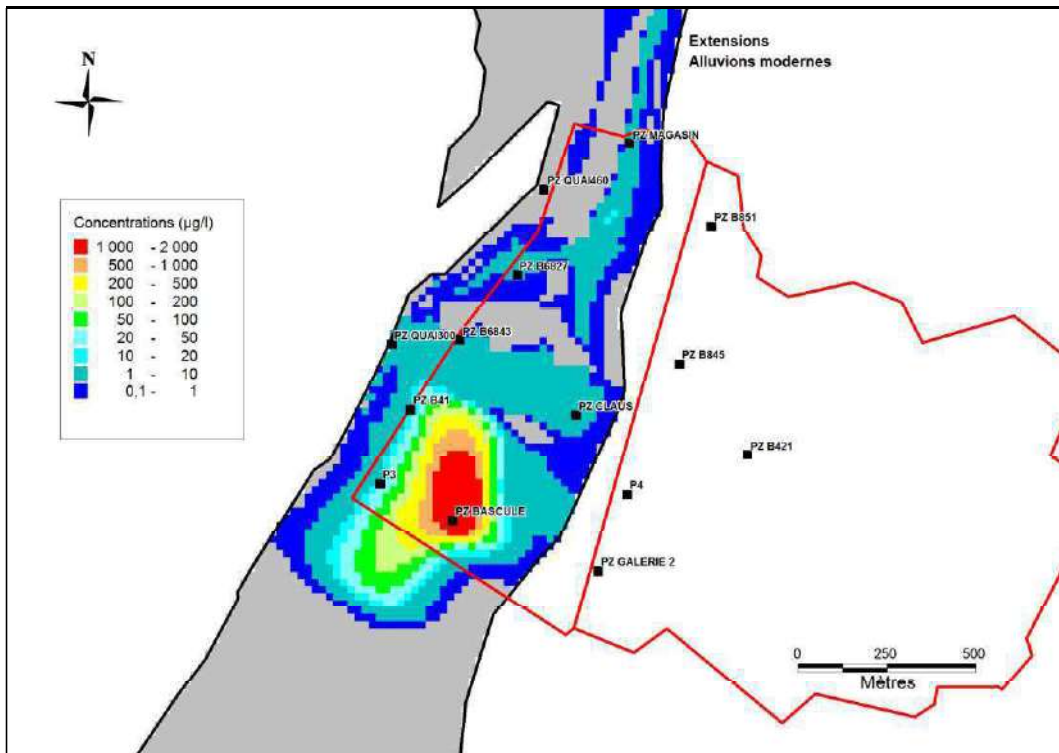


Figure 27 : Concentrations simulées en régime permanent dans les sables limoneux (couche 1)

4.3 Concentrations simulées en régime transitoire

4.3.1 Impact de l'arrêt de SHELL 1

► Craie – couche 4

La Figure 28 présente les concentrations simulées dans la craie (couche 4) à partir des 4 sources permanentes de pollution au bout de 200 jours. Dans cette simulation SHELL 1 est à l'arrêt. La Figure 29 présente quant à elle les concentrations simulées dans la craie au bout de 200 jours avec SHELL 1 maintenu en fonctionnement à 150 m³/h.

La Figure 28 montre que par rapport à la simulation réalisée en régime permanent avec un niveau de Seine constant, les panaches de pollution dus aux sources restent plutôt concentrés autour de ces dernières. Ceci est dû aux variations horaires des niveaux de Seine qui entraînent des inversions régulières des directions d'écoulements ainsi que des gradients faibles (cf. Figure 22, Figure 23 et Figure 24 du paragraphe 3.4.2 Charges piézométriques dans la nappe de la craie – échanges avec la Seine), ce qui a pour effet de fixer la pollution en nappe et de maintenir l'extension des panaches de pollution autour de leurs sources. Ainsi, plus la source est proche de la Seine, plus cette dernière est impactée. C'est notamment le cas de la source Z4 qui est par ailleurs la source la plus concentrée (4 500 µg/l). Néanmoins, au bout de 200 jours de simulation, on commence à observer l'effet de SHELL 6 sur le panache de pollution dû à cette source, phénomène qui devrait vraisemblablement s'accroître sur le long terme.

L'utilisation du régime transitoire (hydraulique et transport) montre donc qu'avec SHELL 1 à l'arrêt les sources de pollution Z2 et Z4 situées sur la raffinerie impactent dans un premier temps la Seine puis l'extérieur nord du site et SHELL 6.

Dans le cas d'un régime permanent, le niveau haut de la Seine impose des niveaux hauts constants dans la nappe de la craie et donc un fort gradient hydraulique permanent entre la raffinerie et SHELL 6 en pompage. Cette situation favorise les écoulements des eaux souterraines du site vers SHELL 6 et donc la convection de la pollution vers le nord du site.

La Figure 29 montre quant à elle que la mise en fonctionnement de SHELL 1 permet de limiter l'extension du panache de pollution dû à la source Z3 (1 600 µg/l imposée dans la craie autour de Pz Galerie 2) en limite extérieur sud du site. La pollution est ainsi confinée sur le site. La pollution issue de la source Z2 (1 200 µg/l imposée dans la craie autour de Pz Claus) est également captée par SHELL 1.

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

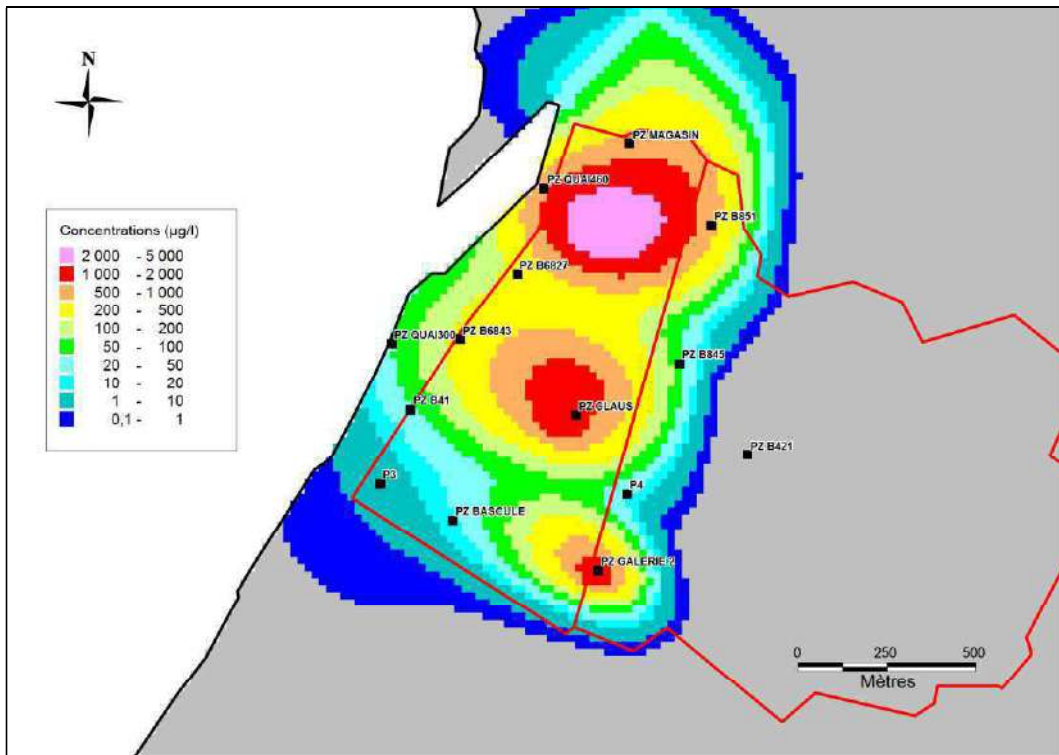


Figure 28 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 200 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté

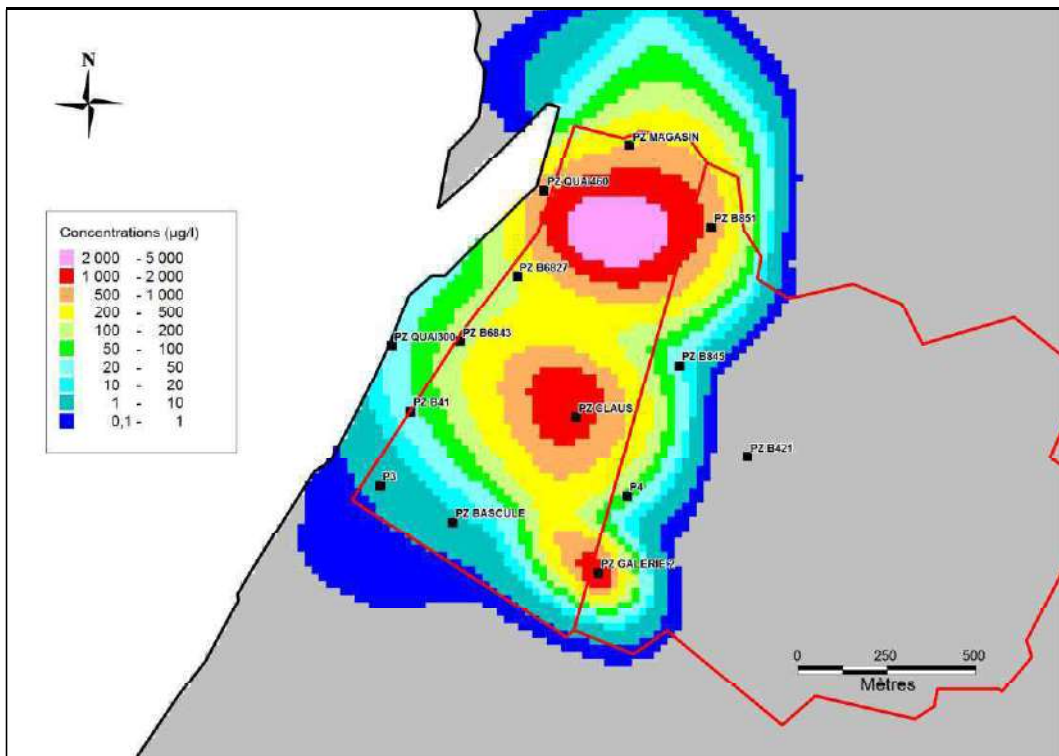


Figure 29 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 200 jours – R = 10 – SHELL 1 en fonctionnement

► Sables limoneux – couche 1

La Figure 30 présente les concentrations simulées dans les sables limoneux (couche 1) à partir des 4 sources permanentes de pollution au bout de 200 jours et avec SHELL 1 arrêté. A noter que seule la source Z1 est imposée dans la couche 1 (1 200 µg/l imposée autour de Pz Bascule) tandis que les autres sources de pollution sont directement imposées dans la craie (couche 4) et les alluvions anciennes (couche 3). La Figure 29 présente la même simulation mais avec SHELL 1 maintenu en fonctionnement à 150 m³/h.

On peut voir sur la Figure 30 qu'au bout de 200 jours, le panache de pollution dû à la source Z1 s'étend au-delà des limites sud de la raffinerie en dehors du site. On voit également l'apparition dans la couche 1 de concentrations issues des sources de pollution imposées dans les couches sous-jacentes, en particulier la zone source Z4 au nord de la raffinerie. Dans ce secteur, les perméabilités affectées aux sables limoneux (couche 1) et aux limons argileux (couche 2) sont les plus élevées du modèle pour ces deux formations, de $1,7 \cdot 10^{-5}$ m/s pour la couche 1 et $1 \cdot 10^{-6}$ m/s pour la couche 2. Ceci favorise localement les échanges verticaux entre les couches du modèle mais également l'influence du pompage de SHELL 6 sur cette nouvelle zone de pollution qui apparaît dans la couche 1. Ainsi, sur le long terme, l'étirement de ce panache de pollution dans les alluvions modernes en direction de SHELL 6 devrait vraisemblablement s'accroître.

La Figure 31 montre quant à elle que la mise en fonctionnement de SHELL 1 a un impact négligeable sur l'extension du panache de pollution dû à la source Z1 autour de Pz Bascule au sud du site. En effet dans le modèle, SHELL 1 pompe dans la craie (couche 4) qui dans ce secteur est séparée des sables limoneux (couche 1) par des limons argileux peu perméables (valeur $3 \cdot 10^{-8}$ m/s affecté à la couche 2). A la différence de la zone Z4, ceci limite fortement les échanges vers le bas de la couche 1 vers les couches 3 et 4. Par ailleurs, le fort contraste entre les perméabilités affectées aux sables limoneux (couche 1) et aux limons argileux (couche 2) entre le secteur de Pz Bascule et l'extérieur du site (cf. Figure 18 et Figure 19) entraînent un fort gradient de charge perpendiculaire à la Seine en direction du sud. Ce gradient explique l'extension du panache de pollution issu de Pz Bascule vers l'extérieur du site. A noter qu'aucune information sur la lithologie et donc la perméabilité des alluvions modernes n'est disponible en limite extérieure sud du site.

Sous réserve des hypothèses sur les épaisseurs et les paramètres hydrodynamiques affectées aux formations dans ce secteur, une pollution dans les sables limoneux au sommet des alluvions modernes ne pourrait pas être confinée rapidement par un pompage dans SHELL 1 et s'étendrait vraisemblablement en dehors des limites du site.

Le piézomètre Pz Bascule, au droit duquel une concentration en hydrocarbures C5-C10 a été mesurée à 1 200 µg/l sous flottant en 2013, n'a pas été équipé d'enregistreur en continu des niveaux d'eau. Néanmoins, les mesures ponctuelles réalisées en 2013 au droit de cet ouvrage captant les alluvions modernes indiquent que son niveau ne varie quasiment pas entre une situation de basses eaux et une situation de hautes eaux de la Seine. Il a par ailleurs été mesuré à plus de 5 m NGF soit nettement au-dessus des niveaux de Seine mesurés à cette période. Enfin sa coupe lithologique indique une présence d'argile sableuse plastique entre 5 et 11 m de profondeur (cf. Annexe 2). **Ceci semble confirmer la faible perméabilité des alluvions modernes dans ce secteur ce qui tend à valider les résultats présentés ci-avant.**

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

Pour confirmer ces hypothèses et ces résultats, de nouveaux ouvrages aux alluvions modernes pourraient être réalisés en limite extérieure sud du site afin de tester les paramètres hydrodynamiques de la formation dans cette zone, d'évaluer l'influence réelle d'un pompage de SHELL 1 en dehors du site et d'évaluer les concentrations en hydrocarbures dans les eaux souterraines. Le cas échéant, des pompages de confinement de la pollution dans ces ouvrages pourraient être envisagés.

