



**HAL**  
open science

## La recherche des polluants dans les sols

Dominique Jullien

► **To cite this version:**

Dominique Jullien. La recherche des polluants dans les sols. Séminaire "Sols Pollués", Jun 1997, Paris, France. pp.19-28. ineris-00972101

**HAL Id: ineris-00972101**

**<https://ineris.hal.science/ineris-00972101>**

Submitted on 3 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LA RECHERCHE DES POLLUANTS DANS LES SOLS

DOMINIQUE JULLIEN

INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)  
Parc Technologique Alata - B. P. 2 - 60550 - Verneuil-en-Halatte.

La multitude de composants chimiques existants aujourd'hui auxquels s'ajoutent les différentes natures de sols, entraînent des analyses nombreuses et complexes qui paraissent souvent onéreuses. Cependant, de la qualité du résultat analytique dépendront l'évaluation de l'étendue de la zone polluée et le choix des procédés de traitement. De par ses compétences et ses moyens techniques, l'INERIS s'attache à fournir un diagnostic précis sur l'état d'un site potentiellement pollué.

Parmi les milieux qui composent notre environnement, les sols représentent une interface particulièrement importante pour l'homme et l'ensemble des êtres vivants. Avec les sédiments et les eaux de surface, ils constituent des niches écologiques extraordinaires en terme de productivité de matières vivantes (par les végétaux), de diversité biologique (végétaux producteurs, animaux consommateurs et micro-organismes minéralisateurs) et de réservoirs de matières organiques.

Cette interface entre l'air et le sous-sol a vu s'installer des êtres vivants (représentant la biosphère) particulièrement productifs et, par une évolution de plusieurs dizaines de milliers d'années, a constitué des sols dont le potentiel biologique peut être dégradé en quelques années, voire en quelques jours, par les activités humaines.

En conséquence, une meilleure connaissance des flux de polluants et des risques associés à ces derniers est nécessaire pour prévenir les risques de pollution chronique et diffuse des sols.

Dans le cas de la pollution des sols, le risque s'apprécie plutôt en terme de pollution chronique, et en dehors des agents pathogènes générés directement par l'homme, les animaux domestiques ou les animaux sauvages, trois types de polluants sont *grosso modo* à considérer.

D'abord des composés plus ou moins dangereux et utilisés couramment : substances pesticides, substances nettoyantes (lessives, solvants), carburants, peintures, colles ou autres produits utilisés en bâtiment ou à usage domestique.

Ensuite, des composés présents dans les produits manufacturés à des teneurs assez faibles : c'est le cas de certains éléments traces métalliques et de certaines substances organiques que l'on retrouve à l'état d'impuretés dans des préparations commerciales.

Enfin, des composés dangereux pouvant être issus par exemple de certaines phases de combustion mal maîtrisées, qui sont généralement appliquées pour détruire les composés cités précédemment : il peut s'agir de certains composés réputés cancérigènes comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou de certaines dioxines ou furannes (PCDD ou PCDF). Certaines de ces substances sont persistantes et peuvent *a priori* s'accumuler dans les sols.

La prise en compte des polluants organiques et minéraux dans une politique de protection de l'homme et de son environnement n'est possible qu'à partir du moment où l'on peut identifier puis analyser les substances qui ont un impact potentiel sur la santé humaine ou l'environnement. D'où la nécessité de la phase analytique lors de toute problématique concernant la pollution des sols. Certains parleront sans doute de mal nécessaire en regard des prix d'analyses, mais cet aspect apparaît vite secondaire si l'on s'occupe de la pollution des sols dans sa globalité, c'est à dire de la phase de pré-diagnostic à la réhabilitation du site.

A ce stade, tout tourne autour de trois questions fondamentales auxquelles ne peut répondre que l'analyste : QUOI ? OÙ ? COMBIEN ?.

QUOI ? parce qu'il est nécessaire de connaître la nature des polluants avant d'envisager un procédé de dépollution par exemple,

OÙ ? car il faut définir la zone précise de la pollution,

COMBIEN ? car il est inutile de dépolluer des sites dont les teneurs en contaminants sont inférieures aux seuils connus pour la protection de l'homme et de son environnement.

## 1. LA CHIMIE ANALYTIQUE, OUTIL INDISPENSABLE DANS LA RECHERCHE DES POLLUANTS

La connaissance des éléments chimiques a peu évolué tant que la chimie analytique n'a pas été développée, c'est à dire au XIX<sup>ème</sup> siècle. En effet, jusqu'à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, on raisonnait sur l'affinité chimique des corps qui permettait de les classer suivant les réactions chimiques connues, sans en connaître réellement la logique élémentaire.

