

0

Demandeur :

Communauté Urbaine de Bordeaux
Mission Tramway

Esplanade Charles de Gaulle
33 076 BORDEAUX Cedex

**LOT ATEL 11 - LIGNE A –
ATELIER DU TRAMWAY A
BORDEAUX (33)**

**Suivi et contrôle
environnemental des travaux**

Client n° 10913
dossier n° 03/E/13802

RAPPORT D'ETUDE

Date de remise du rapport : **24/04/2003**

Numéro d'attribution : **1.0**

Diffusion de l'exemplaire : **contrôlée**

Ce rapport comporte 20 pages.

Rédacteur :

Stéphane DUPUY
Chargé d'études
Département Etudes
et Conseil

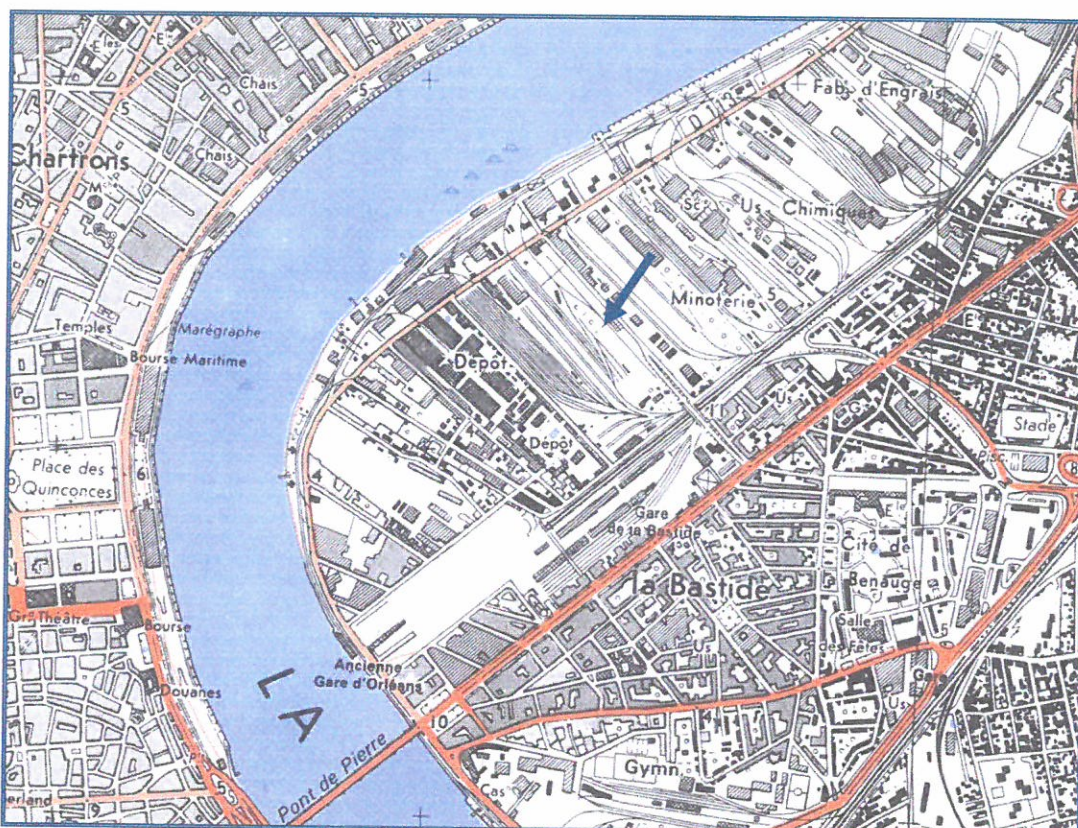
Vérificateur :

Jean Bernard SALINERES
Responsable du Département
Etudes et Conseil

Approbateur :

Stéphane DUPUY
Chargé d'études
Département Etudes
et Conseil

LIGNE A – ATELIER DU TRAMWAY A BORDEAUX (33)



**Suivi et contrôle environnemental des travaux
selon Arrêté Préfectoral n° 14 924
du 27/07/1999**

Sommaire

1. Présentation du site et contexte.....	3
2. Contexte réglementaire	3
3. Suivi des mouvements de terres et de la qualité des eaux souterraines	5
4. Confinement in situ des terrains réputés de qualité médiocre	15
5. Commentaire	16
5.1. Le confinement des remblais.....	16
5.2. Le suivi des eaux souterraines	17
6. Conclusion	19

1. Présentation du site et contexte

Le site des ateliers du tramway de Bordeaux (lot ATEL 11) se situe en rive droite de Garonne sis 75-79, quai des Queyries à Bordeaux (33). La parcelle est cadastrée AW113.

L'historique de ce site est intimement lié aux activités présentes sur l'ensemble de la Bastide depuis la seconde moitié du 19^e siècle. Ainsi, une succession de remblais surmonte les argiles constituant la première formation naturelle au droit du site.

Une étude (de novembre 2000) dirigée par le CEBTP et réalisée en collaboration avec l'IEEB a permis de caractériser les remblais sur l'ensemble de la parcelle. Il en est ressorti la présence de contaminants dans le sol avec principalement de nombreuses passées de remblais riches en « scories » (fortes teneurs en métaux emprisonnées dans une gangue vitrifiée) et des poches contenant des teneurs importantes en hydrocarbures totaux ainsi qu'en hydrocarbures aromatiques polycycliques.

