

# Terres polluées: pas de panique!

Autor(en): **Angelillo, V. / Naceur, I. / Oboni, F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **122 (1996)**

Heft 26

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78880>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Terres polluées : pas de panique !

Par V. Angelillo,  
I. Naceur, F. Oboni,  
G. Vernez, concept  
et direction du projet  
d'assainissement  
Intégré, Oboni &  
Associés S.A.,  
1054 Morrens;  
J.-P. Coppex, service  
du gaz de la Ville de  
Lausanne, maître de  
l'ouvrage  
et  
F. Meylan, ingénieur  
structures du projet  
d'atterrage,  
F. Meylan S.A.

## 1. Les enjeux

La plupart d'entre nous l'a constaté une fois ou l'autre : la découverte de terres polluées au droit d'un projet de bâtiment ou d'ouvrage, soit lors des études préliminaires ou, pire, pendant les travaux de terrassement, donne aujourd'hui inmanquablement lieu à une modification sensible des équilibres financiers en jeu et peut provoquer la réorientation d'un projet en termes de profondeur et/ou de surface d'excavation.

Les lois sont claires : une fois excavé, l'ensemble des terres polluées devient un déchet, selon les définitions de l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD, 1990). Celle-ci classe les diverses catégories de déchets en fonction de seuils précis de teneurs en polluants ou matériaux divers. Les modalités d'élimination de chaque déchet y sont également dictées. Notons en passant qu'un sol non excavé n'est pas un déchet et que dans le cadre de la législation actuellement en vigueur en Suisse, un sol pollué se trouvant sous un immeuble futur ne doit pas forcément être traité, contrairement à ce qui se produit dans d'autres pays. Ainsi, supprimer un niveau de sous-sol nous a permis de réduire notablement les dépenses prévisibles d'une dépollution des terres excavées dans un projet récent en ville de Lausanne.

Des mesures passives aussi simples de réduction des risques financiers et environnementaux ne peuvent toutefois pas être prises dans bien des cas : le projet est figé dans sa géométrie ou dans son programme de construction, en raison de décisions prises avant l'intervention du spécialiste en gestion intégrée des risques environnementaux. La prise en compte des sols excavés pollués en tant que déchets doit alors être envisagée.

Or une approche qui ne tiendrait pas compte de l'ensemble des paramètres en présence et de leurs conséquences techniques, légales

et financières mène inévitablement à des solutions inadaptées, tant du point de vue des moyens mis en oeuvre qu'en ce qui concerne le budget qui leur est alloué. Dans un article précédent<sup>1</sup>, notre équipe avait présenté un exemple de traitement physico-chimique de sols pollués (principalement par de l'arsenic) qui avait dû être entrepris aux Etats-Unis pour un client européen. En l'occurrence, il s'agissait typiquement d'une approche entreprise sous la pression du contexte légal et la solution retenue représentait un optimum technico-financier global, tenant compte des pénalités encourues en cas de non assainissement.

Différentes expériences faisant appel à des solutions de traitement lourd *in situ*, ou de type évacuation/mise en dépôt, ou encore à un traitement en usine, ont montré que ces choix entraînent souvent un surcoût pouvant mettre en péril le projet lui-même.

Il s'agit donc, de cas en cas, de peser l'ensemble des paramètres particuliers à chaque situation afin d'aboutir à une solution satisfaisante. Le spécialiste en gestion intégrée de risques environnementaux se trouve ainsi devant un défi qui est celui de développer un concept d'assainissement adapté à une problématique particulière, tout en sauvegardant l'équilibre financier du projet.

## 2. L'approche

Au niveau conceptuel, les éléments suivants doivent être pris en compte selon un schéma itératif et cyclique :

- faisabilité technique de l'assainissement
- contraintes liées au projet
- optimisation de l'intégration projet-assainissement
- conformité au cadre légal.

Dans la suite de ce chapitre, chacun des éléments ci-dessus est développé succinctement, puis, dans l'étude de cas présentée aux chapitres 3 et 4, il est montré que, au

<sup>1</sup>IAS N°18 du 18 août 1993, pp. 362-364

sein de ces concepts, la mise en oeuvre d'une gestion intégrée et d'un programme spécifique de contrôle qualité/assurance qualité (CQ/AQ) adapté a permis récemment de ramener de 20 à 5% le coût d'assainissement par rapport au coût total de l'ouvrage réalisé pour l'atterrage du gazoduc sous-lacustre à Lausanne-Bellerive.