L'aboutissement de cette chimie analytique est illustré par le tableau périodique des éléments de Mendeleïev, présenté en 1869. La plupart des éléments chimiques y sont répertoriés suivant leur masse croissante, dans un tableau où les affinités chimiques similaires sont retrouvées par période.

C'est aussi à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle que la chimie analytique des molécules organiques naturelles et la chimie de synthèse de nouvelles molécules vont se développer. En particulier, la théorie de l'hexagone benzénique permet de synthétiser des colorants, puis des produits pharmaceutiques et des insecticides à partir de dérivés benzéniques au sein d'une industrie allemande en pleine expansion.

Toujours à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, le développement de la microbiologie à partir des travaux de Pasteur et la constatation de l'importance des micro-organismes dans les cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote donnent une nouvelle dimension à la connaissance de la dynamique des substances organiques dans l'environnement.

Le XX<sup>ème</sup> siècle a vu le nombre de composés de synthèse augmenter, en particulier les composés organiques, sans que l'on en connaisse réellement les effets à long terme sur l'homme et son environnement. Ces composés se retrouvent au milieu de composés naturels que l'on continue à découvrir chaque jour. Ainsi, le nombre de composés dits

naturels est sans commune mesure avec celui des composés de synthèse. De plus, beaucoup de composés de synthèse existent déjà à l'état naturel. Par exemple certains principes actifs de médicaments ont été synthétisés à la suite d'études analytiques très approfondies sur des substances utilisées en tant que « médecine » dans des tribus dites primitives.

Cependant, on sait que l'exposition à certaines substances (xénobiotiques ou naturelles) en faibles concentrations peut entraîner des effets toxiques aigus, ou être un important facteur d'apparition ou de développement de maladies chroniques. Ce caractère toxique n'est pas propre aux substances de synthèse puisque l'on trouve dans la nature des substances très toxiques comme les venins animaux et les poisons végétaux. L'utilisation des substances synthétiques ou naturelles doit être entourée d'une certaine prudence. On sait aujourd'hui que des molécules très semblables chimiquement peuvent avoir des effets toxiques très différents, ce qui impose de disposer d'outils analytiques sophistiqués pour les identifier, les séparer et les quantifier.

Le développement actuel de la chimie analytique, dû aux apports de la physico-chimie, de l'électronique et de l'informatique permet aujourd'hui des mesures sensibles et sélectives que l'on ne pouvait pas obtenir il y a 20 ans. Ainsi de nombreux composés peuvent être détectés et quantifiés dans des mélanges complexes à des niveaux de concentration très bas allant jusqu'à la ppt (partie par trillion :  $10^{-12}$ ).

Mais face au nombre croissant des composés et au coût de leur détermination spécifique, des paramètres globaux sont recherchés en complément : teneur globale en composés organohalogénés, hydrocarbures totaux, indice phénol, .... Mais si ces méthodes sont une bonne approche pour comparer des échantillons entre eux, les valeurs obtenues sont à utiliser avec précaution dans l'absolu, une vérification spécifique de certains constituants étant souvent nécessaire voire indispensable.

## **2. LES GRANDS GROUPES DE POLLUANTS**

### **2.1 Les polluants organiques**

Les composés organiques sont caractérisés par des molécules possédant principalement du carbone, de l'hydrogène et d'autres éléments appelés hétéro-atomes : oxygène, azote, soufre, phosphore, chlore,.... La présence d'hétéro-atomes dans des groupements aux propriétés physico-chimiques particulières confère aux substances organiques certaines fonctions qui sont utilisées pour les classer par familles :

- hydrocarbures aliphatiques (alcane, alcènes),
- hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène, toluène, xylènes),
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- hydrocarbures halogénés (solvants chlorés, chlorobenzènes, PCB, dioxines, furannes),
- hydrocarbures oxygénés (acides, esters, aldéhydes, alcools),
- hydrocarbures azotés (pesticides),
- hydrocarbures soufrés (pesticides),
- ...

La particularité principale de l'élément carbone est d'établir facilement des liaisons covalentes en raison de sa faible réactivité ionique, et en particulier avec lui-même en générant des chaînes carbonées pouvant atteindre des masses molaires extrêmement importantes. En conséquence, il existe un nombre considérable de substances organiques (quelques millions).