2. Contexte réglementaire

Compte tenu des volumes de terrains contaminés repérés sur le site des ateliers du tramway, compte tenu de la nature des micropolluants découverts et compte tenu de l'usage prévu, une solution de confinement des matériaux sous voiries, parking et bâtiments a été retenue. Suite au rapport d'étude précité, relatif aux investigations menées sur la parcelle AW113 et en fonction des concertations avec la Communauté Urbaine de Bordeaux – Mission Tramway ainsi que l'IEEB en tant que Tiers expert, l'Inspecteur des Installations Classées a pu définir les modalités de mise en confinement des différents matériaux. Celles-ci sont dictées par l'Arrêté Préfectoral n° 14 924 du 27 juillet 1999, émis par la Préfecture de la Gironde. Il est notamment stipulé à l'article 2, paragraphe 2.3. que « les sols des zones [...] dont la concentration en hydrocarbures totaux est comprise entre 100 mg/kg et 500 mg/kg ainsi que les mâchefers [...] doivent être traités, *soit par excavation/évacuation et traitement, soit confinés sur place par couverture de surface telle que bitume, béton, gazon dense, etc.* Ce confinement peut être constitué par la voirie, les trottoirs, les parking et toute surface couverte telle que terrain de tennis. »

La mission de Tiers expert consiste en l'assistance du Maître d'Ouvrage, la Communauté Urbaine de Bordeaux - Mission Tramway, et est en relation directe avec la Maîtrise d'œuvre soit le Groupement d'Etude Tramway. Le tiers expert doit veiller :

- ⇒ à la conformité des travaux avec l'Arrêté Préfectoral en vigueur,
- ⇒ à la qualification des terres,
- ⇒ au suivi de la qualité des eaux de la nappe.

Les paramètres de qualification des terres sont les suivants :

- ⇒ hydrocarbures totaux,
- ⇒ arsenic,
- ⇒ mercure,
- ⇒ plomb,
- ⇒ zinc,
- ⇒ cuivre,
- ⇒ chrome.

En plus de ces paramètres, et en concertation avec la CUB Mission Tramway, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ont été systématiquement recherchés.

Les seuils proposés par arrêté sont les suivants :

- ⇒ hydrocarbures totaux : 100 mg/kg
- ⇒ arsenic : 30 mg/kg sec
- ⇒ mercure : 10 mg/kg sec
- ⇒ plomb : 400 mg/kg sec
- ⇒ zinc : 140 mg/kg sec
- ⇒ cuivre : 600 mg/kg sec
- ⇒ chrome : 100 mg/kg sec

Concernant les HAP, la VDSS sera prise comme seuil, soit 20 mg/kg sec pour la somme des 10 composés suivants : Naphtalène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Benzo(ghi)pérylène et Indéno(1,2,3-cd)pyrène.

Les paramètres retenus pour le suivi de la qualité des eaux de la nappe sont les suivants :

- ⇒ hydrocarbures totaux,
- ⇒ arsenic,
- ⇒ mercure,
- ⇒ plomb,
- ⇒ zinc,
- ⇒ cuivre,
- ⇒ chrome,
- ⇒ potassium,
- ⇒ manganèse,
- ⇒ nickel.

En plus de ces paramètres, et en concertation avec la CUB Mission Tramway, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ont été systématiquement recherchés.

Afin de pouvoir caractériser la qualité des eaux de la nappe sous-flandrienne, première nappe rencontrée au droit du site, et de détecter un éventuel impact des travaux sur celle-ci, trois piézomètres ont été mis en place sur le site.

3. Suivi des mouvements de terres et de la qualité des eaux souterraines

Afin de statuer sur le devenir des remblais de mauvaise qualité environnementale extraits des zones reconnues lors de l'étude préliminaire, l'IEEB, en relation permanente avec le GET (Groupement d'Etude Tramway) assurant la Maîtrise d'œuvre, est intervenu pour effectuer les analyses nécessaires à leur caractérisation.

Les résultats de ce suivi ont été transmis en réunion de chantier sous forme de notes. Ces dernières sont données ci-après.

Pour rappel :

- ⇒ VDSS : Valeur de Définition de Source-Sol ;
- ⇒ VCI US / UNS : Valeur de Constat d'Impact en Usage Sensible / en Usage Non Sensible.

note 001/2001

Résultats des analyses effectuées sur les échantillons d'eaux souterraines prélevées le 26/04/01

Les prélèvements ont été effectués le 26 avril 2001 dans les trois piézomètres mis en place sur le chantier des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux rive droite (33).

réf. terrain	unité	Pz 1	Pz 2	Pz 3	VCI	
réf. IEEB		01/E/13490	01/E/13491	01/E/13492	U.S.	U.N.S.
pH	pH	7,25	6,95	6,55	-	-
Conductivité	µS/cm	1 063	1 325	14	-	-
DCO	mg/L	143	760	67	-	-
DBO5	mg/L	1,9	-	1,3	-	-
DCO/DBO5	-	75,3	-	51,5	-	-
HCT totaux*	mg/L	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,01	1
HAP totaux**	µg/L	0,286	< 0,2	< 0,2	0,2	1
As	mg/L	0,12	0,33	0,004	0,05	0,25
Pb	mg/L	< 0,001	0,002	< 0,001	0,05	0,25
Cu	mg/L	0,003	0,004	0,002	1	2
Ni	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05	0,25
Cr	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,05	0,25

* HCT totaux : hydrocarbures totaux (chaînes linéaires et ramifiées)

** HAP totaux : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques totaux

note 002/2001

Résultats des analyses effectuées sur les pilotes de terres contaminées stockés en bordure de la rue Bouthier

référence terrain	pilot 1 Nord-Ouest	pilot 2 Centre	pilot 3 Sud-Est	VDSS
référence IEEB	01/07556	01/07557	01/07558	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques totaux	8,32	12,31	50,31	20
Arsenic	84	17	24	19
Plomb	231	9	13	305
Cuivre	954	2 038	272	113
Nickel	39	56	17	122
Chrome	13	131	397	65

Les résultats et les VDSS sont donnés en $\text{mg.kg}^{-1} \text{ sec}$

note 003/2001

Résultats et commentaires des analyses effectuées sur les échantillons de remblais prélevés durant la semaine 13.

