



SMAC

**39, Cours Louis Fargues – Bordeaux
(33)**

**Travaux de réhabilitation
Dossier des ouvrages exécutés
(DOE)**

Rapport

Réf : CESISO142257 / RESISO05521-02

MICE / JBL / SPE

04/05/2016



www.burgeap.fr





SMAC

39, Cours Louis Fargues – Bordeaux
(33)

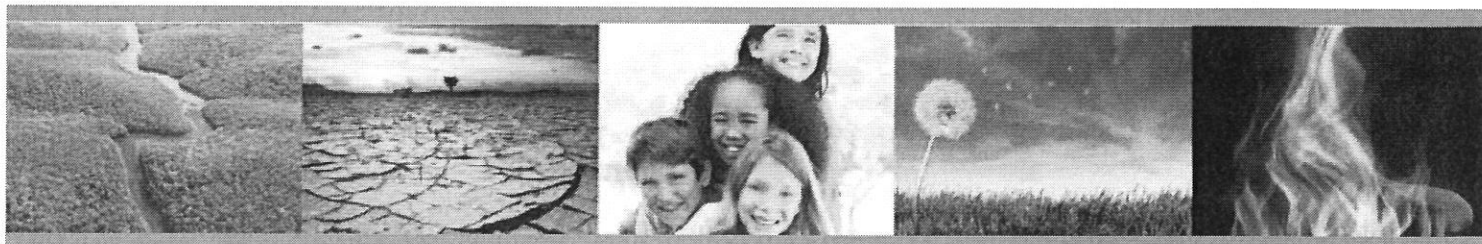
Travaux de réhabilitation
Dossier des ouvrages exécutés
(DOE)

Rapport

Réf : CESISO142257 / RESISO05521-02

MICE / JBL / SPE

04/05/2016









www.burgeap.fr



SMAC

39, Cours Louis Fargues – Bordeaux (33)
Travaux de réhabilitation - Dossier des ouvrages exécutés (DOE)

Pour cette étude, le chef du projet est Mickael CAPDOUZE

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	04/05/2016	01	M. CAPDOUZE		J. BLOIS		S.PETIT	
Rapport	04/05/2016	02	M. CAPDOUZE		J. BLOIS		S.PETIT	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CESISO142257 / RESISO05521-02
Numéro d'affaire :	A13019
Domaine technique :	SP12 et SP13
Mots clé du thésaurus	DIAGNOSTIC DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE TRAVAUX DE REHABILITATION DOE

Agence Sud-Ouest – site de Bordeaux
4, Boulevard Jean-Jacques Bosc – Les Portes de Bègles – 33130 Begles
Tél : 05.56.49.38.22 • Fax : 05.56.49.89.69
agence.de.bordeaux@burgeap.fr

SOMMAIRE

Synthèse non technique	6
Synthèse technique	7
1. Introduction.....	8
1.1 Contexte de l'étude	8
1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur.....	10
2. Synthèse des travaux de réhabilitation.....	11
2.1 Objectifs de réhabilitation	11
2.2 Définition des zones sources à traiter	11
2.3 Méthodologie de traitement des zones sources concentrées.....	15
2.3.1 Détail technique de la méthode par excavation	15
2.3.2 Processus de traitement des zones sources	15
2.3.3 Gestion des eaux de fouilles.....	27
2.3.4 Découverte d'une cuve enterrée - zone D.....	28
2.4 Synthèse des tonnages.....	29
3. Analyse résiduelle de fin de travaux	30
3.1 Objet.....	30
3.2 Schéma conceptuel	30
3.2.1 Projet d'aménagement.....	30
3.2.2 Sources de pollution	30
3.2.3 Cibles.....	31
3.2.4 Voies de transfert.....	31
3.2.5 Voies d'expositions	32
3.3 Composés à prendre en compte.....	32
3.3.1 Composés retenus.....	32
3.3.2 Concentrations retenues	33
3.4 Relations dose-réponse des polluants retenus pour l'ARR.....	34
3.5 Concentrations de vapeurs dans l'air extérieur et intérieur	35
3.6 Evaluation des expositions par inhalation.....	37
3.7 Quantification des risques sanitaires.....	37
3.7.1 Méthodologie.....	37
3.7.2 Résultats des calculs de risques pour un usage industriel	38
3.8 Incertitudes	39
3.8.1 Introduction.....	39
3.8.2 Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond.....	40
3.8.3 Concentrations retenues dans les différents milieux.....	40
3.8.4 Transport de vapeurs vers l'air extérieur et intérieur.....	41
3.8.5 Durées d'exposition	42
3.9 Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité de l'évaluation.....	42

4. Gestion et démantèlement des cuves	44
5. Conclusions	46

FIGURES

Figure 1 : Photo aérienne du site avant démolition des installations	8
Figure 2 : Zone sources à purger	14
Figure 3 : Localisation des aires de stockage.....	18
Figure 4 : Prélèvements parois et fonds de fouilles à l'issue des travaux de dépollution	20
Figure 5 : Localisation des parois des fouilles présentant une non-conformité aux objectifs de réhabilitation en raison de limites techniques.....	23
Figure 6 : Plan de localisation des cuves	45

TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des échanges entre la SMAC, la DREAL et Bordeaux Métropole	9
Tableau 2 : Objectifs de réhabilitation – usages de logements collectifs.....	11
Tableau 3 : Résultats d'analyses des parois et fonds de fouilles	22
Tableau 4 : Résultats d'analyses des tests d'acceptation en ISDI.....	25
Tableau 5 : Synthèse des tonnages	29
Tableau 6 : Budget espace-temps des cibles considérées	31
Tableau 7 : Sélection des voies d'exposition.....	32
Tableau 8 : Concentrations retenues dans les sols pour l'ARR	33
Tableau 9 : Valeurs toxicologiques de référence retenues pour l'ARR	34
Tableau 10 : Hypothèses constructives pour l'ARR	35
Tableau 11 : Concentrations modélisées dans l'air atmosphérique et dans l'air du bâtiment – Scénario : usage industriel.....	36
Tableau 12 : Risques évalués dans le cadre de l'ARR pour un usage industriel	39

ANNEXES

Annexe 1. AP d'autorisation d'exploiter de la SMAC
Annexe 2. Courriers et mailings d'échanges entre SMAC, la DREAL et Bordeaux Métropole
Annexe 3. Rapport de synthèse du suivi environnemental de la qualité des eaux
Annexe 4. Diagnostic complémentaire et plan de gestion générique du site
Annexe 5. DOE SES
Annexe 6. Bordereaux d'analyse des sols
Annexe 7. Relations dose/réponse de l'ARR de fin de travaux
Annexe 8. Paramètres de calcul de l'ARR de fin de travaux
Annexe 9. Valeurs toxicologiques de références

Annexe 10. Certificats d'enlèvements et de dégazage des cuves

Synthèse non technique

La Société des Mines de bitume et d'Asphalte du Centre (dénommée SMAC ci-après) exploite depuis 1961 (début de l'activité d'enrobage de gravillons), un site situé 39 cours Louis Fargues à Bordeaux (33) pour une activité de confection de bitume et d'enrobé à chaud. Le site est divisé en deux parties distinctes : une partie exploitation sur laquelle les activités de fabrication d'asphalte et de stockage de matériaux étaient réalisées et une seconde partie occupée par les bureaux de l'agence travaux de Bordeaux.

L'activité de la SMAC est soumise à autorisation au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Le site est référencé dans la base de données BASIAS sous l'identifiant AQI3301635.

Dans ce cadre, la SMAC a notifié la cessation de son activité de confection de bitume à la DREAL (courrier Accusé de Réception du 15/09/2014) et informé Bordeaux métropole de sa volonté de conserver une activité de stockage à usage industriel non-sensible (entrepôts) pour les besoins de son agence travaux. A l'issue des différents échanges réalisés avec les services référents, cet usage a été validé par Bordeaux Métropole (courrier Accusé de Réception du 04/05/2015) et communiqué à la DREAL afin de compléter le dossier de cessation d'activité.

Le démantèlement des installations et la démolition/déconstruction des bâtiments ont été réalisés en avril 2015 par l'entreprise Séché Eco-Services (dénommé SES ci-après). Les travaux de dépollution du site ont commencé en septembre 2015 par SES, sous le contrôle quasi-permanent d'un intervenant de BURGEAP dans sa mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage auprès de la SMAC, sur la base d'un usage futur du site de type industriel non sensible (entrepôt) conformément aux obligations réglementaires de l'exploitant.

En parallèle de ces travaux de dépollution, et dans le cadre d'une réflexion sur la valorisation potentielle du foncier pour un usage plus sensible du type résidentiel (habitations collectives sans jardins privatifs), SMAC a décidé de réaliser une dépollution complémentaire du site afin de rendre celui-ci compatible avec les usages plus sensibles étudiés. Quatre zones sources à dépolluer ont été ainsi mises en évidence sur le site : A, B, C et D. A l'issue des travaux de réhabilitation, environ :

- 1 617 tonnes de matériaux (sols et bétons pollués) ont été excavés sur le site et envoyés en Installation de Stockage pour Déchets Non Dangereux ;
- 156 tonnes de sols impactés en HAP ont été envoyés en Installation de Stockage pour Déchets Dangereux ;
- 123 tonnes de sols pollués par du produit pur ont été envoyés en usine d'incinération ;
- 18 m³ d'eaux polluées ont été traitées sur le site dans une unité de traitement sur charbon actif.

Des contrôle parois et fond de fouilles ont été réalisés et les terrassements poursuivis jusqu'à l'atteinte des objectifs de réhabilitation. En raison de limites techniques (nécessité de laisser une allée de circulation pour l'activité du site), certains spots n'ont cependant pas pu être purgés complètement.

L'analyse de risques résiduels de fin de travaux réalisée sur la base des teneurs résiduelles de ces spots a cependant montré une compatibilité sanitaire pour l'usage industriel non-sensible demandé à l'exploitant par les institutions.

Afin de rétablir la compatibilité sanitaire du site avec les usages sensibles étudiés (habitations collectives), il conviendra de purger les spots BFP2N3, S8 Moy, PFS19A, PFS21B, PF20B3, PFS20A et PFS23, sur la base des objectifs de réhabilitation définis dans le cadre du plan de gestion et de l'étude de risques sanitaires associée (rapport BURGEAP RESISO05114-01 du 11/02/2016).

Synthèse technique

Client	SMAC
Informations sur le site lui-même	<ul style="list-style-type: none"> • Adresse du site : 39, Cours Louis Fargues – Bordeaux (33) ; • Références cadastrales : RM 63 et 65 ; • Superficie totale 7 200 m² environ ; • Propriétaire actuel : SMAC ; • Usage et exploitant actuel : fabrication d'asphalte ; • Situation administrative (ICPE) : site industriel dont la cessation d'activité est en cours (autorisation).
Contexte de l'étude	Travaux de réhabilitation du site suite à la cessation des activités bitumineuses de l'entreprise.
Projet d'aménagement	Aucun projet d'aménagement n'est actuellement prévu sur le site. Les bâtiments de la partie exploitation ont été démolis, cette partie du site restera la propriété de SMAC et servira de zone de stockage (usage industriel non-sensible) conformément à ce qui a été convenu avec Bordeaux Métropole.
Historique succinct	<ul style="list-style-type: none"> • avant 1957 : champs agricoles ; • 1961 : début de l'activité d'enrobage de gravillons (autorisée par l'arrêté du 16/01/1961) ; • 2014 : déclaration de cessation d'activité de l'exploitant.
Géologie / hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> • des remblais sableux à sablo-graveleux marron clair à noirs de la surface jusqu'à globalement 1.00 m de profondeur et pouvant contenir des mâchefers : remblais R1 ; • des remblais marron clair à rouille contenant de nombreux mâchefers globalement rencontrés entre 1.00 et 2.00/2.50 m de profondeur : remblais R2, • sous-jacents à ces remblais, de alluvions récentes composées d'argiles et de tourbes, jusqu'à la profondeur de fin des sondages soit environ 2.50 m : sols R3, • Il existe une « nappe » perchée d'origine météorique de faible productivité circulant au sein des remblais présents sur le site. Son niveau a été relevé entre -1.73 et -2.20 m de profondeur lors des investigations. De par sa faible productivité, elle n'est pas exploitée dans les environs du site et n'est pas considérée comme un enjeu pertinent.
Impacts identifiés lors des précédentes études	Présence de quatre zones sources (A, B, C et D) présentant des teneurs en HCT et à moindre mesure en BTEX et en HAP supérieures aux objectifs de réhabilitation.
Nature des travaux de réhabilitation	Excavation des sols pollués en composés hydrocarbonés présentant des teneurs supérieures aux objectifs de réhabilitation définis dans le cadre du plan de gestion et de l'étude de risques sanitaires.
Conséquences sur le projet / recommandations	<p>A l'issue des travaux de dépollution du site :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 617 tonnes de matériaux (sols et bétons pollués) ont été excavés sur le site et envoyés en ISDND ; • 156 tonnes de sols impactés en HAP ont été envoyés en ISDD ; • 123 tonnes de sols pollués par du produit pur ont été envoyés en usine d'incinération ; • 18 m³ d'eaux polluées ont été traitées sur le site dans une unité de traitement sur charbon actif. <p>En raison de limites techniques (nécessité de laisser une allée de circulation pour l'activité du site), certains spots n'ont cependant pas pu être purgés complètement.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'analyse de risques résiduels de fin de travaux réalisée sur la base des teneurs résiduelles de ces spots a cependant montré une compatibilité sanitaire pour l'usage industriel non-sensible demandé à l'exploitant par les institutions. Afin de rétablir la compatibilité sanitaire du site avec les usages sensibles étudiés (habitations collectives), il conviendra de purger les spots BFP2N3, S8 Moy, PFS19A, PFS21B, PF20B3, PFS20A et PFS23, sur la base des objectifs de réhabilitation définis dans le cadre du plan de gestion et de l'étude de risques sanitaires associée (rapport BURGEAP RESISO05114-01 du 11/02/2016).

