

Unité départementale du Littoral
Rue du Pont de Pierre
CS 60036
59820 GRAVELINES

GRAVELINES, le 03/05/2023

Rapport de l'Inspection des installations classées

Visite d'inspection du 10/02/2023

Contexte et constats

Publié sur  **GÉORISQUES**

TOTALENERGIES Raffinage France SA

Port 4780 - 4780 Route du Fortelet
BP 79
59279 Dunkerque

Références : H:_Commun\2_Environnement\01_Etablissements\Equipe_G1\
TOTAL_DPCO_Dépôt_Mardyck_070.00918\2_Inspections\2023 02 10 insp récolement zone sud 3\
Code AIOT : 0007000918

1) Contexte

Le présent rapport rend compte de l'inspection réalisée le 10/02/2023 dans l'établissement TOTALENERGIES Raffinage France SA implanté Etablissement des Flandres - Port 4780 - Route du Fortelet BP 79 - MARDYCK 59279 Dunkerque. Cette partie « Contexte et constats » est publiée sur le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/>).

Les informations relatives à l'établissement sont les suivantes :

- TOTALENERGIES Raffinage France SA
- Etablissement des Flandres - Port 4780 - Route du Fortelet BP 79 - MARDYCK 59279 Dunkerque
- Code AIOT : 0007000918
- Régime : Autorisation
- Statut Seveso : Seveso seuil haut

- IED : Non

Ce dépôt fait partie de l'entité DPCO : Dépôt Pétrolier de la Côte d'Opale, qui regroupe le dépôt de Mardyck et ses appointements ainsi que le dépôt de Gravelines. L'ensemble est inclus dans l'Établissement des Flandres de TotalEnergies.

La capacité de stockage de liquides inflammables sur le site de Mardyck est constituée de plusieurs dizaines de réservoirs relevant de la rubrique ICPE 4734. Les principaux produits stockés sont des essences et du gazole.

Le site DPCO de Mardyck est soumis à plusieurs arrêtés préfectoraux dont l'arrêté préfectoral complémentaire du 30/07/2021 donnant acte de l'étude de dangers déposée en 2020. Le dépôt de Mardyck est classé Seveso Seuil Haut.

Les thèmes de visite retenus sont les suivants :

- Récolement de la cessation d'activité pour la zone sud 3

2) Constats

2-1) Introduction

Le respect de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement relève de la responsabilité de l'exploitant. Le contrôle des prescriptions réalisé ne se veut pas exhaustif, mais centré sur les principaux enjeux recensés et à ce titre, ne constitue pas un examen de conformité de l'administration à l'ensemble des dispositions qui sont applicables à l'exploitant. Les constats relevés par l'inspection des installations classées portent sur les installations dans leur état au moment du contrôle.

A chaque point de contrôle est associée une fiche de constat qui comprend notamment les informations suivantes :

- le nom donné au point de contrôle ;
- la référence réglementaire de la prescription contrôlée ;
- si le point de contrôle est la suite d'un contrôle antérieur, les suites retenues lors de la précédente visite ;
- la prescription contrôlée ;
- à l'issue du contrôle :
 - le constat établi par l'inspection des installations classées ;
 - les observations éventuelles ;
 - le type de suites proposées (voir ci-dessous) ;
 - le cas échéant la proposition de suites de l'inspection des installations classées à Monsieur le Préfet; il peut par exemple s'agir d'une lettre de suite préfectorale, d'une mise en demeure, d'une sanction, d'une levée de suspension, ...

Il existe trois types de suites :

- « avec suites administratives » : les non-conformités relevées conduisent à proposer à Monsieur le Préfet, conformément aux articles L.171-7 et L.171-8 du code de l'environnement,

des suites administratives. Dans certains cas, des prescriptions complémentaires peuvent aussi être proposées ;

- « susceptible de suites administratives » : lorsqu'il n'est pas possible en fin d'inspection de statuer sur la conformité, ou pour des faits n'engageant pas la sécurité et dont le retour à la conformité peut être rapide, l'exploitant doit transmettre à l'inspection des installations classées dans un délai court les justificatifs de conformité. Dans le cas contraire, il pourra être proposé à Monsieur le Préfet, conformément aux articles L.171-7 et L.171-8 du code de l'environnement, des suites administratives ;
- « sans suite administrative ».

2-2) Bilan synthétique des fiches de constats

Les fiches de constats disponibles en partie 2-4 fournissent les informations de façon exhaustive pour chaque point de contrôle. Leur synthèse est la suivante :

Les fiches de constats suivantes ne font pas l'objet de propositions de suites administratives :

N°	Point de contrôle	Référence réglementaire	Si le point de contrôle provient d'une <u>précédente</u> inspection : suite(s) qui avai(ent) été donnée(s)	Autre information
1	Travaux de remise en état	AP Complémentaire du 05/06/2014, article 3	/	Sans objet
2	Analyse des Risques Résiduels	AP Complémentaire du 05/06/2014, article 4	/	Sans objet
3	Récolement	Code de l'environnement du 16/10/2007, article R-512-39-3	/	Sans objet

2-3) Ce qu'il faut retenir des fiches de constats

L'inspection considère, sur la base des constats réalisés et des documents transmis (mémoire de fin de travaux, analyse des risques résiduels) que la zone sud 3 a été remise en état pour permettre un nouvel usage industriel.

Le présent rapport a valeur de procès-verbal de récolement au sens des dispositions de l'article R.512-39-3 du code de l'environnement (dans sa rédaction applicable à la présente cessation partielle d'activité qui avait été déclarée avant le 1er juin 2022).

L'inspection invite Monsieur le préfet à transmettre une copie du rapport :

- au Grand Port Maritime de Dunkerque, propriétaire des terrains ;
- à la Communauté Urbaine de Dunkerque, Etablissement Public de Coopération Intercommunale compétent en matière d'urbanisme.

La demande d'instauration de servitudes d'utilité publique fera l'objet d'une instruction spécifique.

2-4) Fiches de constats

N° 1 : Travaux de remise en état

Référence réglementaire : AP Complémentaire du 05/06/2014, article 3
Thème(s) : Risques chroniques, sites et sols pollués
Point de contrôle déjà contrôlé : Sans Objet
Prescription contrôlée : Article 3 Traitement des sols L'exploitant traite les sources de pollution définies dans les études susmentionnées 3.2 Objectifs de réhabilitation Les travaux de réhabilitation doivent permettre de rendre compatible l'état des terrains avec un usage de type industriel. Toute modification de l'usage prévu pour le site nécessite la mise à jour préalable des études et le cas échéant, des travaux de remise en état à effectuer. Sur la base des stratégies définies dans les études susvisées, l'exploitant traite les sources de pollution conformément à son plan de gestion (excavation des terres et traitement de ces dernières dans une biopile sur site) et suivant les objectifs qu'il s'est fixés. 3.3 Contrôle de l'atteinte des objectifs A la fin des opérations de traitement des sources de pollution, l'exploitant réalise des prélèvements en quantité suffisante, en fond et flanc de fouilles, afin de caractériser la pollution résiduelle des sols. Les substances mesurées sur les prélèvements de sol comprennent a minima les substances suivantes : <ul style="list-style-type: none">• Hydrocarbures en distinguant notamment :<ul style="list-style-type: none">◦ les hydrocarbures aliphatiques C₅-C₆,◦ les hydrocarbures aliphatiques C_{>6}-C₈,◦ les hydrocarbures aliphatiques C_{>8}-C₁₀,◦ les hydrocarbures aromatiques C₅-C₇,◦ les hydrocarbures aromatiques C_{>7}-C₈,◦ les hydrocarbures aromatiques C_{>8}-C₁₀,• BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes,• HAP : naphtalène, acénaphthylène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo[g,h,i]pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène,• Solvants chlorés, notamment : trichlorométhane, tétrachlorométhane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,1,2-trichloroéthane,• Métaux. Des prélèvements de gaz de sols sont également effectués, a minima un prélèvement dans chacune des excavations réalisées. Les substances mesurées sur les prélèvements actifs de gaz de sol comprennent a minima les substances suivantes : <ul style="list-style-type: none">• Hydrocarbures en distinguant notamment :<ul style="list-style-type: none">◦ les hydrocarbures aliphatiques C₅-C₆,

- les hydrocarbures aliphatiques C₆-C₈,
- les hydrocarbures aliphatiques C₈-C₁₀,
- les hydrocarbures aromatiques C₅-C₇,
- les hydrocarbures aromatiques C₇-C₈,
- les hydrocarbures aromatiques C₈-C₁₀,
- BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes,
 - Solvants chlorés, notamment : trichlorométhane, tétrachlorométhane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,1,2-trichloroéthane,
 - HAP : naphtalène, acénaphthylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo[g,h,i]pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène.

L'exploitant fait procéder au contrôle des opérations susvisées au présent article par un organisme de contrôle indépendant du prestataire chargé de la dépollution. Les prélèvements et analyses en laboratoire accrédité ISO 17025 sont réalisés suivant les méthodes normalisées en vigueur applicables aux sols et aux déchets.

La dépollution est poursuivie tant que les objectifs de dépollution définis dans le plan de gestion et repris dans le présent article ne sont pas atteints et a fortiori tant que les expositions résiduelles ne sont pas acceptables.

L'exploitant complète le dossier de suivi prévu à l'article 2 par l'ensemble des résultats qui serviront à l'analyse des risques résiduels prévue à l'article 4 permettant de justifier que les conditions de remise en état du site sont compatibles avec un usage industriel (analyses de fin de traitement, méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse, représentativité du nombre d'analyses, interprétation des résultats et conclusions, justification des hypothèses retenues pour la modélisation et des valeurs toxicologiques de référence, prise en compte des incertitudes...).

Constats : L'exploitant a fait procéder aux travaux de remise en état pour la zone sud 3 (voir plan en annexe 1) en mars 2021.

Les zones sud 1 et 2 avaient déjà fait l'objet d'une réhabilitation. Des procès-verbaux de récolement ont été établis le 24 novembre 2014 pour la zone sud 1 et le 18 février 2015 pour la zone sud 2. La zone sud 1 accueille aujourd'hui le site Bionext et la zone sud 2 est celle sur laquelle la société Hydrométal porte un nouveau projet.

Le suivi des travaux a été réalisé par ARCADIS.

Vu le rapport de fin de travaux (document référencé AFR-TVX-10001-CRR-B04 du 15/11/2022) qui a été transmis à l'administration par courrier du 28 décembre 2022.

Une synthèse du rapport de fin de travaux, qui comporte notamment les analyses de sol (fonds et flancs de fouille) et les analyses de gaz du sol est présentée en annexe 2 du présent rapport.