⇒ Plate forme machine à laver :

Référence terrain	1	VDSS
Référence IEEB	01/E/09700	
HAP totaux (10)	25,1	20
Arsenic	58	19
Plomb	556	305
Cuivre	130	113
Nickel	11	122
Chrome	5,6	65

Les résultats sont donnés en $\text{mg.kg}^{-1} \text{ sec}$

⇒ Plate forme atelier :

Référence terrain	3	5	6	VDSS
Référence IEEB	01/E/09701	01/E/09703	01/E/09704	
HAP totaux (10)	17,0	8,7	7,3	20
Arsenic	-	13	64	19
Plomb	-	60	279	305
Cuivre	-	250	1420	113
Nickel	-	8,5	43	122
Chrome	-	3,3	4,5	65

Les résultats sont donnés en $\text{mg.kg}^{-1} \text{ sec}$

⇨ Station service :

Référence terrain	8	VDSS
Référence IEEB	01/E/09706	
HAP totaux (10)	3,6	20
Arsenic	430	19
Plomb	290	305
Cuivre	191	113
Nickel	23	122
Chrome	29	65

Les résultats sont donnés en mg.kg-1 sec

⇨ Analyse sur les dépôts superficiels de l'aire de lavage :

Référence terrain	Aire lavage	VDSS
Référence IEEB	01/E/09707	
HAP totaux (10)	5,6	20
Arsenic	17	19
Plomb	146	305
Cuivre	127	113
Nickel	9,2	122
Chrome	8,1	65

Les résultats sont donnés en mg.kg-1 sec

⇨ Parking :

Référence terrain	P1	P2	P3	VDSS
Référence IEEB	01/E/09810	01/E/09811	01/E/09812	
HAP totaux (10)	0,24	0,08	5,4	20
Arsenic	5,4	2,7	29	19
Plomb	118	4,6	50	305
Cuivre	8,4	3,7	96	113
Nickel	3,6	2,4	17	122
Chrome	< 2,5	< 2,5	4,9	65

Les résultats sont donnés en mg.kg-1 sec

Commentaires :

- Plate forme machine à laver :

Les résultats montrent des dépassements importants de la VDSS tant pour les HAP que pour les métaux dosés. L'échantillon comportait une fraction importante de scorie expliquant les teneurs relevées en métaux lourds. Les concentration en HAP totaux proviennent d'une part de ces mêmes scories et d'autre part de l'horizon riche en noir de charbon rencontré à 0,50 m sous le niveau du sol.

- Plate forme atelier :

La fouille n° 3, localisée dans le coin Nord de cette plate forme, a mis en évidence la présence de deux horizons riches en hydrocarbures, épais d'une 10^{aine} de centimètres, l'un à environ 0,60 m et l'autre à environ 1,50 m sous le niveau du sol. Ces lentilles visiblement polluées se présentent sous deux formes

différentes. La première, à 0,60 m sous la surface du sol, s'inscrit dans un remblai graveleux. La seconde est constituée d'un mélange plus ou moins visqueux de sables, de limons, de petits débris végétaux et d'hydrocarbures. Malgré tout, le dosage des 10 HAP recommandés dans le guide de « Gestion des sites (potentiellement) pollués » n'a pas fourni de valeur supérieure à la VDSS. Ce phénomène s'explique par le fait que seuls 10 HAP sont pris en compte et que tous les composés présents dans ces horizons n'ont pas été décelés. De la même façon, mais dans une moindre mesure, une forte odeur d'hydrocarbures se dégageait de la fouille n° 5, localisée à la croisée des diagonales de la plate forme, entre 0,50 et 0,80 m sous la surface du sol, sans pour autant que les analyses traduisent un dépassement de la VDSS.

Concernant les éléments-traces inorganiques, l'échantillon moyen prélevé dans la fouille n° 6 montre de fortes teneurs en arsenic et surtout en cuivre. Rappelons que des petits blocs verdâtres, comprenant de très importantes concentrations en cuivre, ont été découverts lors de la campagne de reconnaissance préliminaire aux travaux d'aménagement. Les teneurs relevées au point 6 seraient à mettre en relation avec de fins fragments de ces produits masqués par l'omniprésence de noir de charbon dans les remblais ou bien à la présence de poussières de cheminée d'industries lourdes.

- Station service :

Dans toute sa partie Sud-Est, les argiles marron sont sub-affleurantes. Cependant, une faible couche de remblais (0,30 m environ) est en place dans le quart Nord-Ouest de l'empreinte. La teneur en arsenic relevée dans cette épaisseur de remblais est anormale. De plus, de par l'absence de scories dans cette fouille, son origine n'est pas à mettre en relation avec ces dernières. Phénomène récurrent à des degrés divers, l'arsenic est, ici, très souvent associé à de fortes teneurs en cuivre. Toutes ces données conduisent à penser que des résidus de « vert de Schweinfurth », constitués d'acéto-arséniate de cuivre, se trouvent disséminés dans les remblais. En outre, il n'est pas exclu qu'une contamination des terrains ait pu avoir lieu par des dépôts successifs de poussières de fumées d'usines riches en composés du type trioxydes ou pentoxydes d'arsenic.

- Aire de lavage :

L'échantillonnage moyen a été réalisé sur un prélèvement moyen (constitué de plusieurs échantillons unitaires) de dépôts superficiels situés à l'aval hydraulique de la dalle. Seul un léger dépassement de la VDSS pour le cuivre a été observé.

- Parking :

Dans les sables situés en bordure de la plate forme atelier, échantillons P1 et P2, sous les remblais riches en débris de démolition, les valeurs mesurées sont normales et n'inspirent absolument aucune inquiétude. Au niveau du sondage P3, en bordure de la clôture, côté quai de Queyries, les sables sont surmontés d'une couche de 30 cm de scories fines. L'échantillonnage effectué inclut l'interface entre les sables et les scories influant ainsi les résultats d'analyses avec une augmentation des teneurs en HAP mais aussi en métaux.

note 004/2001 du 23/05/2001

Protection du réseau AEP vis-à-vis des possibles phénomènes de perméation des hydrocarbures vers l'eau - Commentaire de la proposition technique de l'entreprise Dubreilh SA.

Conformément à l'arrêté préfectoral de dépollution du site des ateliers du tramway de Bordeaux (ATEL 11) sis quai de Queyries à Bordeaux rive – droite (33), une protection du réseau d'Alimentation en Eau Potable doit être mise en place afin d'éliminer tout risque de perméation des hydrocarbures à travers le PEHD constitutif de ce réseau.