1. Introduction

1.1 Contexte de l'étude

La Société des Mines de bitume et d'Asphalte du Centre (dénommée SMAC ci-après) exploite depuis 1961 (début de l'activité d'enrobage de gravillons), un site situé 39 cours Louis Fargues à Bordeaux (33) pour une activité de confection de bitume et d'enrobé à chaud. Le site est divisé en deux parties distinctes : une partie exploitation sur laquelle les activités de fabrication d'asphalte et de stockage de matériaux étaient réalisées et une seconde partie occupé par les bureaux de l'agence travaux de Bordeaux.

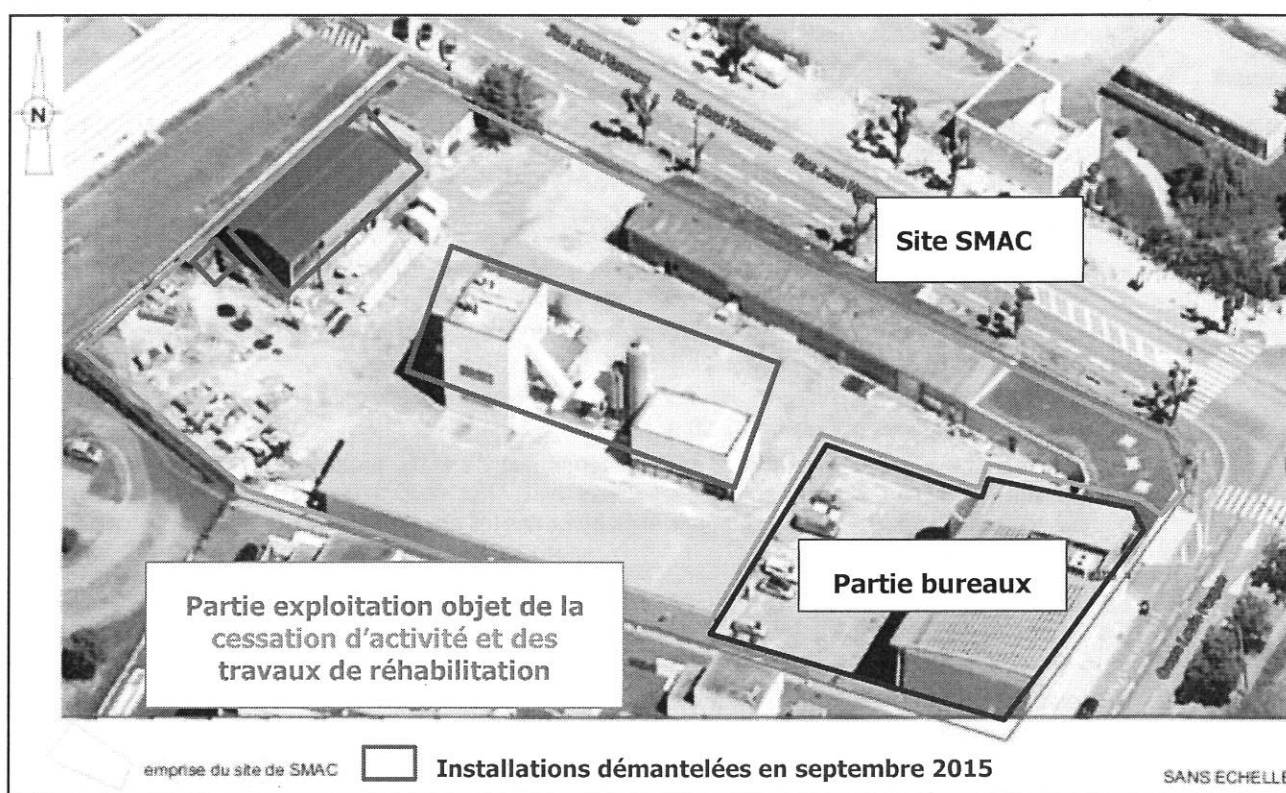


Figure 1 : Photo aérienne du site avant démolition des installations

L'activité de la SMAC est soumise à autorisation au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Le site est référencé dans la base de données BASIAS sous l'identifiant AQI3301635. Les arrêtés Préfectoraux d'autorisation d'exploiter régissant les activités de la SMAC sont fournis en **Annexe 1**.

Dans ce cadre, la SMAC a notifié la cessation de son activité de confection de bitume à la DREAL (courrier AR du 15/09/2014) et informé Bordeaux métropole de sa volonté de conserver une activité de stockage à usage industriel (entrepôts) pour les besoins de son agence travaux. A l'issue des différents échanges réalisés avec les services référents, cet usage a été validé par Bordeaux Métropole (courrier AR du 04/05/2015) et communiqué à la DREAL afin de compléter le dossier de cessation d'activité.

Les courriers et mailings d'échanges concernant la cessation d'activité du site entre la SMAC, la DREAL et Bordeaux Métropole sont présentés en **Annexe 2** et synthétisés dans le **tableau 1** ci-après.

Tableau 1 : Synthèse des échanges entre la SMAC, la DREAL et Bordeaux Métropole

Date courrier	Organisme émetteur	Organisme receveur	Objet
AR du 15/09/14	SMAC	DREAL AQUITAINE Bordeaux Métropole	Notification de la cessation d'activité au 30/11/14 (à laquelle sont joints la déclaration de cessation d'activité et le plan cadastral du site) et demande d'avis sur l'usage futur envisagé (stockage à usage industriel)
21/10/14	DREAL AQUITAINE	SMAC	<p>Demande de la DREAL de fournir les éléments complémentaires suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'inventaire des produits/équipements (cuves notamment) présents sur le site et susceptibles de générer un danger ou une pollution ; • le devenir des produits/équipements et les BSD associés ; • l'avis sur l'usage futur du site envisagé par la SMAC. <p>Il a été de plus demandé à la SMAC de mettre en place un réseau de trois piézomètres et de faire réaliser une surveillance de la qualité des eaux souterraines (deux campagnes de prélèvements en basses et en hautes eaux) et de justifier le niveau de dépollution retenu au regard de l'usage futur envisagé.</p>
AR du 17/12/14	Bordeaux Métropole	SMAC	Avis non favorable à la reconversion du site en une zone de stockage de type industriel au regard du nouveau zonage de la zone UDc du PLU.
AR du 06/01/15	SMAC	Bordeaux Métropole	Informations complémentaires quant à l'usage envisagé sur le site (<u>entrepôt</u> conformément à l'article 2 point 4 du règlement du PLU) ainsi qu'au seuil de réhabilitation et au réseau de surveillance envisagés sur le site.
04/05/15	Bordeaux Métropole	SMAC	Avis favorable de Bordeaux Métropole pour l'usage envisagé par la SMAC, le PLU autorisant le maintien d'activités existantes (entrepôts de matériaux et bureaux de l'agence travaux).
12/05/15	SMAC	DREAL AQUITAINE	Envoi du diagnostic déchets réalisé dans le cadre de la cessation d'activité du site, des BSD associés, du courrier d'avis favorable de Bordeaux Métropole au changement demandé par la SMAC et du rapport de la première campagne d'analyses des eaux souterraines.
30/06/15	DREAL AQUITAINE	SMAC	Prise en compte de l'avis favorable de Bordeaux Métropole pour l'usage industriel non sensible envisagé par la SMAC. Demande de fournir les éléments référents au démantèlement des installations (rapport de contrôle des sols justifiant l'atteinte des objectifs sanitaires de réhabilitation, BSD, etc.) dès que possible. Demande de réaliser un suivi annuel (deux campagnes) après le démantèlement des installations.

Dans le cadre cette cessation et des différents échanges et demandes qui y sont associés, la SMAC a missionné BURGEAP pour la réalisation :

- d'un diagnostic environnemental du milieu souterrain préalable au démantèlement des installations (Rapport BURGEAP RESISO2723-01 du 07/08/2013) ;
- d'un diagnostic déchets (Rapport RDEMSO00992-01 du 03/02/15) ;
- d'un suivi annuel de la qualité des eaux lors de deux campagnes réalisées en période de hautes et de basses eaux (Rapport RESISO05375-01 du 4/03/16). Ce rapport de synthèse est présenté en **Annexe 3**.

Le diagnostic environnemental a mis en évidence la présence, au droit de la partie exploitation du site, de sols impactés en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ (et à moindre mesure en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques et en BTEX) en surface et en profondeur notamment au droit de la cuve enterrée d'huile caloporteuse (jusqu'à 3.00 m de profondeur selon les sondages), ainsi qu'au droit de l'ancienne cuve aérienne de gasoil (jusqu'à 2.00 m de profondeur) et, à moindre mesure, au droit de l'ancienne cuve aérienne d'huile, de l'ancien atelier d'entretien mécanique et de l'aire des tri des déchets, où l'impact est notable en surface.

Sur la base de ce diagnostic, les travaux de dépollution du site ont commencé en septembre 2015. Ils ont été réalisés par l'entreprise Séché Eco-Services (dénommé SES ci-après), sous le contrôle de BURGEAP dans sa mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage auprès de la SMAC, sur la base d'un usage futur du site de type industriel non sensible (entrepôt) conformément aux obligations réglementaires de l'exploitant.

En parallèle de ces travaux de dépollution, et dans le cadre d'une réflexion sur la valorisation potentielle du foncier pour un usage plus sensible du type résidentiel (habitations collectives sans jardins privatifs), SMAC a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic complémentaire du milieu souterrain et d'un plan de gestion générique du site (rapport BURGEAP RESISO05114-01 du 11/02/2016) afin de :

- compléter les informations relatives à l'état des milieux sols au droit du site par la réalisation de sondages à la pelle mécanique selon un maillage aléatoire sur les parties non investiguées du site, de prélèvements d'échantillons de sols au droit des fouilles réalisées et d'analyses en laboratoire ;
- d'étudier la pertinence technico-économique à réaliser une dépollution complémentaire du site sur la base d'un usage plus sensible au regard d'une Analyse des Risques Résiduels prédictive et des scénarios d'aménagements pressentis.

A l'issue des conclusions de ce rapport, SMAC a décidé de réaliser une dépollution complémentaire du site afin de rendre celui-ci compatible avec les usages plus sensibles étudiés. Le rapport de diagnostic complémentaire et le plan de gestion générique du site sont présentés en **Annexe 4**.

Le présent document constitue le rapport de fin des travaux de réhabilitation réalisés sur le site.

Le DOE (Rapport LavalB393307053 de février 2016) de SES est présenté en **Annexe 5**.

1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur

La méthodologie retenue par BURGEAP pour la réalisation de cette étude prend en compte les textes et outils de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués en France de février 2007 et les exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »** révisée en juin 2011, pour le domaine B : « Ingénierie des travaux de réhabilitation ».

L'étude réalisée s'inscrit dans le cadre de la mission élémentaire **B330**, avec la mission de « assistance aux opérations de réception des travaux de gestion de terres polluées ».

L'étude est réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques disponibles à la date de sa réalisation.

2. Synthèse des travaux de réhabilitation

2.1 Objectifs de réhabilitation

Pour les travaux de réhabilitation, le Maître d'Ouvrage a retenu les objectifs de réhabilitation qui ont été définis dans le cadre de l'étude de risques sanitaires et du plan de gestion générique du site (**Cf. Annexe 3**). Ces objectifs de réhabilitation ont été définis dans le cadre d'un réaménagement potentiel du site vers un usage plus sensible de type :

- bâtiment de logements collectifs sur vide sanitaire ;
- bâtiment de logements collectifs sur un niveau de sous-sol ;
- bâtiment de logements collectifs de plain-pied avec un niveau de parking en rez-de-chaussée ouvert.

Ces valeurs seuils de réhabilitation présentées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Objectifs de réhabilitation – usages de logements collectifs

Paramètre	Teneurs maximales dans les sols avant travaux de réhabilitation (mg/Kg de MS)	Objectifs de réhabilitation (mg/Kg de MS)
HCT		
Indice hydrocarbures C10-C40	8 880	679
Fraction C10-C12	973	141
Fraction C12-C16	2 567	294
HAP		
Naphtalène	340	0,83
BTEX		
Benzène	0,11	< LQ (1)
Toluène	0,24	
Ethylbenzène	0,38	
Xylènes	1,21	

(1) : A l'issue des travaux de dépollution l'ensemble des points ayant présentés des traces en BTEX auront été purgés.

Le démantèlement des installations et la démolition/déconstruction des bâtiments ont été réalisés en avril 2015 par SES. Les travaux de dépollution du site ont été réalisés de septembre à décembre 2015 par SES sous le contrôle quasi-permanent d'un intervenant de BURGEAP.