Les objectifs de réhabilitation qui étaient fixés dans le plan de gestion ont été atteints.

Type de suites proposées : Sans suite

Proposition de suites : Sans objet

N° 2 : Analyse des Risques Résiduels

Référence réglementaire : AP Complémentaire du 05/06/2014, article 4
Thème(s) : Risques chroniques, sites et sols pollués
Point de contrôle déjà contrôlé : Sans Objet
Prescription contrôlée : Article 4 Analyse des risques résiduels finale Après la fin des travaux prévus à l'article 3 du présent arrêté, l'exploitant mène une démarche d'analyse des risques résiduels conforme à la méthodologie élaborée par le Ministère en charge de l'environnement. Cette démarche est menée selon un processus itératif : l'article 3 du présent arrêté ne pourra être considéré comme pleinement exécuté que si l'analyse des risques résiduels montre des niveaux de risques acceptables pour les futurs usagers du site. L'exploitant peut réaliser une seule analyse des risques ou plusieurs s'il dissocie la zone Sud en plusieurs zones cohérentes. Dans ce dernier cas, l'exploitant fournit un plan précis du zonage considéré. Dans chacune des zones, l'exploitant considère l'ensemble des polluants résiduels pertinents relevés et leur teneur maximale rencontrée dans les sols, les gaz des sols et les eaux souterraines. Cette teneur maximale peut résulter soit des analyses effectuées après excavation en fond et flancs de fouille, soit des analyses effectuées avant travaux pour les terrains non excavés. Pour chacune des substances pertinentes, l'exploitant étudie les effets cancérogènes, mutagènes, sur la reproduction et le développement, systémiques, et pour ces derniers les organes cibles. L' ou les analyse(s) des risques résiduels reprend(nent) l'ensemble des mesures de gestion retenues dans le cadre du plan de gestion (interdictions / limitation / précaution au niveau des usages des sols). Pour les effets à seuil, le risque est quantifié sous la forme d'un quotient de danger (QD) pour chaque substance et voie d'exposition. Pour les effets sans seuil, le risque est quantifié sous la forme d'excès de risque individuel (ERI) pour chaque substance et voie d'exposition. De plus, le cumul des effets entre voies et substances est traduit par la sommation des quotients de danger ou des excès de risque individuel, selon les règles suivantes : <ul style="list-style-type: none">• pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de danger, uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible,• pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risque individuel. L'exploitant transmet à l'inspection des installations classées et à Monsieur le Préfet du Nord, dans le délai fixé à l'article 10 du présent arrêté, l'analyse des risques résiduels finale. Constats : L' Analyse des risques résiduels (ARR) pour la zone sud 3 a été élaborée par Arcadis. Vu document référencé AFR-ARR-10002-RPT-B04 du 15/11/2022 qui a été transmis à l'administration par courrier du 28 décembre 2022. Une synthèse de cette ARR est présentée en annexe 2 du présent rapport. Le calcul de risque sanitaire est réalisé en se basant sur les teneurs résiduelles dans les sols et dans

les gaz du sols.

L'inspection a transmis une demande de compléments à l'exploitant par courrier du 03/04/2023.

L'exploitant a donc transmis une nouvelle version de l'ARR (notée B05) par courriel du 02/05/2023. Dans cette nouvelle version, le document est complété par un calcul de risque sanitaire basé sur les concentrations en polluants dans les sols et dans les eaux souterraines.

ARCADIS conclut que les concentrations résiduelles à l'issue des travaux de réhabilitation sont compatibles d'un point de vue sanitaire avec un usage de type industriel sur site au rez-de-chaussée d'un bâtiment construit sans niveau de sous-sol.

Il est également indiqué que ces résultats sont également valables pour un bâtiment construit sur un sous-sol.

Type de suites proposées : Sans suite

Proposition de suites : Sans objet

N° 3 : Récolement

Référence réglementaire : Code de l'environnement du 16/10/2007, article R-512-39-3
Thème(s) : Risques chroniques, sites et sols pollués
Point de contrôle déjà contrôlé : Sans Objet
Prescription contrôlée : <p>I. — Lorsqu'une installation classée soumise à autorisation est mise à l'arrêt définitif, que l'arrêt libère des terrains susceptibles d'être affectés à nouvel usage et que le ou les types d'usage futur sont déterminés, après application, le cas échéant, des dispositions de l'article R. 512-39-2, l'exploitant transmet au préfet dans un délai fixé par ce dernier un mémoire précisant les mesures prises ou prévues pour assurer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 compte tenu du ou des types d'usage prévus pour le site de l'installation. Les mesures comportent notamment :</p> <p>1° Les mesures de maîtrise des risques liés aux sols éventuellement nécessaires ;</p> <p>2° Les mesures de maîtrise des risques liés aux eaux souterraines ou superficielles éventuellement polluées, selon leur usage actuel ou celui défini dans les documents de planification en vigueur ;</p> <p>3° En cas de besoin, la surveillance à exercer ;</p> <p>4° Les limitations ou interdictions concernant l'aménagement ou l'utilisation du sol ou du sous-sol, accompagnées, le cas échéant, des dispositions proposées par l'exploitant pour mettre en œuvre des servitudes ou des restrictions d'usage.</p> <p>Pour les installations visées à la section 8 du chapitre V du présent titre, le mémoire contient en outre l'évaluation et les propositions de mesures mentionnées à l'article R. 515-75.</p> <p>II. — Au vu notamment du mémoire de réhabilitation, le préfet détermine, s'il y a lieu, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article R. 181-45, les travaux et les mesures de surveillance nécessaires. Ces prescriptions sont fixées compte tenu de l'usage retenu en tenant compte de l'efficacité des techniques de réhabilitation dans des conditions économiquement acceptables ainsi que du bilan des coûts et des avantages de la réhabilitation au regard des usages considérés.</p> <p>III. — Lorsque les travaux prévus dans le mémoire ou prescrits par le préfet sont réalisés, l'exploitant en informe le préfet.</p> <p>L'inspecteur de l'environnement disposant des attributions mentionnées au 2° du II de l'article L. 172-1 constate par procès-verbal la réalisation des travaux. Il transmet le procès-verbal au préfet qui en adresse un exemplaire à l'exploitant ainsi qu'au maire ou au président de l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière d'urbanisme et au propriétaire du terrain.</p> <p>Nota : il s'agit de la rédaction de l'article R.512-39-3 applicable à la remise en état de la zone sud 3, car la cessation d'activité a été déclarée avant le 01/06/2022</p> <p>Constats : Par courrier du 18 juin 2012, l'exploitant a notifié au préfet la mise à l'arrêt définitive des installations de la zone sud de l'Etablissement des Flandres en applications des articles R.512-39-1 et suivants du code de l'environnement.</p>

Par la suite, l'exploitant a transmis :

- un « mémoire de cessation d'activité » (SEVEQUE Environnement, rapport final d'études, référence 3-59-537, 6 juin 2012) ;
- un plan de gestion (SEVEQUE Environnement, plan de gestion pour la dépollution du site, référence RFE12-425-V02, 6 novembre 2013).

L'exploitant a proposé un usage futur non sensible : zone destinée à des bâtiments et installations à vocation industrielle ou artisanale. Il a consulté, par courriers du 23 mai 2012, le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD), propriétaire du terrain, et la Communauté Urbaine de Dunkerque, collectivité compétente en matière d'urbanisme, pour recueillir leur avis sur cette proposition.

Conformément à l'article R. 512-6 du Code de l'Environnement, les avis sont réputés favorables de façon tacite passé un délai de 45 jours.

Par arrêté préfectoral du 5 juin 2014, pris en application du II de l'article R. 512-39-3 du Code de l'environnement dans sa rédaction applicable, des travaux de réhabilitation et de surveillance de la zone sud ont été prescrits à Total Raffinage France pour une remise en état du site en vue de permettre un nouvel usage industriel.

Cet arrêté prévoit notamment que l'exploitant peut réaliser une seule analyse des risques ou plusieurs s'il dissocie la zone sud en plusieurs zones cohérentes (article 4) et que l'exploitant peut transmettre un mémoire de fin de travaux suivant ce zonage (article 7).

Compte tenu de la superficie de la zone sud, celle-ci a été divisée en trois zones selon le plan annexé (annexe 1).

En application du III de l'article R. 512-39-3 du Code de l'environnement, un procès-verbal de récolement a été établi par l'inspection des installations classées le 24 novembre 2014 pour la zone sud 1 et le 18 février 2015 pour la zone sud 2.

Par courrier du 28 décembre 2022, l'exploitant a transmis à Monsieur le préfet du Nord et à l'inspection des installations classées les documents relatifs à la réalisation des travaux prescrits pour la zone sud 3. La transmission comprend :

- le mémoire de fin de travaux incluant le dossier de suivi ;
- l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) finale ;
- un dossier comprenant les éléments nécessaires à l'institution de servitudes .
- la synthèse des mesures prises pour assurer la mise en sécurité de la zone

Suite à une demande de compléments adressée à l'exploitant le 03/04/2023, une nouvelle version de l'ARR a été transmise à l'inspection le 03/05/2023.

Lors de la visite du 10/02/2023 l'inspection a constaté :

- que la zone sud 3 est en partie clôturée (la zone correspondant à l'ancien campus entreprises). Une clôture sépare la zone sud du dépôt pétrolier de Mardyck.
- aucune installation ou déchet n'est présent sur le site
- toutes les cavités ont été comblées
- certains tas de matériaux doivent être régaliés sur le site

Suite à l'inspection, l'exploitant a transmis par courriel du 22 mars 2023 des photographies montrant que les matériaux ont été régaliés.

Compte tenu de ces constats, et au vu du mémoire de fin de travaux et de l'analyse des risques résiduels, l'inspection des installations classées considère que la zone sud 3 a été remise en état pour permettre un nouvel usage industriel.

Type de suites proposées : Sans suite

Proposition de suites : Sans objet

Annexe 1 - Découpage de la Zone sud



Analyse du mémoire de fin de travaux et de l'analyse des risques résiduels

1 – Introduction

La société Total Raffinage France (aujourd'hui TotalEnergies Raffinage France) a exploité, sur le site de la raffinerie des Flandres (aujourd'hui Établissement des Flandres) à Mardyck des activités de raffinage de pétrole et de stockage d'hydrocarbures.

Les activités de raffinage ont été mises à l'arrêt en 2010.

Par courrier du 18 juin 2012, l'exploitant a notifié au préfet la mise à l'arrêt définitive des installations de la zone sud de l'Établissement des Flandres en application des articles R.512-39-1 et suivants du code de l'environnement.