Etant entendu que des remblais de qualité environnementale médiocre sont confinés sur le site sous bâtiments, voiries et parking, il apparaît nécessaire et indispensable, dans un but sécuritaire, d'assurer une protection efficace du réseau AEP vis-à-vis d'une possible migration des hydrocarbures (HAP essentiellement) vers celui-ci engendrant un risque potentiel de perméation de ces produits à travers les tuyaux.

Deux propositions techniques et financières nous ont été fournies par l'entreprise Dubreuilh via la note externe 039/2001. La première propose la mise en place d'une chaussette en géomembrane polypropylène protégée mécaniquement par un géotextile. La seconde propose une protection du réseau par fourreautage en PEHD.

Le fourreautage PEHD ne peut que limiter la cinétique de transfert potentiel des polluants vers l'eau potable mais ne pourrait en aucun cas constituer une barrière étanche à ces produits organiques. Cette solution technique ne répond donc pas pleinement aux prescriptions citées à l'article 2 notamment de l'arrêté préfectoral.

La chaussette en géomembrane semble être la solution technique la mieux adaptée au regard de l'objectif à atteindre et des conditions particulières inhérentes au site (confinement hétérogénéité des remblais). La chaussette en géomembrane devra elle-même être protégée des contraintes mécaniques (poinçonnement notamment) par un géotextile.

Afin de lever toute ambiguïté sur la résistance du polypropylène, le fabricant devra fournir une fiche produit ainsi qu'une garantie de résistance de la géomembrane mise en contact avec des produits type HAP.

note 005/2001 du 07/06/2001

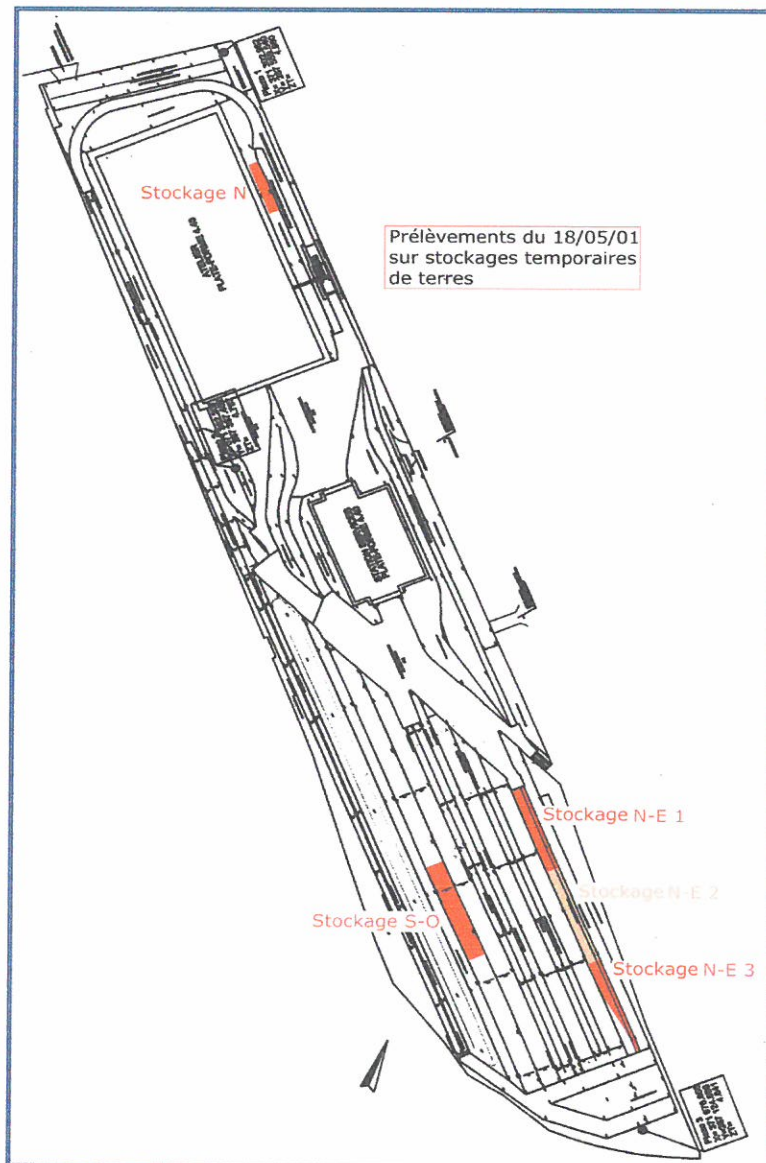
Objet : Analyses sur stockages temporaires de terres

Cinq échantillons, prélevés le 18/05/01, correspondant à cinq stockages temporaires de terres sur le site des ateliers du tramway ont été analysés. Les

stockages sont repérés sur le plan page 2 et tels qu'ils étaient lors de l'intervention du 18 mai 2001. Les résultats sont donnés ci-dessous.

Référence terrain	Stockage S-O	Stockage N	Stockage N-E 1	Stockage N-E 2	Stockage N-E 3	VDSS
Référence IEEB	01/E/16157	01/E/16158	01/E/16159	01/E/16160	01/E/16161	
HAP totaux*	5,10	5,60	10,88	14,78	20,93	20
As	19	49	43	29	40	19
Pb	78	5 210	258	148	346	305
Cu	70	154	248	112	397	113
Ni	13	10	12	11	15	122
Cr	4,7	5,7	6,5	5,2	1,9	65

*somme des 10 HAP suivants : naphthalène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, benzo(ghi)perilène, indéno(1,2,3-cd)pyrène.