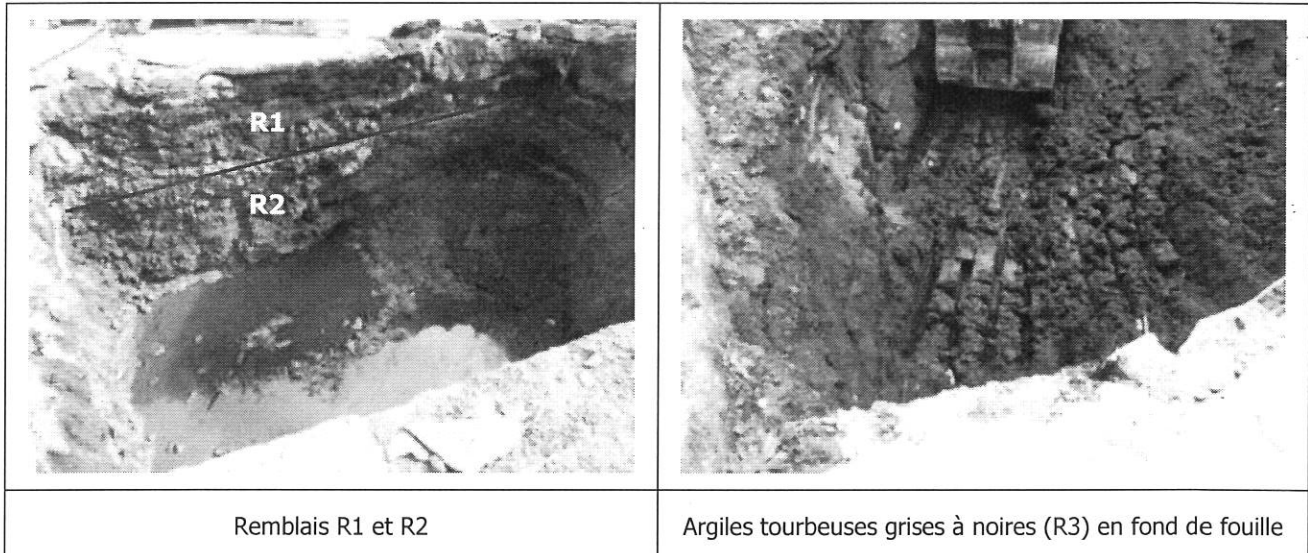
2.2 Définition des zones sources à traiter

Les zones sources sont définies comme étant des zones limitées dans l'espace qui présentent les anomalies de concentrations les plus grandes et qui sont supérieures aux objectifs de réhabilitation préalablement définis.

Les lithologies identifiées sur le site à l'issue des différents diagnostics du milieu souterrain réalisés sont globalement les suivantes :

- un revêtement en enrobé et/ou bétonné d'une épaisseur comprise entre 0.10 et 0.90 m,
- des remblais sableux à sablo-graveleux marron clair à noirs d'une épaisseur moyenne de 1.00 m pouvant contenir des mâchefers : ci-après dénommés **remblais R1**;
- des remblais marron clair à rouille contenant de nombreux mâchefers : **remblais R2** globalement rencontrés entre 1.00 et 2.00 m de profondeur,

- des argiles tourbeuses noires correspondant aux terrains naturels de la formation des argiles de Mattes ou des remblais sablo-graveleux marron clair/rouille à noirâtres : **sols R3** rencontrés en dessous des 2.00 m de profondeur.



Il a été détecté la présence d'une « nappe » perchée d'origine météorique de faible productivité circulant au sein des remblais présents sur le site. Son niveau a été relevé entre -1.73 et -2.20 m de profondeur lors des investigations. De par sa faible productivité, elle n'est pas exploitée dans les environs du site et n'est pas considérée comme un enjeu sensible. Cette nappe a fait l'objet d'un suivi réglementaire des eaux souterraines par la réalisation de deux campagnes de prélèvements en période de hautes et de basses eaux (rapport de synthèse BURGEAP RESISO05375-01) conformément aux demandes institutionnelles de la DREAL en date du 21/10/2014, afin de s'assurer de l'absence de migration hors du site des pollutions identifiées dans le périmètre de l'installation. Ces campagnes de prélèvements n'ont pas mis en évidence la présence notable d'une pollution ni de migration hors site du panache.

Les investigations complémentaires réalisées sur le site ont mis en évidence les points suivants :

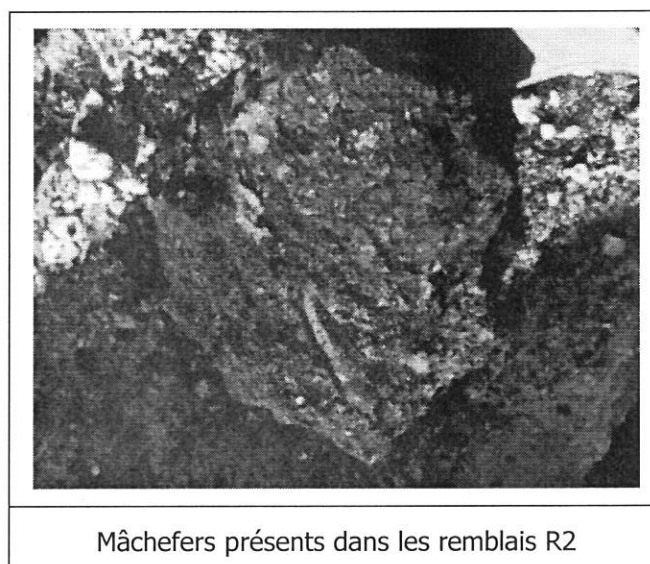
- la présence d'une contamination notable et généralisée en métaux lourds sur l'ensemble des remblais présents au droit du site d'étude (R1, R2 et à moindre mesure R3) imputables à des remblais historiques présentant une mauvaise qualité environnementale ;
- la présence d'un impact généralisé en HCT et en HAP au sein de l'ensemble des remblais R1, R2 et R3 avec la présence ponctuelle de composés de la famille des BTEX et notamment la présence de teneurs supérieures aux objectifs de réhabilitation au droit des :
 - ♦ **Remblais R1 (+/-) 0.20-1.00 m de profondeur :**
 - SC1 (HCT : 1 810 mg/kg de MS et BTEX : 0.8 mg/kg de MS),
 - S4 (BTEX : 1.3 mg/kg de MS),
 - S9 (HAP : 88 mg/kg de MS),
 - S23 (HCT : 5 170 mg/kg de MS et BTEX : 0.05 mg/kg de MS).
 - ♦ **Remblais R2 (+/-) 1.00-2.00 m de profondeur :**
 - SC3 (HCT : 610 mg/kg de MS et HAP : 120 mg/kg de MS),
 - S17 (HCT : 3 020 mg/kg de MS),
 - S19 (HCT : 1 890 mg/kg de MS),

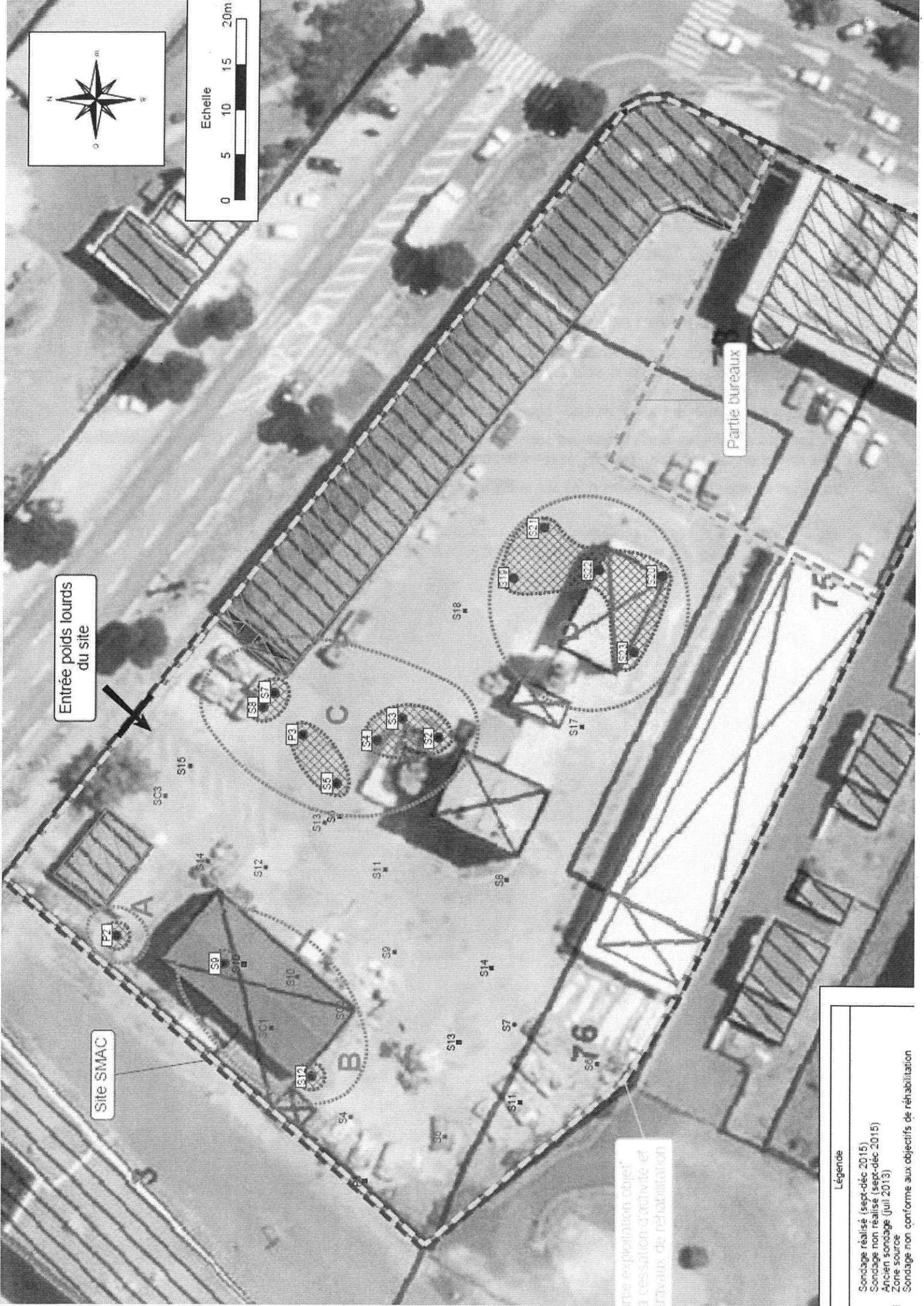
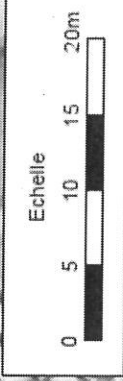
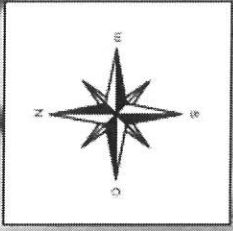
- S20 (HCT : 2 010 mg/kg de MS et HAP : 330 mg/kg de MS),
- S22 (HCT : 1 750 mg/kg de MS),
- S23 (HCT : 1 590 mg/kg de MS).
- ◆ **Sols R3 : au-delà des 2.00 m de profondeur :**
 - S13 (HCT : 4 670 mg/kg de MS, HAP : 850 mg/kg de MS et BTEX : 1.69 mg/kg de MS),
 - S20 (HCT : 4 110 mg/kg de MS et HAP : 50.1 mg/kg de MS),
 - S21 (HCT : 8 880 mg/kg de MS) ;

A cet effet, nous avons donc considéré comme zones sources, les zones présentant les teneurs en composés organiques (notamment les plus volatils) les plus importantes dans les sols : hydrocarbures C_{10} - C_{40} (et notamment la fraction volatile C_{10} - C_{16}), en HAP ainsi qu'en composés aromatiques volatils (BTEX) qui présentaient des teneurs supérieures aux objectifs de réhabilitation.

A l'issue des différentes études réalisées sur le site, quatre zones sources : A, B, C et D ont été identifiées sur le site et on fait l'objet de travaux de réhabilitation.

Ces zones sources sont présentées dans sur la **Figure 2** ci-après.





Légende

- Sondage réalisé (sept-déc 2015)
- Sondage non réalisé (sept-déc 2015)
- Ancien sondage (juil 2013)
- Zone source
- Sondage non conforme aux objectifs de réhabilitation

2.3 Méthodologie de traitement des zones sources concentrées

2.3.1 Détail technique de la méthode par excavation

En première approche il a été décidé, en accord avec l'exploitant, de procéder, dans chacune des zones, à :

- une purge des points de sondages présentant des concentrations en composés hydrocarbonés supérieures aux objectifs de réhabilitation selon une emprise de 5x5 m soit 25 m²,
- réaliser les analyses de contrôle de parois et fond des fouilles,
- de continuer les terrassements en cas de non-conformité des résultats analytiques obtenus.