Par la suite, l'exploitant a transmis :

- un « mémoire de cessation d'activité » (SEVEQUE Environnement, rapport final d'études, référence 3-59-537, 6 juin 2012) ;
- un plan de gestion (SEVEQUE Environnement, plan de gestion pour la dépollution du site, référence RFE12-425-V02, 6 novembre 2013).

Par arrêté préfectoral du 5 juin 2014, pris en application du II de l'article R. 512-39-3 du Code de l'environnement dans sa rédaction applicable, des travaux de réhabilitation et de surveillance de la zone sud ont été prescrits à Total Raffinage France.

Cet arrêté prévoit notamment que l'exploitant peut réaliser une seule analyse des risques ou plusieurs s'il dissocie la zone sud en plusieurs zones cohérentes (article 4) et que l'exploitant peut transmettre un mémoire de fin de travaux suivant ce zonage (article 7).

Compte tenu de la superficie de la zone sud, celle-ci a été divisée en trois zones selon le plan annexé (annexe 1).

En application du III de l'article R. 512-39-3 du Code de l'environnement, un procès-verbal de récolement a été établi par l'inspection des installations classées (i) le 24 novembre 2014 pour la zone sud 1 et (ii) le 18 février 2015 pour la zone sud 2.

Par courrier du 28 décembre 2022, l'exploitant a transmis à Monsieur le préfet du Nord et à l'inspection des installations classées les documents relatifs à la réalisation des travaux prescrits pour la zone sud 3. La transmission comprend :

- le mémoire de fin de travaux incluant le dossier de suivi ;
- l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) finale ;
- un dossier comprenant les éléments nécessaires à l'institution de servitudes .
- la synthèse des mesures prises pour assurer la mise en sécurité de la zone

La présente annexe analyse les éléments transmis par l'exploitant à l'exception de la demande d'institution de servitudes d'utilité publique qui fera l'objet d'une instruction spécifique.

Suite à une demande de compléments adressée à l'exploitant le 03 avril 2023, l'exploitant a adressé une nouvelle version de l'ARR par courriel du 03 mai 2023.

2 – Mise en sécurité de la zone

Dans le document transmis, l'exploitant rappelle les mesures mises en œuvre pour assurer la mise en sécurité de la zone à savoir :

Démantèlement et mise en sécurité de la zone sud ex-campus

En 2021 dans le cadre de la mise à zéro énergie des anciennes installations, campus entreprises extérieurs, magasin produit chimique, parc environnement, fosse septique ont été nettoyés et démantelés.

Evacuation des produits dangereux

Les déchets ont été évacués selon les dates ci-dessous dans les filières autorisées et intégrées au registre déchets et aux déclarations trimestrielles et annuelles réglementaires :

- 2021 : Déchets issus du démantèlement de la zone hors sols
- 2021 : Déchets issus du démantèlement des réseaux en sous-sols.

Limitation d'accès

Cette zone est sous la surveillance de l'Établissement des Flandres.

Mise en sécurité des installations

Les tuyauteries ont été nettoyées, platinées et découpées comme les autres réseaux en limite unité et totalement retirés de la zone concernée.

Il ne subsiste plus dans cette zone d'équipement, de réseaux ou de produits pouvant générer un risque incendie ou explosion.

Surveillance des effets sur l'environnement

L'exploitant rappelle qu'il avait annexé à son précédent courrier du 18 juin 2012 (It-12-052-gd Pré-mémoire cessation d'activité zone Unités de l'Établissement des Flandres) la première partie du mémoire de cessation d'activité avec le rapport intitulé « Établissement des Flandres – Zone sud de cessation partielle d'activités pris en application de l'article R. 512-39-1 et suivants du code de l'environnement » qui présentait l'ensemble des études et diagnostics réalisés avant démantèlement des installations.

Avis de l'inspection

Lors de la visite d'inspection réalisée le 10 février 2023, l'inspection a constaté :

- que la zone sud 3 est séparée par une clôture de l'Établissement des Flandres ;
- qu'une partie de la zone sud 3 est clôturée (la partie correspondant à l'ancien campus entreprises le long du canal de Bourbourg)
- que des personnes migrantes sont installées à l'extérieur de la zone clôturée sur une partie de la zone sud 3 ainsi que sur la zone qui accueillait les éoliennes.

3 – Mémoire de fin de travaux

Le mémoire de fin de travaux est établi par ARCADIS, il porte la référence AFR-TVX-10001-CRR-B04 du 15/11/2022.

3-1 rappels

Le mémoire de cessation d'activité réalisé en 2012 et le plan de gestion de 2013 avaient mis en évidence la présence de 3 zones impactées dont les caractéristiques sont rappelées dans le tableau suivant :

Zone de pollution	Surface estimée	Profondeur de l'horizon contaminé	Polluants identifiés dans les sols	Informations complémentaires et incertitudes	Volume à décaisser pour atteinte des horizons pollués	Volume estimé de terres impactées à évacuer
Zone n°1 secteur sondage CAM35-2	30 m² max	1 – 1.5 m	HAP	Présence de produit surageant Nappe impactée	30 m³	30 m³
Zone n°2 secteur sondage CAM45	25 m² max	0 – 1 m	HCT	Présence de produit surageant Nappe impactée	-	25 m³
Zone n°3 secteur sondage CAM9bis	280 m² max	0 – 3.0 m	HCT / TPH / HAP	Présence de produit surageant Nappe impactée Modélisation SEVEQUE Environnement réaliste	-	750 m³
TOTAL					30 m³	environ 800 m³

Tableau 1 : récapitulatif des zones à traiter (données plan de gestion SEVEQUE Environnement)

Les principales exigences fixées par l'arrêté préfectoral complémentaire (APC) du 5 juin 2014 sont les suivantes :

- Les travaux doivent permettre de rendre compatible l'état des terrains avec un usage de type industriel ;
- Des prélèvements permettant de caractériser les concentrations résiduelles dans les sols après travaux doivent être réalisés en fond et flancs de fouille en quantité suffisante. Les objectifs de réhabilitation des sols à atteindre sont ceux définis dans le plan de gestion (rapport SEVEQUE Environnement n°RFE12-425-V02 en date du 6 novembre 2013).
- Des prélèvements de gaz du sol devront également être effectués dans chacune des excavations réalisées. Le programme des analyses sur les gaz du sol est détaillé dans la suite du document ;
- Les terres issues des excavations de réhabilitation devront être orientées vers une filière adaptée. Celles-ci peuvent être acheminées vers la plate-forme de traitement interne du site DPCO Mardyck, sous réserve qu'elles ne présentent pas de contamination aux métaux ;
- Les terres excavées devront faire l'objet d'une caractérisation chimique et d'un suivi permettant d'assurer leur traçabilité. Les lots de terres excavées devront être caractérisés par lots de 100 m³ maximum à partir de 5 prélèvements représentatifs. Le programme des analyses de caractérisation est repris ci-après ;

- La réalisation d'un mémoire de fin de travaux concernant les zones traitées, d'une analyse de risques résiduels ainsi que d'un dossier comprenant les éléments nécessaires à l'institution de servitudes.

Les objectifs de réhabilitation fixés à l'article 3.2 de l'APC du 5 juin 2014 sont ceux figurant dans le plan de gestion de l'exploitant, ils sont rappelés ci-après :

hydrocarbures [C₁₀ – C₄₀] : 6 500 ppm
 naphtalène : 1,2 ppm
 benzène : limite de quantification
 éthylbenzène : 0,24 ppm
 somme des xylènes : 4,6 ppm
 toluène : 150 ppm
 tétrachlorométhane : limite de quantification
 trichlorométhane : limite de quantification

TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE a proposé d'abaisser l'objectif à 5 000 ppm pour les hydrocarbures [C₁₀-C₄₀]. Deux autres seuils de qualité pour les sols laissés en place ont été définis par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE pour les TPH¹ :

hydrocarbures fractions aliphatiques > [C₈-C₁₀] : 15 ppm ;
 hydrocarbures fractions aromatiques > [C₈-C₁₀] : 20 ppm ;

L'article 3.3 de l'APC du 5 juin 2014 précise également les mesures à réaliser en fond et en flanc de fouille pour les sols :

- Hydrocarbures en distinguant notamment :
 - les hydrocarbures aliphatiques C₅-C₆,
 - les hydrocarbures aliphatiques C_{>6}-C₈,
 - les hydrocarbures aliphatiques C_{>8}-C₁₀,
 - les hydrocarbures aromatiques C₅-C₇,
 - les hydrocarbures aromatiques C_{>7}-C₈,
 - les hydrocarbures aromatiques C_{>8}-C₁₀,
- BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes,
- HAP : naphtalène, acénaphthylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo[g,h,i]pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène,
- Solvants chlorés, notamment : trichlorométhane, tétrachlorométhane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,1,2-trichloroéthane,
- Métaux.

Et pour les gaz du sol :

- Hydrocarbures en distinguant notamment :
 - les hydrocarbures aliphatiques C₅-C₆,
 - les hydrocarbures aliphatiques C_{>6}-C₈,
 - les hydrocarbures aliphatiques C_{>8}-C₁₀,
 - les hydrocarbures aromatiques C₅-C₇,
 - les hydrocarbures aromatiques C_{>7}-C₈,
 - les hydrocarbures aromatiques C_{>8}-C₁₀,
- BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes,

¹ TPH : hydrocarbures pétroliers totaux

- Solvants chlorés, notamment : trichlorométhane, tétrachlorométhane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,1,2-trichloroéthane,
- HAP : naphthalène, acénaphtylène, acénaphène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo[g,h,i]pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène.

3-2 travaux réalisés

La société THIBAUT TP a réalisé des travaux préparatoires au début de l'année 2021 (démantèlement des structures aériennes, démolition des revêtements de surface au droit des zones à terrasser, réalisation d'une tranchée périphérique jusqu'à 2 m de profondeur autour de la zone n°3

Les travaux de réhabilitation se sont déroulés en plusieurs phases :

- la première phase (phase 1) a été menée le 15 février 2021. Elle a consisté en la purge des terrains impactés dans les secteurs des sondages CAM35-2 et CAM45 (respectivement dénommé « zones n°1 et 2 ») avec tri des terres à l'avancement des excavations ;
- la seconde phase (phase 2) a été menée les 24 et 25 février 2021. Elle a consisté au curage de l'ensemble des terrains impactés présents dans le secteur du sondage CAM9 bis, dénommé « zone n°3 » avec tri des terres à l'avancement des excavations, en s'appuyant sur les extensions prévisionnelles modélisées par SEVEQUE Environnement et sur les indices organoleptiques relevées lors des excavations ;
- la troisième phase (phase 3) a été menée le 10 mars 2021. Elle a consisté à une purge complémentaire des terrains en fond de la fouille constituée au niveau de la zone n° 2 suite à la mise en évidence d'une teneur résiduelle en chrome significative après réception des résultats analytiques ;
- la dernière phase (phase 4) a été menée entre les 11 et 16 mars 2021. Elle a consisté au remblaiement des trois fouilles constituées avec des matériaux d'apports sains mis à disposition par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE. Le rapport précise que cette phase n'a pas fait l'objet de suivi par Arcadis.