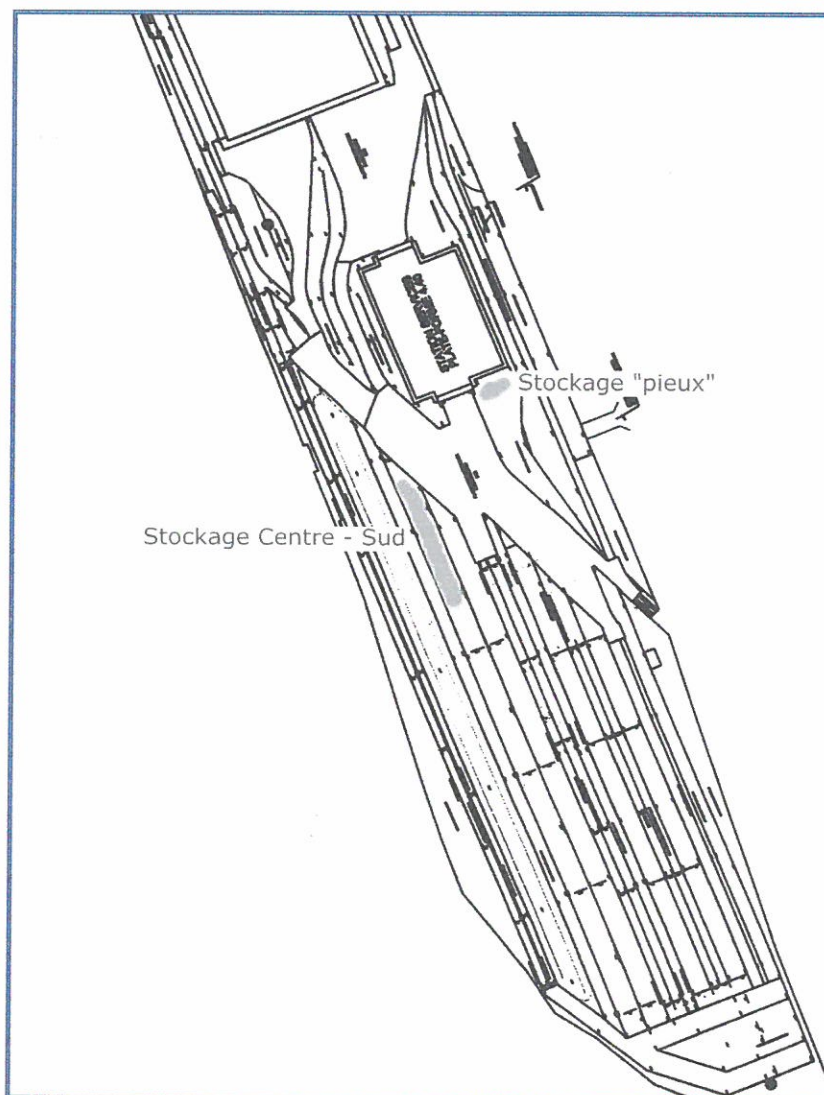
note 006/2001 du 13/06/2001

Objet : Analyses sur stockages temporaires de terres

deux échantillons, prélevés le 01/06/01, correspondant à deux stockages temporaires de terres sur le site des ateliers du tramway ont été analysés. Les stockages sont repérés sur le plan figurant en page 2 et tels qu'ils étaient lors de l'intervention du 01 juin 2001. Les résultats sont donnés ci-dessous.

Référence terrain	Stockage Centre - Sud	Stockage « pieux »	VDSS
Référence IEEB	01/E/17741	01/E/17742	
HAP totaux*	7,48	4,40	20
As	29	16	19
Pb	215	69	305
Cu	189	39	113
Ni	23	22	122
Cr	24	29	65

*somme des 10 HAP suivants : naphtalène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, benzo(ghi)perilène, indéno(1,2,3-cd)pyrène.



note 007/2001

Résultats des analyses effectuées sur les échantillons d'eaux souterraines prélevées le 11/06/01

Les prélèvements ont été effectués le 11 juin 2001 dans les trois piézomètres mis en place sur le chantier des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux rive droite (33). Cette campagne de mesure fait suite à la mise en place des pieux de la station service.

réf. terrain	unité	Pz 1	Pz 2	Pz 3	VCI	
réf. IEEB		01/E/18865	-	01/E/18865	U.S.	U.N.S.
pH	pH	7,55	piézomètre sec	6,70	-	-
Conductivité	µS/cm	435		7190	-	-
DCO	mg/L	< 30		117	-	-
DBO5	mg/L	0,9		3,5	-	-
DCO/DBO5	-	-		33,4	-	-
HCT totaux*	mg/L	< 0,25		< 0,25	0,01	1
HAP totaux**	µg/L	0,355		0,439	0,2	1
As	mg/L	0,009		0,003	0,05	0,25
Pb	mg/L	0,20		< 0,001	0,05	0,25
Cu	mg/L	0,037		0,003	1	2
Ni	mg/L	< 0,005		< 0,005	0,05	0,25
Cr	mg/L	0,001		0,001	0,05	0,25

* HCT totaux : hydrocarbures totaux (chaînes linéaires et ramifiées)

** HAP totaux : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques totaux

note 008/2001 du 25/09/2001

Résultats des analyses effectuées sur les échantillons de terrains prélevés le 11/07/01

Les prélèvements ont été effectués le 17 juillet 2001 sur le chantier des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux rive droite (33). Cette campagne de mesures a pour but de qualifier la qualité environnementale de terrains en vue de leur réemploi éventuel ou de leur mise en confinement sur site.

Les terrains concernés sont localisés selon une bande parallèle à la rue Bouthier dans le quart Est (voir plan ci-joint).

réf. terrain	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	VDSS	VCI US	VCI UNS
réf. IEEB	01/E/23225	01/E/23226	01/E/23227	01/E/23228	01/E/23229			
HAP totaux*	21,7	16,0	153,1	53,0	34,7	20	40	200
HCT**	198	1949	3350	57	108	2500	5000	25000
As	212	377	101	20	35	19	37	120
Pb	597	1500	1230	158	987	200	400	2000
Cu	340	382	1630	74	230	95	190	950
Ni	7,0	3,0	92	8,8	26	70	140	900
Cr	22	26	< 3	2,9	6,4	65	130	7000

- ⇨ les résultats sont donnés en mg.kg⁻¹ sec excepté pour les hydrocarbures totaux donnés en mg.kg⁻¹.
- ⇨ *HAP totaux : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques totaux
- ⇨ ** HCT : hydrocarbures totaux (chaînes linéaires et ramifiées)

note 009/2001 du 15/10/2001

Résultats des analyses effectuées sur les échantillons de terrains prélevés le 28/09/01

Les prélèvements ont été effectués le 28 septembre 2001 sur le chantier des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux rive droite (33). Cette campagne de mesures a pour but de qualifier la qualité environnementale de terrains en vue de leur réemploi éventuel ou de leur mise en confinement sur site.