Les substances organiques possèdent une stabilité thermique relativement faible, et réagissent souvent de manière réversible et suivant des chemins réactionnels variés, contrôlés par des facteurs thermodynamiques. Les structures hydrocarbonées des substances organiques leur confèrent un caractère hydrophobe limitant leur solubilité dans l'eau et facilitant leur miscibilité réciproque. Les fonctions contenant des hétéroatomes hors halogènes (chlore, brome, fluor, iode) constituent souvent des pôles hydrophiles augmentant leur solubilité dans l'eau et présentant des propriétés d'électrolytes intervenant dans les réactions acide-base et la formation de complexes avec les ions métalliques (composés organo-métalliques). De plus, la présence de chlore ou autre halogène en remplacement d'atomes d'hydrogène diminue la réactivité des substances organiques : ces composés sont donc souvent utilisés comme ignifugeants.

## 2.2 Les polluants inorganiques

Les substances minérales formées à partir de l'ensemble des éléments chimiques (une centaine environ) ne forment, malgré leur diversité, qu'un nombre beaucoup plus restreint de composés et dont les masses moléculaires restent limitées. Ces composés peuvent se classer en deux catégories en fonction de leur polarité :

- les anions de polarité négative et qui sont représentés principalement par : les chlorures, les phosphates, les nitrates, les nitrites, les cyanures, et les sulfates. Ces composés sont largement hydrosolubles et se retrouvent donc rapidement dans les nappes phréatiques. Ces composés font l'objet de nombreuses normes d'analyse, en particulier dans les eaux,
- les cations de polarité positive et que l'on assimile fréquemment aujourd'hui à la famille des métaux lourds. En effet, la pollution de notre environnement par les métaux serait plus importante que celles cumulées des déchets organiques et radioactifs. Cependant, elle reste également plus difficile à appréhender. Que ce soit dans les effluents gazeux, dans l'air ambiant, dans les gaz à l'émission ou dans les sols, les métaux lourds comme le plomb, le mercure, le cadmium, le chrome ou le nickel ont la mauvaise habitude de se répandre : ils s'adsorbent, s'amalgament, se complexent, se modifient selon leur gré. Ils sont pour la plupart très nocifs, même à l'état de traces. Leur toxicité dépend de leur concentration mais aussi de leur forme chimique que l'on appelle spéciation des métaux. C'est ainsi que le chrome hexavalent est bien plus dangereux que le chrome trivalent, le chlorure mercurique est un purgatif tandis que le chlorure mercurique est un poison violent.

## 2.3 Les polluants les plus recherchés

A l'heure actuelle, il n'existe pas en France de référentiel concernant les sols pollués. Cependant, les français se réfèrent le plus souvent aux valeurs guides établies par les hollandais et les canadiens. Ces référentiels présentent plusieurs niveaux, fonction des concentrations en polluants que l'on peut observer dans les sols. Le niveau le plus haut étant celui pour lequel les concentrations sont les plus importantes et pour lesquelles il

est impératif de dépolluer les sols, le niveau le plus bas correspondant généralement au « bruit de fond » de l'élément à proximité de la zone étudiée.

Les principales familles de polluants visés sont représentées par :

- les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques,
- les phénols,
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques,
- les substances organohalogénées,
- les pesticides,
- les nitrosamines,
- les esters de phtalates,
- les composés organométalliques,
- les cyanures,
- les métaux lourds.

Face à ces listes nombreuses, dont l'utilisation pratique reste difficile, on peut rester perplexe, non seulement sur la constitution et la pertinence de chaque liste, mais aussi sur les polluants à prendre véritablement en compte. En conséquence, la réflexion au cas par cas, sur la base de critères comme l'étude historique d'un site, semble mieux appropriée. Cependant, même si ces listes, qui restent évolutives, ne sont pas toujours rationnelles dans leur état présent, elles témoignent d'efforts de recherche importants dans ce domaine et sont un outil de gestion indispensable qu'il est nécessaire de promouvoir et d'améliorer dans l'avenir en les adaptant progressivement à chaque contexte d'utilisation.

### **3. LES METHODES DE CARACTERISATION**

Que ce soit pour la recherche de composés organiques ou inorganiques, la méthodologie employée est sensiblement la même et passe par trois étapes clés :

- la préparation des échantillons,
- l'identification des composés,
- la quantification.