Remarque : sur la Figure 30 et la Figure 31, on note l'apparition de concentrations élevées le long de la Seine dans les sables limoneux (couche 1) au sud du Pz Quai 460. Ceci s'explique par le fait que dans le modèle, le cours d'eau n'est pas physiquement représenté. La Seine est modélisée par des mailles supplémentaires longeant la limite ouest du domaine modélisé et qui prolongent l'extension des formations géologiques. La charge de la Seine, qui varie selon le pas de temps considéré, est imposée dans ces mailles. Par contre, lors des calculs de transport de la pollution, ces mailles participent à la convection-dispersion de la pollution dans les différentes couches. Ainsi lorsque la Seine est en position d'alimentation des eaux souterraines du site, les concentrations présentes dans ces mailles « Seine » (non représentées sur les figures du rapport) vont entrer à nouveau dans le domaine modélisé. En réalité, les concentrations qui remontent des couches sous-jacentes en couche 1 dans les mailles « Seine » sont diluées dans le cours d'eau puis transportées en dehors de la zone d'étude vers l'aval Seine. Ainsi, les concentrations simulées en bordure Seine ont tendance à être surévaluées par le modèle, notamment dans le secteur de la source Z4.

Pour pallier ce problème un modèle couplé nappe-rivière pourrait être mis en œuvre avec le code de calcul MARTHE¹². Dans un tel modèle, les charges ne sont plus imposées en Seine mais le cours d'eau évolue librement en fonction des fluctuations marégraphiques et des paramètres du cours d'eau défini préalablement. Les simulations permettent alors de calculer les concentrations simulées dans le fleuve. Néanmoins, les données nécessaires pour la mise en place d'un tel modèle sont nombreuses : cote absolue du fond de l'eau, épaisseur du lit, perméabilité du lit, débit amont, pente du lit, etc. Or il n'est pas prévu d'acquérir ces données dans la présente étude. Il aurait donc fallu prendre des ordres de grandeurs des paramètres, sans garantie quant à la robustesse finale du modèle. Par ailleurs la largeur de la Seine (environ 300 m), nettement supérieure à la largeur des mailles du modèle (20 m), nécessiterait des ajustements techniques dans la construction d'un tel modèle.

Ainsi, au vu des résultats issus du modèle mis en œuvre, ce dernier apparaît satisfaisant pour obtenir les réponses aux questions initialement posées.

¹² Source : Couplage Nappe-Rivières et Nappe-Drains : Bilans hydroclimatiques - Note technique NT EAU 2004/19 - 2^{ème} édition - octobre 2008 - BRGM

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

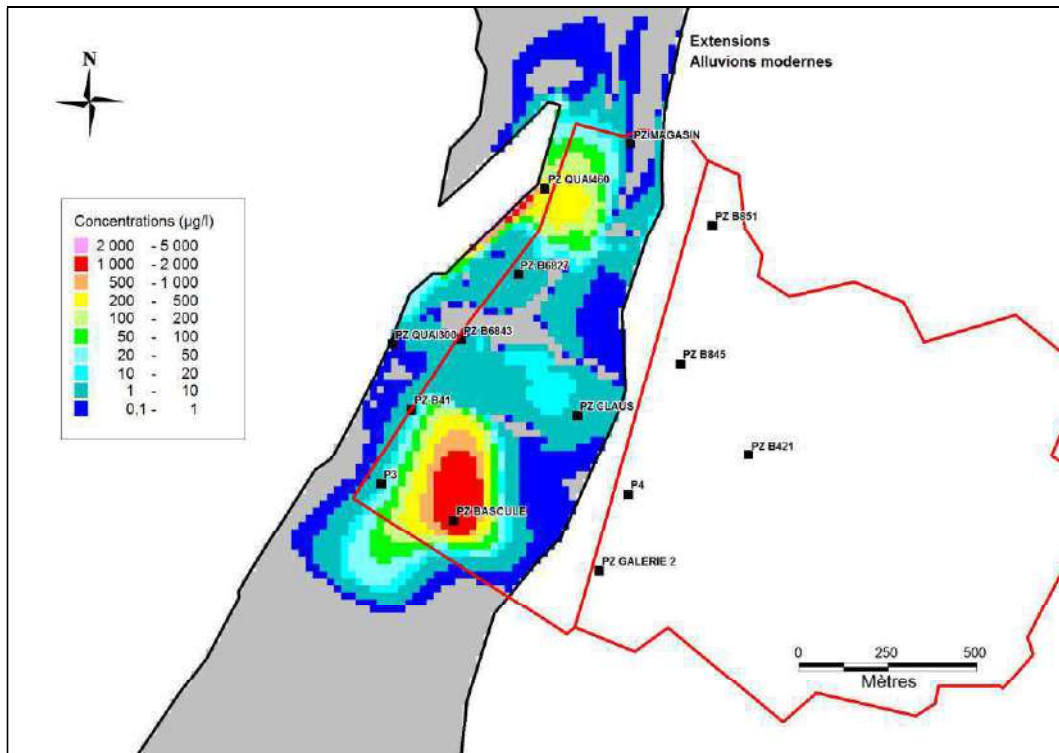


Figure 30 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 200 jours
 – R = 10 – SHELL 1 arrêté

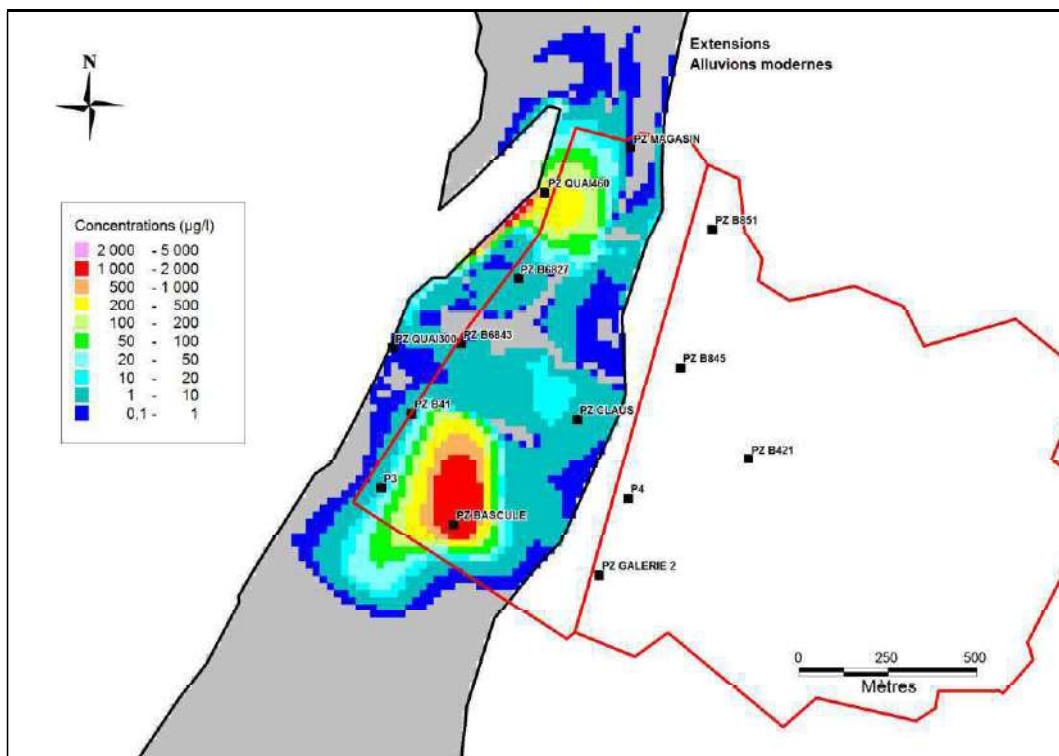


Figure 31 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 200 jours
 – R = 10 – SHELL 1 en fonctionnement