Notre expérience a montré qu'une gestion globale intégrant toutes les contraintes permet l'optimisation des coûts d'assainissement en regard des risques encourus. En outre, la mise en oeuvre d'un programme CQ/AQ conçu et développé pour chaque cas particulier est la seule garantie aussi bien d'une gestion rationnelle du suivi analytique que de la transparence et de la crédibilité des résultats obtenus.

L'évaluation de la faisabilité technique d'un assainissement de sols pollués à excaver passe inévitablement par l'étude de scénarios stratégiques. Comme chaque polluant a un comportement différent au sein des milieux constituant le massif à excaver (terrains non saturés, terrains saturés, eau) et que la connaissance de la constitution réelle de ce massif se heurte aux incertitudes habituelles, il n'est guère possible de déterminer de manière rigide et à-prioriste une « solution miracle », qui se jouera à elle seule de tous les aléas et de toutes les conditions particulières présentes sur un site.

Les scénarios stratégiques, affectés chacun d'une probabilité d'occurrence, permettent d'évaluer les risques liés à chaque solution d'assainissement envisagée, et, en fin de compte, d'en vérifier la faisabilité technique et financière. A l'issue de cette phase, une liste d'options de faisabilité décroissante (ou de risque croissant) est établie. Les contraintes liées au projet peuvent être de nature physique, chimique, toxicologique, logistique, géométrique ou légale. En restant au niveau conceptuel, il suffira de noter qu'une solution faisable du



