RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR UNE OPÉRATION D'EXTRACTION D'UNE SOURCE CONCENTRÉE DANS LES SOLS (GOUDRON DE HOUILLE)

OPTIMISATION EN TEMPS RÉEL DES VOLUMES DE MATÉRIAUX À TRAITER ET SUIVI DES ÉTAPES DE TERRASSEMENT PAR DRONE

ABO ERG INGENIEURS CONSEILS

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1. Présentation du site
2. Phase de préparation des travaux
3. Travaux de purge de la source concentrée
4. Synthèse des opérations de purge
5. Synthèse des réceptions analytiques
6. Surveillance environnementale en phase travaux
7. Conclusion et discussion

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1 Présentation du site

2 Phase de préparation des travaux

3 Travaux de purge de la source concentrée

4 Synthèse des opérations de purge

5 Synthèse des réceptions analytiques

6 Surveillance environnementale en phase travaux

7 Conclusion et discussion

Contexte général

→ Site localisé en périphérie de centre urbain, dans un secteur majoritairement tertiaire

→ Terrain en friche depuis la démolition du site industriel

→ Emprise du chantier exempt de structure de type bâtiment, de stockages ou de recouvrement des sols de surface (présence d'anciennes infrastructures souterraines non retirées lors de la démolition)

Historique du site

→ Activités industrielles depuis les années 1925-1928

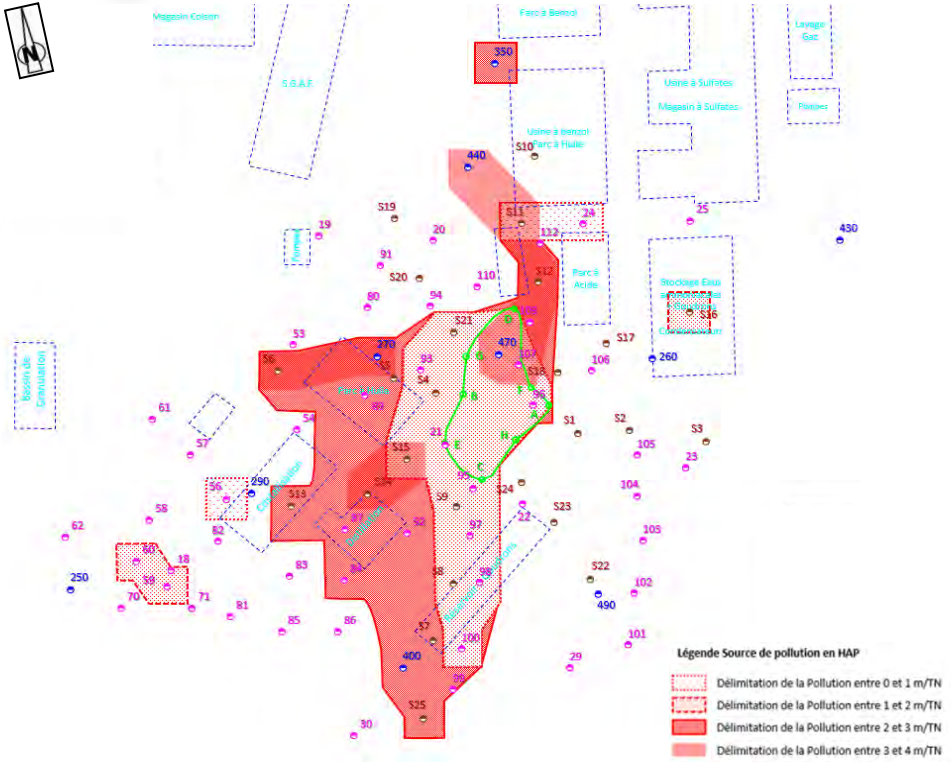
→ Zone de pollution concentrée, ciblée par les travaux :

- Secteur des anciennes installations de carbochimie ; zone de transformation du goudron en produits nobles (huiles benzolées, brai).
- Activités historiques de carbochimie = réservoir à goudron, parc à huile, usine à benzol, stockage d'eaux ammoniacales, etc.

→ Arrêt définitif des activités : été 1973

→ Démantèlement des installations : 1973-1974

Etudes préliminaires (1992 – 2016)



→ Plan de gestion ERG ENV. (décembre 2016), suite aux diagnostics antérieurs réalisés sur la période août 1995 à septembre 2015 (non effectués par ERG) : mise en évidence d'une source principale de pollution en HAP, jusqu'à 3 à 4 m de profondeur, au droit de la zone AL

→ Impact minime des eaux souterraines et superficielles en HAP (traces HAP et cyanures)

Arrêté Préfectoral régissant les opérations d'excavations au droit de la zone AL :

- Purge jusqu'au toit de la nappe de la source principale de pollution des sols en goudron et HAP
- Prise en compte d'une problématique de protection d'espèces protégées
- Surveillance pendant toute la durée du chantier, à fréquence mensuelle, de la qualité des eaux souterraines et superficielles
- Définition des teneurs maximales en HAP, acceptables pour être utilisées en remblaiement