4.3.2 Sensibilité du facteur de retard – SHELL 1 arrêté

Afin d'évaluer l'importance du facteur retard dans les temps d'évolution des panaches de pollution, deux simulations ont été réalisées en prenant en compte les valeurs minimales et maximales de K_{oc} données par la bibliographie concernant les hydrocarbures indice C5-C10 à dominante aliphatiques et aromatiques (cf. paragraphe 4.1.3 Propriétés du polluant considéré). Dans ces simulations, SHELL 1 est à l'arrêt. La Figure 32 présente les concentrations simulées dans la craie (couche 4) au bout de 20 jours avec un facteur retard de 10. La Figure 33 présente les concentrations simulées dans la craie au bout de 20 jours avec un facteur retard de 350. La Figure 34 et la Figure 35 présente les résultats des 2 simulations pour les sables limoneux (couche 1).

On peut voir sur la Figure 33 qu'avec un facteur retard de 350, au bout de 20 jours, les panaches de pollution sont nettement plus concentrés autour des zones sources qu'avec un facteur retard de 10. Avec un facteur retard de 10, la pollution se déplace d'environ 300 m plus loin. **La pollution générée par la zone source Z4, imposée dans les alluvions anciennes, n'a pas atteint les bords de Seine au bout de 20 jours avec un facteur retard de 350. Alors qu'avec un facteur retard de 10, les bords de Seine sont fortement impactés dès 20 jours.**

On observe les mêmes résultats sur pour les sables limoneux (couche 1).

Ainsi, comme attendu, les temps de transfert de la pollution en hydrocarbures au droit du site sont très sensibles aux valeurs de facteur de retard prises dans les simulations, valeurs qui dépendent de la pollution considérée et du terrain. Par ailleurs, parmi les concentrations en hydrocarbures indice C5-C10 mesurées sur le site, les hydrocarbures indice C7-C8 présentent les teneurs les plus élevées. D'après la bibliographie, ces hydrocarbures présentent un K_{oc} de 4 000 mg/kg_{oc}, soit pour une foc de 1.10^{-3} , un facteur de retard de 45. **On se situerait donc dans une situation intermédiaire entre les deux simulations réalisées.**

Afin d'évaluer plus précisément le facteur de retard, le coefficient de partage sol-eau (K_d) des hydrocarbures retrouvés dans les eaux souterraines du site pourrait être mesuré en suivant la méthode des tests-batches en laboratoire mise au point par l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis (US EPA) et présentée en Annexe 3 du document cité en note de bas de page n°9. Cette procédure prévoit notamment des analyses des eaux souterraines du site (ph, Ca, Mg, Na, K, Cl, N_{O_3} , S_{O_4} , C_{O_3} , HC_{O_3}) ainsi que de la matrice rocheuse sur laquelle les hydrocarbures sont adsorbés (analyse minéralogique, capacité d'échange cationique, teneur en eau, granulométrie).

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

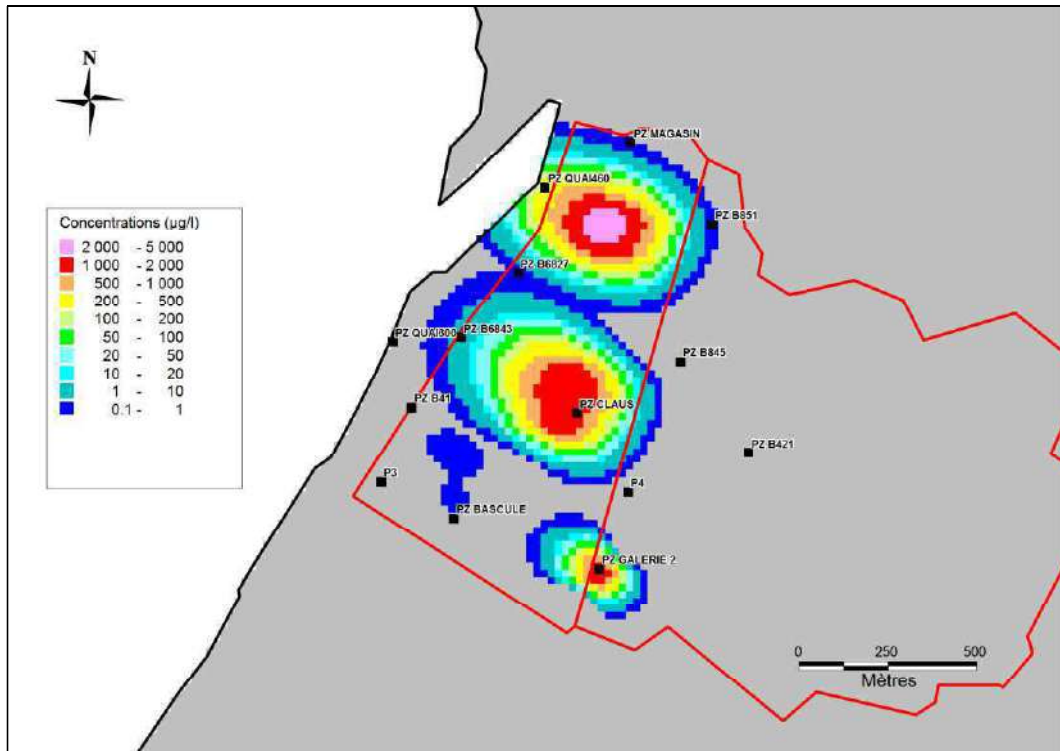


Figure 32 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 20 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté

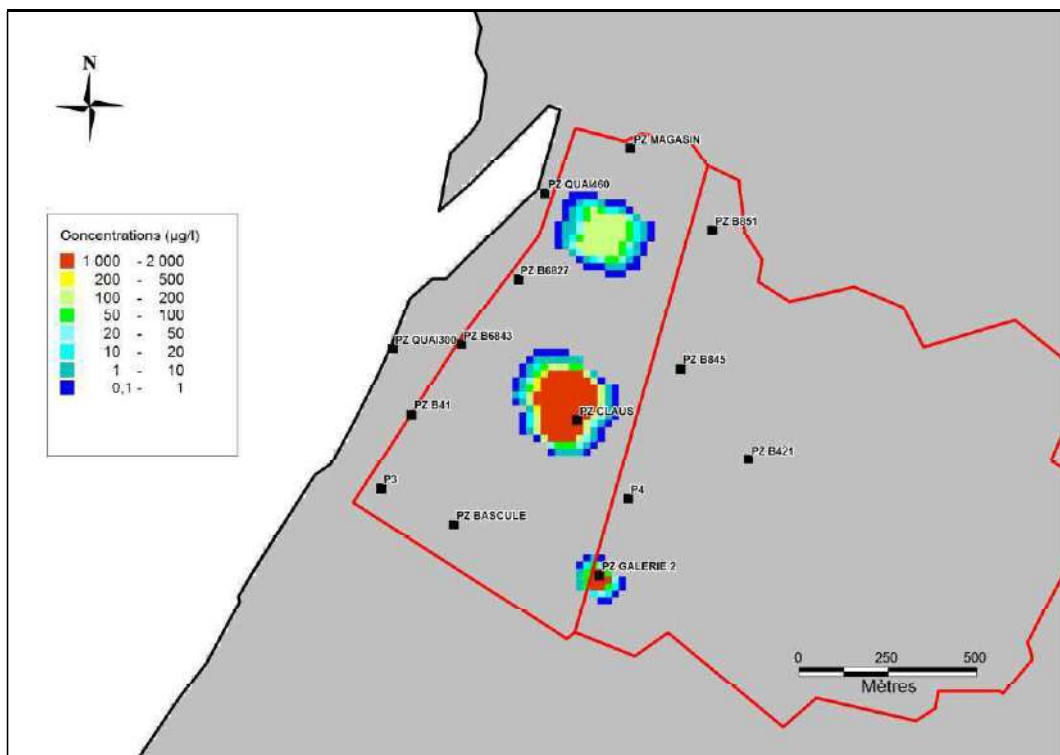


Figure 33 : Concentrations simulées en régime transitoire dans la craie (couche 4) à 20 jours – R = 350 – SHELL 1 arrêté

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

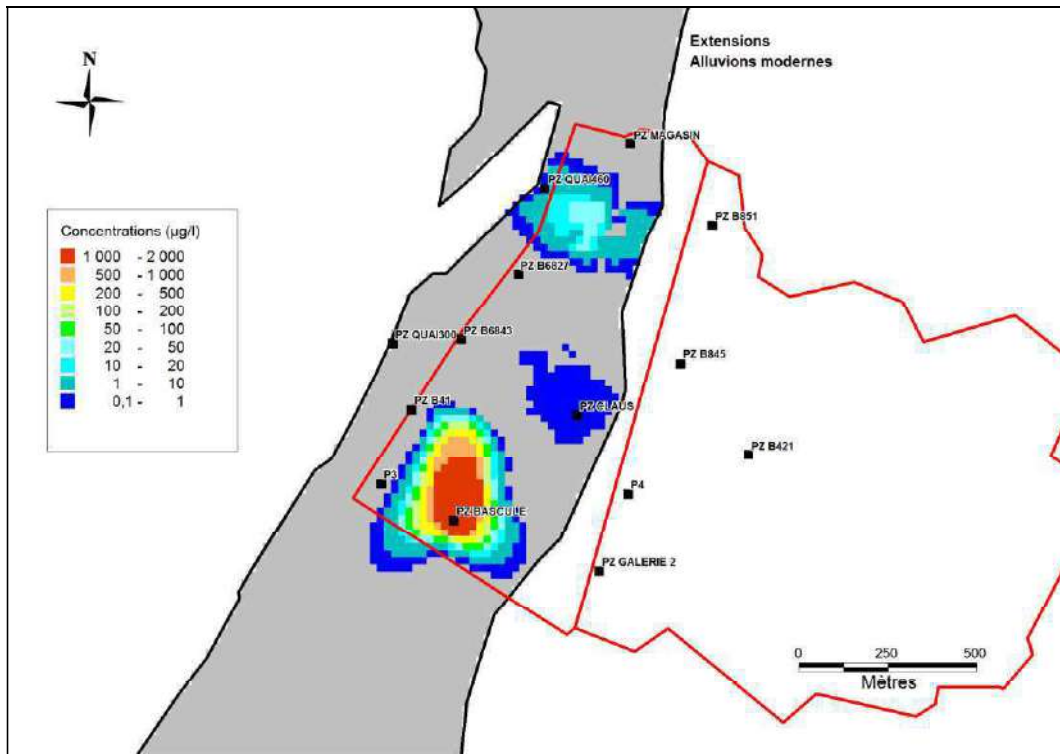


Figure 34 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 20 jours – R = 10 – SHELL 1 arrêté

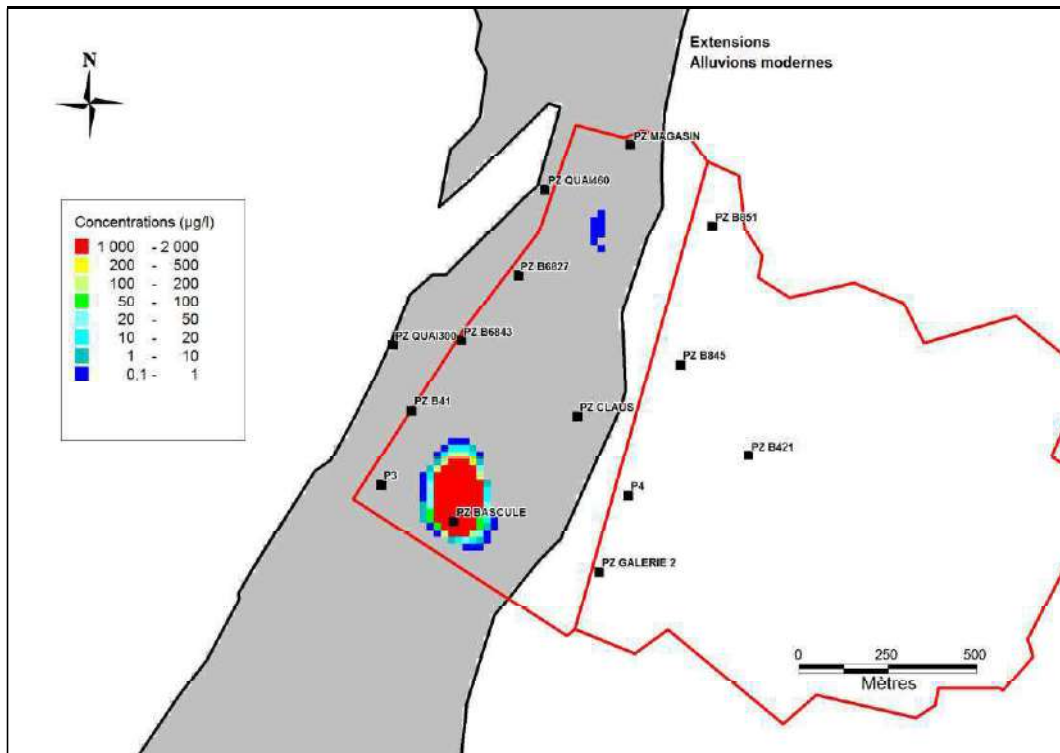


Figure 35 : Concentrations simulées en régime transitoire dans les sables limoneux (couche 1) à 20 jours – R = 350 – SHELL 1 arrêté

4.4 Flux massiques simulés en amont Seine

Dans les différentes simulations réalisées, les flux massiques de polluant (kg/h) dans les mailles situées le long de la Seine dans le domaine modélisé ont été calculés.

4.4.1 Régime permanent

Le flux massique en hydrocarbures indice C5-C10 sortant des couches du modèle en amont immédiat de la Seine calculé en régime permanent est présenté dans le Tableau 8. Ce flux est rapporté au débit d'étiage de la Seine, $200 \text{ m}^3/\text{s}^{13}$, afin d'évaluer de manière pénalisante l'ordre de grandeur de la concentration en pollution dans le cours d'eau. Ainsi, le flux maximal simulé en amont Seine en régime permanent, dans la craie, correspond à une concentration en Seine de $0,0125 \text{ } \mu\text{g/l}$, soit nettement inférieur aux limites de qualité eaux brutes (AP du 11/01/2007) pour les hydrocarbures (1 mg/l).