La localisation des 3 zones à traiter figure sur le plan ci-dessous



Figure 6 : Localisation des fouilles F1 à F3

a) phase 1 :

- **la fouille F1 (zone n°1)** : constituée à partir de l'emplacement exact du sondage CAM35-2 qui présentait une teneur de 130 ppm en HAP totaux relevés entre 1 et 1,5 m de profondeur. La fouille atteint à l'état final une profondeur d'environ 2 m, pour une emprise au sol maximum d'environ 2,8 m x 2,2 m. La surface totale de la fouille est d'environ 5 m² (source BPH) ;
- **la fouille F2 (zone n°2)** : constituée à partir de l'emplacement exact du sondage CAM45 mettant en évidence une concentration de 8 080 ppm en hydrocarbures [C10-C40] entre 0 et 0,5 m de profondeur. Une reprise du fond de fouille (1,2 m de profondeur) a été réalisée le 10 mars 2021 en raison d'une teneur résiduelle élevée mesurée en chrome. La fouille atteint à l'état final une profondeur d'environ 1,7 m pour une emprise au sol maximum d'environ 4,4 m x 3 m. La surface totale de la fouille est d'environ 10 m² (source BPH).

Au fur et à mesure de l'avancement du curage des terrains, des prélèvements d'échantillons de sols ont été réalisés par un ingénieur Arcadis en fonds et parois des deux fouilles constituées.

Des arrivées d'eau ont été constatées lors des excavations :

- fouille F1 : vers environ 2,0 m de profondeur ;
- fouille F2 : vers environ 0,9 à 1,0 m de profondeur.

L'ensemble des terres issues des fouilles F1 et F2, ne présentant aucune observation organoleptique significative lors des excavations, a été placée au niveau de la zone sud 3, sur une aire prévue à cet effet et présentant un revêtement béton au sol. Ces terres ont fait l'objet d'une caractérisation chimique le 1er mars 2021.

b) phase 2 fouille F3 (zone n°3)

- le 24 février 2021 : purge des terrains dans le secteur des sondages CAM9 bis, CAM 9 bis b et CAM 9 bis j. Les excavations dans le secteur du sondage CAM 9 bis j ont mis en évidence la présence d'un ancien réseau d'eau potable ainsi que d'anciens câbles électriques enterrés vers 0.8 m de profondeur/TN. Avec l'accord de TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE, le réseau d'eau potable a été démantelé, les anciens câbles électriques ne perturbant pas la poursuite des excavations ont quant-à-eux été laissés en place ;
- le 25 février 2021 : le curage des terrains a été poursuivi dans le secteur des sondages CAM9 bis k. Suite à la découverte de terrains impactés au-delà de la modélisation initiale réalisée par SEVEQUE Environnement, les excavations de réhabilitation des sols ont été poursuivies dans le secteur des sondages CAM9 bis o et CAM9 bis p. L'entreprise THIBAUT TP a également procédé au démantèlement de deux anciennes fosses béton / regards enterrés rencontrés lors des excavations réalisées. Ces ouvrages étant remplis d'un liquide non identifié de couleur verdâtre, ils ont été vidangés préalablement à leur démolition au moyen d'un camion hydrocureur par la société RAMERY missionnée par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE. Les débris de béton issus du démantèlement de ces structures ont été évacués vers la zone « ancienne torche 2 » prévue à cet effet et située au sein du site DPCO Mardych.

La fouille F3 (zone n°3) ainsi constituée atteint au final une profondeur maximale d'environ 2,3 m, pour une emprise au sol maximum d'environ 35 m x 11 m. La surface totale de la fouille est d'environ 259 m² (source BPH).

Pendant toute la durée des travaux de terrassement, les terres excavées issues de cette fouille ont fait l'objet d'observations organoleptiques et mesures de composés volatils afin d'estimer leur degré de contamination. Toutes les terres excavées ayant été jugées impactées (au-delà ou proches des seuils fixés), elles ont été orientées à la demande de TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE sur une plate-forme de stockage prévue à cet effet (plateforme de traitement des terres polluées dénommée « zone biopile n°2 ») située le long de la rue C au sein du site DPCO Mardych.

Ces terres ont fait l'objet d'une caractérisation chimique le 1^{er} mars 2021.

Au fur et à mesure de l'avancement du curage des terrains, des prélèvements d'échantillons de sols ont été réalisés par un ingénieur Arcadis en fond et parois de la fouille F3.

Des arrivées d'eau ont été constatées lors des excavations vers environ 1 m de profondeur.

Aucun système de rabattement et de traitement de nappe n'a été mis en place lors de la réalisation de ces travaux. Cette technique n'a pas été retenue par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE en raison de la complexité de mise en œuvre du rabattement de nappe sur toute la zone et des coûts inhérents. La nappe superficielle étant rencontrée dans le secteur de la zone n°3 globalement vers 1 m de profondeur/TN durant la période d'intervention, le curage des terrains a donc été poursuivi, lorsque cela était possible et nécessaire, jusqu'à une profondeur maximum de 1 à 1,5 m sous le niveau de l'eau (jusqu'à l'éboulement systématique des terrains sableux ne permettant plus la réalisation au-delà des terrassements).

c) phase 3 – remblaiement des fouilles

Entre le 11 et le 16 mars 2021, la société THIBAUT TP a procédé au remblaiement des fouilles F1 à F3 avec des matériaux mis à disposition par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE.

Ces travaux n'ont pas fait l'objet de suivi par Arcadis. Les données sur le remblaiement des fouilles ont été collectées auprès des opérateurs THIBAUT TP ayant effectué cette opération.

Les terres utilisées en remblaiement des fouilles F1 à F3 avaient préalablement fait l'objet d'une caractérisation chimique (résultats d'octobre 2019 et décembre 2020). La première partie de ces terres était entreposée sur une plate-forme de stockage dénommée « zone biopile n°1 », la seconde partie était entreposée au sud du site DPCO Mardyck, dans le secteur du parc éolien.

Pour rappel, lors de leur caractérisation, ces matériaux ont été découpés en lots, chacun d'un volume estimé entre environ 100 m³ (volume approximatif - cas des matériaux entreposés sur la « zone biopile n°1 ») et 300 m³ (volume approximatif - cas des matériaux entreposés au niveau du parc éolien).

Chaque lot ainsi défini a fait l'objet de 4 prélèvements ponctuels au moyen d'une tarière manuelle. Les échantillons ponctuels ont été prélevés à des profondeurs globalement comprises entre 1,3 et 2,0 m à partir du sommet ou des flancs de chaque lot (profondeurs adaptées en fonction des hauteurs et morphologies respectives des lots de terres). Un échantillon composite a finalement été constitué par quartage à partir des 4 prélèvements ponctuels effectués sur chacun des lots pour être analysé en laboratoire extérieur.

Les résultats des analyses réalisées sur les échantillons de sols composites représentatifs de la qualité chimique de ces lots de matériaux n'ont mis en évidence aucune teneur supérieure aux seuils de réhabilitation fixés par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE pour les paramètres hydrocarbures [C10-C40], TPH, HAP, BTEX et COHV.

d) bilan

Au final, les cubatures de terres excavées au sein de chacune des trois fouilles sont approximativement les suivantes :

- fouille F1 (zone n°1) volume estimé à environ 5 m³ ;
- fouille F2 (zone n°2) volume estimé à environ 13 m³ ;
- fouille F3 (zone n°3) volume estimé à environ 300 m³.

3-3 analyse des échantillons de sol

a) méthodologie

La mission confiée par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE à Arcadis a comporté la réalisation de prélèvements d'échantillons de sols :

- à l'avancement des travaux de terrassements THIBAUT TP, en fond et parois de chacune des trois fouilles constituées sur la zone sud 3 ;
- au droit des terres excavées et entreposées au niveau de la zone sud 3 et de la plate-forme de stockage dénommée « zone biopile n°2 » ;
- au droit des terres issues de la tranchée périphérique préalablement réalisée par THIBAUT TP en périphérie de la zone n°3.

La fréquence d'échantillonnage a été adaptée en fonction, soit des changements de faciès, soit des observations organoleptiques.

Chaque échantillon a été immédiatement décrit (géologie, indices organoleptiques...) dès son prélèvement, puis conditionné rapidement dans des bocaux en verre hermétiquement bouchés mis à l'abri de l'air et de la lumière et isolés thermiquement.

Le nombre total d'échantillons de sols ainsi prélevés s'élève à soixante-et-onze :

- quarante-et-un (41) prélevés en parois et fonds des fouilles réalisées par THIBAUT TP ;
- trente (30) au droit des lots de terres excavées (issues des fouilles et de la tranchée périphérique zone n°3).

Des mesures des teneurs en composés organiques volatils ont été réalisées au moyen d'un détecteur à photo-ionisation de type PID sur chacun de ces échantillons.

b) résultats

pour la fouille F1

Aucune odeur ou imprégnation particulière n'est relevée sur les échantillons de sols prélevés en fond et parois de la fouille F1.

L'absence d'indices de contamination significative a été corroborée par les mesures des composés organiques volatils puisque celles-ci sont restées nulles ou faibles.

Les résultats des analyses en laboratoire (analyses de réception) ne mettent en évidence aucune teneur résiduelle en hydrocarbures [C₁₀-C₄₀], TPH, HAP, BTEX et COHV supérieure aux seuils de réhabilitation fixés par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE au droit de la fouille F1.

pour la fouille F2

Aucune odeur ou imprégnation particulière n'est relevée sur les échantillons de sols prélevés en fond et parois de la fouille F2.

L'absence d'indices de contamination significative a été corroborée par les mesures des composés organiques volatils puisque celles-ci sont restées nulles ou faibles.

Les résultats des analyses en laboratoire (analyses de réception) ne mettent en évidence aucune teneur résiduelle en hydrocarbures [C₁₀-C₄₀], TPH, HAP, BTEX et COHV supérieure aux seuils de réhabilitation fixés par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE au droit de la fouille F2.