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1 Présentation du site

2 Phase de préparation des travaux

3 Travaux de purge de la source concentrée

4 Synthèse des opérations de purge

5 Synthèse des réceptions analytiques

6 Surveillance environnementale en phase travaux

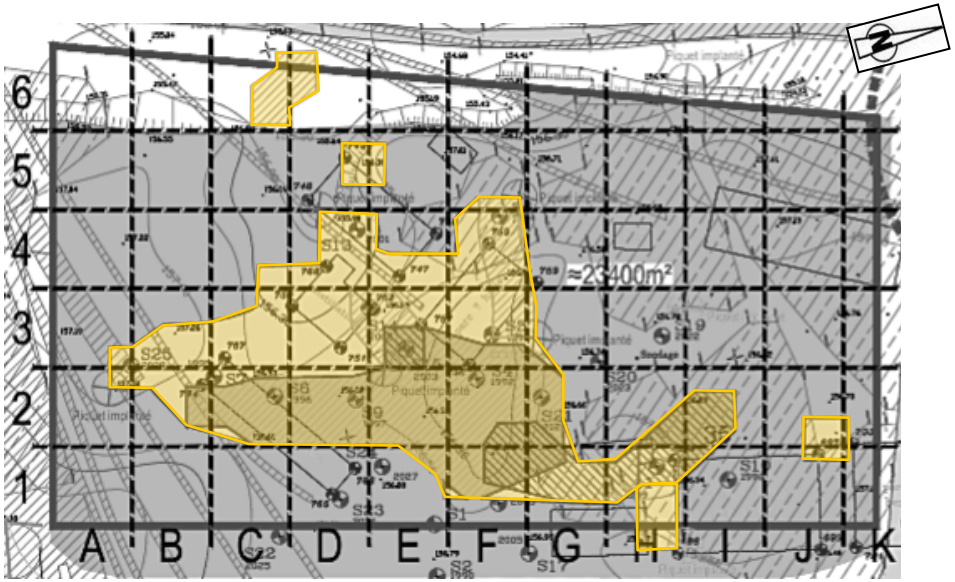
7 Conclusion et discussion

Base vie

→ Base-vie et aire de parking à l'extérieur de l'enceinte des travaux ; zone « saine » à l'entrée du site, isolée du chantier

Maillage

→ Maillage 20 m x 20 m matérialisé en périphérie de la zone AL
→ Implantation par un géomètre du périmètre de la zone source principale de pollution et du positionnement des mailles



Spatialisation des anomalies identifiées dans les sols (0-4 m de profondeur)

Photos aériennes du maillage mis en place

Protection des espèces protégées

- → Installation d'une barrière semi-perméable pour les espèces protégées (prescriptions de l'AP) ; constitution d'un obstacle à la pénétration des espèces à l'intérieur de la zone de terrassement
- → Dispositif pérenne pendant toute la durée du chantier
- → Surveillance opérée par un bureau d'études spécialisé, missionné par le Maitre d'Ouvrage

Aires de stockages

→ Stockages des matériaux fortement imprégnés de produits purs dans les anciennes fosses à charbon : travaux préalables de remise en état (comblement des aspérités, surfaçage des fonds)

→ Stockages matériaux sains et gris : surfaçage des zones et mise en place localement d'une couche de protection (sillure)

2 Regroupement de matériaux fortement impactés ([HAP] > 4 000 mg/kg)

1 Anciennes fosses à charbon (matériaux fortement imprégnés de produits bruts)

3 Aire de dépôt n°1 : matériaux peu à fortement impactés, stockés par lots de 100 m^3

4 Aire de dépôt n°2 : matériaux peu à fortement impactés, stockés par lots de 100 m^3

5 Autres matériaux (blocs béton/laitier, ferrailles et tout venant)

6 et 7 Matériaux sains

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1 Présentation du site

2 Phase de préparation des travaux

3 Travaux de purge de la source concentrée

4 Synthèse des opérations de purge

5 Synthèse des réceptions analytiques

6 Surveillance environnementale en phase travaux

7 Conclusion et discussion

Méthodologie de terrassement

- → Démarrage des terrassements (05/04/2018) par le cœur de la zone identifiée comme source principale de pollution, puis poursuite en direction des extensions latérales
- → Raisonnement de purge à la maille et par couche géologique homogène
- → Purges guidées par les zones de sources de pollution identifiées dans le cadre du PG (2016) puis, au cours du chantier, les installations et activités historiques (réservoirs à goudron, ancienne usine à benzol et zone de stockage des eaux ammoniacales) ; purges au-delà des limites initiales guidées par la présence de produits purs et les contrôles de qualité des sols effectués

Terrassement sur la maille G1 (18/04/18)

Terrassement sur la maille B2 (18/05/18)

Méthodologie de terrassement

- → Suivi des travaux en continu par un TS expérimenté
- → Tri des matériaux à l'avancement, selon lithologie et indices organoleptiques homogènes ; enregistrement PID et proportion de produit pur
- → Excavations limitées à la zone saturée (extension sous le toit de la nappe sur quelques dizaines de cm si impact évident)

Mesure PID – Secteur ancienne usine à benzol (07/06/18)

Extension des purges sous le toit de la nappe – Maille G1 (17/04/18)

Gestion des aires de stockage

- → Matériaux terreux extraits mis en dépôt par lots unitaires et homogènes de 100 m^3 (constitution d'un stock unique des matériaux identifiés comme sains, selon retour d'expérience du chantier)
- → Analyses systématiques de chaque lot unitaire en HAP, HCT et parfois BTEX (selon enregistrements PID, secteurs de provenance et retour d'expérience des travaux)
- → Matériaux fortement imprégnés de produits purs (goudron et/ou produits benzolés), stockés dans les anciennes fosses à charbon