Les terrains concernés sont actuellement mis en stockage temporaire au Sud – Sud-Est du site (voir plan ci-joint).

réf. terrain	pilot 1	pilot 2	VDSS	VCI US	VCI UNS
réf. IEEB	01/E/33856	01/E/33857			
HAP totaux*	11,14	3,08	20	40	200
HCT**	< 10	35	2500	5000	25000
As	20	20	19	37	120
Pb	165	206	200	400	2000
Cu	144	138	95	190	950
Ni	15	26	70	140	900
Cr	4,7	2,0	65	130	7000

- ⇨ les résultats sont donnés en mg.kg⁻¹ sec excepté pour les hydrocarbures totaux donnés en mg.kg⁻¹.
- ⇨ *HAP totaux : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques totaux
- ⇨ ** HCT : hydrocarbures totaux (chaînes linéaires et ramifiées)

Les Valeurs de Définition de Source-Sol (VDSS) et les Valeurs de Constat d'Impact (VCI) sont publiées dans le guide de « gestion des sites potentiellement pollués », version 2 de mars 2000 révisée en avril 2001, réalisé par le Ministère de l'Environnement (BRGM éditions). Les VDSS déterminent les seuils admissibles, dans les sols et par substances, au-delà desquels il existe une source de pollution. Les VCI traduisent le possible impact de la source sur le milieu environnant et se comprennent en fonction de l'usage retenu du site.

4. Confinement in situ des terrains réputés de qualité médiocre

Les remblais réputés de mauvaise qualité environnementale au regard des prescriptions de l'Arrêté Préfectoral n° 14924 du 27/07/99 et des valeurs guides en matière de pollution des sols ont été confinés in situ sur la parcelle cadastrée AW113.

Un volume total de 4 410 m³ de remblais a été confiné. Les volumes se répartissent sous voiries et parkings. Le plan de stockage présenté en figure 1 ci-après est fourni par le G.E.T. et précise la localisation des zones de confinement ainsi que les volumes concernés.

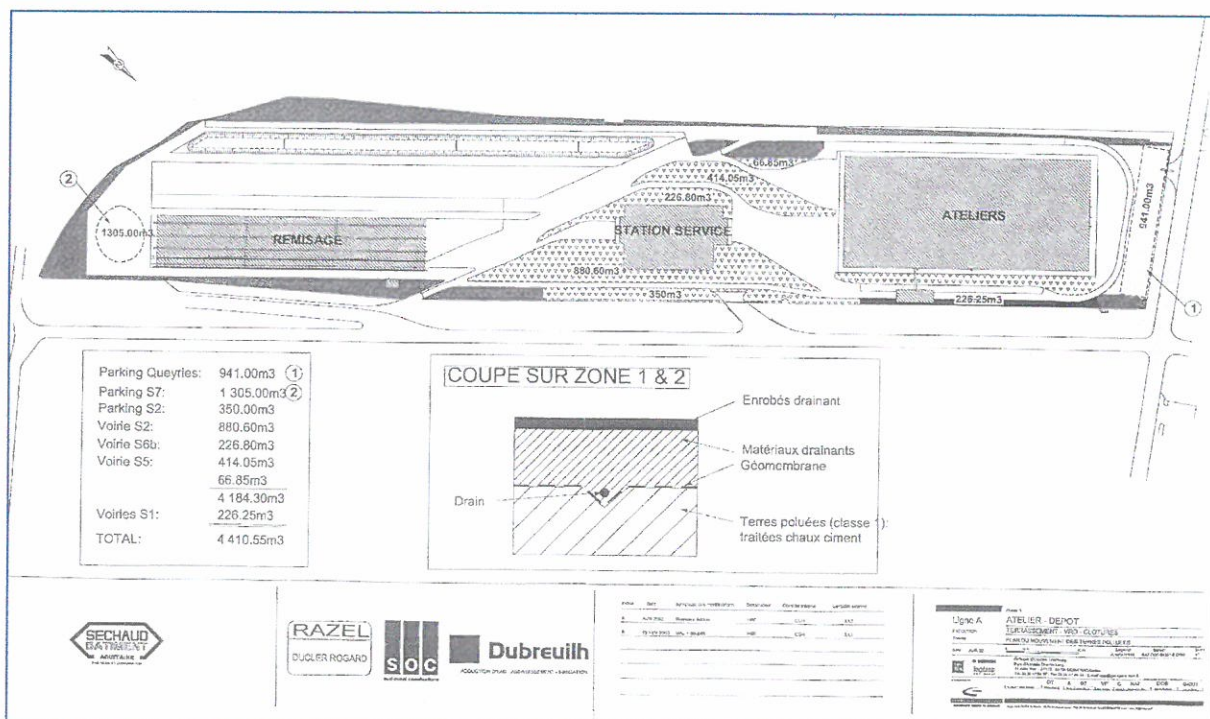


figure 1 : Ateliers du Tramway – Localisation des secteurs de stockage des remblais réputés de mauvaise qualité environnementale.

Le tableau présenté en figure 2 en suivant tend à caractériser l'ensemble des remblais mis en confinement sous parkings et voiries sur le site des ateliers du tramway par le calcul de la teneur moyenne (assortie de l'écart type) sur les paramètres que sont les HAP totaux, le plomb, l'arsenic, le cuivre, le nickel et le chrome total.

	HAP	As	Pb	Cu	Ni	Cr
min.	3,6	13	9	74	3	1,9
max.	153,1	430	5210	2038	92	397
moyenne	24,5	88,0	646,5	486,0	22,7	38,7
écart type	33,45	117,2	1150	565,5	21,13	91,54

⇒ Les résultats sont donnés en $\text{mg.kg}^{-1} \text{sec}$

figure 2 : Synthèse statistique de la qualité environnementale des remblais mis en confinement sur le site des ateliers du tramway – quai des Queyries à Bordeaux (33).