La méthodologie des travaux de réhabilitation a consisté :





- au démantèlement des revêtements de surface (béton ou enrobé), à leur stockage/caractérisation puis à leur évacuation en filière de traitement adéquate ;
- au terrassement des remblais R1 des sondages SC1, S4 et S23 entre 0,20 et 1,00 m de profondeur environ et de les stocker provisoirement sur site en vue de leur évacuation. Ce stockage provisoire a nécessité la réalisation d'une aire de stockage dans les règles de l'art (géomembrane, couverture ou abris contre les intempéries) et d'un suivi de la traçabilité des mouvements de terres ;
- au décaissement des remblais R1 des zones sources SC3, S17, S19, S20 et S22 entre 0,00 et 1,00 m de profondeur (sols impactés en métaux lourds mais ne présentant pas de dépassements des objectifs de réhabilitations en composés hydrocarbonés) et de les stocker provisoirement sur géomembrane en vue de leur réutilisation ultérieure comme matériaux de remblaiement. Une fois ces travaux préparatoires réalisés, terrasser les remblais R2 des zones sources SC1, SC3, S17, S19, S20, S22 et S23, de 1,00 m à globalement 2,00/2,50 m de profondeur et de les stocker provisoirement sur site sur l'alvéole précédemment réalisée en vue de leur caractérisation puis de leur évacuation ou à leur évacuation en flux tendu lorsque la caractérisation avait déjà été réalisée ;
- après caractérisation analytique (AM du 12/12/2014), au chargement des terres polluées et à leur évacuation par transport routier déclaré vers le centre adéquate (Lapouyade ou Changé), ayant accepté au préalable de recevoir les terres ;
- au remblaiement de l'ensemble des zones décaissées par les remblais R1 stockés préalablement sur le site lors des travaux préparatoire jusqu'à globalement - 1,00 m de profondeur par rapport à la cote actuelle du terrain ainsi que par le concassé béton non pollué en composés hydrocarbonés provenant des revêtements de surface précédemment démantelés puis par des matériaux inertes (après analyses selon l'AM du 12/12/14) d'apport extérieur au site ;
- de réaliser une réfection des sols, après compactage, par un revêtement de type enrobé (bicouche).

2.3.2 Processus de traitement des zones sources

► EXCAVATION

Un piquetage des points de sondages à purger a été réalisé par un géomètre de SES, ainsi qu'un relevé topographique initial par un géomètre de SES pour permettre la détermination des cubatures.

Les excavations ont été réalisées à l'aide d'une pelle mécanique après démantèlement des revêtements bétonnés ou d'enrobé. Compte tenu de la profondeur des fouilles, des talus de pente 2/1 ont été réalisés lorsque cela s'est avéré nécessaire.

	
<p>Rabotage du revêtement bétonné de la zone B</p>	<p>Terrassement de la zone B</p>
	
<p>Terrassement de la zone C</p>	<p>Terrassement de la zone D</p>

► STOCKAGE DES TERRES POLLUEES ET DES MATERIAUX DE DECOUVERTE

A l'issue des travaux préparatoire et des travaux de terrassements, des aires de stockages provisoires ont été réalisées afin de :

- stocker les sols pollués en attente de caractérisation ou d'évacuation en filière adéquate ;
- stocker les matériaux de découverte sus-jacents aux sols pollués à purger ;
- stocker les enrobés et les revêtements bétonnés en attente de leur évacuation en filière appropriée.



Aire de stockage des sols pollués



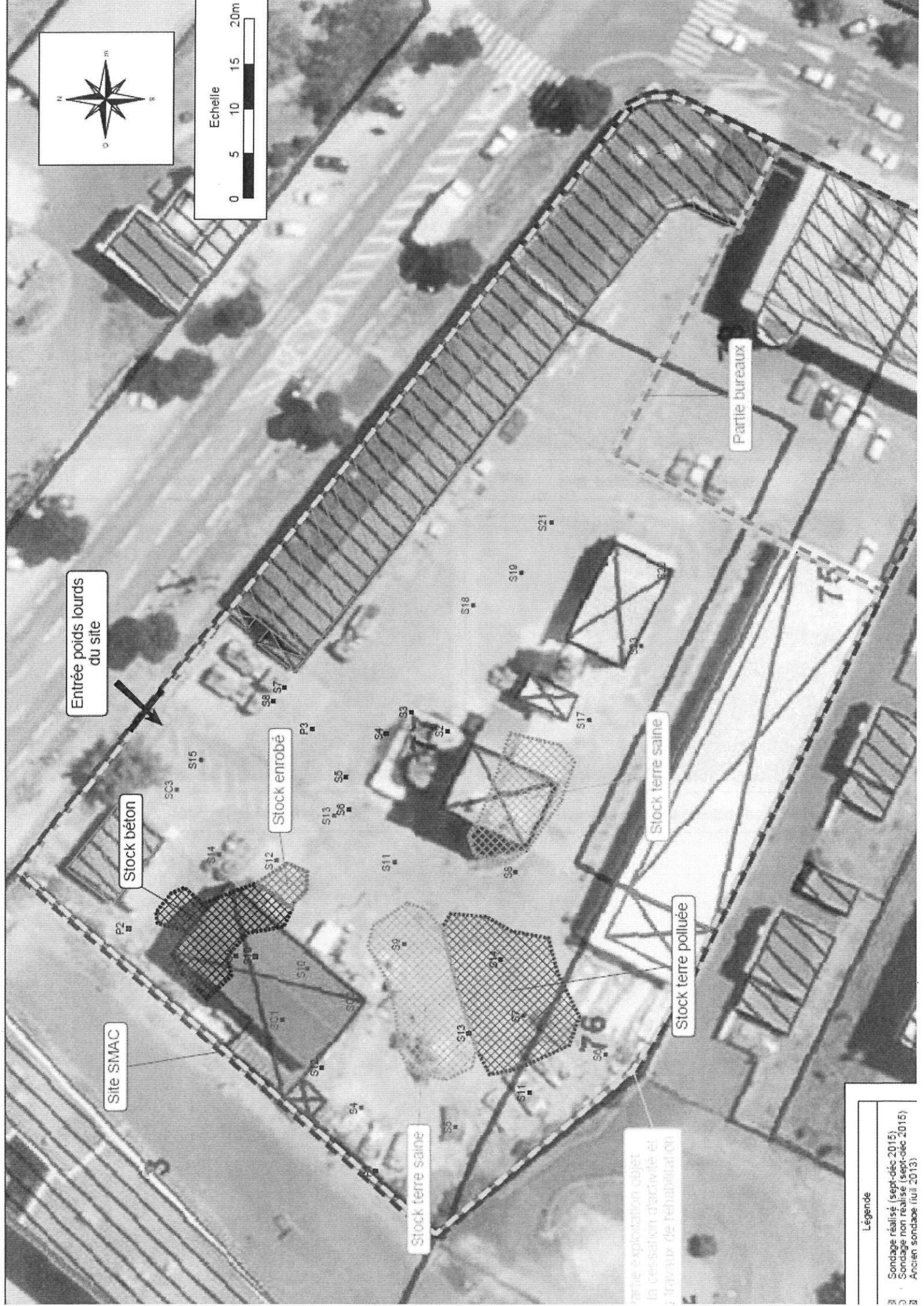
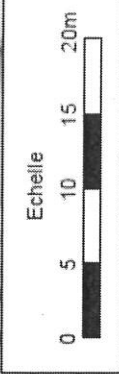
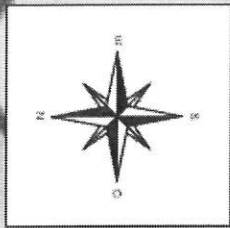
Matériaux en attente d'évacuation



Stocks de béton pollués aux hydrocarbures



Stocks de béton non impactés



Zone exploitation objet
de la cessation d'activité et
de travaux de réhabilitation

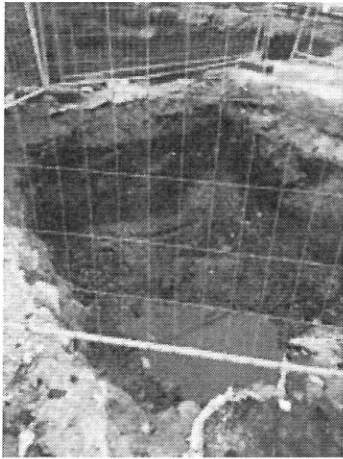
Légende

- Sondage réalisé (sept-déc 2015)
- Sondage non réalisé (sept-déc 2015)
- Ancien sondage (juil 2013)

► PROTECTION DES FOUILLES

Après excavation et en attente de remblaiement, les fouilles ont été protégées par la mise en place de barrières anti-émeute (type barrière HERAS).

Les barrières ont été attachées entre elles.



Barrière HERAS autour des fouilles réalisées

► CONTROLE DES TRAVAUX DE DEPOLLUTION

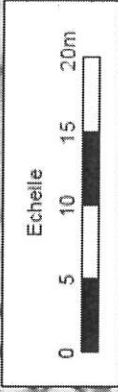
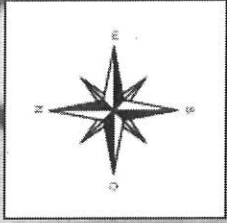
Suite aux travaux d'excavation des sols, l'échantillonnage des sols en fond et bord de fouille a été réalisé par un intervenant de BURGEAP. Des prélèvements moyens de sols représentatifs des fonds et des bords de la fouille ont été réalisés et les échantillons prélevés ont été analysés par le laboratoire EUROFINS, certifié pour les analyses de sols.

Le programme analytique a été défini par BURGEAP, sur la base des pollutions identifiées lors des études antérieures.

Ces analyses ont permis de s'assurer que l'ensemble des terres impactées dépassant les seuils de réhabilitation ont été évacuées et que les parois et fond de fouille étaient conformes à ces objectifs. En cas de non-conformité avec les objectifs de réhabilitation, les terrassements ont été poursuivis et de nouveaux prélèvements réalisés.

La **Figure 3** ci-dessous présente la localisation des prélèvements parois et fonds de fouilles réalisés à l'issue des travaux de dépollution.

Les bordereaux d'analyses des sols sont présentés en **Annexe 6**.



Entrée poids lourds
du site

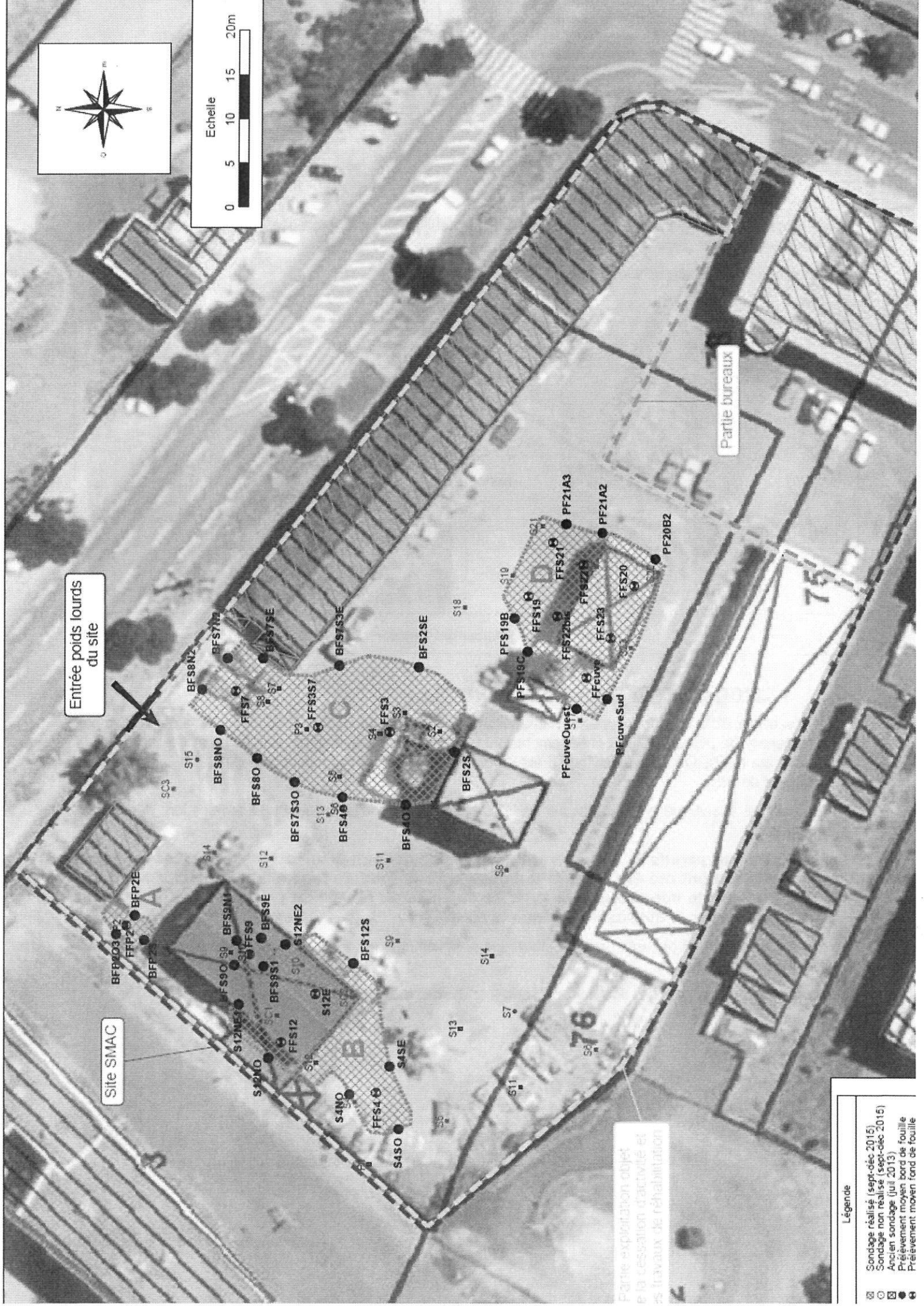
Site SMAC

Partie bureaux

Partie exploitation objet
de la cessation d'activité et
des travaux de réhabilitation

Légende

- Sondage réalisé (sept.-déc. 2015)
- Sondage non réalisé (sept.-déc. 2016)
- ⊙ Ancien sondage (juil. 2013)
- ⊙ Prélèvement moyen bord de fouille
- ⊙ Prélèvement moyen fond de fouille



► OBJECTIFS DE TRAITEMENT

L'ARR prédictive a permis de définir des valeurs seuils de réhabilitation afin d'assurer la compatibilité du site avec les usages sensibles étudiés, en considérant notamment les teneurs résiduelles maximales dans les sols à l'issue de la purge des zones sources concentrées.