Toutefois, il conviendra de noter qu'à l'issue des travaux, l'échantillon noté F2-FA, prélevé en fond de fouille à 1,2 m de profondeur, a mis en évidence une teneur en chrome de 1 100 ppm. Dans ce contexte et à la demande de TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE, les terrains en fond de la fouille F2 ont donc fait l'objet d'un curage complémentaire.

Suite à ces nouveaux terrassements, un nouvel échantillon, noté F2-FA (2), a été prélevé à 1,7 m de profondeur en fond de la fouille F2 en vue d'analyses des éléments traces métalliques. Plus aucune teneur significative n'est relevée pour ces paramètres (4,7 ppm en chrome).

pour la fouille F3

Au niveau des parois, aucune odeur ou imprégnation particulière n'est relevée sur les échantillons qui y ont été prélevés. Seule une légère odeur de nature indéterminée a été relevée sur l'échantillon prélevé à 2,3 m de profondeur en fond de la fouille F3 (point noté F3-FE).

Toutefois, les mesures des composés organiques volatils sont restées nulles ou faibles.

Les résultats des analyses en laboratoire (analyses de réception) ne mettent en évidence aucune teneur résiduelle en hydrocarbures [C₁₀-C₄₀], TPH, HAP, BTEX et COHV supérieure aux seuils de réhabilitation fixés par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE au droit de la fouille F3.

pour les terres excavées

Des odeurs d'hydrocarbures, faibles à marquées, ont été relevées sur seize (16) des trente (30) échantillons ponctuels prélevés au droit des six lots de matériaux excavés issus des fouilles F1 à F3 ainsi que de la tranchée périphérique préalable aux travaux de la zone n°3. Ces odeurs sont ponctuellement associées à des imprégnations d'hydrocarbures de teinte noirâtre à verdâtre (2 échantillons concernés).

Ces odeurs sont corroborées par les mesures des composés organiques volatils sur sept échantillons avec des valeurs qui restent toutefois assez faibles, comprises entre 2 et 7 ppm.

Six échantillons composites (notés MOY ZS-F1, MOY TAS ZS-F2, MOY TAS F3-1 à F3-3 et MOY TAS ZSTP), chacun représentatif d'un volume estimé de 100 m³ maximum de matériaux, ont été constitués par quartage à partir des échantillons ponctuels prélevés au droit des lots de terres excavées au droit des fouilles F1 à F3 et de la tranchée périphérique zone n°3, puis envoyés au laboratoire pour analyses.

Les résultats des analyses confirment globalement les observations organoleptiques relevées sur le terrain. En effet :

- les résultats des analyses effectuées en laboratoire sur les échantillons de matériaux excavés au droit des fouilles F1, F2 et de la tranchée périphérique zone n°3 (points notés MOY ZS-F1, MOY ZS-F2 et MOY ZS-TP) ne mettent en évidence aucune concentration supérieure aux seuils de réhabilitation fixés par TOTALENERGIES RAFFINAGE FRANCE pour les paramètres hydrocarbures [C₁₀-C₄₀], TPH, HAP, BTEX et COHV ;

■ en revanche, les résultats des analyses effectuées en laboratoire sur les échantillons de matériaux excavés au droit de la fouille F3 (points notés MOY ZS-F3-1 à MOY ZSF3-3) présentent des concentrations supérieures, voire très supérieures, aux seuils de réhabilitation fixés. Pour rappel, ces terres ont été acheminées et entreposées à l'avancement des travaux sur la plate-forme de stockage prévue à cet effet (plateforme de traitement des terres polluées dénommée « zone biopile n°2 ») située le long de la rue C au sein du site DPCO Mardyck.

3-4 analyse des gaz de sols

a) méthodologie

A l'issue des travaux de réhabilitation et de remblaiement des trois fouilles constituées par la société THIBAUT TP, **Arcadis** a procédé le 17 mars 2021 à la pose de piézairs au droit des fouilles F1 à F3.

Au total, sept ouvrages (notés ...) pour analyse des gaz du sol ont été mis en œuvre sur les zones des travaux suivant la norme NF ISO 10381-7 d'août 2005 intitulée « Qualité du sol - Echantillonnage – Partie 7 : lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol ».

Les sept ouvrages ont été implantés au droit des excavations de la manière suivante :

- fouille F1 : un ouvrage noté « CAM35 – PzR13 » ;
- fouille F2 : un ouvrage noté « CAM45 – PzR1 » ;
- fouille F3 : cinq ouvrages notés « CAM9bis – PzR2 » à « CAM9bis – PzR6 ».

Les piézairs ont été posés jusqu'à des profondeurs comprises entre 0,5 et 1,9 m au moyen d'une tarière manuelle de diamètre 50 mm (foration à sec). La profondeur de pose des piézairs a été adaptée pour chaque ouvrage en fonction du niveau de la nappe superficielle constatée lors de la réalisation des excavations de réhabilitation des sols.

Aucune venue d'eau n'a été observée lors des forations.

Ils ont été équipés en « piézair » avec des tubes PEHD de diamètre 25/32 mm, vissés (aucun usage de colle), plein en tête et crépiné (crépine 0,3 mm) en partie inférieure. La partie crépinée a été protégée par un massif filtrant en graviers siliceux roulés de granulométrie 0,5/1,25 mm, surmontée d'un bouchon étanche en pellet d'argile. L'espace annulaire entre le terrain et le tube lisse a ensuite été comblé au coulis d'argile-ciment. L'eau utilisée a été de type potable.

Conformément aux Règles de l'Art, ces « piézairs » ont été scellés en tête et protégés par un bouchon de protection en plastique de façon à empêcher la mise en communication de l'air de l'ouvrage avec le milieu extérieur.

En parallèle de la pose de piézairs au droit des trois fouilles de réhabilitation des sols, six piézairs complémentaires ont également été posés au droit des sondages notés « CAM5, CAM10, CAM11, CAM18, CAM23 et CAM59 » réalisés par SEVEQUE Environnement en 2011 et 2012.

2 campagnes de mesures ont été réalisées les 31 mars et 19 mai 2021.

b) résultats

campagne du 31 mars 2021

Lors de la campagne de prélèvements réalisée en mars 2021, les conditions de pression, de température et d'humidité relative relevées au droit des ouvrages sont les suivantes :

- humidité : comprise entre 20 et 60 % ;
- température : comprise entre 10.9 et 31.3°C ;
- pression atmosphérique : 1 013 à 1 017 hPa.

Les conditions météorologiques relevées lors de cette première campagne de prélèvements sont donc favorables au dégazage du milieu souterrain

Les résultats des analyses mettent en évidence uniquement la présence de :

- COHV : cis-1,2-dichloroéthène : 13,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de l'ouvrage CAM9bis – PzR5 (fouille F3) ;
- HAP: naphtalène : teneurs comprises entre 0,486 et 0,688 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit des sept ouvrages audités.

Les teneurs relevées pour l'ensemble des autres paramètres sont inférieures aux limites de quantification respectives.

Nous noterons également qu'aucune teneur supérieure aux limites de quantification pour l'ensemble des composés analysés n'a été relevée sur l'échantillon « témoin » noté PzR0.

Campagne du 19 mai 2021

Lors de la seconde campagne de prélèvements réalisée en mai 2021, les conditions de pression, de température et d'humidité relative relevées au droit des ouvrages sont les suivantes :

- humidité : comprise entre 63 et 77 % ;
- température : comprise entre 11.3 et 15.1°C ;
- pression atmosphérique : 1 009 à 1 017 hPa.

Les conditions météorologiques relevées lors de cette seconde campagne de prélèvement sont donc moins favorables au dégazage

Les résultats des analyses mettent en évidence uniquement la présence de :

- COHV :
 - cis-1,2-dichloroéthène : 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de l'ouvrage CAM9bis – PzR5 (fouille F3) et 43.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de l'ouvrage CAM9bis – PzR6 (fouille F3) ;
 - tétrachloroéthylène : 63.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de l'ouvrage CAM9bis – PzR5 (fouille F3) et 20.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de l'ouvrage CAM9bis – PzR6 (fouille F3) ;
- HAP: naphtalène : teneurs comprises entre 0,483 et 0,753 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de six des sept ouvrages audités. Seul le piézair CAM35 – PzR13 ne présente aucune trace en naphtalène.

Les teneurs relevées pour l'ensemble des autres paramètres sont inférieures aux limites de quantification respectives.

Comme cela était également le cas lors de la campagne de mars 2021, aucune teneur supérieure aux limites de quantification pour l'ensemble des composés analysés n'a été relevée sur l'échantillon « témoin » noté PzR0.

L'analyse des résultats concernant les piézairs est réalisée dans la partie relative à l'analyse des risques résiduels.

Avis de l'inspection.

Les travaux ont été réalisés comme le prévoyait l'arrêté préfectoral du 05 juin 2014. Les teneurs résiduelles en fond et en flanc de fouille sont inférieures aux objectifs de réhabilitation.

Lors de la visite réalisée sur le site le 10 février 2023, l'inspection des installations classées a constaté que l'ensemble des fouilles ont été comblées.

4 – Analyse des risques résiduels

L'analyse des risques résiduels est établie par ARCADIS, elle est porte la référence AFR-ARR-10002-RPT-B04 du 15/11/2022. Suite à la demande de compléments adressée par l'inspection le 03/04/2023, une version B05 datée du 02/05/2023 a été transmise à l'inspection par courriel le 03/05/2023.

4-1 données concernant le site

a) géologie et nature des sols

Selon le rapport n°RFE12-045-V02, en date du 6 novembre 2013, réalisé par la société SEVEQUE Environnement, la géologie du site peut se résumer de la manière suivante (de la surface vers la profondeur) :

- remblais sableux (sables du Flandrien remaniés) avec parfois des passées limoneuses sur une épaisseur d'environ 3 m ;
- limons parfois argileux sur une épaisseur d'environ 1 m ;
- sables et argiles du Flandrien sur une épaisseur d'environ 25 m ;
- argile des Flandres sur une épaisseur d'environ 20 m ;
- sables du Landénien ;
- craie du Sénonien.

b) hydrologie

Selon le rapport n°RFE12-045-V02, en date du 6 novembre 2013, réalisé par la société SEVEQUE Environnement, le watergang et le canal, hors influence des écrans ouest et est, sont en relation avec la nappe. Ils en sont les exutoires. Les analyses effectuées lors de l'étude de 2010-2011 sur les eaux de surface du site DPCO Mardyck au droit des quatre échelles limnimétriques et du watergang situé à l'ouest du site n'expriment pas d'impact.

c) hydrogéologie

Selon le rapport n°RFE12-045-V02, en date du 6 novembre 2013, réalisé par la société SEVEQUE Environnement, la région dans laquelle se situe la zone d'étude est très pauvre en eaux souterraines d'intérêt majeur du point de vue des ressources en eau potable. Ainsi, à l'échelle régionale, trois nappes peuvent être distinguées :

- la nappe des sables quaternaires, dont la base imperméable est la formation argileuse yprésienne. Cette nappe contenue dans les sédiments d'âge flandrien constitue une nappe à horizons multiples caractérisés par des perméabilités variables ;
- la nappe des sables landéniens se situe sous la formation de l'argile yprésienne à plus de 100 m de profondeur ;
- la nappe de la Craie, sous les terrains tertiaires. Cette nappe est la principale ressource en eau potable de la région Nord Pas-de-Calais. Les champs captants les plus proches sur le bassin versant de l'Aa sont situés au sud de Calais à environ 30 km du site.