Aire de dépôt n°1 (lots de 100 m^3)
Vue fin des dépôts (18/07/18)

Aire de dépôt n°1

Aire de dépôt n°2

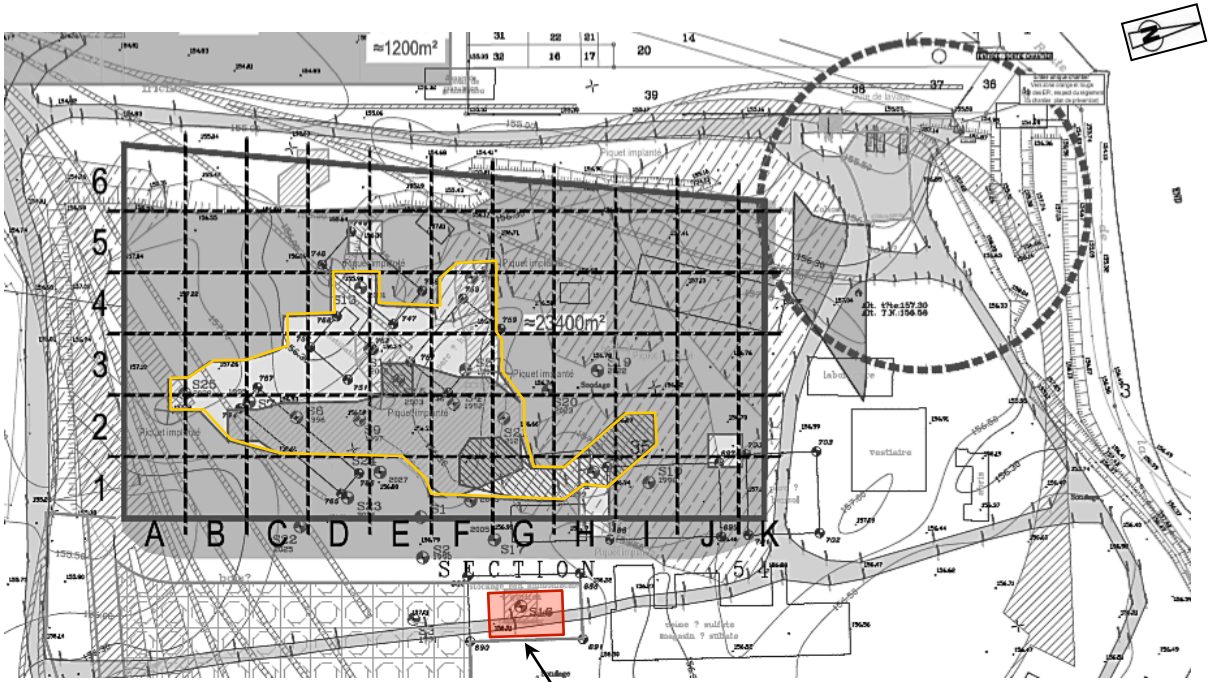
Gestion des aires de stockage

- → Utilisation du procédé Eurocover ; protection des dépôts contre les eaux météoriques et les nuisances olfactives
- → Dépôts ciblés en phase chantier : stocks fortement imprégnés de produits purs et lots avec concentrations élevées en HAP/HCT/BTEX et odeurs marquées

Projection produit Eurocover (Lot 145)

Couverture Eurocover sur une des fosses à charbon contenant des matériaux terreux fortement imprégnés de produits purs (≈ 3 200 m^3)