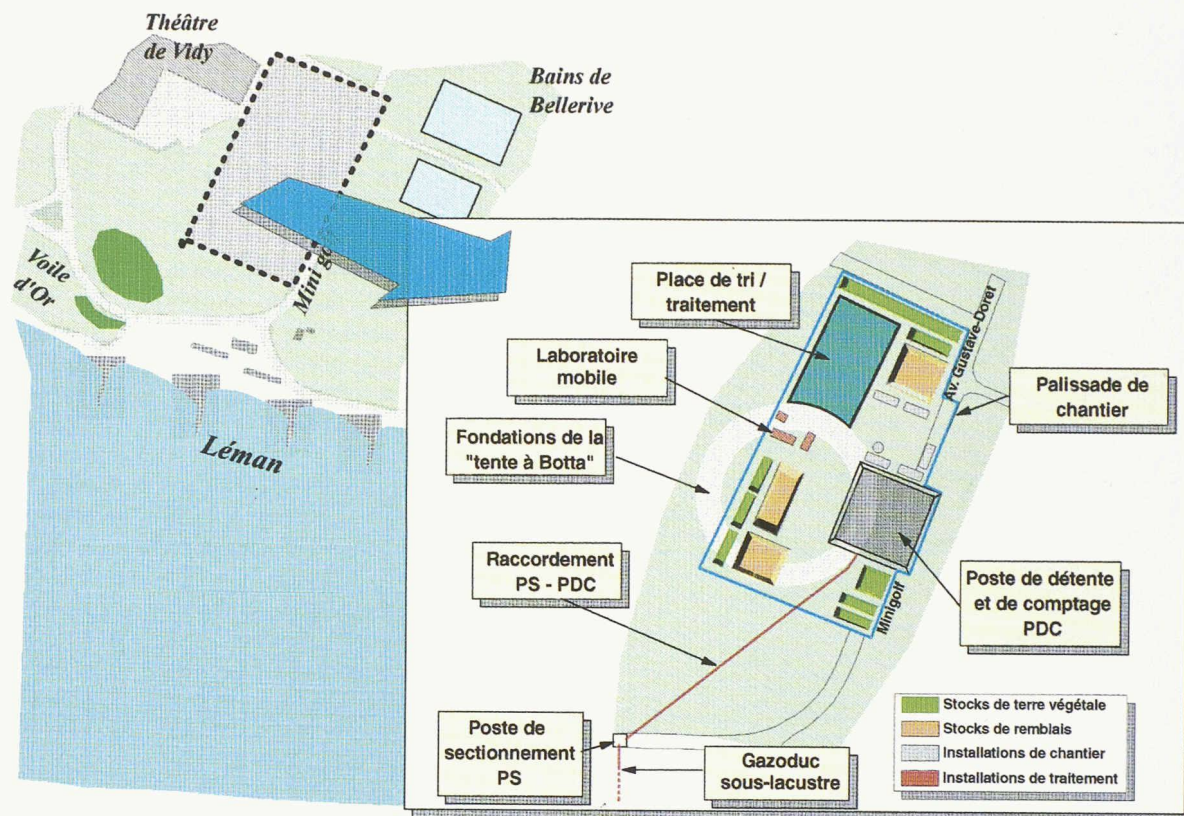


Fig. 1.- Localisation du projet et vue en plan du chantier de l'atterrage du gazoduc

point de vue technique et financier peut être en conflit avec un des éléments ci-dessus, et ce à tel point qu'elle doit être finalement rejetée en faveur d'une autre solution qu'il y aura lieu de repêcher dans la liste de faisabilité. La réduction de chacune des contraintes pouvant éventuellement être associée à un coût supplémentaire des travaux de construction ou d'assainissement, une liste des options intégrant la faisabilité et les contraintes doit alors être développée.

L'optimisation de l'intégration projet-assainissement est conduite en évaluant, pour chaque technique d'assainissement provisoirement retenue, son interaction avec le projet et les avantages qui peuvent découler de la modification ou de l'adaptation tant du projet que de la technique en examen, de manière à obtenir un schéma conceptuel logique, homogène et cohérent.

Ainsi, par exemple, on aura tendance dans certains cas à limiter les volumes des terres excavées en cherchant des solutions de soutènement propres à optimiser le coût global de l'opération soutènement-assainissement.

D'autre part, si les mesures d'assainissement ne sont pas intégrées au projet de manière adéquate, il

se pourrait qu'elles imposent des ralentissements intolérables au planning des travaux. On cherchera alors à modifier les phases de construction de manière à ménager des intervalles pendant lesquels on pourra intervenir sur les sols pollués. Enfin, toujours à titre d'exemple, on prendra des mesures constructives afin d'éviter des problèmes à long terme pouvant survenir entre l'ouvrage et le milieu potentiellement agressif environnant.

Une liste des options d'assainissement tenant compte de la faisabilité, des contraintes et des efforts d'intégration peut alors être établie et soumise à la dernière phase, celle de l'étude de la conformité au cadre légal.

La conformité au cadre légal des solutions finalement proposées est un élément d'importance primordiale. A chaque étape de l'assainissement, tous les produits et sous-produits doivent en effet être conformes à l'ensemble des lois et règlements en vigueur, alors que les produits finaux doivent être compatibles avec les types de réutilisation ou d'élimination envisagés.

Notons en passant que des approches négociées, basées sur la prise en compte des risques toxico-

logiques effectifs, commencent à voir le jour en lieu et place de solutions strictement basées sur des valeurs-seuils légales rigides. La raison de cette évolution est à chercher dans la prise de conscience de la part des autorités de la nécessité d'adopter des attitudes spécifiquement adaptées à chaque cas particulier, afin d'éviter d'imposer inutilement des budgets d'assainissement insupportables.

### 3. L'application à un cas

Le nouvel atterrissage du gazoduc sous-lacustre à Lausanne-Bellerive (fig. 1), implanté entre le minigolf de Bellerive-Plage et le théâtre de Vidy, nécessitait une excavation de près de 6 m de profondeur, sur quelque 22 m de longueur et 20 m de largeur.