Selon le rapport n°RFE12-045-V02, en date du 6 novembre 2013, réalisé par la société SEVEQUE Environnement, il existe un parc de piézomètres permettant de suivre le niveau de l'eau souterraine et sa qualité à l'échelle du site DPCO Mardyck. Une synthèse hydrogéologique datée de juillet 2011 a permis de mieux comprendre le fonctionnement de la nappe phréatique au droit du site. Ainsi, la

transmissivité calculée des remblais sableux, parfois limoneux, est plus faible que celle des terrains naturels.

La perméabilité des remblais est un peu plus faible que celle des terrains naturels.

La synthèse hydrogéologique n'a pas mis en évidence de différence de cote piézométrique entre les deux niveaux aquifères (remblais et terrains naturels) : « on ne parlera donc plus de deux niveaux aquifères distincts, dans les remblais et dans les sables du Flandrien, séparés, par une couche de silts, mais d'une nappe se trouvant au sein d'un aquifère hétérogène. »

Cette nappe doit être considérée comme vulnérable à d'éventuelles pollutions compte tenu de l'absence de couverture argileuse.

Au droit de la zone d'étude, il existe 3 piézomètres :

- ouvrages notés PzS8 et PzS9, posés par Arcadis en avril 2019 dans le cadre du renouvellement du réseau piézométrique du site DPCO Mardyck. La pose de ces ouvrages a fait l'objet d'un compte-rendu d'intervention (n° AFR-CRR-10001-RPT-A01 du 02/07/2019) ;
- ouvrage noté Pz16bis, posé par Arcadis en novembre 2017 à la demande de TotalEnergies Raffinage France.

4-2 travaux réalisés

Les travaux réalisés en application de l'arrêté préfectoral du 05 juin 2014 sont décrits au paragraphe 3-2 de la présente annexe.

4-3 investigations réalisées après travaux

a) au droit des fouilles

Les données concernant les analyses de sols et de gaz du sol réalisées après travaux sont présentées aux paragraphes 3-3 et 3-4 de la présente annexe.

b) hors emprise des fouilles

A l'issue des travaux de réhabilitation et de remblaiement des trois fouilles constituées par la société THIBAUT TP, Arcadis a procédé le 17 mars 2021 à la pose de 6 piézairs au droit des sondages notés CAM5, CAM10, CAM11, CAM18, CAM23 et CAM59 réalisés par SEVEQUE Environnement en 2011 et 2012. Ces sondages ont été sélectionnés afin de caractériser les gaz du sol au niveau des concentrations remarquables en composés volatils restant encore en place.

Les piézairs ont été posés par un intervenant Arcadis au moyen d'une tarière manuelle de diamètre 50 mm (foration à sec) jusqu'à des profondeurs comprises entre 0,5 et 0,7 m. La profondeur de pose des piézairs a été adaptée pour chaque ouvrage en fonction du niveau de la nappe superficielle constatée lors de la réalisation des excavations de réhabilitation des sols.

Les 6 ouvrages, notés PzR7 à PzR12, ont été mis en œuvre suivant la norme NF ISO 10381-7 d'août 2005 intitulée « Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 7 : lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol ».

Les prélèvements de gaz du sol ont été réalisés selon les recommandations du texte normatif NF ISO 18400-204 de juillet 2017 et du guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air

intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines (INERIS / BRGM) en date de novembre 2016.

Les gaz du sol ont été prélevés lors de deux campagnes, en date du 31 mars 2021 (1^{ère} campagne) et du 19 mai 2021 (2^{ème} campagne), au moyen de pompes autonomes de type SKC ARELCO et/ou GILAIR (prélèvements actifs) avec :

- un tube TCA 400/200 pour l'analyse des TPH, BTEXN et solvants chlorés ;
- un tube XAD-2 pour l'analyse des HAP ;
- deux tubes hopcalite en série pour l'analyse du mercure.

Lors des deux campagnes, les prélèvements ont été réalisés à un débit modéré (entre 0,6 et 0,8 l/min).

Des prélèvements ont été réalisés le 31 mars et le 19 mai 2021 sur ces 6 ouvrages.

Le programme analytique était le suivant :

- TPH fractions aromatiques C6-C16 et aliphatiques C5-C16 ;
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ;
- Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) ;
- BTEXN (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Naphtalène).

Une analyse du mercure a été réalisée au droit de l'ouvrage PzR8.

Des analyses sur les zones de contrôle ont été systématiquement réalisées afin de vérifier l'absence de saturation de la zone de mesure (la zone de contrôle étant placée après celle de mesure). En cas de saturation, les résultats peuvent être considérés comme sous-estimés voire non représentatifs.

Il n'existe pas de valeur de référence pour les gaz du sol. Les résultats d'analyses sont comparés entre eux. Le but des prélèvements et analyses des gaz du sol est d'obtenir les données nécessaires pour caractériser les niveaux d'exposition des populations susceptibles de fréquenter le site en vue de l'Analyse des Risques Résiduels (ARR).

Les conditions météorologiques lors des deux campagnes de mesures sont synthétisées dans les tableaux ci-dessous :

Piézair	Date de prélèvement	Température (°C)	Humidité (%)	Pression atmosphérique (hPa)
PzR7	31/03/21	15,8	52	1 013
PzR8		25,3	28	1 017
PzR9		27,9	23	1 017
PzR10		30	20	1 017
PzR11		31,5	20	1 017
PzR12		33,3	20	1 017

Tableau 2 : Conditions météorologiques lors des prélèvements des piézairs (1^{ère} campagne)

Piézair	Date de prélèvement	Température (°C)	Humidité (%)	Pression atmosphérique (hPa)
PzR7	19/05/21	11,6	78	1 017
PzR8		14,0	90	1 013
PzR9		16,3	86	1 017
PzR10		20,7	85	1 013
PzR11		17,9	62	1 013
PzR12		12,1	75	1 009

Tableau 3 : Conditions météorologiques lors des prélèvements des piézairs (2^{ème} campagne)

Les conditions météorologiques relevées lors de la première campagne de prélèvements des gaz du sol sont favorables au dégazage du milieu souterrain.

En revanche, celles relevées lors de la deuxième campagne sont moins favorables au dégazage du milieu souterrain (température moyenne, humidité et pression élevées) que celles de la première campagne.

Lors de la première campagne de prélèvement, les résultats d'analyses sur les ouvrages PzR7 à PzR12 ont mis en évidence :

- la présence de tétrachloroéthylène au droit de PzR7 et PzR9 avec des concentrations respectivement égales à 21,9 µg/m³ et 28,2 µg/m³ ;
- la présence de naphtalène au droit des 6 piézairs, avec des concentrations comprises entre 0,545 µg/m³ (PzR8) et 3,506 µg/m³ (PzR7) ;
- la présence d'acénaphène au droit de PzR7 avec une concentration égale à 0,299 µg/m³ ;
- l'absence de BTEX, d'hydrocarbures C5-C16 et de mercure sur les 6 ouvrages.

Lors de la deuxième campagne de prélèvement, les résultats d'analyses sur les ouvrages PzR7 à PzR12 ont mis en évidence :

- la présence de tétrachloroéthylène au droit de PzR7 et PzR9 avec des concentrations respectivement égales à 23,6 µg/m³ et 37,7 µg/m³ ;
- la présence de naphtalène au droit des 6 piézairs, avec des concentrations comprises entre 0,471 µg/m³ (PzR7) et 0,806 µg/m³ (PzR12) ;
- l'absence de BTEX, d'hydrocarbures C5-C16 et de mercure sur les 6 ouvrages.

Les résultats d'analyses obtenus sur les deux campagnes de prélèvements sont similaires (mêmes composés détectés et concentrations du même ordre de grandeur) à l'exception de l'acénaphène qui n'est plus détecté lors de la deuxième campagne et du naphtalène dont la concentration maximale détectée lors de la deuxième campagne est 4 fois inférieures à celle détectée lors de la première campagne.

Cette évolution des concentrations entre les deux campagnes pourrait être due, soit à des conditions météorologiques légèrement moins favorables lors de la deuxième campagne, soit à la présence d'un résiduel adsorbé stable et de faible concentration.

4-4 schéma conceptuel

La zone d'étude est destinée à accueillir un usage de type industriel. Aucun plan d'aménagement n'a été fourni par TotalEnergies Raffinage France à ce stade de l'étude. Aussi, en l'absence de données sur le mode de construction des bâtiments, il sera considéré que les bâtiments à usage industriel seront construits sans niveau de sous-sol.

Par principe de précaution, les calculs de transfert et d'exposition seront réalisés dans l'aménagement le plus propice à l'accumulation de gaz, soit une pièce de petite taille (15 m²). Les conclusions émises pour cet aménagement permettront ainsi de statuer pour tout aménagement de taille supérieure (hangar, bureaux non cloisonnés...).

Sur la base de l'ensemble des informations à notre disposition, le scénario envisagé est de type industriel sur site avec travail dans des bâtiments sans niveau de sous-sol.

Les pollutions résiduelles sont constituées des sols contenant des éléments traces métalliques, des hydrocarbures C10-C40, des HAP, des BTEX, des COHV, des PCB, des nitrates et des phénols en phase adsorbée, ainsi que des HAP et des COHV en phase gazeuse.

Au regard des données disponibles, le sol et l'air intérieur constituent les deux milieux d'exposition. L'air intérieur est potentiellement impacté par le dégazage issu du milieu souterrain.