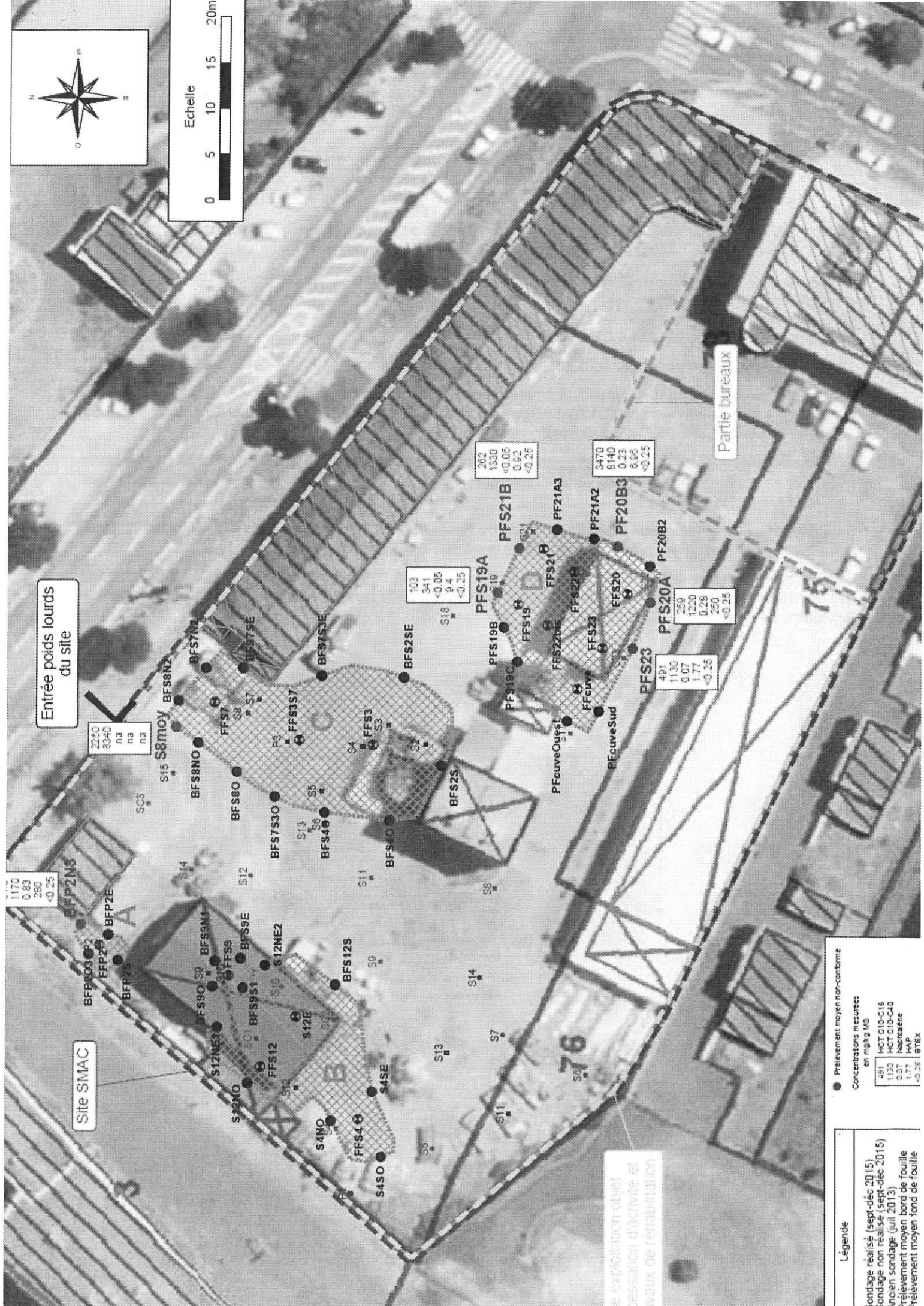
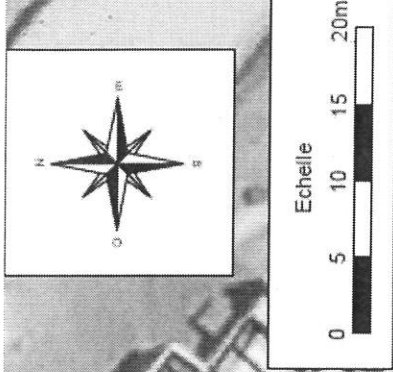
Compte tenu du mode de dépollution retenu, ces travaux se sont limités à globalement 0.50 m au maximum sous le niveau de la nappe perchée.

Le **tableau 3** ci-après présente une synthèse des résultats des parois et fond de fouilles réalisés.

A l'issue des travaux de réhabilitation la quasi-totalité des fonds et parois de fouilles sont conformes aux objectifs de réhabilitation précédemment définis.

Cependant, en raison de limites techniques (présence de bâtiment, entrée/sortie de la voie poids lourds ou voie de circulation) certaines parois, qui présentaient des concentrations en composés hydrocarbonés supérieures aux objectifs de réhabilitation n'ont pas pu être traitées.

La **Figure 4** ci-après présente les parois non-conformes.



Entrée poids lourds du site

Partie bureaux

Site SMAC

Site exploitation objet cessation d'activité et travaux de réhabilitation

2260
834C
n3
n3
n3

1170
0.83
260
<0.25

103
341
<0.06
0.4
<0.25

262
1330
<0.05
0.62
<0.25

5470
8140
0.23
6.66
<0.25

259
1230
0.26
260
<0.25

481
1130
0.07
1.77
<0.25

● Prélèvement moyen non-conforme

Concentrations mesurées en mg/kg MS

481	HCT C10-C16
1130	HCT C10-C40
0.07	Naphtalène
1.77	HAP
<0.25	BTEX

Légende

Sondage réalisé (sept-déc 2015)
 Sondage non réalisé (sept-déc 2015)
 Ancien sondage (juil 2013)
 Prélèvement moyen bord de fouille
 Prélèvement moyen fond de fouille

► ELIMINATION HORS SITE DES TERRES IMPACTEES

A l'issue du bilan coût/avantage réalisé dans le cadre du plan de gestion et après consultation de l'exploitant, les sols pollués ont été traités par excavation et élimination hors site en filière autorisée.

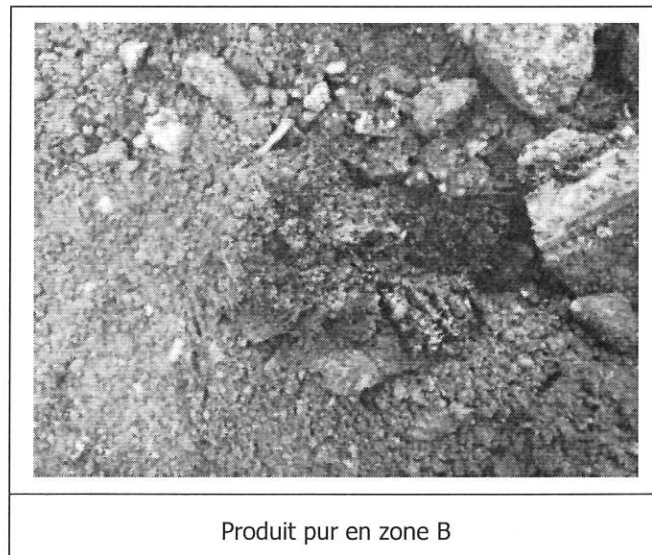
Selon les concentrations identifiées, les sols pollués ont été évacués, après contrôle analytique (tests d'acceptation en ISDI selon l'AM du 12/12/2014) réalisé par BURGEAP et SES, vers l'Installation de Stockage pour Déchets Dangereux (ISDD) de SES a Changé (53) ou vers l'Installation de Stockage pour Déchets Non Dangereux (ISDND) de VEOLIA à Lapouyade (33).

Les enrobés ont été évacués pour valorisation dans l'unité de traitement de FABRIMACO à Bassens (33).

Les bétons constituant les revêtements des zones sources à terrasser ont été stockés en tas selon les indices visuels de contamination en composés hydrocarburés (odeur et couleur) puis, après leur caractérisation (analyse du paramètre HCT), ils ont été soit :

- évacués vers l'Installation de Stockage pour Déchets Non Dangereux (ISDND) de VEOLIA à Lapouyade (33) lorsqu'ils présentaient une teneur supérieure à 500 mg/kg de MS en HCT (seuil des déchets inertes de l'AM du 12/12/2014) ;
- utilisés comme matériaux complémentaires de remblaiement après un concassage sommaire lorsque les teneurs mesurées en HCT étaient inférieures à 500 mg/kg de MS.

Les terrassements ont mis en évidence au droit de la zone B la présence de traces de produits bitumineux pur en dessous des enrobés de surface. Les sols présentant cette pollution ont été envoyés en incinération au centre SIAP de VEOLIA à Bassens (33).



Après caractérisation analytique (AM du 12/12/14), SES a obtenu des Certificats d'Acceptation Préalable (CAP) afin d'évaluer la conformité des déchets livrés avec les seuils d'acceptation des filières retenues.

L'ensemble des documents administratifs (BSD, CAP, AP, etc.) sont fournis en annexes du DOE de l'entreprise en **Annexe 5**.

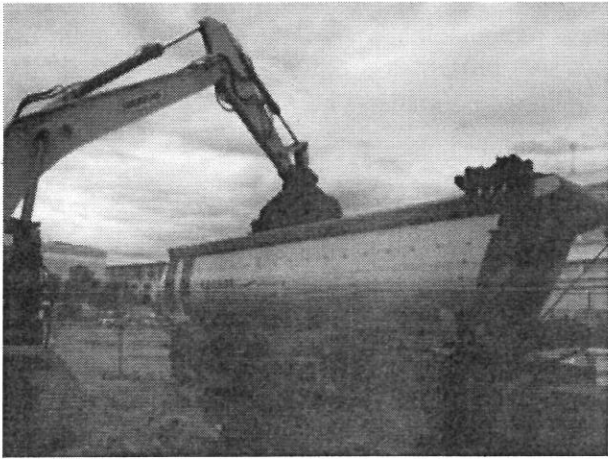

BURGEAP a également réalisé, au cours des travaux de réhabilitation, en plus des trois analyses réalisées dans le cadre du diagnostic complémentaires, deux tests réglementaires (AM du 12/12/14) pour une acceptation des terres en ISDI. Les résultats de ces analyses sont présentés ci-après :

Les bordereaux d'analyses de ces analyses sont présentés en **Annexe 6**.

		Valeurs limite d'acceptation en ISDI (arrêté du 12/12/14)	ISDI 1	ISDI2
Matière sèche	% P.B.		75,6	74,1
Refus pondéral à 2 mm	% P.B.		9,05	6,7
ANALYSES SUR BRUTS				
Carbone Organique Total (a)	mg/kg MS	30000	114000	99400
Métaux lourds				
Arsenic	mg/kg MS		117	110
Cadmium	mg/kg MS		1,72	5,26
Chrome	mg/kg MS		44,3	44,6
Cuivre	mg/kg MS		1200	1230
Nickel	mg/kg MS		125	118
Plomb	mg/kg MS		1870	1670
Zinc	mg/kg MS		1300	2550
Mercurure	mg/kg MS		1,73	1,93
HCT				
HCT (nC10 - nC16)	mg/kg MS		1890	1090
HCT (>nC16 - nC22)	mg/kg MS		2370	1470
HCT (>nC22 - nC30)	mg/kg MS		925	769
HCT (>nC30 - nC40)	mg/kg MS		236	120
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg MS	500	3420	3450
HAP				
Naphtalène	mg/kg MS		0,37	<0,27
Acénaphthylène	mg/kg MS		0,86	1,3
Acénaphthène	mg/kg MS		0,36	2,1
Fluorène	mg/kg MS		1,4	2,5
Phénanthrène	mg/kg MS		0,59	27
Anthracène	mg/kg MS		1,8	6,3
Fluoranthène	mg/kg MS		1,7	35
Pyrène	mg/kg MS		1,5	29
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS		0,62	20
Chrysène	mg/kg MS		0,77	26
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS		0,91	31
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS		0,23	12
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS		0,52	17
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS		0,12	4,4
Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS		0,27	9,6
Indéno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS		0,38	13
Somme des HAP	mg/kg MS	50	12	236,2 <x<236,5
PCB				
PCB 28	mg/kg MS		<0,01	<0,01
PCB 52	mg/kg MS		<0,01	<0,01
PCB 101	mg/kg MS		<0,01	<0,01
PCB 118	mg/kg MS		<0,01	<0,01
PCB 138	mg/kg MS		<0,01	<0,01
PCB 153	mg/kg MS		<0,01	<0,01
PCB 180	mg/kg MS		<0,01	<0,01
SOMME PCB (7)	mg/kg MS	1	<0,07	<0,07
BTEX				
Benzène	mg/kg MS		<0,05	<0,05
Toluène	mg/kg MS		<0,05	<0,05
Ethylbenzène	mg/kg MS		<0,05	<0,05
o-Xylène	mg/kg MS		<0,05	<0,05
m+p-Xylène	mg/kg MS		<0,05	<0,05
Somme des BTEX	mg/kg MS	6	<0,25	<0,25
ANALYSES SUR ELUATS				
Fraction soluble (c)	mg/kg MS	4000	2340	2560
Carbone Organique Total (COT)	mg/kg MS	500	57	59
Chlorures (Cl)	mg/kg MS	800	104	68
Fluorures	mg/kg MS	10	37,1	20,2
Sulfates	mg/kg MS	1000	961	787
Indice phénol	mg/kg MS	1	<0,50	<0,51
Métaux lourds				
Arsenic	mg/kg MS	0,5	<0,20	<0,20
Baryum	mg/kg MS	20	0,56	0,56
Chrome	mg/kg MS	0,5	<0,10	<0,10
Cuivre	mg/kg MS	2	<0,20	<0,20
Molybdène	mg/kg MS	0,5	0,47	0,44
Nickel	mg/kg MS	0,4	<0,10	<0,10
Plomb	mg/kg MS	0,5	<0,10	<0,10
Zinc	mg/kg MS	4	<0,20	<0,20
Mercurure	mg/kg MS	0,01	<0,001	<0,001
Antimoine	mg/kg MS	0,06	0,63	1,1
Cadmium	mg/kg MS	0,04	<0,002	<0,002
Selenium	mg/kg MS	0,1	0,015	0,012
Filière envisagée			ISDND	ISDND




