

# L'ECHANTILLONNAGE DES SOLS ET DES EAUX

GUILLAUME PEPIN

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

## 1. INTRODUCTION

La caractérisation de sites pollués nécessite souvent l'échantillonnage et l'analyse des sols et des eaux dans le but d'identifier les polluants présents, d'apprécier la répartition spatiale de la contamination et les niveaux de concentration. Les décisions qui en découlent peuvent être lourdes de conséquences sur la santé des personnes (évaluation des risques) et au niveau économique (choix de la technique de dépollution, mesures de protection, provisions financières). L'échantillonnage est donc un des points-clés de la problématique « Sols pollués ».

## 2. PROBLEMATIQUE DE L'ECHANTILLONNAGE

### 2.1 Définition

L'échantillonnage est l'ensemble du processus ayant pour objet la réalisation d'échantillons représentatifs d'un milieu initial (sols, eaux de surfaces ou eaux souterraines, déchets).

### 2.2 Objectif

L'objectif d'un échantillonnage est d'être le plus représentatif possible du milieu qu'il est censé représenter. La qualité de cette phase est capitale car elle conditionne un grand nombre de décisions, et peut constituer la base d'actions importantes et coûteuses.

Un échantillonnage de sol se doit de garantir que l'analyse de l'échantillon, ou du groupe d'échantillon, reflète le niveau de concentration du contaminant concerné à un instant et dans un lieu donnés. Les résultats analytiques issus d'échantillons représentatifs reflètent la variation de présence et de concentration du polluant sur le site.

### 2.3 Le problème de la représentativité

Il se situe à deux niveaux :

- représentativité de la prise par rapport au volume et à la géométrie de l'entité qu'elle représente, le prélèvement de la totalité du sol à caractériser n'étant pas possible,

- représentativité de l'échantillon analysé par rapport à l'échantillon prélevé qui a pu subir des interférences liées aux différentes manipulations intermédiaires (contamination, dégradation).

Les variables qui affectent la représentativité des échantillons sont de quatre ordres :

- Variabilité liée au milieu :
  - géologie locale et régionale,
  - capacité de rétention du sol,
  - perméabilité,
  - capacité de sorption de la zone non saturée.
- Variabilité liée au contaminant :
  - site mono ou pluri-produits polluants,
  - variations de la concentration en chaque contaminant,
  - inhibition ou synergie de comportement en fonction du milieu et des produits.
- Variabilité liée à l'échantillonnage :
  - hétérogénéité très importante du sol (matériau, granulométrie, concentration en matière organique, oxydes métalliques ...),
  - Biais d'échantillonnage au cours de la collecte, de la préparation et du transport.
- Variabilité analytique :
  - déviation analytique dues à la manière dont les échantillons sont stockés et préparés,
  - prétraitement analytiques (homogénéisation, tamisage, mise en solution...),
  - méthodes analytiques elles-mêmes.

### **3. APPLICATION A L'ETUDE DES SITES POLLUES**

#### **3.1 Objectifs**

Les quatre principaux objectifs de l'échantillonnage du sol et des eaux sont les suivants :

- échantillonnage visant à déterminer la qualité globale du sol ou des eaux de surfaces ou souterraines,
- échantillonnage visant à préparer une cartographie de la qualité des sols ou des eaux,
- échantillonnage visant à appuyer une action légale ou réglementaire,
- échantillonnage dans le cadre d'une évaluation des risques.

Les deux derniers objectifs recouvrent la finalité des études de sols de la politique de traitement des sites et sols pollués présentée par la circulaire du 3 décembre 1993. Celle-ci est double, elle consiste en :

- l'identification des pollutions potentielles et le constat sommaire de l'impact sur la santé humaine et sur l'environnement des activités, présentes ou passées, pratiquées sur ces sites,
- le recueil des informations indispensables pour mettre en œuvre la méthode d'évaluation simplifiée des sites et de hiérarchisation des interventions.

Le chapitre suivant présente le type de stratégie pouvant être mis en œuvre pour répondre à cette double exigence.

## **3.2 LA STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE**

La mise au point d'une stratégie d'échantillonnage nécessite la réalisation des phases suivantes :

- Etude préliminaire :
  - identification du contexte (arrêté préfectoral, étude préliminaire ou diagnostic approfondi, cartographie d'un site ou évaluation des risques ...),
  - définition des objectifs et de la recherche (en fonction du contexte, choix du niveau d'information recherché et choix des paramètres ciblés),
  - élaboration d'un plan d'échantillonnage,
  - choix des méthodes et des techniques appropriées,
  - validation technico-économique.
- Mise en œuvre de la campagne sur le terrain.
- Analyses des prélèvements sur site et/ou en laboratoire.
- Intégration des données.
- Prise de décision.

### **3.2.1 L'étude préliminaire**

La qualité de sa réalisation détermine la pertinence du plan d'échantillonnage adopté et la donc l'intérêt et la richesse des informations apportées par l'étude des sols.