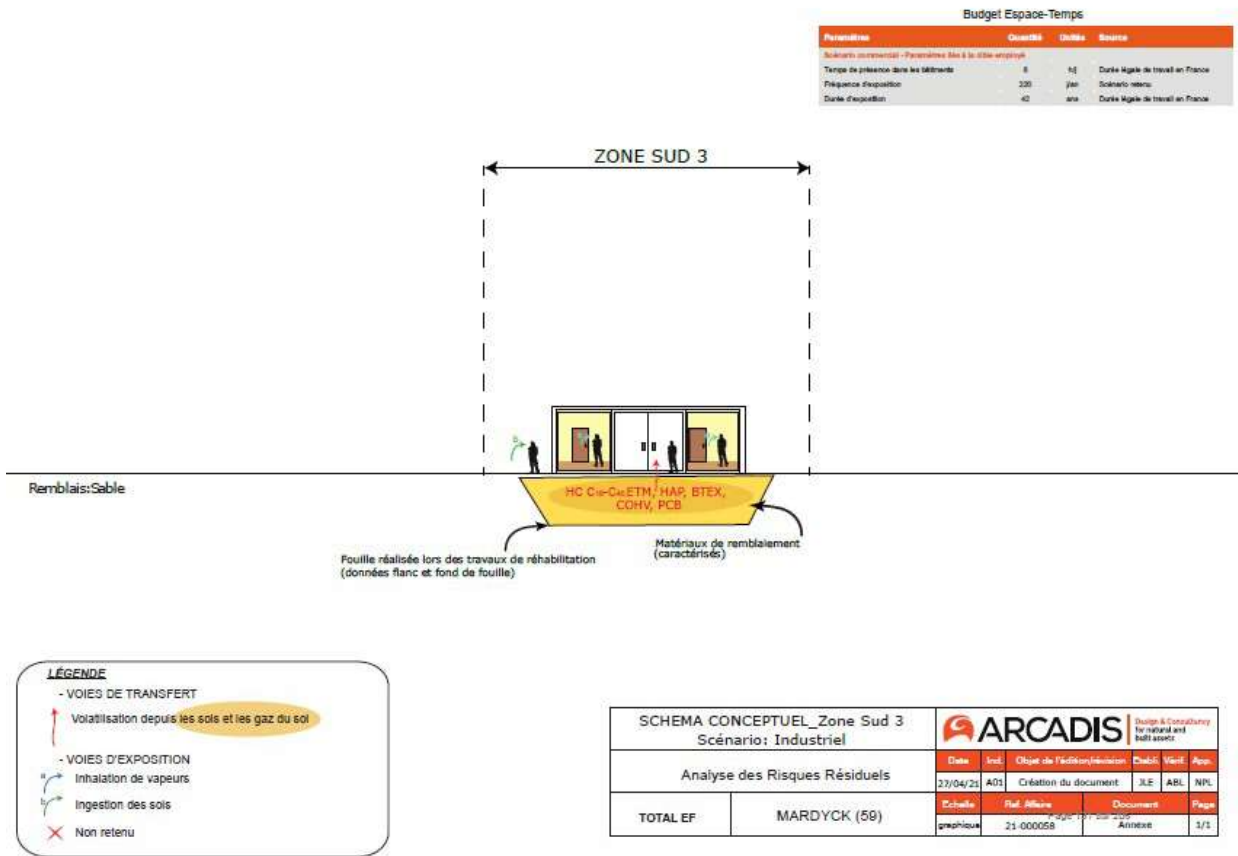
Les cibles prises en compte dans la présente étude sont, pour le scénario industriel, les employés qui exerceront leur activité professionnelle sur le site, en rez-de-chaussée des bâtiments.

Ces cibles correspondent aux usagers futurs les plus sensibles en termes d'exposition, et donc de risques sanitaires, puisqu'elles correspondent à un employé travaillant quotidiennement en rez-de-chaussée des futurs locaux. Les calculs de risques couvrent donc les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site, mais de façon moins exposée, que ce soit en raison de leur localisation en étages dans les bâtiments, ou du fait d'une fréquence et d'une durée d'exposition moindres (visiteurs, ...).

Les voies d'exposition retenues pour l'étude sont les suivantes :

- ingestion de sols et de poussières ;
- inhalation à l'intérieur de bâtiments de vapeurs provenant du dégazage des sols.

Le schéma conceptuel est présenté page suivante :



4-5 calcul des risques résiduels

a) méthodologie

Arcadis indique que les risques sont calculés pour les effets dits « sans seuil » (calcul des excès de risques unitaires – ERI) et pour les effets « à seuil » (calcul des quotients de danger QD)

Arcadis indique également procéder à :

- l'addition des quotients de dangers de l'ensemble des substances non cancérigènes ;
- l'addition des quotients de dangers de l'ensemble des substances cancérigènes à seuil de dose ;
- l'addition de tous les excès de risques pour l'ensemble des substances cancérigènes sans seuil de dose.

Les données analytiques disponibles pour les calculs de risque sont constituées :

- données sol :
 - des sondages réalisés lors des diagnostics SEVEQUE Environnement en 2011 et 2012, et non inclus dans les zones à traiter ;
 - des analyses de fond et parois des fouilles F1 à F3 ;
 - des analyses sur les matériaux utilisés en remblaiement des fouilles (comptes rendus de missions Arcadis, édités et transmis par mail en octobre 2019 et décembre 2020).
- données gaz du sol : des campagnes de prélèvements réalisées par Arcadis en mars et mai 2021 (PzR1 à PzR13).

En ce qui concerne les données eaux souterraines (analyses sur piézomètres existants au droit ou à proximité de la zone d'étude), celles-ci n'ont pas été utilisées par Arcadis dans le cas présent, puisque des données gaz du sol ont été collectées. Les gaz du sol constituent un milieu intégrateur du dégazage des sols et des eaux souterraines. Aussi, si des composés volatils étaient présents dans les eaux souterraines au droit de la zone d'étude, et susceptibles de se volatiliser, ils seraient pris en compte via les analyses gaz du sol.

En application de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués en vigueur et du principe de prudence :

- seuls sont pris en compte dans les calculs de risques sanitaires les composés et les concentrations pertinentes au regard des valeurs réglementaires de gestion ou des valeurs de référence existantes dans les différents milieux étudiés.
- seules les substances détectées dans les différents milieux étudiés en concentrations supérieures à la limite de quantification dans les différents milieux, et disposant de valeurs toxicologiques de référence, sont retenues dans les calculs de risques sanitaires.
- les calculs de risque ont été effectués à partir :
 - des concentrations maximales mesurées dans les différents milieux étudiés, pour la voie d'exposition par inhalation en intérieur ;
 - des concentrations moyennes mesurées dans les sols, pour la voie d'exposition par ingestion de sol.

Les données gaz du sol ont été prises en compte prioritairement pour les calculs de risques. En effet, dans la mesure où les piézaires ont été implantés à proximité immédiate des sondages présentant les concentrations maximales dans les sols, ce calcul présente l'avantage d'être plus réaliste en limitant les incertitudes liées au facteur sol → air du sol. Pour les composés détectés dans les sols, mais non recherchés dans les gaz du sol, ce sont les données sols qui ont été exploitées.

Pour les substances dans les gaz du sol présentant des teneurs inférieures aux limites de quantification :

- si le composé est détecté dans les sols, les limites de quantification dans les gaz du sol sont retenues dans les calculs de risques ;
- si le composé n'est pas détecté dans les sols, le composé est considéré comme non détecté, et n'est pas pris en compte dans les calculs de risques.

b) concentrations d'entrée pour la modélisation

Substances	Concentrations maximales dans les sols en mg/kg		Concentrations maximales dans les gaz du sol en µg/m³		Concentrations moyennes dans les sols en mg/kg
Voie d'exposition étudiée	Inhalation de vapeurs issues des sols	Echantillon	Inhalation de vapeurs issues des gaz du sol	Echantillon	Ingestion de sol
Eléments Traces Métalliques					
Arsenic	NP	-	NP	-	<ASPITET
Cadmium	NP	-	NP	-	<ASPITET
Chrome	NP	-	NP	-	<ASPITET
Cuivre	NP	-	NP	-	<ASPITET
Mercur	2,3	CAM18-1 → PzR	1,9	LQ	<ASPITET
Nickel	NP	-	NP	-	<ASPITET
Plomb	NP	-	NP	-	<ASPITET
Zinc	NP	-	NP	-	143
Hydrocarbures Aliphatiques					
C ₅ -C ₉	ND	-	ND	-	ND
C ₅ -C ₉	ND	-	ND	-	ND
C ₁₀ -C ₁₅	ND	-	ND	-	ND
C ₁₀ -C ₁₂	63	CAM23-1 → PzR	328	LQ	4,60
C ₁₂ -C ₁₆	520	CAM23-1 → PzR	328	LQ	8,9
C ₁₆ -C ₂₁	NP	-	NP	-	13,5
C ₂₁ -C ₄₀	NP	-	NP	-	41,3
Hydrocarbures Aromatiques					
C ₁₀ -C ₁₂	ND	-	ND	-	ND
C ₁₀ -C ₁₂	ND	-	ND	-	ND
C ₁₀ -C ₁₂	ND	-	ND	-	ND
C ₁₀ -C ₁₂	63	CAM23-1 → PzR	164	LQ	4,60
C ₁₂ -C ₁₆	520	CAM23-1 → PzR	164	LQ	8,9
C ₁₆ -C ₂₁	NP	-	NP	-	13,5
C ₂₁ -C ₄₀	NP	-	NP	-	41,3
BTEX					
Benzène	ND	-	ND	-	ND
Toluène	0,1	CAM126	ND	-	0,016
Ethylbenzène	0,17	CAM59 → PzR	16,4	LQ	0,015
Xylènes	0,75	CAM59 → PzR	49,2	LQ	0,036
HAP					
Naphtalène	0,94	CAM59 → PzR	3,506	CAM10-PZR7 (1 ^{ère} campagne)	0,067
Acénaphthylène	0,02	MOY TAS H10 à H16 → PzR	0,085	LQ	0,045
Acénaphthène	1,10	MOY TAS H10 à H16 → PzR	0,299	CAM10-PZR7 (1 ^{ère} campagne)	0,062
Fluorène	5,30	CAM59 → PzR	0,169	LQ	0,163
Phénanthrène	19,00	CAM91 → PzR*	0,169	LQ	0,521
Anthracène	5,10	CAM91 → PzR*	0,254	LQ	0,203
Fluoranthène	9,50	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,301
Pyréne	6,40	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,225
Benz(o,a)anthracène	3,20	CAM91 → PzR*	0,169	LQ	0,146
Chrysène	3,00	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,139
Benz(o,b)fluoranthène	3,80	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,167
Benz(o,k)fluoranthène	1,80	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,097
Benz(o,a)pyrène	3,50	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,151
Dibenzo(a,h)anthracène	0,48	MOY TAS H10 à H16 → PzR	0,085	LQ	0,066
Benz(o,g,h,i)pyrène	2,50	CAM91 → PzR*	0,085	LQ	0,113
Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	2,40	CAM90 → PzR*	0,085	LQ	0,128
COV					
Dichlorométhane	ND	-	ND	-	ND
Trichlorométhane	0,16	CAM11-1 → PzR	16,4	LQ	0,0078
Tétrachlorométhane	0,06	CAM23-1 → PzR	16,4	LQ	0,0061
Trichloroéthylène	ND	-	ND	-	ND
Tétrachloroéthylène	0,16	CAM11-1 → PzR	63,6	CAM11-PZR9 (2 ^{ème} campagne)	0,0076
1,1,1-trichloroéthane	ND	-	ND	-	ND
1,1,2-trichloroéthane	0,06	CAM23-1 → PzR	16,4	LQ	0,0079