5. Commentaire

5.1. Le confinement des remblais

Les remblais reconnus comme possédant une qualité environnementale médiocre ont été confinés sur site selon les prescriptions dictées par l'Arrêté Préfectoral n° 14924 du 27/07/99.

Les mouvements de terres ont été intégrés au phasage des travaux et les analyses ont été menés sur les pilots de mise en stockage temporaire. Ainsi, un volume total de $4\,410 \text{ m}^3$ a été mis en stockage sous les parkings et la voirie (Cf. schéma en figure 3).

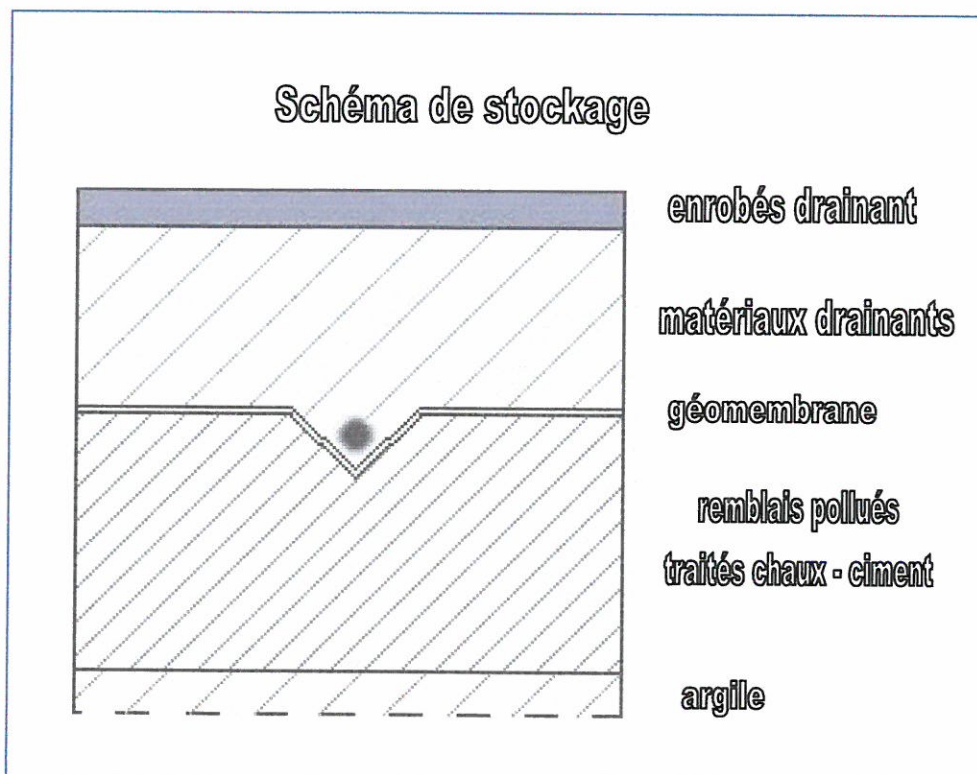


figure 3 : Schéma général du confinement des remblais pollués sous voiries et parking

Une caractérisation globale des terres stockées a été calculée en réalisant une moyenne pour chaque paramètre dosé sur les remblais. Les valeurs sont les suivantes (figure 4). Elles sont comparées aux valeurs guides en matière de pollution des sols ainsi que les seuils donnés par l'Arrêté Préfectoral.

	HAP	As	Pb	Cu	Ni	Cr
min.	3,6	13	9	74	3	1,9
max.	153,1	430	5210	2038	92	397
moyenne	24,5	88,0	646,5	486,0	22,7	38,7
VDSS	20 *	19	200	95	70	65
VCI US	40 *	37	400	190	140	130
VCI UNS	200 *	120	2000	950	900	7000
seuils A.P.	-	30	400	600	-	100

- ⇒ Les résultats sont donnés en $\text{mg.kg}^{-1} \text{ sec}$,
- ⇒ VDSS : Valeur de Définition de Source-Sol,
- ⇒ VCI US/UNS : Valeur de Constat d'Impact en Usage Sensible / en Usage Non Sensible,
- ⇒ Seuils A.P. : seuils retenus par l'Arrêté Préfectoral n° 14924 du 27/07/99.

figure 4 : Données de caractérisation des remblais confinés sur le site des ateliers du tramway, sis quai des Queyries à Bordeaux (33).

Les concentrations en micropolluants dans les remblais ne se distribuent pas de façon homogène sachant que chaque stockage temporaire ayant ses caractéristiques propres a été repris puis mélangé un autre pour enfin être stocké définitivement. Les valeurs données dans le tableau présenté en figure 3 permettent néanmoins d'appréhender de façon simple la qualité des terrains mis en confinement.

5.2. Le suivi des eaux souterraines

Trois piézomètres ont été installés sur le site aux premiers jours des travaux (premier trimestre 2001) afin de suivre la qualité et un éventuel impact des travaux sur les eaux de la nappe sous-flandrienne. Cette nappe circule dans une formation de sable et graviers et est intimement liée à la Garonne. Elle n'est pas utilisée pour l'AEP (Alimentation en Eau Potable). Son usage est réputé non sensible. Les piézomètres ont été positionnés sur le site de la façon suivante :

- ⇒ piézomètre Pz1 : à l'aval du site, il est situé en bordure du parking donnant sur le quai des Queyries ;
- ⇒ piézomètre Pz2 : en position centrale par rapport au site des ateliers, ce piézomètre est placé au Sud de la station service ;
- ⇒ piézomètre Pz3 : à l'amont et à l'extrémité Sud-Est du site, il est implanté dans le secteur "espace vert".

Les analyses ont porté sur les paramètres tels que définis par L'Arrêté Préfectoral n° 14924 du 27/07/99.