#### **3.1 L'analyse des polluants organiques**

##### **3.1.1 La préparation des échantillons**

Il est souvent nécessaire de procéder à une préparation préalable de l'échantillon en particulier dans le cas de composés solides. Celle-ci consiste à purifier, extraire, concentrer, mettre en solution les composés que l'on souhaite rechercher qualitativement ou quantitativement. En chimie analytique, il s'avère que ces phases de préparation doivent être réalisées avec le plus grand soin faute de quoi les résultats fournis peuvent être sujets à caution.

La diversité des composés organiques, présentant des tensions de vapeur sur une large gamme, oblige les analystes à faire une distinction entre les composés lourds et les

composés légers ou volatils. La limite se situe au niveau de composés possédant une dizaine d'atomes de carbone.

Pour les composés lourds, on effectuera donc une extraction par solvant des composés recherchés, suivie d'une purification puis d'une concentration. Les méthodes mises en œuvre sont nombreuses :

- extraction au Soxhlet,
- extraction en ampoule,
- extraction sous ultrasons,
- extraction en phase supercritique.

Pour les composés légers, qu'il est indispensable de ne pas perdre entre l'échantillonnage et le dosage, on procédera au préalable à une concentration en effectuant par exemple un dégazage de l'échantillon, suivi d'un piégeage des composés recherchés sur un support solide de type carbone graphitisé.

Cette étape de préparation doit impérativement inclure :

- une compatibilité entre l'extrait final et le moyen analytique utilisé,
- une validation des rendements d'extraction.

### **3.1.2 L'identification des composés**

Les moyens généralement utilisés pour l'identification des composés organiques sont des moyens spectrométriques : il s'agit de la spectrométrie de masse ou de la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier, couplée ou non avec la chromatographie en phase gazeuse ou en phase liquide. Seules ces techniques peuvent fournir avec certitude la nature des constituants.

Dans le cas des micropolluants organiques, la méthode d'identification la plus utilisée et la plus fiable est le couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (CG/SM). Cette technique consiste à analyser un extrait obtenu précédemment en séparant les divers constituants du mélange par chromatographie puis à les identifier par un spectromètre de masse qui possède un détecteur d'une grande spécificité. Les ions générés par un composé dans une chambre d'ionisation sont séparés par leur masse et leur charge respective, puis détectés sous la forme d'un spectre spécifique de chaque composé.

Cette étape d'identification n'est pas nécessaire dans le cas où les polluants recherchés sont déjà ciblés, mais s'avère indispensable en cas de doute, et en particulier en cas de présence possible d'éléments interférents.

### **3.1.3 Le dosage**

Dans la plupart des laboratoires d'analyse, le dosage des composés organiques s'effectue à l'aide de la chromatographie, qu'elle soit en phase gazeuse ou en phase liquide. La multitude de possibilités en faisant varier le choix de la technique, le type de colonne utilisé ou le type de détecteur, permet aujourd'hui de quantifier de nombreuses substances même à l'état de traces.

#### **3.1.3.1 La chromatographie en phase gazeuse**

La chromatographie en phase gazeuse permet de séparer des composés relativement volatils au travers d'une colonne contenant une phase adsorbante stationnaire par élution

à l'aide d'un gaz vecteur (hélium ou azote principalement). Il existe plusieurs types de colonne : remplie, capillaire, macrobore, polaire, apolaire.

Les composés analysés sont ensuite détectés à la sortie de la colonne par des détecteurs plus ou moins spécifiques. Citons, entre autres :

- détecteur à ionisation de flamme (FID), utilisé pour tous les composés combustibles et sans doute le plus universel à l'heure actuelle,
- détecteur à capture d'électrons (ECD), utilisé pour sa grande sensibilité vis-à-vis des composés organohalogénés,
- détecteur d'azote et de phosphore (NPD), pour la détection des composés azotés ou phosphorés comme certains pesticides,
- détecteur à photoionisation (PID), pour le dosage spécifique des hydrocarbures aromatiques.

Associé à la spectrométrie de masse comme détecteur, le couplage CG/SM peut aussi être utilisé comme moyen de quantification : cette technique allie ainsi l'identification et le dosage des composés. Cependant, pour des raisons inhérentes à la spectrométrie de masse, il est souvent nécessaire d'effectuer le dosage à l'aide d'étalons internes marqués par un isotope ( $^{13}\text{C}$ , D,  $^{37}\text{Cl}$ ), ce qui entraîne très rapidement un surcoût de l'analyse, vu le prix de ce type d'étalons.