Tableau 8 : Flux massiques (kg/h) simulés en amont Seine en régime permanent

	Sables limoneux (couche 1)	Limons argileux (couche 2)	Alluvions anciennes (couche 3)	Craie (couche 4)
Flux massique sortant amont Seine (kg/h)	1.10^{-6}	8.10^{-7}	2.10^{-3}	9.10^{-3}

4.4.2 Régime transitoire

En régime transitoire, la Figure 36 présente les flux massiques simulés en amont Seine en sortie de la craie (couche 4). Du fait de la dynamique des marées de Seine, ce flux évolue quotidiennement. **Les valeurs maximales obtenues, lorsque la Seine draine les eaux souterraines du site, au bout de 200 jours sont de l'ordre de $0,5 \text{ kg/h}$, soit une concentration en Seine de $0,7 \text{ } \mu\text{g/l}$. Cette concentration est nettement inférieure aux limites de qualité eaux brutes pour les hydrocarbures (1 mg/l).**

La Figure 37 présente l'évolution des flux massiques simulés sortant de la craie en amont Seine lorsque SHELL 1 est en fonctionnement et lorsque SHELL 1 est arrêté. Sur cette figure, seuls les flux massiques maximum simulés sur un cycle de marée (soit toutes les 12 heures) sont présentés. On peut voir que :

- Après 200 jours, l'augmentation du flux commence à s'infléchir pour atteindre un pallier. Après cette date, la valeur du flux ne dépassera vraisemblablement pas les 1 kg/h , soit une concentration en Seine de $1,4 \text{ } \mu\text{g/l}$, dix fois inférieure à la limite de qualité eaux brutes pour les hydrocarbures (1 mg/l) ;
- La mise en fonctionnement de SHELL 1 permet de limiter les flux en Seine issus de la craie : en effet, comme cela a été montré précédemment, les prélèvements dans SHELL 1 permettent de confiner la pollution issue des sources Z2 et Z3.

¹³ Source : Il correspond au QMNA (débit moyen sur 30 jours minimum annuel) de période retour 5 ans (« sèche ») considéré sur la base d'une synthèse des données tirées de banque HYDRO et des stations hydrométriques du secteur (Rouen amont – station H9900010 et Caudebec en Caux – H9920010)

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

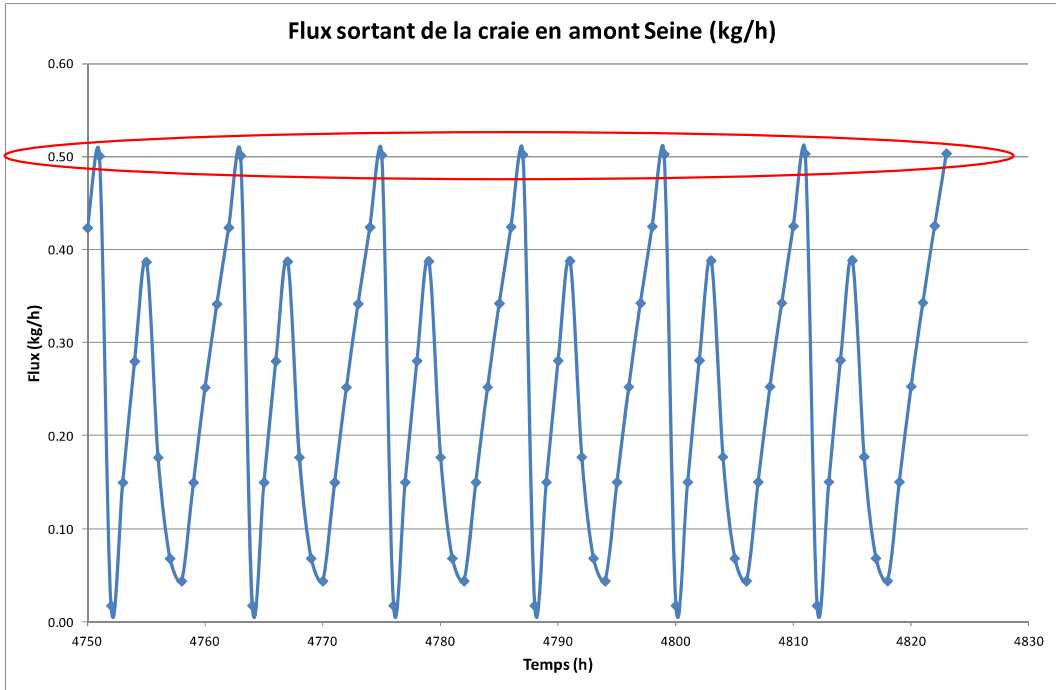


Figure 36 : Flux massiques simulés en régime transitoire en amont seine dans la craie (couche 4) – R = 10 – SHELL 1 arrêté

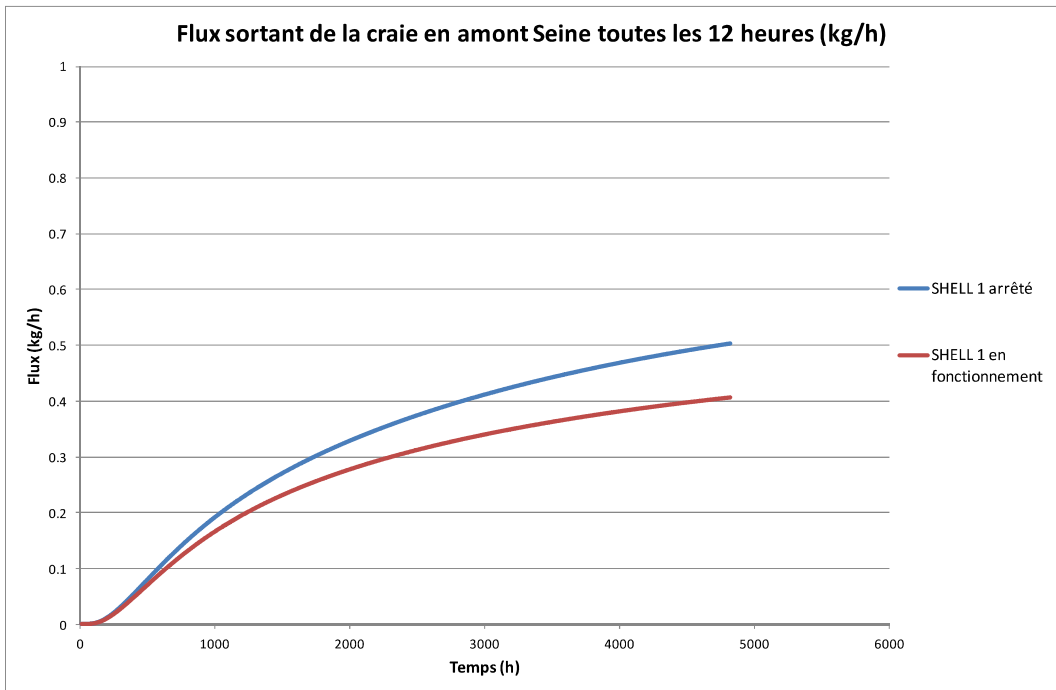


Figure 37 : Incidence de la mise en fonctionnement de SHELL 1 sur les flux massiques simulés en régime transitoire dans la craie (couche 4) – R = 10

5 Conclusions

L'analyse du contexte hydrogéologique du site, les coupes des piézomètres réalisés aux alluvions dans le secteur SHELL 1 en 2012 ainsi que les résultats des campagnes piézométriques réalisées sur les ouvrages du site (mesures ponctuelles d'avril 2013 et mesures en continu de mai/juin 2013) ont permis d'élaborer un modèle des écoulements souterrains transitoire prenant en compte les dynamiques liées aux marées de Seine. Sur la base du calage obtenu, les variations de charges imposées en Seine entraînent des inversions quotidiennes des écoulements des eaux souterraines du site avec des gradients faibles. Par ailleurs après calage, les deux couches constituant les alluvions modernes dans le modèle (sables limoneux et limons argileux) ont été affectées de faibles valeur de perméabilités dans le secteur de SHELL 1, limitant ainsi les échanges verticaux entre les couches dans cette zone.