Découvertes en phase chantier

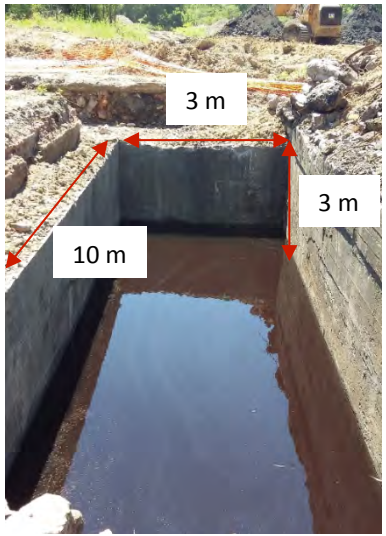


Fosse béton impactée en goudron

Découvertes en phase chantier

Fosse béton impactée en goudron

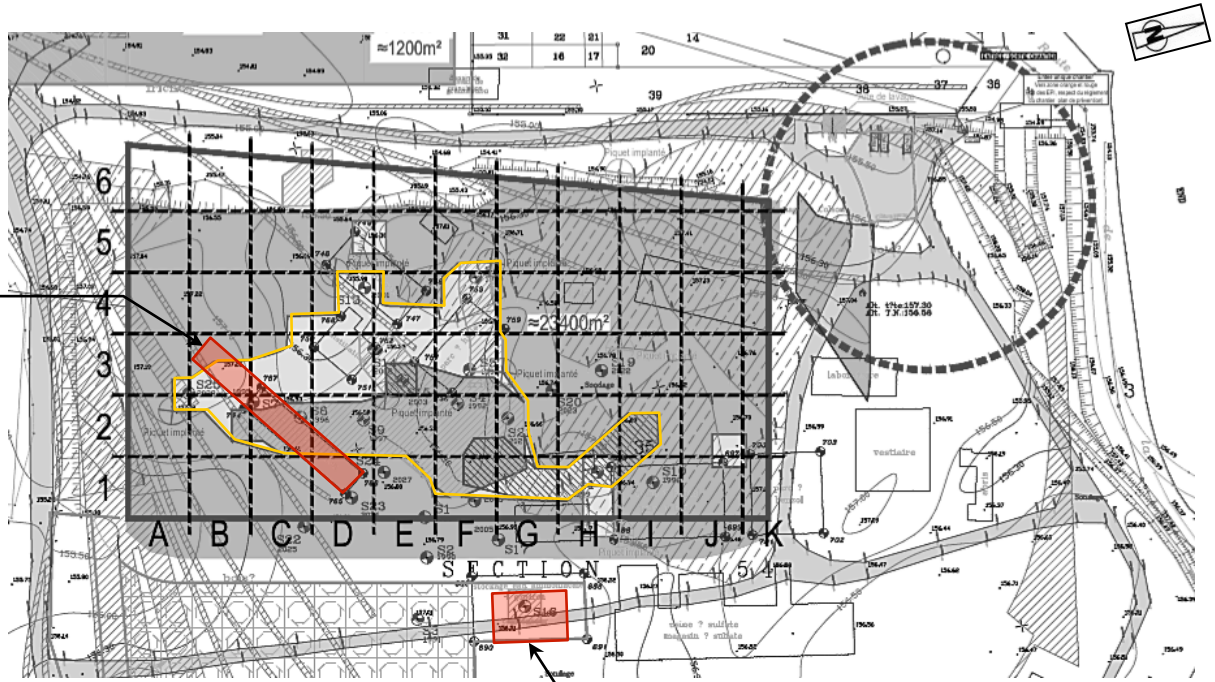
→ Emplacement de la zone de stockage des eaux ammoniacales
→ Matériaux terreux fortement imprégnés de goudron / Blocs et ferrailles ponctuellement souillés / Eaux souillées (≈ 24 m^3)



- Pompage des eaux souillées et évacuation en filière spécialisée
- Tri des blocs et ferrailles souillés puis stockage dans les zones dédiées
- Curage des parois et du fond de la fosse
- Remblaiement avec blocs et sols sains

Découvertes en phase chantier

Anciens réservoirs à goudron



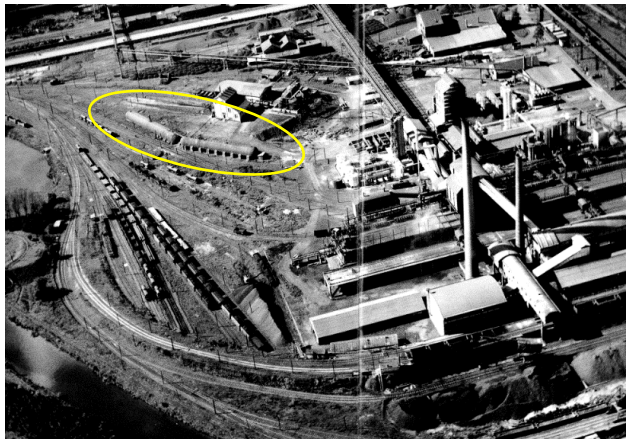
Fosse béton impactée en goudron

Découvertes en phase chantier

Réservoirs à goudron (aériens)

→ Fondations des berceaux des anciens réservoirs à goudron, sur laitier induré

Anciens réservoirs localisés sur photo historique



Découvertes en phase chantier

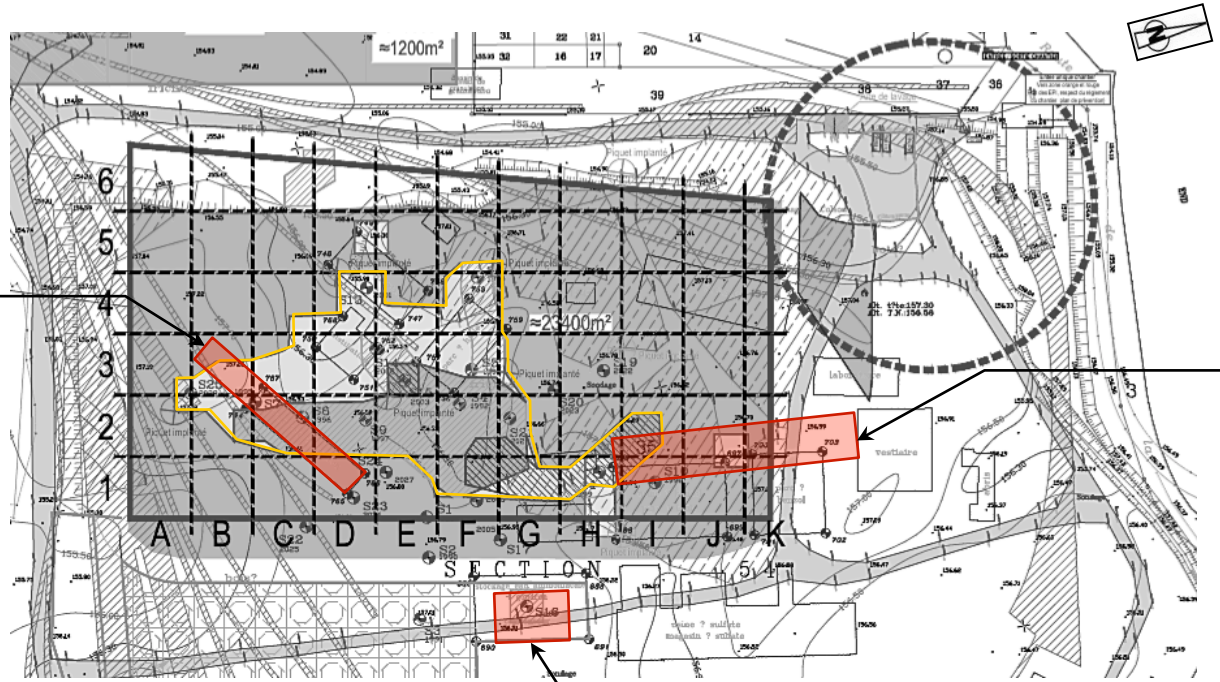
Réservoirs à goudron (aériens)