Ni l'implantation retenue, ni le type de construction entièrement enterrée ne pouvaient être modifiés. Les terrains, constitués sur les premiers 6 à 7 m de profondeur de remblais mis en place pour l'Expo 64, étaient pollués par des hydrocarbures et fortement mélangés à des déchets d'origine diverse, allant des ustensiles domestiques aux déchets métalliques industriels. Cette pollution avait été découverte lors de l'étude géotechnique préliminaire, puis sa con-



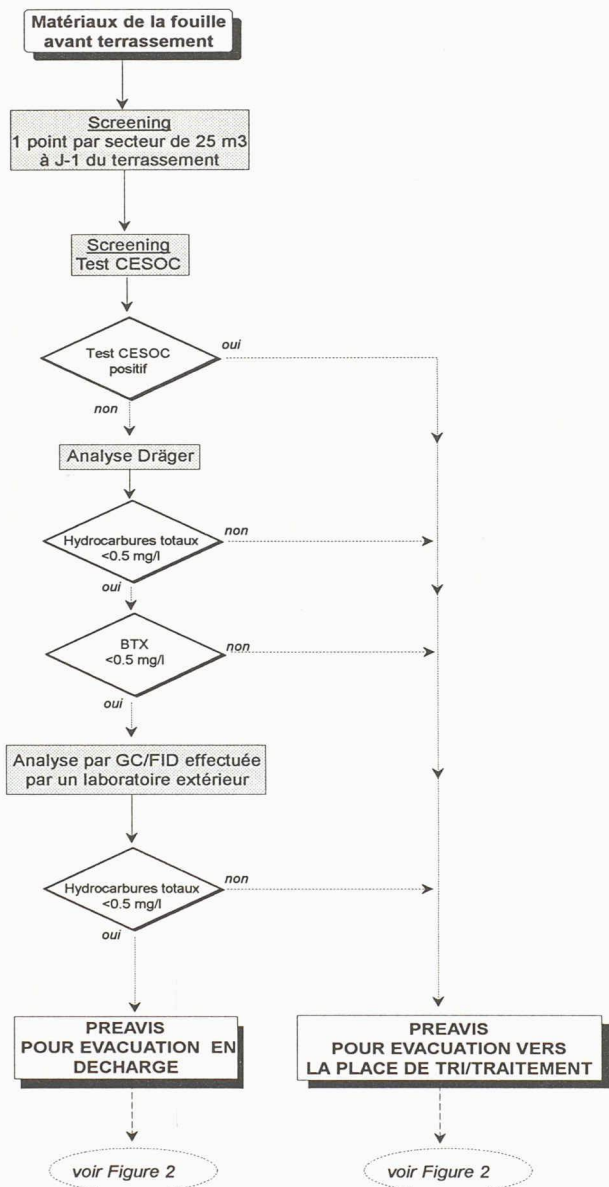


Fig. 2.- Diagramme décisionnel pour l'évacuation des matériaux de la fouille avant l'étape de terrassement

naissance affinée par une série de sondages qui avaient permis de préciser la situation à l'échelle macroscopique.

Les scénarios stratégiques considérés pour ce chantier étaient les suivants.

1. Evacuation de l'ensemble des terres excavées vers le centre de ramassage et d'identification de déchets spéciaux (CRIDEC SA) et utilisation de matériaux importés pour les importants remblayages prévus.
2. Dépistage à l'excavation et partage entre mise en dépôt/réutilisation des matériaux inertes sur place et évacuation au CRIDEC SA des matériaux pollués.
3. Dépistage à l'excavation et partage entre l'évacuation en décharge pour les déchets inertes, la séparation et le tri des éléments étrangers (pièces métalliques, bois, matière synthétique), le traitement forain des terres polluées par les hydrocarbures et la réutilisation des matériaux traités pour les remblayages.

Chacun de ces scénarios était basé sur une hypothèse concernant le volume des terres effectivement touché par la pollution. Chaque solution nécessitait par ailleurs un investissement en suivi, essais, installations foraines et diverses taxes de prise en charge. En fonction des hypothèses relatives au volume de matériaux pollués par rapport aux inertes, les équilibres financiers basculaient vers l'une ou l'autre des solutions.

De nombreuses contraintes ont dû être prises en compte. Le projet se développant en limite du minigolf, il était impossible d'empiéter sur cette propriété, ce qui conduisit à l'exigence d'un soutènement vertical sur ce côté de la fouille. Les trois autres côtés étant libres, un talus non protégé était alors envisageable, pour autant que les éventuels problèmes liés aux écoulements souterrains puissent être résolus à satisfaction.