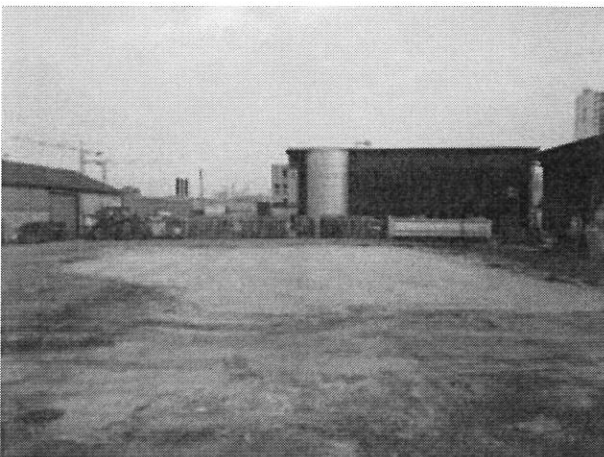
concentration supérieure aux valeurs limites d'acceptation en ISDI et inférieure aux limites d'acceptation en ISDND

Tableau 4 : Résultats d'analyses des tests d'acceptation en ISDI

	
<p>Chargement des terres polluées avant évacuation</p>	<p>Tas bâchés</p>

► REMBLAIEMENT

Les fosses créées suite à l'excavation et à l'évacuation des déblais impactés ont été remblayées par les remblais de surface (R1) et du concassé béton puis par des matériaux inertes (analyse conforme à l'AM du 12/12/14) d'origine extérieure au site.

	
<p>Zone A remblayée et compactée avant réfection</p>	<p>Zone B remblayée et compactée avant réfection</p>
	
<p>Zone C remblayée et compactée avant réfection</p>	<p>Zone D remblayée et compactée avant réfection</p>

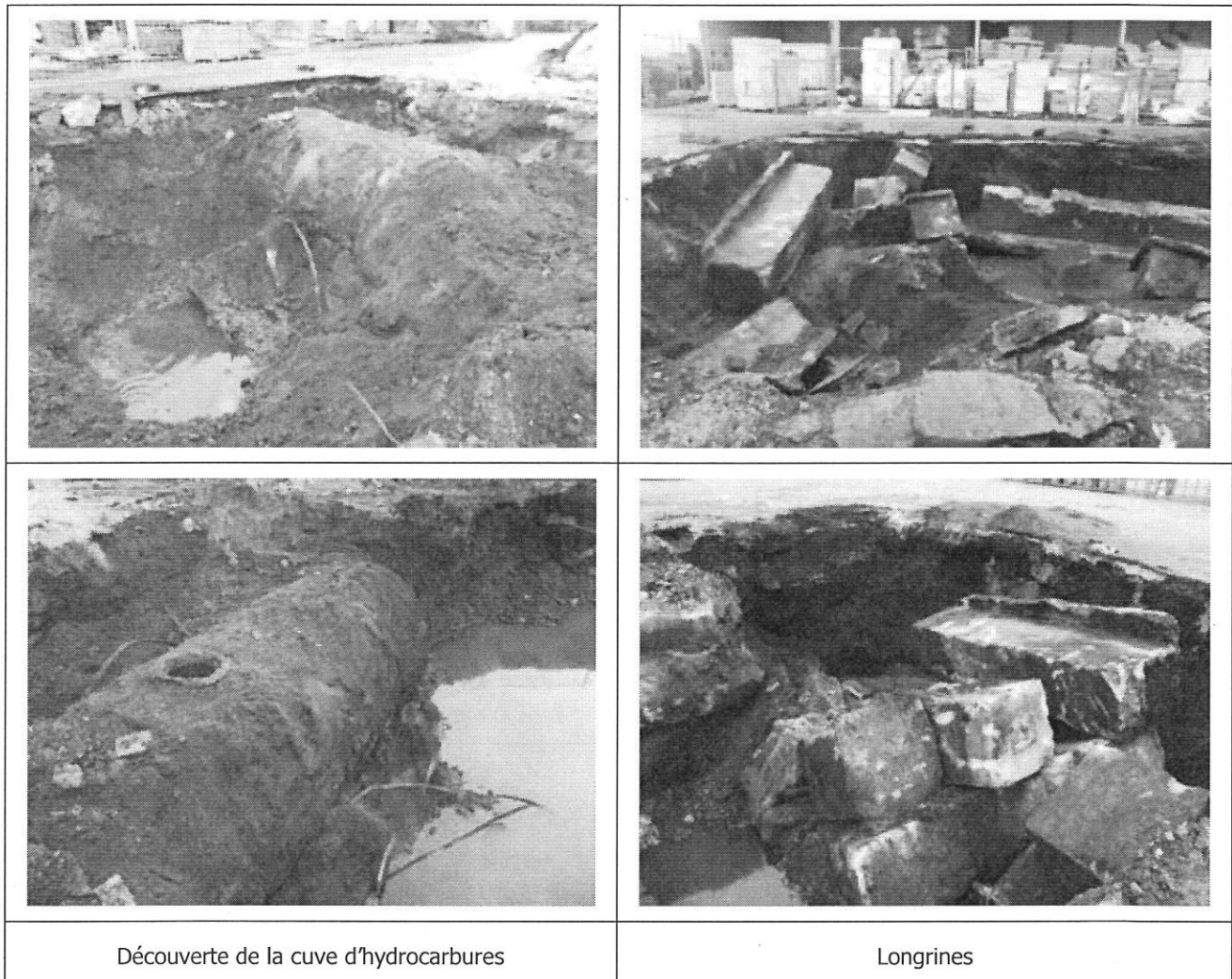
2.3.3 Gestion des eaux de fouilles

Lors de travaux de réhabilitation la présence ponctuelle d'une phase de composés hydrocarbonés (irisation en surface) a été mise en évidence au droit de la zone D du site. Ces eaux ont fait l'objet d'un traitement dans une unité de traitement spécifique sur filtre à charbon actif avant d'être rejetées dans le réseau communautaire. Préalablement à ce pompage, une convention de rejet a été établie avec Bordeaux Métropole. Les eaux de rejet ont fait l'objet d'une analyse de contrôle afin de vérifier la conformité qualitative de ces eaux avec les valeurs limites de la convention. Cette analyse n'a pas montré de dépassement sur les paramètres recherchés. (Cf. VI.2.2 du DOE de SES).

2.3.4 Découverte d'une cuve enterrée - zone D

Lors des travaux de réhabilitation, la zone D a fait l'objet de la découverte d'une cuve d'hydrocarbures remplie de sables indurés présentant des indices de pollution. La cuve a été démantelée, la ferraille transportée en filière de revalorisation (DECONS – Pian Medoc) et le sable évacué en ISDND en même temps que les terres polluées provenant des travaux de dépollution de la fouille.

Cette cuve était posée sur des longrines bétonnées qui ont été sommairement concassées et remise en fond de fouille avant remblaiement de celle-ci.



2.4 Synthèse des tonnages

Le tableau suivant présente une synthèse des tonnages de sols pollués évacués en filière à l'issue des travaux de réhabilitation :

Tableau 5 : Synthèse des tonnages

Filière d'évacuation/traitement	ISDND (T)	ISDD (T)	Incinération	Evapo-concentration et valorisation énergétique
Terres polluées	1 584,18	155,16	122,68	-
Béton pollués	32,52	-	-	-
Eaux hydrocarburées	-	-	-	3,70
TOTAL (T)	1 616,70	155,16	122,68	3,70

Au total, environ 1 895 tonnes de matériaux ont été excavés sur le site et envoyés en filières de traitement adéquates.

3. Analyse résiduelle de fin de travaux

3.1 Objet

A l'issue des travaux de dépollution et des résultats des analyses des fonds et flancs des fouilles, il a été mis en évidence la présence d'hydrocarbures, à des teneurs résiduelles supérieures aux objectifs de réhabilitation sur les sols laissés en place (travaux de reprise impossible imputables à des limites techniques).

Ces dépassements en hydrocarbures (cf. **figure 5**) concernent les zones A, C et D.

A cet effet, une Analyse des Risques Résiduels (ARR) de fin de travaux a été réalisée afin de confirmer la compatibilité sanitaire des sols laissés en place par rapport au futur usage du site (type industriel non sensible) conformément aux obligations réglementaires de l'exploitant.

3.2 Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel est établi sur la base de l'ensemble des investigations réalisées et des scénarii retenus et est présenté pour chaque scénario de façon à visualiser :

- les sources de pollution ;
- les voies de transfert possibles ;
- les cibles potentielles ;
- les milieux d'exposition.

3.2.1 Projet d'aménagement

Le site a fait l'objet par le passé d'un usage industriel. Cet usage est conservé. L'ARR sera donc menée sur la base des impacts résiduels reconnus sur le site et des aménagements actuels. En effet, le PLU n'autorise pas de constructions nouvelles à usage industriel dans le secteur.

Nous considérerons donc un scénario industriel comprenant :

- des bâtiments de plain-pied à usage d'entrepôts localisés en bordure Nord du site ;
- des espaces extérieurs à usage de stockage de matériels sur le reste du site.
- avec :
- des espaces extérieurs recouverts par un enrobé ;
- l'absence d'utilisation des eaux souterraines (restriction d'usage) ;
- des canalisations d'amenée d'eaux potables mises en place dans une tranchée de sablons propres d'un diamètre d'au moins 1 m² de section ou des conduites en PeHD renforcé (feuille anti-contaminant en aluminium) ou en fonte.

3.2.2 Sources de pollution

Dans le cadre de la présente ARR, il a été considéré les concentrations résiduelles maximales en hydrocarbures mises en évidence au droit du site et des différents aménagements à l'issue des travaux de dépollution (résultats d'analyses des fonds et flancs des fouilles).

Ces impacts résiduels sont principalement représentés par des hydrocarbures C10-40 et dans une moindre mesure des HAP (dont du naphthalène). Les analyses réalisées sur les échantillons des fonds et flancs des fouilles ont toutes montré des teneurs en BTEX inférieures aux seuils de quantification du laboratoire.

Au regard de l'absence d'impact notable sur les eaux souterraines (cf. rapport de diagnostic BURGEAP RESISO05375-01 en date du 16/12/2015), il ne sera retenu dans le cadre de l'ARR que les concentrations résiduelles au sein des sols.

3.2.3 Cibles

Au regard de l'usage industriel présenté ci-avant. Les cibles à considérer sont des travailleurs adultes. Le budget espace-temps pour les cibles considérées est détaillé ci-après (tableau suivant).

Tableau 6 : Budget espace-temps des cibles considérées

	Usage industriel
	Travailleur adultes
Durée d'exposition (T)	42 ans
Fréquence d'exposition (F1 en jour/an)	220 j/an
Fréquence en intérieur (F2-int en heure/jour) dans les entrepôts	6 h/j
Fréquence en extérieur sur les voiries et parkings (F2-ext en heure/jour)	2,5 h/j

Les périodes sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérigènes quelle que soit la cible considérée ;
- T (durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérigènes quelle que soit la cible considérée.

3.2.4 Voies de transfert

Compte tenu des pollutions mises en évidence au droit de la zone d'étude et du scénario étudié (cibles considérées), les modes de transfert des sources sols et eaux souterraines vers les autres milieux sont :

- la volatilisation depuis les sols et la dispersion atmosphérique ou au sein d'un bâtiment. Le milieu d'exposition est l'air atmosphérique extérieur et l'air intérieur ;

N'ont pas été considérés :

- la volatilisation depuis la nappe en raison des très faibles impacts mesurés sur ce milieu ;
- le contact direct avec les sols pollués et les poussières de sol, étant donné le recouvrement des sols de surface ;
- le passage au travers de la chaîne alimentaire (aliments d'origine végétale), en raison de l'absence de culture ou d'élevage sur la zone ;

- la perméation au travers de conduites d'amenée d'eau potable étant donné leur mise en place dans une tranchée de sablons propres d'un diamètre d'au moins 1 m² de section ou la pose de conduites en PeHD renforcé (feuille anti-contaminant en aluminium) ou en fonte.