→ Mise en évidence de poches de goudron entre les plots des fondations

→ Purge des matériaux avec un atelier supplémentaire de terrassement (pelle 20 T équipée d'un BRH)

→ Tri à l'avancement entre matériaux rocheux sains et goudron pâteux

Découvertes en phase chantier



Anciens réservoirs à goudron

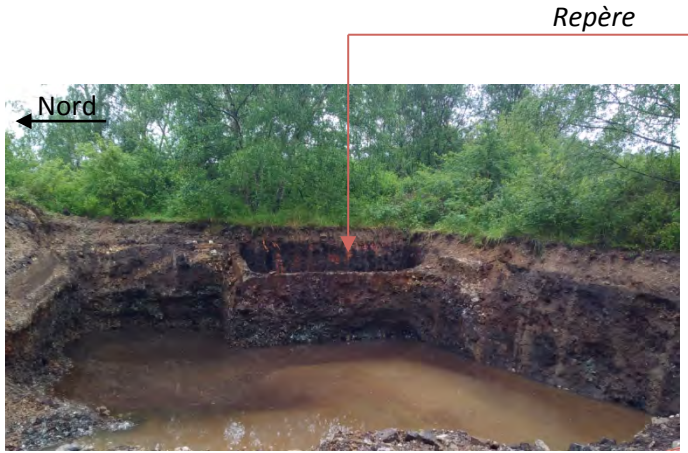
Ancienne usine à benzol

Fosse béton impactée en goudron

Découvertes en phase chantier

Ampleur ancienne usine à benzol

Sondage au cœur du secteur de l'ancienne usine à benzol



Extension du sondage par suivi des poches imprégnées de goudron

Extension des zones imprégnées, essentiellement en nord et sud

Découvertes en phase chantier

Ampleur ancienne usine à benzol

→ Secteur de l'ancienne usine à benzol purgé : photos à l'issue des opérations de remblaiement partiel (mise hors d'eau pour éviter l'installation des espèces protégées)

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1 Présentation du site

2 Phase de préparation des travaux

3 Travaux de purge de la source concentrée

4 Synthèse des opérations de purge

5 Synthèse des réceptions analytiques

6 Surveillance environnementale en phase travaux

7 Conclusion et discussion

Concentrations des matériaux caractérisés

Type de matériaux		Localisation sur le site à l'issue de la phase de terrassement		Gamme de concentration (mg/kg MS) HAP Min	HAP Max	HCT Min	HCT Max	BTEX Min	BTEX Max
Matériaux noirs à dominante de goudron	Matériaux sablo-limoneux fortement imprégnés de goudron généralement induré	Fosse à charbon n°1	Secteur ❶	3 120	19 000	13 100	42 900	n.d	n.d
	Matériaux sablo-limoneux fortement imprégnés de goudron généralement pâteux			23 300	70 000	49 400	160 000	n.d	n.d
	Matériaux sablo-limoneux fortement imprégnés de goudron, à la fois induré et pâteux			16 400	22 700	29 900	49 300	n.d	n.d
	Matériaux sablo-limoneux du secteur de l'ancienne usine à benzol, imprégnés de goudron et de produits benzolés			630	63 000	3 570	120 000	13	3 449
Matériaux noirs à dominante de produits benzolés	Matériaux sablo-limoneux, provenant du secteur de l'ancienne usine à benzol, fortement imprégnés de produits benzolés	Fosse à charbon n°2		16 000	24 000	40 900	48 300	6,8	38 400
Matériaux fractionnés souillés	Matériaux constitués de bris de béton et de laitier, fortement imprégnés de goudron	Fosse à charbon n°2		*Matériaux non caractérisés compte tenu de leur granulométrie*					
Matériaux gris	Matériaux sablo-limoneux peu à fortement impactés	Lots de 100 m3	Secteur ❸	940	6 200	2 320	21 300	0,2	1,5
			Secteur ❹	920	5 000	2 160	20 700	0,1	2 978
		Secteur ❷ (a)		4 300	8 900	11 400	22 200	0,1	0,8
Matériaux sains issus du tri (b)	Matériaux sablo-limoneux majoritairement de surface	Secteur ❻		3	810	46	2 860	n.d	n.d
		Secteur ❼		16	140	79	316	<LQ	<LQ

(a) Stock de regroupement de matériaux présentant des concentrations en HAP élevées (> 4 000 mg/kg MS)
(b) Stock de regroupement de matériaux isssus du tri considérés sains ; remblais de surface n'étant pas la cible des opérations de purge de la source
n.d : données non disponibles ou en quantitié insuffisantes
<LQ : concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire

Bilan des cubatures

Type de matériaux		Localisation sur le site à l'issue de la phase de terrassement		Volumes de matériaux à l'issue de la phase de terrassement (m^3)
Matériaux noirs à dominante de goudron	Matériaux sablo-limoneux fortement imprégnés de goudron généralement induré	Fosse à charbon n°1	Secteur ❶	825
	Matériaux sablo-limoneux fortement imprégnés de goudron généralement pâteux			550
	Matériaux sablo-limoneux fortement imprégnés de goudron, à la fois induré et pâteux			345
	Matériaux sablo-limoneux du secteur de l'ancienne usine à benzol, imprégnés de goudron et de produits benzolés			1 620
Matériaux noirs à dominante de produits benzolés	Matériaux sablo-limoneux, provenant du secteur de l'ancienne usine à benzol, fortement imprégnés de produits benzolés	Fosse à charbon n°2		100
Matériaux fractionnés souillés	Matériaux constitués de bris de béton et de laitier, fortement imprégnés de goudron	Fosse à charbon n°2		520
Matériaux gris	Matériaux sablo-limoneux peu à fortement impactés	Lots de 100 m3	Secteur ❸	5 280
			Secteur ❹	3 445
		Secteur ❷ (a)		790
Matériaux sains issus du tri (b)	Matériaux sablo-limoneux majoritairement de surface	Secteur ❻		2 040
		Secteur ❼		2 710

(a) Stock de regroupement de matériaux présentant des concentrations en HAP élevées (> 4 000 mg/kg MS)

(b) Stock de regroupement de matériaux isssus du tri considérés sains ; remblais de surface n'étant pas la cible des opérations de purge de la source principale en HAP

Matériaux contenant produit pur (goudron et produit benzolé) : 3 960 m^3

Matériaux gris (en place) : 9 515 m^3

Matériaux sains issus du tri (en place) : 4 750 m^3

+ 1 500 à 2 000 m^3 de matériaux sains issus du tri (non cubés), utilisés en remblaiement partiel en phase chantier

Bilan massique

→ Estimation du bilan massique, calculé sur la base des données du chantier (hors matériaux fortement imprégnés de produit pur) ; 185 lots de matériaux peu à fortement impactés constitués et caractérisés

Paramètres	Masse totale de polluant (t)
HCT C10-C40	155
HAP (16)	52
Naphtalène	3
BTEX [a]	0,2

(a) Total de 43 lots pour lesquels les BTEX ont été analysés

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1 Présentation du site

2 Phase de préparation des travaux

3 Travaux de purge de la source concentrée

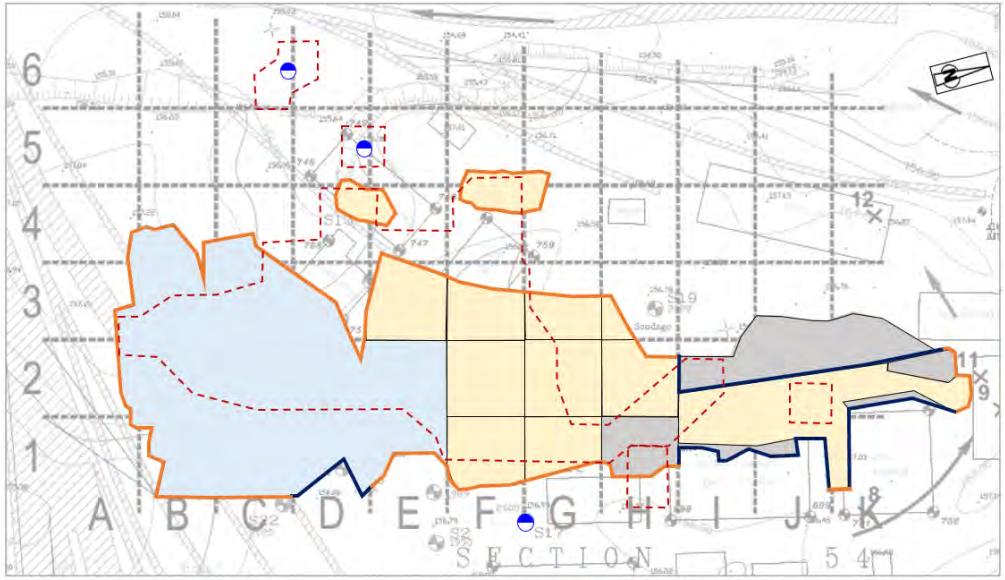
4 Synthèse des opérations de purge

5 Synthèse des réceptions analytiques

6 Surveillance environnementale en phase travaux

7 Conclusion et discussion

Réceptions analytiques



- Réceptions de parois réalisées à l'issue des travaux de terrassement
- Réceptions de parois non concernées ; présence d'un mur béton ou de laitier
- Périmètre des sources principales de pollution (PG 2016)
- Sondages de réceptions
- Réceptions de fonds de fouilles réalisées au cours des travaux de terrassements
- Réceptions de fonds de fouille non concernées ; présence de laitier en profondeur
- Réceptions de fonds de fouille non concernées ; présence d'une dalle béton sous les premiers centimètres de sols

Réception de la qualité des sols et des gaz des sols, laissés en place à l'issue des travaux de purge

Par exemple, sur paroi C1 : concentrations résiduelles dans les sols laissés en place en HAP et HCT (en limite technique de fouille) – validation de la compatibilité de l'état résiduel des gaz des sols avec des usages génériques industriels

Réalisation de réceptions de fond de fouille afin de permettre la conservation en mémoire de la qualité des sols laissés en place (dossier de SUP).

SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1 Présentation du site

2 Phase de préparation des travaux

3 Travaux de purge de la source concentrée

4 Synthèse des opérations de purge

5 Synthèse des réceptions analytiques

6 Surveillance environnementale en phase travaux

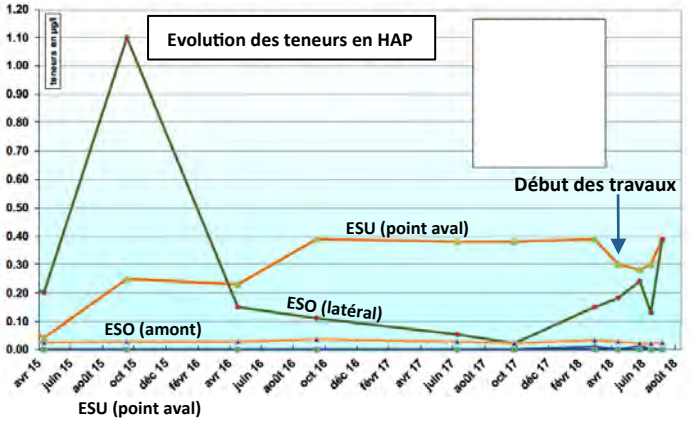
7 Conclusion et discussion

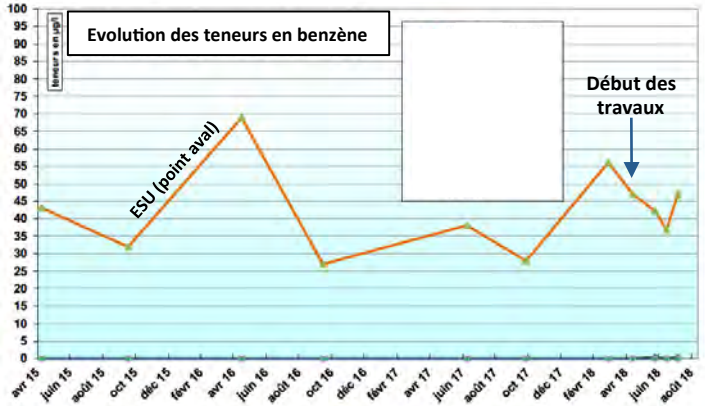
Surveillance mensuelle hors « zone AL »

- → Surveillance des eaux souterraines (6 piézomètres) et superficielles (2 stations de prélèvements)
- → Etat 0 en mars 2018
- → 4 campagnes mensuelles pendant travaux (avril à juillet 2018)
- → 1 campagne après travaux (fin octobre 2018)

Absence d'impact enregistré dans les milieux

Aucun effet rebond identifié





SOMMAIRE DE LA PRESENTATION

1. Présentation du site
2. Phase de préparation des travaux
3. Travaux de purge de la source concentrée
4. Synthèse des opérations de purge
5. Synthèse des réceptions analytiques
6. Surveillance environnementale en phase travaux
7. Conclusion et discussion

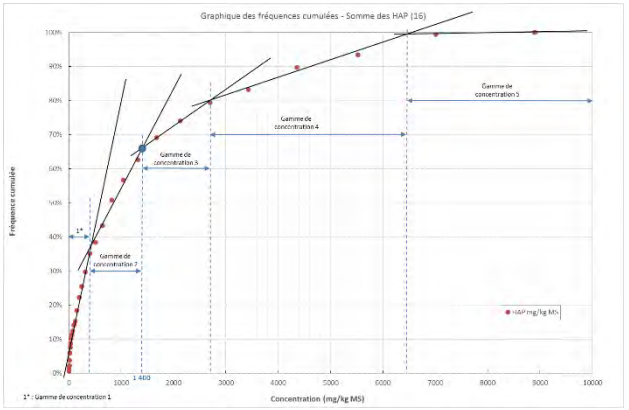
Utilisation de la nouvelle méthodologie du 19/04/2017

→ Démarche volontaire de la MOA de reprise des outils de la méthodologie pour détermination des seuils de source concentrée, sur la base de la qualité des matériaux connue (VET de 100 m³) ; avec intégration des volets sanitaires sur la base de prélèvements de gaz des sols (sur paroi de réception et stocks)

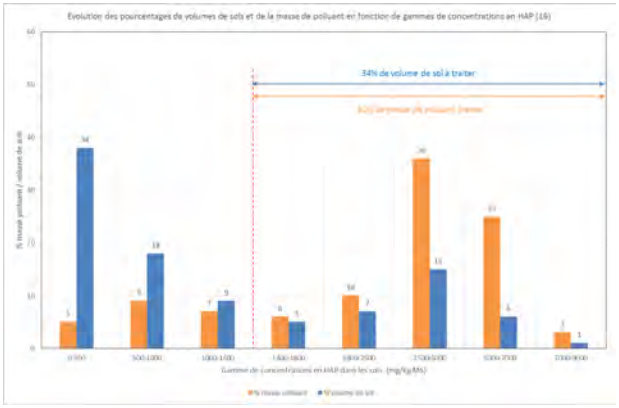
→ Définition des seuils de source concentrée en HAP, HCT et BTEX