Il était en effet clair que les eaux extraites de la fouille seraient polluées par des hydrocarbures et leurs débits vraisemblablement importants en raison de la nature des sols (remblais hétérogènes) et de la proximité du lac. Malgré le fait que les sols et les eaux étaient pollués par des hydrocarbures et mélangés à des déchets divers, ces matériaux présentaient des caractéristiques toxicologiques parfaitement maîtrisables. Le processus d'assainissement pouvait en outre s'insérer dans le laps de temps compris entre la fin des excavations et la mise en place des remblais autour de la structure. Enfin, un espace important était disponible tout autour du chantier. L'optimisation du projet d'assainissement nous a conduits à retenir un concept d'assainissement intégré relativement simple.

La conformité au cadre légal doit être l'un des soucis majeurs de tout projet d'assainissement. Dans le cas présent, les conditions d'application au niveau cantonal des différentes ordonnances fédérales sur la protection de l'environnement ont donc été abordées avec rigueur. La mise en oeuvre d'un programme spécifique de contrôle qualité/assurance qualité (CQ/AQ) a permis de maîtriser la gestion du flux des matériaux excavés et des eaux souillées (fig. 2).

Ainsi, tous les matériaux et toutes les eaux sortant du chantier ont été conformes aux exigences fixées respectivement par l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) et par celle relative au déversement des eaux usées (ODEU). La protection du personnel de chantier a fait l'objet d'une attention particulière: un plan de sécurité de site (PSS) a été défini, qui régissait la manière de travailler ainsi que la conduite à tenir en cas

1. Parois verticales semi-étanches sur l'ensemble de la fouille de manière à limiter autant que possible le volume des terres excavées et le débit d'eau (polluée) entrant dans la fouille.
2. Mise en place d'un laboratoire mobile de dépistage précoce sur le chantier à proximité de la fouille, de façon à permettre l'évacuation immédiate des matériaux inertes, et la mise en dépôt sur une place de tri/traitement étanche des matériaux pollués.
3. Mise en place d'une station de séparation des hydrocarbures pour les eaux de pompage et de drainage de la fouille, avant leur rejet dans une canalisation directement reliée à la STEP de Vidy.
4. Traitement par *land-farming* des terres polluées jusqu'à ce qu'elles puissent être considérées comme inertes et réutilisables comme matériaux de remblai.
5. Réutilisation des matériaux traités pour le remblayage autour et sur la structure enterrée.

La conformité au cadre légal doit être l'un des soucis majeurs de tout projet d'assainissement. Dans le cas présent, les conditions d'application au niveau cantonal des différentes ordonnances fédérales sur la protection de l'environnement ont donc été abordées avec rigueur. La mise en oeuvre d'un programme spécifique de contrôle qualité/assurance qualité (CQ/AQ) a permis de maîtriser la gestion du flux des matériaux excavés et des eaux souillées (fig. 2).

Ainsi, tous les matériaux et toutes les eaux sortant du chantier ont été conformes aux exigences fixées respectivement par l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) et par celle relative au déversement des eaux usées (ODEU).

La protection du personnel de chantier a fait l'objet d'une attention particulière: un plan de sécurité de site (PSS) a été défini, qui régissait la manière de travailler ainsi que la conduite à tenir en cas



TRANCHE

	I	II	III	IV
<b>A</b>	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri
<b>B</b>	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri
<b>C</b>	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri
<b>D</b>	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> C +/- DRÄGER +/- GC/FID PREAVIS Evacuation Place de tri

DRÄGER +/- DRÄGER positif si la concentration obtenue dépasse la norme légale GC/FID +/- GC/FID positif si la concentration obtenue dépasse la norme légale	PREAVIS Evacuation Place de tri C E S O C ET C E S O C OU DRÄGER +/- GC/FID +/-
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fig. 3. - Exemple d'un formulaire utilisé par le spécialiste lors de la phase de dépistage précoce des matériaux durant le terrassement

d'accident lié à la présence de matériaux ou d'eaux contaminés.