Substances	Concentrations maximales dans les sols en mg/kg		Concentrations maximales dans les gaz du sol en µg/m³		Concentrations moyennes dans les sols en mg/kg
1,1-dichloroéthane	ND	-	ND	-	ND
1,2-dichloroéthane	ND	-	ND	-	ND
Cis-1,2-dichloroéthylène	ND	-	80	CAM9015-PZR5 (2 ^{ème} campagne)	ND
Trans-1,2-dichloroéthylène	ND	-	ND	-	ND
Chlorure de vinyle	ND	-	ND	-	ND
1,1-dichloroéthylène	ND	-	ND	-	ND
PCB					
PCB28	0,0018	CAM11-1			0,0010
PCB52	0,0038	CAM15-1			0,0010
PCB101	0,009	CAM59			0,0010
PCB118	0,0057	CAM59	NR	-	0,0010
PCB138	0,029	CAM24,1			0,0020
PCB153	0,04	CAM24,1			0,0030
PCB180	0,04	CAM24,1			0,0020
Autres					
Cyanures totaux	ND	-			ND
Nitrates	7,2	CAM60			0,06
Nitrites	ND	-	NR	-	ND
Soufre	NR	-			NR
Indice phénol	NR	-			NR

*Même ordre de grandeur que MOY TAS H10 à H16 BIOPILE → données PzR

ND : Non Détecté ; NR : Non Recherché ; NP : Non Pertinent

Tableau 8 : Concentrations d'entrée des calculs de risques

c) modélisation des transferts

les paramètres utilisés pour la modélisation sont présentés dans le tableau suivant :

Paramètres	Quantité	Unités	Source
Géométrie de la source			
Longueur de la zone source	425	m	Dimension de la zone sud 3
Largeur de la zone source	410	m	
Epaisseur de la pollution	3	m	Profondeur impact sur la fouille 3
Caractéristiques de la zone non saturée sous le bâtiment			
Type de sol	Sable	-	Diagnostic SEVEQUE Environnement (2013)
Paramètres liés au modèle d'émission gazeuse du sol dans le bâtiment			
Différence de pression entre le bâtiment et l'extérieur	40	g/cm².s	Johnson & Ettinger
Taux de fissuration	0,001	/	USEPA
Porosité de la dalle	0,25	/	= Porosité du sol sous la dalle (hypothèse du modèle Johnson & Ettinger) – valeur par défaut proposé par le logiciel et associée à la couche de forme généralement présente sous les fondations
Epaisseur de la dalle	15	cm	Hypothèse retenue
Profondeur des fondations	15	cm	fondation = dalle
Profondeur de la source sol par rapport aux fondations	15	cm	Epaisseur de la couche de forme
Profondeur de la source gaz du sol par rapport aux fondations	25	cm	Crépine à 40 cm – épaisseur de la couche de forme
Perméabilité des sols aux vapeurs sous le bâtiment	1.00E-08	cm²	Valeur par défaut du logiciel – valeur associée à la couche de forme généralement présente sous les fondations
Paramètres liés au calcul de la concentration dans un bureau, en RdC du bâtiment			
Longueur du bureau	5	m	Scénario retenu : pièce de 3 x 5 x 2,4 m
Largeur du bureau	3	m	
Hauteur du bureau	2,4	m	
Volume du bureau	36	m³	
Taux de renouvellement d'air dans le bureau	12 (0,5 v/h)	j ⁻¹	Code du travail (décret n° 841093 du 7/12/1984 - débit minimal bureaux :18 m³/h/occupant

Tableau 9 : Paramètres de transfert retenus

d) paramètres d'exposition des cibles et budget espace-temps

Les éléments sont présentés dans les deux tableaux ci-dessous :

Paramètres	Quantité	Unités	Source
Scénario industriel - Paramètres liés à la cible employé			
Masse corporelle moyenne	70	kg	USEPA
Durée de vie	70	an	USEPA
Volume d'air inhalé	20	m ³ /j	USEPA, cohérent avec CIBLEX
Quantité de sols ingérée	33,3	mg/j	50 mg en 12 h, pondéré sur 8 h de présence sur le site

Tableau 10 : Paramètres d'exposition retenus

Paramètres	Quantité	Unités	Source
Scénario industriel - Paramètres liés à la cible employé			
Temps de présence dans les bâtiments	8	h/j	Durée légale de travail en France
Fréquence d'exposition	220	j/an	Scénario retenu
Durée d'exposition	42	ans	Durée légale de travail en France

Tableau 11 : Budget espace-temps retenus

e) choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les VTR ont été retenues en appliquant la note d'information de la DGS n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Concernant les hydrocarbures, les différentes institutions officielles évoquées dans la note de la DGS (ANSES, US-EPA, ATSDR, OMS, Santé Canada, RIVM, OEHHA et EFSA) ne proposent pas de valeurs toxicologiques de référence. Aussi, les VTR retenues sont celles proposées par le TPH Criteria Working Group, institution reconnue dans la recherche sur les hydrocarbures totaux.

Concernant les HAP, le choix des VTR s'est basé sur la note d'information DGS du 31 octobre 2014, mais aussi sur les préconisations de l'INERIS dans son document DRC-20-180728-00256A version 1 du 17 janvier 2020.

Les composés ne présentant pas de VTR reconnue parmi les bases de données de la note d'information ne seront pas retenus dans l'étude.

f) synthèse des risques résiduels associés au scénario industriel

Scénario	Cibles	QD global (effet à seuils)	QD global (effets sans seuils)	ERI global
Industriel	Employé	[0,0168-0,0172]	3,65.10 ⁻⁰⁶	9,22.10 ⁻⁰⁸
Valeurs de comparaison		1	1	1.10⁻⁰⁵

Tableau 12 : Synthèse des risques résiduel – scénario industriel

Dans le cas du scénario industriel en rez-de-chaussée d'un bâtiment construit sans niveau de sous-sol :

- les Quotients de Danger (QD) attendus pour les employés sont largement inférieurs aux valeurs seuils en vigueur ($QD < 1$) ;
- les Excès de Risque Individuels (ERI) attendus pour les employés sont largement inférieurs aux valeurs seuils en vigueur ($ERI < 1 \times 10^{-05}$).

Avis de l'inspection

Les calculs de risques résiduels ont été réalisés en se basant notamment sur les résultats des mesures effectués sur les gaz du sol. Or les différents piézairs qui ont été mis en place sur le site ne respectent pas les préconisations du « *Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines* » établi par le BRGM (BRGM RP-65870-FR) et l'INERIS (INERIS-DRC-16-156183-01401A) version 3.0 du 25/11/2016. Le guide indique (page 25/118) que pour des piézairs, la profondeur minimale d'échantillonnage (toit de la zone crépinée) ne devrait pas être inférieure à 1 m sous la surface du sol. Dans certaines conditions, cette hauteur minimale peut être ramenée à 50 cm ; mais ces conditions ne semblent pas avoir été respectées pour la zone sud 3. Pour tous les piézairs posés sur la zone sud 3, le toit de la zone crépinée est à moins de 1 m de la surface du sol, de plus pour plusieurs piézairs (PzR7 ; PzR9 ; PzR10 ; PzR11 ; PzR12 et PzR13 ;) la hauteur est réduite à 40 cm. Par conséquent il y a un risque important de sous-estimation des mesures de gaz de sol (risque d'aspiration d'air extérieur qui pourrait perturber les mesures) et donc des résultats de l'ARR.

Par conséquent, l'inspection a demandé à l'exploitant, par courrier du 03/04/2023 :

- soit de poser des piézairs conformément aux dispositions du guide précité, de réaliser 2 campagnes de mesure des gaz du sol (dont une en été) et de mettre à jour à l'ARR ;
- soit de mettre à jour l'ARR en réalisant le calcul de risques sanitaires à partir des données relatives aux sols et aux eaux souterraines.

L'exploitant a transmis une nouvelle version de l'ARR (notée B05) par courriel du 02/05/2023. Dans cette nouvelle version, le document est complété par un calcul de risque sanitaire basé sur les concentrations en polluants dans les sols et dans les eaux souterraines.

Les calculs des QD et des ERI réalisées à partir de ces données sont les suivants :

Scénario	Cibles	QD global (effet à seuils)	QD global (effets sans seuils)	ERI global
Industriel	Employé	[0,62-0,63]	0,029	$5,54 \cdot 10^{-06}$
Valeurs de comparaison		1	1	$1 \cdot 10^{-05}$

Tableau 15 : Synthèse des risques résiduels évalués à partir des données sols et eaux souterraines – scénario industriel

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus en prenant en compte les données issues des piézairs, mais ils restent inférieurs aux valeurs de référence.

L'exploitant conclut donc à l'acceptabilité du risque résiduel.

4 – 6 incertitudes

L'ARR présente une analyse des incertitudes portant sur :

- les concentrations prises en compte
- les VTR
- la modélisation des transferts
- la configuration future des bâtiments
- les paramètres d'exposition

Cette analyse ne remet pas en cause les résultats du calcul de risque et montre que les résultats, valables pour un bâtiment sans sous-sol, sont également valables pour un bâtiment construit sur un sous-sol.

4 – 7 conclusion sur la compatibilité sanitaire du site avec les usages projetés

Le bureau d'étude ARCADIS conclut que les concentrations résiduelles à l'issue des travaux de réhabilitation sont compatibles d'un point de vue sanitaire avec un usage de type industriel sur site au rez-de-chaussée d'un bâtiment construit sans niveau de sous-sol.

Il est également indiqué que ces résultats sont également valables pour un bâtiment construit sur un sous-sol.

Avis de l'inspection

L'analyse des risques résiduels a été réalisée conformément à la méthodologie nationale en vigueur. Les résultats de calcul de risques sanitaires montrent que le site a été remis en état pour permettre un nouvel usage industriel.

Une demande d'instauration de servitudes d'utilité publique a été déposée, elle fera l'objet d'une instruction spécifique.