3.2.5 Voies d'expositions

Les voies d'administration des polluants dans l'organisme sont de trois types : inhalation, ingestion et contact cutané. Les voies retenues pour chaque cible et pour chacun des 10 modes d'exposition proposés par le guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000, sont détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Sélection des voies d'exposition

VOIES D'EXPOSITION	Usage industriel	RAISON DE LA SELECTION
	Adultes	
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Oui	Du fait de la présence de composés volatils dans les sols.
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Non	Les sols de surface seront recouverts par de l'enrobé ou les dallages des bâtiments.
Inhalation de vapeur d'eau polluée*	Non	Pas de transfert vers les canalisations AEP étant donné leur mise en place dans une tranchée de sablons propres ou la pose de conduites renforcé ou en fonte. Pas d'usage de la nappe actuellement et dans le futur (restriction d'usage).
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Les sols de surface seront recouverts par de l'enrobé ou les dallages des bâtiments.
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur site	Non	Absence de culture dans le futur sur la zone d'étude.
Ingestion d'aliments d'origine animale élevés sur site	Non	Absence d'élevages dans le futur sur la zone d'étude.
Ingestion d'eau contaminée	Non	Pas de transfert vers les canalisations AEP étant donné leur mise en place dans une tranchée de sablons propres ou la pose de conduites renforcé ou en fonte. Pas d'usage de la nappe actuellement et dans le futur (restriction d'usage).
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Les sols de surface seront recouverts par de l'enrobé ou les dallages des bâtiments. Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique.
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Pas de transfert vers les canalisations AEP étant donné leur mise en place dans une tranchée de sablons propres ou la pose de conduites renforcé ou en fonte. Pas d'usage de la nappe actuellement et dans le futur (restriction d'usage). Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Voie d'exposition négligeable devant la voie inhalation de vapeur. Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique.

3.3 Composés à prendre en compte

3.3.1 Composés retenus

La sélection des composés à prendre en compte est réalisée sur la base :

- des composés rencontrés dans les sols de la zone d'étude à l'issue des travaux de dépollution ;

- les principales propriétés physico-chimiques des composés : volatilité et solubilité ;
- la toxicité et la cancérogénicité des produits (phrases de risques, classement par l'Union Européenne, le CIRC ou l'US-EPA et éventuellement les valeurs toxicologiques de référence).

Les polluants pris en compte pour l'ARR sont pour l'inhalation de vapeurs les composés reconcentrés dans les 2 premiers mètres des sols (en zone non saturée), c'est-à-dire :

- les fractions C10-C40 des hydrocarbures ;
- le naphtalène (seul HAP considéré comme volatil).

N'ont pas été retenus :

- les substances considérées comme peu ou pas volatiles (HAP autres que naphtalène) ;
- les métaux et métalloïdes considérés comme pas volatils y compris pour le mercure (sur la base de test de terrain) ;
- les BTEX dont les concentrations à l'issue des travaux de dépollution présentent des concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire.

3.3.2 Concentrations retenues

Les concentrations retenues correspondent aux concentrations maximales en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ et en naphtalène mises en évidence dans le cadre des réceptions des travaux de dépollution du site. Elles sont synthétisées dans le tableau suivant en fonction du type d'aménagement.

Tableau 8 : Concentrations retenues dans les sols pour l'ARR

Paramètre	Extérieur et intérieur	
	Concentrations retenues (mg/kg)	Echantillons
Indice hydrocarbures C10-C40	8 340	PF20B-3
Fraction C10-C12	581,2	
Fraction C12-C16	2 938,5	
Fraction C16-C21	2 554,3	
Fraction C21-C40	2 065,1	
Naphtalène	1,3	S12NO (0-1)

Les concentrations résiduelles prises en compte pour le calcul des expositions sont issues des concentrations résiduelles maximales mesurées en fonds et flancs des fouilles au droit des différents aménagements, c'est-à-dire les concentrations maximales mesurées:

- en hydrocarbures sur l'échantillon PF20B-3 ;
- en naphtalène sur l'échantillon S12NO (0-1).

Notons que la répartition aliphatique/aromatique des hydrocarbures C₁₀-C₄₀ n'est pas connue. Aussi, une répartition exclusivement aromatique des hydrocarbures sera retenue en 1^{ère} approche.

3.4 Relations dose-réponse des polluants retenus pour l'ARR

Les relations dose-réponse des composés présents dans les différents milieux sont données en **annexe 7** ; la cancérogénicité des composés y est détaillée.

La sélection des VTR est réalisée selon la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, co-signée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués.

En complément à ce document, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- valeurs issues d'études chez l'homme ou valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux ;
- la qualité de l'étude pivot (protocole, taille de l'échantillon...) ;
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués.

Les valeurs toxicologiques de référence retenues sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Valeurs toxicologiques de référence retenues pour l'ARR

Substances	EFFETS TOXIQUES SANS SEUIL			EFFETS TOXIQUES A SEUIL			
	ERU _i (µg/m ³) ⁻¹	Type de cancer voie inh°	Source	RfC (inh°) (µg/m ³)	Organe cible (inh°)	Source	Facteur de sécurité (inh°)
Hydrocarbures C10-C40							
Aromatiques nC>10-nC12	-	-	-	200	Poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatiques nC>12-nC16	-	-	-	200	Poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatiques nC>16-nC21	-	-	-	90	-	TPHCWG & MADEP	-
Aromatiques nC>21-nC35	-	-	-	-	-	-	-
HAP							
Naphtalène	5,60.10⁻⁰⁶	Neuroblastome de l'épithélium olfactif	Anses, 2013	37	Système respiratoire	Anses, 2013	250

3.5 Concentrations de vapeurs dans l'air extérieur et intérieur

La modélisation des transferts de l'air des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils relativement récents (début des années 90). Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL¹ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »² (Johnson and Ettinger, 1991). D'autres outils plus simplifiés comme HESP® ne sont plus utilisés car ils ne considèrent que le flux diffusif à travers le dallage et peuvent donc dans certaines configurations sous-estimer le transfert.

Compte tenu du projet étudié (bâtiment de plain-pied), la modélisation des transferts de vapeurs dans l'air intérieur est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991) utilisées avec une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps). Les équations du logiciel sont répertoriées dans la norme ASTM E 1739-95. Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de Millington and Quirk et équation de Fick) et un mouvement convectif induit par la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation). Le logiciel RISC 4.0 (octobre 2001) a été utilisé pour l'évaluation des expositions dans l'air. Distribué par Waterloo hydrogeologic, ce logiciel a été développé par Lynn R.Spence et BP oil International.

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Les équations et l'ensemble des paramètres de calcul utilisés sont présentés en **annexe 8**.

Au regard de l'usage prévu (l'industriel), il a été retenu pour les calculs les hypothèses constructives synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Hypothèses constructives pour l'ARR

Paramètres		Scénario : Usage industriel
Paramètres SOLS		
Sols sous bâtiment (sables jusqu'à 1 m de profondeur)	Densité	1,8
	Porosité	0,30
	Teneur en eau	0,12
	Teneur en air	0,18
	Perméabilité des sols (cm ²)	1.10 ⁻⁷
	Carbone organique (kg/kg)	0,002
	Profondeur de la source (m)	0,1

¹ Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

² Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25, p 1445-1452

Paramètres		Scénario : Usage industriel
Paramètres BATIMENT		
Bâtiment (ancien laboratoire d'essai)	Longueur du bâtiment considéré (m)	6
	Largueur du bâtiment considéré (m)	8
	Périmètre de du bâtiment considéré (m)	28
	Surface du bâtiment considéré (m ²)	48
	Epaisseur de la dalle du plancher (m)	0,15
	Hauteur de la pièce considérée (m)	2,5
	Volume de la pièce considérée (m ³)	120
	Taux de ventilation du bâtiment (volume par jour)	24
Paramètres EXTERIEUR		
Hauteur de respiration	Pour les adultes	1,5
Vent	Vitesse du vent (m/s)	2
Taille du site	Longueur de la zone (m)	125 (axe Est/Ouest)
Parkings et voiries	Epaisseur de l'enrobé (m)	0,05
	Porosité de l'enrobé	0,1
	Teneur en eau des enrobés	0,05
	Teneur en air des enrobés	0,05

Les concentrations dans l'air ambiant ainsi calculées sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Concentrations modélisées dans l'air atmosphérique et dans l'air du bâtiment – Scénario : usage industriel

Substances	AIR EXTERIEUR		AIR EXTERIEUR et INTERIEUR	AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dallage	Concentrations en intérieur
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)
	Bruit de fond (source OQAI)	Valeurs réglementaires - décret 2002-213 (valeur limite) ou directive 2004/107/CE	Valeurs guide OMS	Bruit de fond (source OQAI)	Valeurs guide ANSES ou INDEX, valeurs repère HCSP	Adulte	Adulte
Aromatiques nC10-nC12	-	-	-	-	-	1,0.10 ⁻⁰²	4,7.10 ⁻⁰¹
Aromatiques nC12-nC16	-	-	-	-	-	4,0.10 ⁻⁰³	1,8.10 ⁻⁰¹
Aromatiques nC16-nC21	-	-	-	-	-	7,6.10 ⁻⁰⁵	3,4.10 ⁻⁰³
Aromatiques nC21-nC35	-	-	-	-	-	2,8.10 ⁻⁰⁸	-
Naphtalène	-	-	-	-	1,0.10⁻⁰²	2,3.10 ⁻⁰⁶	1,5.10 ⁻⁰⁴

3.6 Evaluation des expositions par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times t_j \times T \times F / T_m]$$

avec :

- CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m³).
- C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m³).
- T : durée d'exposition (années).
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
- t_j : fraction du temps d'exposition à la concentration C_j pendant une journée (-).
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations dans l'air ambiant présentées dans le **tableau 10** en page précédente.

3.7 Quantification des risques sanitaires

Les quotients de danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques de référence (**annexe 9**) et des CI (concentrations inhalées). Le détail du calcul est donné en **annexe 8**.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par le guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000 et reprise par les circulaires ministérielles de février 2007. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des composés pour lesquels l'additivité des risques sera ici considérée.

3.7.1 Méthodologie

3.7.1.1 Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

Pour les effets toxiques sans seuil, et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$ERI (\text{inhalation}) = CI \times ERU_i$$

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique 10⁻ⁿ. Par exemple, un excès de risque de 10⁻⁵ présente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées durant la vie entière.

Pour chaque scénario d'exposition, un ERI global est ensuite calculé en faisant :

- pour chaque composé, la somme des risques liés à chacune des voies d'exposition ;
- la somme des risques liés à chacun des composés cancérigènes.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. La Circulaire du ministère en charge de l'environnement datée du 8 février 2007, relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considère que le niveau de risque « usuellement [retenu] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) recommande de sommer l'ensemble des excès de risque individuels (ERI), quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

3.7.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil, un quotient de danger (QD) est défini pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

Un QD inférieur ou égal à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine. A l'inverse, un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

Malgré la position récente de l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) qui recommande l'additivité des QD uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique et le même organe cible, en l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger.

3.7.2 Résultats des calculs de risques pour un usage industriel

Pour ce scénario, il a été considéré l'aménagement de la zone d'étude avec les bâtiments existants de plain-pied et des espaces extérieurs recouverts par une couche d'enrobé. La voie d'exposition prise en compte est l'inhalation de vapeurs depuis les sols en extérieur et en intérieur des bâtiments. Les risques sanitaires QD et ERI sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Risques évalués dans le cadre de l'ARR pour un usage industriel

Voies d'exposition	Scénario : usage industriel			
	Quotient de danger (QD)		Excès de risque individuel (ERI)	
	Adultes	Composés tirant le risque	Adultes	Composés tirant le risque
Inhalation de vapeur en intérieur (bâtiment de plain-pied)	$0,5 \cdot 10^{-01}$	HC C10-C12	$7,7 \cdot 10^{-08}$	Naphtalène
Inhalation de vapeur en extérieur (espaces couverts : parkings et voiries)	$4,6 \cdot 10^{-03}$	HC C10-C12	$4,9 \cdot 10^{-10}$	Naphtalène
TOTAL	0,5	HC C10-C12	$7,7 \cdot 10^{-08}$	Naphtalène

Le tableau ci-dessus montre que pour un usage industriel du site dans l'état actuel avec des bâtiments de plain-pied et des parkings en extérieur en enrobé, en tenant compte des concentrations résiduelles maximales dans les sols et avec les hypothèses constructives retenues, il y n'a pas de dépassement des seuils de risques inacceptables tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués (annexe 3 de la lettre aux préfets du 8 février 2007) et l'état environnemental du site serait compatible avec l'usage industriel.

Pour les effets non cancérogènes, les quotients de danger restent inférieurs (environ 0,5) à la valeur considérée comme significative (QD=1). Les risques sont essentiellement tirés par les hydrocarbures C10-C12.

Pour les effets cancérogènes, les excès de risques individuels sont au maximum de $7,7 \cdot 10^{-08}$ pour les adultes et sont largement inférieurs à la valeur comme significative (ERI=1.10⁻⁰⁵). Les excès de risques individuels sont tirés par le naphtalène.

3.8 Incertitudes

3.8.1 Introduction

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante de l'ARR. Afin de ne pas alourdir cette analyse tout en restant suffisant les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leurs incidence sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendant des scénarios d'exposition et des substances retenues. Le chapitre ci-dessous reprend dans le cadre de la présente étude les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle majeur dans les calculs menés.