Une première campagne de prélèvement a été effectuée le 26/04/01 au démarrage des travaux. Les résultats des analyses de cette campagne peuvent être pris comme référence avant travaux de mise en place des structures souterraines (pieux et inclusions rigides) et sont présentés en figure 5 ci-après.

réf. terrain	unité	Pz 1	Pz 2	Pz 3	VCI	
réf. IEEB		01/E/13490	01/E/13491	01/E/13492	U.S.	U.N.S.
pH	pH	7,25	6,95	6,55	-	-
Conductivité	µS/cm	1 063	1 325	14	-	-
DCO	mg/L	143	760	67	-	-
DBO5	mg/L	1,9	-	1,3	-	-
DCO/DBO5	-	75,3	-	51,5	-	-
HCT totaux	mg/L	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,01	1
HAP totaux	µg/L	0,286	< 0,2	< 0,2	0,2	1
As	mg/L	0,12	0,33	0,004	0,05	0,25
Pb	mg/L	< 0,001	0,002	< 0,001	0,05	0,25
Cu	mg/L	0,003	0,004	0,002	1	2
Ni	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05	0,25
Cr	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,05	0,25

⇒ VCI US/UNS : Valeur de Constat d'Impact en Usage Sensible / en Usage Non Sensible.

figure 5 : Synthèse des résultats des analyses pratiquées sur les prélèvements d'eaux souterraines effectués dans les piézomètres Pz1, Pz2 et Pz3, le 26/04/01 sur le site des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux (33)

Les résultats des analyses pratiquées sur les échantillons prélevés lors de cette campagne initiale ont montré que les eaux sont conformes à un usage non sensible (valeurs comparées aux VCI en Usage Sensible et en Usage non Sensible). Les résultats diffèrent d'un piézomètre à l'autre pour un paramètre donné. Cette observation conduit à penser qu'il existe des discontinuités au sein de la nappe à la faveur de passées argileuses créant des microsystemes aquifères interconnectés de façon plus ou moins simple.

Une seconde campagne a été menée le 11/06/01 suite à la mise en place des pieux de la station service ayant nécessité de traverser la couche d'argile située directement sous les remblais. Lors de cette intervention, le piézomètre Pz2 (centre du site) était sec.

réf. terrain	unité	Pz 1	Pz 2	Pz 3	VCI	
réf. IEEB		01/E/18865	-	01/E/18865	U.S.	U.N.S.
pH	pH	7,55	piézomètre sec	6,70	-	-
Conductivité	µS/cm	435		7190	-	-
DCO	mg/L	< 30		117	-	-
DBO5	mg/L	0,9		3,5	-	-
DCO/DBO5	-	-		33,4	-	-
HCT totaux	mg/L	< 0,25		< 0,25	0,01	1
HAP totaux	µg/L	0,355		0,439	0,2	1
As	mg/L	0,009		0,003	0,05	0,25
Pb	mg/L	0,20		< 0,001	0,05	0,25
Cu	mg/L	0,037		0,003	1	2
Ni	mg/L	< 0,005		< 0,005	0,05	0,25
Cr	mg/L	0,001		0,001	0,05	0,25

figure 6 : Synthèse des résultats des analyses pratiquées sur les prélèvements d'eaux souterraines effectués dans les piézomètres Pz1, Pz2 et Pz3, le 11/06/01 sur le site des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux (33)

Les résultats des analyses menées sur les eaux prélevées après la mise en place des pieux (Cf. figure 6) sont conformes à ce qui avait été trouvé lors des investigations initiales avec une légère augmentation des teneurs en Hydrocarbures Aromatiques Polycyclique (0,355 et 0,439 µg/L) tout en restant inférieures à la Valeur de Constat d'Impact en Usage Non Sensible (1 µg/L). Les autres paramètres dosés n'évoluent pas de façon significative. Seule la conductivité varie d'un piézomètre à l'autre et d'une campagne à l'autre en renforçant l'idée d'un aquifère composite.

6. Conclusion

Conformément à l'Arrêté Préfectoral n° 14924 du 27/07/99, la Communauté Urbaine de Bordeaux – Mission Tramway – a missionné l'Institut Européen de l'Environnement de Bordeaux en tant que Tiers Expert Environnement afin de suivre le chantier des ateliers du tramway sis quai de Queyries à Bordeaux (33).

La mission a eu pour objectif de caractériser la qualité environnementale des remblais, de statuer sur leur réemploi ou leur mise en confinement sur site, de suivre la qualité des eaux de la nappe sous-flandrienne afin de détecter un possible impact des travaux sur celle-ci et enfin d'assurer une mission de conseil et d'aide technique.

Durant les travaux, les analyses ont été menées sur les remblais extraits et mis en stockages temporaires. Les résultats ont conditionné une possibilité de réemploi des matériaux, d'évacuation classique ou de mise en confinement sur site si les teneurs pour les paramètres dosés dépassaient les seuils fixés par Arrêté. Ainsi, 4 410 m³ de remblais ont été confinés sous parking et voiries.

Les tronçons du réseau AEP susceptible de se trouver en contact avec les zones de stockage ont reçu un traitement spécifique afin de palier à tout problème de contamination des eaux par perméation à travers les canalisations. Ainsi, le réseau a été placé dans une chaussette en géomembrane étanche puis protégé des contraintes mécaniques dans un lit de sable et un géotextile classique (Cf. figure 6).



figure 6 : Cliché (du 01/02/02) d'une tranchée préparée (pose du géotextile) à recevoir une canalisation AEP sous chaussette géomembrane sur le site des ateliers du tramway sis quai des Queyries à Bordeaux (33).

Le suivi de la qualité des eaux souterraines de la nappe sous-flandrienne a été réalisé grâce à la mise en place de trois piézomètres sur le site. Ils ont été placés dans le sens du plus grand axe du site. Les résultats n'ont pas mis en évidence d'impact des travaux de pose des fondations profondes sur la qualité des eaux.

Durant les travaux, deux des trois piézomètres ont été mis accidentellement hors d'usage lors de mouvements d'engins. Seul le piézomètre situé à l'extrémité Nord – Nord-Ouest du site demeure en état de fonctionnement. Dans le cadre d'un possible suivi de la nappe qui pourrait être demandé par l'administration au regard des opérations de confinement menées sur le site, au moins un piézomètre supplémentaire devrait être remis en place.