### 3.1.3.2 La chromatographie en phase liquide

La chromatographie en phase liquide, quant à elle, permet de séparer et de doser les composés peu volatils ou thermolabiles, mais solubles dans des solvants organiques, au travers d'une colonne contenant une phase adsorbante stationnaire par élution à l'aide d'un liquide vecteur (mélange d'eau et de solvants organiques en général).

Les composés analysés sont ensuite détectés à la sortie de la colonne par des détecteurs plus ou moins spécifiques, dont les principaux et les plus utilisés sont :

- le détecteur d'absorption UV-Visible qui permet de quantifier les composés absorbant dans l'UV ou le visible comme les composés aromatiques et en particulier les phénols,
- le détecteur de spectrométrie de fluorescence d'une grande sensibilité et sélectivité en ce qui concerne les HAP par exemple.

## 3.2 L'analyse des polluants inorganiques

### 3.2.1 L'analyse en phase solide

Dans le cas de certains composés, les métaux lourds par exemple, il est parfois possible de réaliser des analyses sans préparation préalable de l'échantillon. Les techniques pouvant être mises en oeuvre sont les suivantes :

- fluorescence X qui permet d'effectuer un *screening* de l'échantillon en identifiant les éléments du sodium à l'uranium, avant de procéder à des analyses plus complexes et sans doute plus onéreuses,
- diffraction des rayons X qui permet d'identifier les composés possédant un réseau cristallin (les composés non cristallisés, dits amorphes, ne présentent pas de spectre),



- microscopie électronique à balayage avec analyseur dans le cas de micro-échantillons par exemple, et qui permet d'observer les mêmes éléments que la fluorescence X,
- spectrométrie infrarouge, dans le cas où la matrice n'est pas chargée de matière organique, afin de ne pas interférer avec les bandes spectrales.

Ces analyses sont généralement qualitatives. Dans certains cas, fluorescence et diffraction X, l'essai est non destructif et permet ainsi la récupération de l'échantillon pour des essais complémentaires ou l'archivage de l'échantillon brut.

### 3.2.2 L'analyse en phase liquide

Dans la plupart des cas, les éléments à rechercher et à doser doivent être mis en solution sous forme ionique libre pour des problèmes de compatibilité avec l'appareillage.

#### 3.2.2.1 La préparation des échantillons

Comme dans le cas de la recherche des composés organiques, la préparation des échantillons permettant de réaliser le dosage des composés inorganiques s'avère une étape importante. En général, il est nécessaire d'opérer un broyage préalable de l'échantillon brut permettant ainsi d'obtenir un échantillon homogène, mais cette phase doit être effectuée avec prudence dans le cas de recherche de composés minéraux particulièrement volatils comme le mercure ou le sélénium.

En fonction des éléments à doser, les procédés de préparation peuvent être différents :

- attaque acide, à l'eau régale par exemple, pour la détermination des principaux éléments métalliques,
- minéralisation spécifique dans le cas du dosage du mercure ou du chrome hexavalent,
- fusions alcalines ou salines, spécifiques à la recherche des métalloïdes,
- combustion à haute température sous oxygène, pour le dosage du soufre ou des halogénures.

#### 3.2.2.2 L'analyse des cations

Différentes techniques sont disponibles à l'analyste. Le choix s'effectue en fonction de la sensibilité souhaitée, et des problèmes d'interférences possibles :

- mesures par titration pour les éléments majeurs,
- mesures colorimétriques pour les éléments mineurs,
- spectrométrie d'absorption atomique (AAS) pour le dosage des alcalino-terreux et des hydrures,
- spectrométrie d'émission atomique associée à une torche à plasma d'argon (ICP), pour le dosage des métaux lourds,
- couplage spectrométrie d'émission atomique avec la spectrométrie de masse.

Concernant les métaux lourds qui sont les micro-polluants minéraux essentiellement recherchés dans les sols, la technique la plus employée est la spectrométrie d'émission plasma à couplage inductif (ICP-optique). Cette technique permet de doser simultanément tous les métaux lourds à des concentrations de l'ordre de la ppb ( $\mu\text{g/l}$ ). L'échantillon sous forme d'un aérosol est injecté dans un plasma d'argon à  $6000^\circ$ . Le

rayonnement émis alors par les atomes est décomposé en raies spectrales. L'intensité lumineuse de ces raies est convertie en concentration des éléments chimiques qui sont à l'origine de ces émissions. Outre sa sensibilité, cette technique offre de nombreux avantages : grande dynamique, interférences chimiques limitées, analyse simultanée des éléments présents. Couplé à un spectromètre de masse (ICP/MS), cet appareillage est le *nec plus ultra* de l'analyse élémentaire qualitative et quantitative. Quasiment tous les éléments du tableau de Mendeleïev sont analysés à des sensibilités pouvant atteindre la ppt (ng/l).