- Constats de terrain et indices organoleptiques
- Analyses statistiques (fréquences cumulées)
- Bilan massique (principe de PARETO)

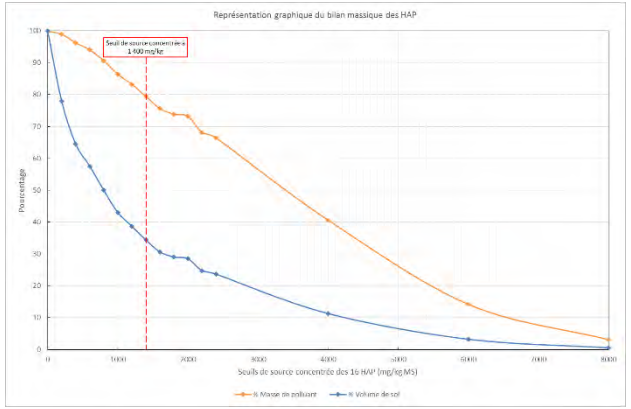
Analyse statistique - exemple



Bilan massique - exemple

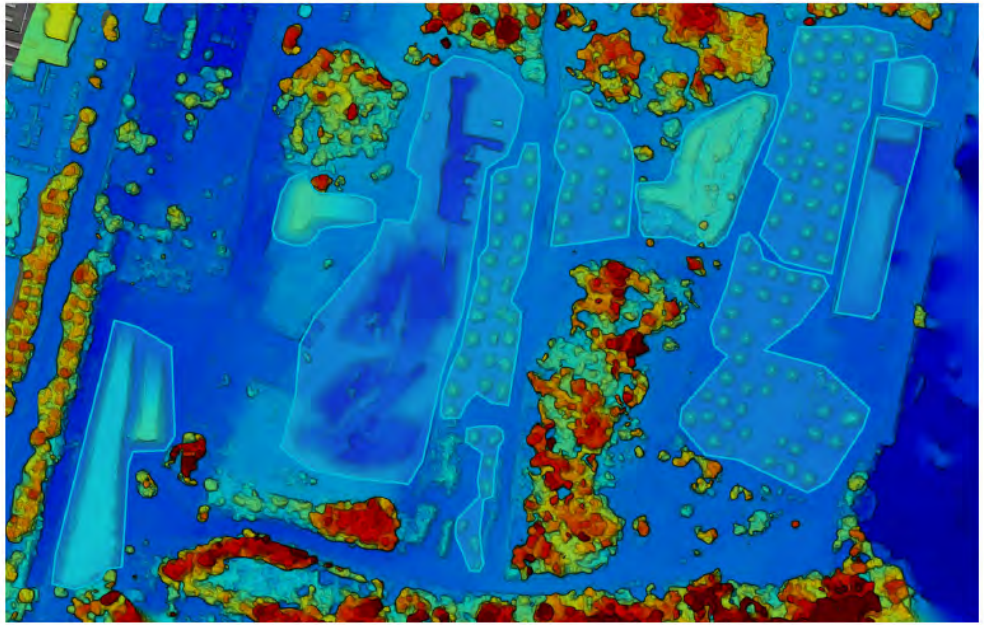


Bilan massique - exemple



Utilisation du drone en phase travaux

- → Suivi de l'évolution des opérations
- → Gestion/référencement des stockages
- → Tests sur la réalisation de calculs de cubatures à partir des données du drone



Représentation élévation (19/07/18)

Lien vidéo

Traitement des terres impactées (phase 2)

→ Etude en cours sur la faisabilité d'une solution de traitement des terres (matériaux gris peu à fortement impactés), par désorption thermique on-site

→ Consultation des entreprises de travaux sur la base de 3 scénarii distincts de concentrations en HAP à traiter ; premier scénario basé sur le seuil de source concentrée actualisé (au regard des données de chantier) et deux autres scénarii tenant compte de concentrations moindres en HAP

→ Proposition des entreprises de travaux basée sur 3 axes : seuil en HAP, quantité à traiter et bilan carbone

→ Projet de gestion par incinération hors site des matériaux fortement imprégnés de produits purs

Synthèse des missions réalisées

- → Optimisation des travaux de purge par un tri des matériaux à l'avancement (par VET de 100 m3)
- → Adaptation des travaux en temps réel (spatialisation sur la base des constats de terrain et réalisation de plusieurs phases de sondages d'orientation en phase travaux)
- → Faisabilité à l'étude d'une solution de traitement « on-site », qui s'intègre dans une démarche de développement durable (limite les circulations d'engin sur les routes, ainsi que les solutions d'enfouissement en installation(s) autorisée(s) de stockage de déchets et permet le recyclage des matériaux sur site après traitement)
- → Tri des bétons et ferrailles dans une optique de recyclage (économie circulaire)
- → Protection de la faune endémique pendant la phase de travaux
- → Préservation des ressources en eaux superficielles et souterraines par une surveillance renforcée en phase travaux

Ferrailles

Béton

Niche écologique

MERCI DE VOTRE ATTENTION

RENDEZ-VOUS AU STAND
D166 – HALL 4

Siège : 243, Avenue de Bruxelles - ZI Jean MONNET - 83500 LA SEYNE SUR MER - Tél. 04 94 11 04 90

Bordeaux – Lille – Lyon – Marseille – Montpellier – Nancy – Nice – Paris – Toulon

www.erg-sa.fr