Initialement, il était prévu de réaliser des simulations en régime d'hydraulique et de transport permanent. Or les simulations en régime d'hydraulique permanent ne permettent pas de prendre en compte la dynamique de Seine et maximisent l'effet du pompage dans SHELL 6 sur les directions d'écoulement des eaux souterraines de la raffinerie. Ainsi en régime permanent, le panache de pollution simulé au droit du site dans la craie sur la base de zones sources potentielles de pollution est principalement orienté en direction de SHELL 6. L'utilisation d'un régime d'hydraulique transitoire a montré au contraire que les variations quotidiennes des écoulements souterrains sous l'effet de la Seine ont pour conséquence de fixer la pollution en nappe et de maintenir l'extension des panaches de pollution autour de leurs sources. Ainsi les sources de pollution simulées situées sur la raffinerie impactent dans un premier temps la Seine puis l'extérieur nord du site et SHELL 6.

Toutefois, les flux massiques sortant de la craie en amont Seine sont faibles, inférieurs à 1 kg/h, et donc l'ordre de grandeur des concentrations en hydrocarbures dans la Seine reste nettement inférieure à la limite de qualité eaux brutes de 1 mg/l. Ces flux ont par ailleurs été simulés sur la base de sources permanentes de pollution, ce qui constitue une hypothèse pénalisante.

La mise en fonctionnement de SHELL 1 permet de minimiser encore ce flux massique arrivant en Seine. Par ailleurs, dans le cas de sources de pollution localisées dans les alluvions anciennes et la craie, le fonctionnement de SHELL 1 permet de confiner la pollution au droit du site, en particulier dans sa limite sud.

A contrario, sur la base des hypothèses sur les épaisseurs et les paramètres hydrodynamiques affectées aux formations dans le secteur SHELL 1, une pollution dans les sables limoneux (couche 1) au sommet des alluvions modernes ne pourrait pas être confinée rapidement par un pompage dans SHELL 1 et s'étendrait vraisemblablement en dehors des limites du site. Ces résultats s'expliquent notamment par le fort gradient de charges induit par le contraste des perméabilités affectées dans les limons argileux après calage (couche 2) entre le sud de la raffinerie autour de Pz Bascule et la limite extérieur. Les mesures de niveau réalisées sur Pz Bascule, la coupe géologique de l'ouvrage ainsi que les suivis en continu réalisés sur Pz B41 semblent confirmer la faible perméabilité des alluvions modernes dans ce secteur tandis qu'aucune information n'est disponible en dehors du site.

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

Ainsi, de nouveaux ouvrages aux alluvions modernes pourraient être réalisés en limite extérieure sud du site afin de tester les paramètres hydrodynamiques de la formation alluviale dans cette zone, d'évaluer l'influence réelle d'un pompage de SHELL 1 en dehors du site et d'évaluer les concentrations en hydrocarbures dans les eaux souterraines. Le cas échéant, des pompages de confinement de la pollution dans ces ouvrages pourraient être envisagés.

Enfin, d'après la bibliographie, les hydrocarbures mesurés dans les eaux souterraines du site ont une aptitude non négligeable à s'adsorber sur les formations rencontrées. La prise en compte dans les simulations d'un facteur de retard lié à l'adsorption ralentit l'extension des panaches de pollution autour des sources. En fonction de la valeur choisie (ici 10 et 350), les temps de transfert peuvent être fortement augmentés. Ainsi le temps que mettrait une pollution dans les alluvions anciennes ou la craie au nord de la raffinerie pour atteindre le secteur de SHELL 6 dépend significativement de ce coefficient de retard. Afin d'évaluer plus précisément sa valeur, le coefficient de partage sol-eau (K_d) des hydrocarbures retrouvés dans les eaux souterraines du site pourrait être mesuré selon les techniques en vigueur.

Des reconnaissances complémentaires de la qualité des sols et des eaux souterraines sont en cours sur la raffinerie. Elles permettront d'améliorer la connaissance du passif environnemental du site. Une actualisation du modèle pourra être éventuellement nécessaire.

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

Observations sur l'utilisation du rapport

Observation 1

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Observation 2

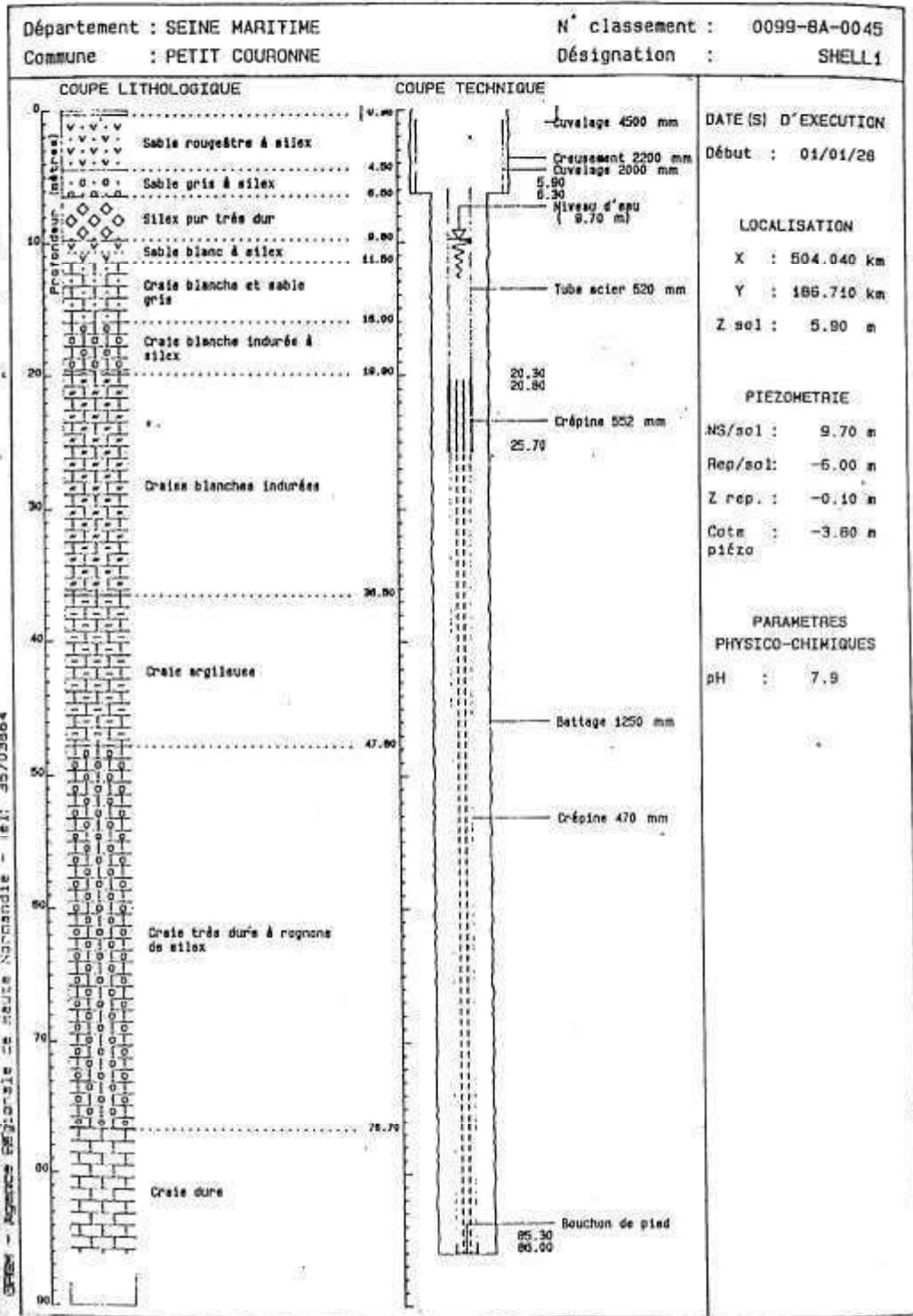
La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Annexe 1.