**4. Les travaux**

L'installation pour les travaux d'assainissement, située à l'intérieur de l'enceinte de chantier, comprenait une place imperméabilisée pour le tri/traitement des matériaux contaminés, un déshuileur pour le traitement des eaux, un laboratoire mobile pour le suivi analytique et des bennes pour le stockage et l'évacuation des matériaux étrangers triés.

L'organisation des travaux de terrassement a été placée sous le contrôle permanent d'un spécialiste de l'assainissement et s'est déroulée en deux temps :

- 1) dépistage précoce par étapes de la qualité des matériaux de terrassement (fig. 3);
- 2) excavation/évacuation en décharge des matériaux non pollués ou excavation/stockage des matériaux pollués sur la place de tri/traitement.

La présence d'un laboratoire mobile a permis d'obtenir les résultats

analytiques nécessaires à la gestion des évacuations en moins de vingt-quatre heures. Cette synchronisation entre le dépistage et les travaux d'excavation a permis une excellente maîtrise du terrassement.

Les matériaux contaminés et/ou chargés en corps étrangers ont été triés et stockés sur la place de tri/traitement en attendant leur prise en charge par du personnel dûment formé à cette tâche.

Le traitement par *land-farming* utilisé a permis de ramener la concentration en hydrocarbures présents dans les matériaux à un niveau admissible (fig. 4) pour une évacuation en décharge et ce, dans les délais imposés. Le succès de l'opération a permis la réutilisation des matériaux traités sur le chantier, soit une économie substantielle de frais de mise en décharge et d'achat de matériaux importés pour le remblayage.

Le flux des matériaux et des eaux issus du terrassement a fait l'objet d'un programme de contrôle qualité/assurance qualité (CQ/AQ) adapté aux exigences légales. Celui-ci a permis de garantir la conformité des teneurs en hydrocarbures des matériaux sortant du chantier. La participation à ce programme d'un laboratoire d'analyses extérieur a permis de confirmer les diagnostics posés par le laboratoire mobile engagé sur le chantier.

**5. Conclusions**

La découverte de terres polluées au droit d'un projet ne mène pas inéluctablement à des dépenses insupportables, pour autant qu'une approche intégrée puisse être mise en oeuvre dès les phases initiales du projet.

Le rôle du spécialiste en gestion intégrée des risques environnementaux est alors fondamental dans la recherche d'une solution équilibrée.

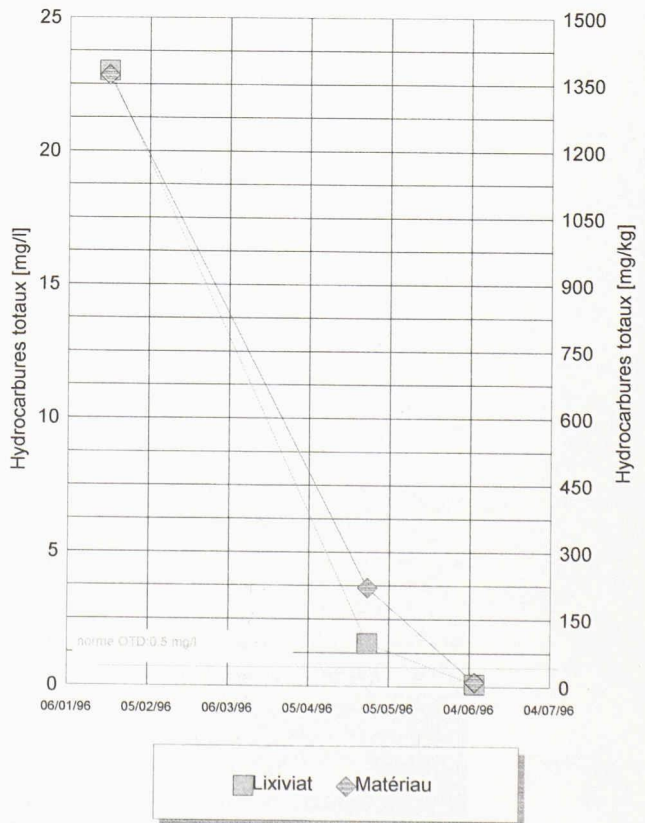


Fig. 4. - Traitement par *land-farming* des matériaux contaminés - Evolution des concentrations en fonction du temps