3.8.2 Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond

Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale (malgré l'existence d'un groupe technique du Ministère en charge de l'environnement travaillant sur cette thématique), la présente étude a été menée en ne considérant que les risques sanitaires induits par la présence de polluants en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude.

Cependant, il faut rappeler que :

- la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte ;
- la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte.

3.8.3 Concentrations retenues dans les différents milieux

3.8.3.1 Concentrations dans les sols

Il a été considéré les concentrations maximales résiduelles à l'issue des travaux de dépollution du site. Il s'agit d'une approche « majorante » surévaluant légèrement les niveaux de risques sanitaires. L'utilisation d'une moyenne des concentrations engendrerait des risques d'autant plus acceptables.

Concernant la répartition des composés aliphatiques-aromatiques, il a été retenu dans un premier temps, une structure uniquement aromatiques des hydrocarbures. L'hypothèse d'une structure exclusivement aliphatique (structure considérée comme plus volatile mais moins toxique par rapport à celle aromatique), ne modifie pas les conclusions en termes d'acceptabilité des risques sanitaires.

3.8.3.2 Concentrations dans les eaux souterraines

Il n'a pas été retenu de concentrations dans les eaux souterraines en raison de l'impact faible mis en évidence sur ce milieu.

3.8.3.3 Concentrations dans les gaz du sol

Les concentrations de gaz du sol ont été évaluées par modélisation en utilisant une équation fondée sur l'équilibre thermodynamique entre les phases (phase organique / phase aqueuse / phase gazeuse / phase absorbée sur les particules sol). Ainsi, le calcul considère que l'équilibre des phases se met en place de manière instantanée.

La non prise en compte de la cinétique de cette réaction physico-chimique induit une surestimation de la concentration dans l'air du sol et donc une majoration du flux de substances volatiles et des risques calculés. Par ailleurs, le logiciel ne prend pas en compte les hétérogénéités spatiales du milieu poreux et de la pollution, ce qui surestime également les concentrations calculées.

Cette incertitude va dans le sens de l'approche sécuritaire adoptée pour l'ARR. Elle surévalue cependant fortement les risques calculés par rapport à une mesure faite directement dans les gaz du sol.

3.8.4 Transport de vapeurs vers l'air extérieur et intérieur

3.8.4.1 Transferts vers l'air extérieur

Pour le transfert vers l'air extérieur, il est à noter que les paramètres suivants engendrent des incertitudes :

- la taille de la zone de mélange qui joue de manière directement proportionnelle sur les risques calculés. Ce paramètre est issu des caractéristiques géométriques du site ;
- la vitesse du vent prise à 2 m/s. Cette vitesse influe sur la dilution dans l'air extérieur. La valeur prise est sécuritaire, la valeur moyenne du vent sur 1981-2010 étant de 3,3 m/s à la station de Bordeaux-Mérignac.

3.8.4.2 Taille des bâtiments considérés

La taille des bâtiments correspond au bâtiment la plus petit restant au niveau où ces impacts résiduels ont été relevés. L'incertitude sur les emprises futures des bâtiments ne peut être précisée davantage, mais cela n'est vraisemblablement pas de nature à modifier les conclusions de l'étude.

3.8.4.3 Taux de ventilation des bâtiments

Le taux de ventilation retenu est de 24 j⁻¹, et correspond à la valeur retenue pour des lieux de travail en référence à l'article R232-5-3 du décret n°84-1093).

3.8.4.4 Différence de pression entre air du sol et air intérieur

La différence de pression retenue entre l'air du sol et l'air des sous-sols de 4 Pa joue un rôle dans le transfert convectif de la pollution vers l'air des sous-sols. La littérature montre que cette différence de pression peut varier entre 0 et 20 Pa mais l'US-EPA, le RIVM et l'article de Johnson & Ettinger sur lequel repose l'estimation des flux considèrent qu'une différence de pression de 4 Pa est conservatoire.

La prise en compte d'un ΔP de 1 Pa induit une diminution du flux de polluant vers le bâtiment. Cette diminution est toutefois faible et n'entraîne pas de variation significative des risques calculés. Ainsi, l'incertitude sur la différence de pression n'est pas de nature à modifier les conclusions formulées.

3.8.4.5 Caractéristiques du dallage

Les paramètres du bâtiment retenus sont les suivants :

- porosité du béton : 12 % ;
- teneur en eau : 7 % ;
- épaisseur du dallage : 10 cm.

Ces paramètres permettent de calculer un ratio D_{eff}/D , qui correspond à l'inverse de la tortuosité, de l'ordre de 100. Ce ratio varie dans la littérature de 103 (valeur minimale pour un béton de rapport E/C 0.5) à 1 855 (valeur maximale pour un béton de rapport E/C 0.2).

Il apparaît que les caractéristiques retenues pour le béton sont conservatoires pour l'estimation du flux diffusif et impactent peu sur les niveaux de risques évalués.

L'épaisseur de la dalle de 10 cm retenue est sécuritaire sachant que la dalle du principal bâtiment est de 15 cm d'épaisseur au regard des investigations faites au droit de ce dernier.

3.8.4.6 Taux de fissuration

Le taux de fissuration retenu pour le calcul est de 2.10^{-4} , valeur proposée par défaut par l'US-EPA et le RIVM.

En l'absence de connaissance plus approfondie de ce paramètre, toutes choses égales par ailleurs, nous jugeons que les incertitudes induites ne sont pas d'ordre à remettre en cause les conclusions formulées sur l'acceptabilité des risques.

3.8.4.7 Choix du logiciel en source de type fini ou infini

La source sous les bâtiments est considérée comme infinie, c'est-à-dire que le logiciel ne prend pas en compte une atténuation des teneurs dans la zone source en fonction du temps de part la volatilisation des composés de la source vers l'intérieur des bâtiments. Ce choix est fortement conservatoire pour les composés les plus volatils.

3.8.4.8 Perméabilité des sols

La perméabilité intrinsèque retenue pour le calcul, a été estimée 1.10^{-7} cm² (correspondant à une perméabilité à l'eau de 1.10^{-4} m/s représentative de sables). Le sous-sol du site est représenté par des remblais sablo-graveleux en surface puis des argiles.

La prise en compte d'une perméabilité plus faible (1.10^{-8} cm², sans doute plus proche de la réalité) ne ferait que renforcer les conclusions émises sur la compatibilité entre l'état résiduel du site et l'usage prévu. La prise en compte d'une perméabilité plus forte (1.10^{-6} cm² correspondant à des sables grossiers) ne modifierait pas les conclusions émises.

3.8.5 Durées d'exposition

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 42 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail) ; cependant la variabilité de cette durée d'exposition est importante.

L'approche retenue répond au principe de prudence.

3.9 Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité de l'évaluation

On constate que plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les évaluations des risques présentées ci-avant. Cependant pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été majorante notamment par l'utilisation des hypothèses suivantes :

- l'utilisation des concentrations résiduelles maximales dans les sols ;
- la source de pollution considérée comme infini ;
- la perméabilité des sols ;
- les temps d'exposition.

Dans les conditions d'études retenues et en l'état actuel des connaissances scientifiques, aucun dépassement des seuils de risques inacceptables tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués (annexe 3 de la lettre aux Préfets du 8 février 2007), n'est constaté pour un usage industriel et ceci en considérant comme hypothèses :

- des espaces extérieurs recouverts par des dallages (dalle béton ou enrobé) ;
- l'absence d'utilisation des eaux souterraines (restriction d'usage) ;
- des canalisations d'amenée d'eaux potables mises en place dans une tranchée de sablons propres d'un diamètre d'au moins 1 m² de section ou des conduites en PeHD renforcé (feuille anti-contaminant en aluminium) ou en fonte.

Ces conclusions ne sont valables que pour le scénario et les conditions précisées ci-dessus.

4. Gestion et démantèlement des cuves

Durant sa période d'exploitation, la SMAC a nécessité l'utilisation de différents stockages de composés hydrocarbonés. A l'issue des travaux de démantèlement

- cuve aérienne de gasoil de l'ancienne pomperie d'une contenance de 6 et 15 m³ (démantelée en 2014) ;
- cuve aérienne d'huile usagée de 0,5 m³ (démantelée en 2013) ;
- cuve hydrocarbures 5 m³ de gasoil à conserver (intérieur du bâtiment) ;
- cuve enterrée de 1,5 m³ d'huile caloporteuse démantelée en 2015 ;
- cuve aérienne de bitume d'une contenance de 40 m³ (démantelée en 2015),
- cuve enterrée d'hydrocarbures de 5 m³ découverte lors des travaux de dépollution de 2015 et démantelée lors de travaux de dépollution.

Un plan de localisation de ces ouvrages est présenté en **Figure 5** ci-après.

Les certificats de dégazage et d'enlèvements de ces cuves sont présentés en **Annexe 10** ainsi que dans le DOE SES (**Annexe 5**).

5. Conclusions

La Société des Mines de bitume et d'Asphalte du Centre (dénommée SMAC ci-après) exploite depuis 1961 (début de l'activité d'enrobage de gravillons), un site situé 39 cours Louis Fargues à Bordeaux (33) pour une activité de confection de bitume et d'enrobé à chaud. Le site est divisé en deux parties distinctes : une partie exploitation sur laquelle les activités de fabrication d'asphalte et de stockage de matériaux étaient réalisées et une seconde partie occupée par les bureaux de l'agence travaux de Bordeaux.

L'activité de la SMAC est soumise à autorisation au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Le site est référencé dans la base de données BASIAS sous l'identifiant AQI3301635.

Dans ce cadre, la SMAC a notifié la cessation de son activité de confection de bitume à la DREAL (courrier AR du 15/09/2014) et informé Bordeaux métropole de sa volonté de conserver une activité de stockage à usage industriel non-sensible (entrepôts) pour les besoins de son agence travaux. A l'issue des différents échanges réalisés avec les services référents, cet usage a été validé par Bordeaux Métropole (courrier AR du 04/05/2015) et communiqué à la DREAL afin de compléter le dossier de cessation d'activité.

Le démantèlement des installations et la démolition/déconstruction des bâtiments ont été réalisés en avril 2015 par l'entreprise Séché Eco-Services (dénommé SES ci-après). Les travaux de dépollution du site ont commencé en septembre 2015 par SES, sous le contrôle quasi-permanent d'un intervenant de BURGEAP dans sa mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage auprès de la SMAC, sur la base d'un usage futur du site de type industriel non sensible (entrepôt) conformément aux obligations réglementaires de l'exploitant.

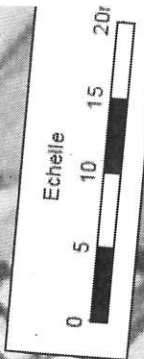
En parallèle de ces travaux de dépollution, et dans le cadre d'une réflexion sur la valorisation potentielle du foncier pour un usage plus sensible du type résidentiel (habitations collectives sans jardins privatifs), SMAC a décidé de réaliser une dépollution complémentaire du site afin de rendre celui-ci compatible avec les usages plus sensibles étudiés. Quatre zones sources à dépolluer ont été ainsi mises en évidence sur le site : A, B, C et D. A l'issue des travaux de réhabilitation, environ :

- 1 617 tonnes de matériaux (sols et bétons pollués) ont été excavés sur le site et envoyés en ISDND.
- 156 tonnes de sols impactés en HAP ont été envoyés en ISDD ;
- 123 tonnes de sols pollués par du produit pur ont été envoyés en usine d'incinération ;
- 18 m³ d'eaux polluées ont été traitées dans une unité de traitement sur charbon actif.

Des contrôles de parois et de fond de fouilles ont été réalisés et les terrassements poursuivis jusqu'à l'atteinte des objectifs de réhabilitation. En raison de limites techniques (nécessité de laisser une allée de circulation pour l'activité du site), certains spots n'ont cependant pas pu être purgés.

L'analyse de risques résiduels de fin de travaux réalisée sur la base des teneurs résiduelles de ces spots a cependant montré une compatibilité sanitaire pour l'usage industriel non-sensible demandé à l'exploitant par Bordeaux Métropole et la DREAL.

Afin de rétablir la compatibilité sanitaire du site avec les usages sensibles étudiés (habitations collectives), il conviendra de purger les spots BFP2N3, S8 Moy, PFS19A, PFS21B, PF20B3, PFS20A et PFS23, sur la base des objectifs de réhabilitation définis dans le cadre du plan de gestion et de l'étude de risques sanitaires associée (rapport BURGEAP RESISO05114-01 du 11/02/2016).



(démantèlement en 2013)

Entrée poids lourds du site

Anciennes cuves aériennes de gazoil de l'ancienne pompe à vapeur
~ 6 et 15 m³
(démantèlement en 2014)

Cuve hydrocarbures ~ 5 m³
(à conserver)

Cuve enterrée d'huile caloporteuruse
~ 1.5 m³
(démantèlement en 2015)

Cuve aérienne de bitume ~ 40 m³
(démantèlement en 2015)

Cuve enterrée d'hydrocarbures découverte lors des travaux de dépollution de 2015
~ 5 m³
(démantelée lors des travaux)

Partie bureaux

Site SMAC

Partie exploitation objet de la cessation d'activité et travaux de réhabilitation

Légende

- Sondage réalisé (sept-déc 2016)
- Sondage non réalisé (sept-déc 2015)
- Ancien sondage (juil 2013)