Coupe technique de SHELL 1

(1 page)

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



Annexe 2.

Coupes techniques des piézomètres du secteur SHELL 1 réalisés en 2012

(9 pages)

Annexe 3.

Résultats analytiques – Campagne de prélèvements d'eaux souterraines 2012

(1 page)

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

		CAP1			MILTHUIT				CAP3	BASSIN				
		PZ B41	PZ B6843	PZ B6827	PZ Galerie 2	PZ B845	P4	PZ B421	PZ B853	PZ Magasin	PZ Quai 210	PZ Quai 220	PZ Quai 300	PZ Quai 460
Indice hydrocarbure C5	µg/l	<8	<8	920	<80	170	<80	<8	230	<80	<8	9	<80	11
Indice hydrocarbure C6	µg/l	<8	<8	520	170	41	<80	<8	190	<80	<8	<8	<80	42
Indice hydrocarbure C7	µg/l	<8	18	980	330	63	160	13	400	86	<8	30	190	57
Indice hydrocarbure C8	µg/l	<8	51	1 000	570	86	470	22	220	96	<8	<8	230	35
Indice hydrocarbure C9	µg/l	<8	24	270	250	94	97	24	<80	<80	<8	<8	<80	<8
Indice hydrocarbure C10	µg/l	<8	42	310	280	66	<80	9	450	<80	<8	12	<80	59
Indice hydrocarbure (C5-C10)	µg/l	<50	135	4 000	1 600	520	727	68	1 490	<500	<50	51	<500	204
Indice hydrocarbure C10-C40	mg/l	<0,05	0,12	0,39	<0,05	0,35	0,09	0,46	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,54
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	0,11	0,51	<0,05	0,18	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,21
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	0,09	0,28	<0,05	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,2
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,09	0,09	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Benzène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<1,0	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	1,2	540	0,9
Toluène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<1,0	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
Ethylbenzène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<1,0	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
m-, p-Xylène	µg/l	<0,5	<0,5	6	<5	<1,0	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
o-Xylène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<1,0	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
Cumène	µg/l	<0,5	4,6	29	38	<1,0	<5	<0,5	53	<5	<0,5	<0,5	<5	9,7
m-, p-Ethyltoluène	µg/l	<0,5	<0,5	6	<5	<1,0	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
Mésitylène	µg/l	<0,5	<0,5	5	<5	<1,0	<5	2,7	5	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
o-Ethyltoluène	µg/l	<0,5	<0,5	13	<5	<1,0	<5	0,9	<6	<5	<0,5	<0,5	<5	0,6
Pseudocumène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<1,0	<5	<0,5	12	<5	<0,5	<0,5	<5	<0,5
Somme des CAV	µg/l	-/-	4,6	59	38	-/-	-/-	3,6	70	-/-	-/-	1,2	540	11,2
Chlorure de vinyle	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlorométhane	µg/l	<0,5	<0,5	<6	<8	<0,6	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,9
Trichlorométhane	µg/l	<0,5	<0,5	<7	<5	<0,5	<5	1,2	<12	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,7	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tétrachloroéthylène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l	<0,5	<0,5	<5	<5	<0,5	<5	<0,5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Somme des COHV	µg/l	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	1,2	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Chrome (Cr) total	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	11	<5
Nickel (Ni)	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10	25	13
Cuivre (Cu)	µg/l	<5	7	<5	<5	<5	<5	<5	7	<5	8	6	26	10
Zinc (Zn)	µg/l	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	85	<50
Arsenic (As)	µg/l	52	78	44	10	16	38	<3	8	<3	4	29	78	28
Cadmium (Cd)	µg/l	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
Mercure (Hg)	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Plomb (Pb)	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	35	<10
Naphtalène	µg/l	<0,05	<0,12	1	<0,13	<0,11	<0,19	0,25	2	<0,05	<0,05	<0,04	<0,05	<0,31
Acénaphthylène	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	<0,41	<0,31	<0,02	<0,78	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,09
Acénaphthène	µg/l	0,03	0,26	0,69	0,25	2,4	0,75	0,06	3,4	0,29	<0,02	<0,02	0,03	2,3
Fluorène	µg/l	0,02	<0,45	<2,9	<0,31	<2,5	1,4	0,08	2,9	0,24	<0,02	<0,02	<0,02	<3,6
Phénanthrène	µg/l	0,04	0,17	1	<0,02	<0,25	1	0,08	4,2	0,16	<0,02	<0,02	<0,02	<0,12
Anthracène	µg/l	<0,02	<0,04	<0,06	<0,02	<0,22	<0,05	<0,02	<0,72	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,22
Fluoranthène (*)	µg/l	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,39
Pyrène	µg/l	<0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	<0,02	0,28	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,26
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,08
Chrysène	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,1
Benzo(b)fluoranthène (*)	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07
Benzo(k)fluoranthène (*)	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Benzo(a)pyrène (*)	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04
Dibenzo(ah)anthracène	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Indéno(123-cd)pyrène (*)	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03
Benzo(ghi)peryène (*)	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03
Somme des HAP	µg/l	0,09	0,5	2,71	0,36	2,46	3,18	0,47	12,9	0,71	-/-	0,02	0,03	3,27
Somme des 6 HAP (*)	µg/l	-/-	0,05	-/-	-/-	0,02	-/-	-/-	0,09	-/-	-/-	-/-	-/-	0,53


Annexe 3.

Carte des zones impactées en hydrocarbures

(1 page)

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



	ANCIENNE RAFFINERIE PETROPLUS PLAN DE GESTION Des parcelles AM 40 et AM 100	Page : 70/74
		Date : 24/05/2019
		N° 16B76-PLMM

Annexe 3 : Schéma général d'implantation des ouvrages interceptant les eaux souterraines

Implantation des ouvrages recoupant les eaux souterraines