#### 3.2.2.3 L'analyse des anions

Les principaux anions que l'on rencontre, à savoir les halogénures (chlorures, bromures, iodures, fluorures) les phosphates, les nitrates, les nitrites, les cyanures et les sulfates sont généralement dosés par chromatographie d'échange d'ions (CEI) qui permet de séparer les différents composés et de les quantifier à des teneurs très basses.

L'électrophorèse capillaire (EC) est une technique récente qui peut être employée : si elle permet d'effectuer l'analyse d'un grand nombre de composés dans un temps record, y compris les cations, il est nécessaire de posséder des solutions peu chargées en polluants pour éviter le risque d'interférences auxquelles cette technique est sensible.

#### 3.2.2.4 La spéciation des métaux

La toxicité d'un métal dépend grandement de sa forme chimique, que l'on appelle la spéciation. Ainsi la législation distingue le chrome hexavalent du chrome trivalent que les techniques actuelles savent doser séparément. On mentionne aussi différentes formes organométalliques de l'étain et on a ainsi mis le doigt sur un point analytique des plus délicats. Pour doser les organo-métalliques selon leurs formes, il faut faire appel à des techniques sophistiquées qui associent généralement des méthodes séparatives - comme la chromatographie en phase liquide - avec des méthodes de détection très performantes comme l'ICP/MS.

Cette approche de la spéciation des métaux n'en est qu'à son balbutiement en France mais est sans doute promise à un bel avenir.

### 3.3 La validation des méthodes

Il est vraisemblable que tout échantillon soumis à un analyste apportera des résultats. Aussi faut-il que les résultats fournis soient utilisables et surtout représentatifs d'une réalité. Quand on connaît toutes les erreurs qu'il est possible de faire entre l'échantillonnage et le résultat final, on voit qu'il est plus que nécessaire de valider la chaîne analytique. Les différents essais interlaboratoires organisés régulièrement à travers l'Europe le montrent bien : il n'est pas rare d'observer des écarts de résultats de l'ordre de 500 % dans le cas d'un premier tour de tests. Et ce n'est pas parce qu'un laboratoire saura doser tel constituant dans une matrice donnée, comme de l'eau par exemple, que ce même laboratoire pourra effectuer la recherche de ce même composé dans une autre matrice comme un sol.

Contrairement à l'analyse des polluants dans les eaux, le dosage des composés dans les sols est encore peu normalisé. Si de nombreuses commissions de travail existe au sein de l'AFNOR, la normalisation dans le domaine des sols est particulièrement complexe de par la diversité des types de sols rencontrés. Certaines normes « eaux » sont cependant extrapolables aux sols, mais en aucun cas les laboratoires agréés pour les eaux ne peuvent se targuer de l'être pour les sols, agrément qui n'existe d'ailleurs pas aujourd'hui.

Pour valider une méthode, différentes voies sont possibles, à effectuer simultanément ou séparément :

- vérification du taux de rendement d'extraction par la méthode d'ajouts dosés,
- utilisation d'étalons internes,
- vérification de l'identité des composés,
- connaissance des coefficients de réponse de chaque constituant sur le détecteur,
- étude de la répétabilité et de la reproductibilité.

Le travail à réaliser pour valider un résultat n'est donc pas anodin et se répercute bien évidemment sur le prix des analyses. Cependant, l'enjeu est de taille quand on sait qu'une dépollution de site, qui peut aller jusqu'à plusieurs millions de francs, reposera essentiellement sur un résultat d'analyse.

#### **4. CONCLUSION**

Caractérisation de polluants, dosages de traces minérales ou organiques, l'analyse reste le passage obligé en matière d'environnement. Une opération simple en apparence qui s'est considérablement complexifiée depuis l'apparition de molécules synthétisées par la chimie moderne et devant la demande de plus en plus fréquente de détermination de composés à l'état de traces.

L'interprétation et l'utilisation des résultats analytiques étant souvent au coeur du débat dans la problématique des sols pollués, il est plus que nécessaire de faire réaliser les analyses dans les meilleures conditions possibles. La fiabilité du résultat final sera un atout majeur pour la suite des opérations pouvant aller jusqu'à la réhabilitation du site.