Elle nécessite au préalable la réalisation des étapes suivantes :

- L'analyse historique, ou synthèse documentaire des informations existantes sur les activités pratiquées sur le site :
  - situation géographique,
  - superficie utile,
  - procédés industriels mis en œuvre,
  - gestion locale de l'environnement,
  - pollutions de sols et d'eaux reconnues,
  - exploitants, propriétaires et usagers successifs,
  - aspects réglementaires propres au site.
- L'étude des connaissances disponibles sur l'environnement et l'étude de la vulnérabilité du site :
  - pour les sols : nature pédologique et lithologique des différentes formations rencontrées,
  - Pour les eaux : caractéristiques hydrogéologiques et hydrauliques du milieu souterrain.

- Une visite de terrain :
  - elle confirme ou non et complète les informations acquises lors des phases précédentes,
  - elle permet la préparation technique et pratique de la campagne d'investigations (accessibilité du site, plan, infrastructures, sécurité ...).

L'ensemble des informations recueillies à l'issue de ces trois étapes va permettre :

- la détermination des moyens devant être mis en œuvre pour répondre à un objectif défini et ceci avec un coût acceptable compte tenu du contexte,
- le choix éclairé d'un plan d'échantillonnage, de ses caractéristiques, des techniques et des méthodes qui vont permettre de le mener à bien.

### 3.2.2 Les plans d'échantillonnage

Les principales investigations à mener dans le cadre d'une étude des sols concernent :

- les sols (milieu triphasique à prendre en compte),
- les eaux de surface (si le site est à proximité d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau susceptible d'être pollué par des substances provenant de la zone d'étude),
- les eaux souterraines (en cas de présence d'une ou plusieurs nappes et suivant l'exploitation qui en est faite),
- l'air ambiant si indice de pollution,
- les déchets et produits non identifiés.

On ne développera ici que les plans d'échantillonnage pour les sols et les eaux souterraines.

#### 3.2.2.1 Le plan d'échantillonnage des sols

Bien qu'un projet de norme NF ISO 10381 fixe quelques idées directrices, aucune démarche systématique ne peut être proposée. Le choix dépend des objectifs fixés. En annexe 1, la figure 6.1 présente les différentes localisations des points de prélèvements dans les diverses approches possibles.

Le tableau 6.2, extrait du guide de gestion des sites (potentiellement) pollués (ministère de l'Environnement / © BRGM Editions), présente une grille d'évaluation des différents types d'approches en fonction des objectifs définis.

Les principales caractéristiques d'un plan d'échantillonnage sont les suivantes :

- nombre de points d'échantillonnage (optimisation en fonction des objectifs de qualité et du coût, compromis entre les objectifs visés, la taille du site, le type de contamination et le degré de précision souhaité),
- profondeur des échantillons (fonction de l'étendue de la contamination et de la géologie locale),
- nombre et type d'échantillons à prélever (échantillons ponctuels ou composites, remaniés ou non remaniés en fonction de la problématique de l'étude, blancs etc),
- disposition des points de prélèvements (cf annexe 1).

### **3.2.2.2 le plan d'échantillonnage des eaux**

Son élaboration suit la démarche conceptuelle présentée ci-dessous (source : « Guide pratique d'échantillonnage des eaux souterraines », BRGM R37390, MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT).



### 3.3 LES TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGE

Le choix des techniques d'échantillonnage utilisées dépend de divers paramètres, notamment :

- des analyses et mesures effectuées sur les échantillons prélevés,
- des caractéristiques topographiques, géologiques et hydrogéologiques de la zone d'investigation,
- de l'accessibilité du site, des infrastructures existantes,
- des données climatiques,
- des risques potentiels pour les opérateurs,
- du coût supportable.

#### 3.3.1 Echantillonnage des sols

##### 3.3.1.1 Le prélèvement

Suivant la nature de l'échantillon que l'on souhaite collecter (remanié ou non-remanié), le volume et la profondeur du prélèvement, il existe des dispositifs plus ou moins sophistiqués de prélèvement.

Par ordre de complexité de mise en œuvre on peut citer :

- les prélèvements manuels (pelle, tarière, sonde) :
  - coût faible,
  - profondeur très réduite,
  - rapide.
- les prélèvements du type excavation (pelle mécanique) :
  - coût moyen,
  - profondeur moyenne, le creusement de tranchées permet une visualisation des terrains,
  - rapide.
- les prélèvements par forage en destructif :
  - coût moyen à plus élevé suivant la profondeur atteinte,
  - profondeur importante mais peu précis, obtention de cuttings remaniés,
  - lent.
- les prélèvements par carottage :
  - coût très élevé,
  - profondeur importante et précise, obtention de carottes non remaniées,
  - très lent.

Des exemples de ces dispositifs sont présentés en annexe 2.

##### 3.3.1.2 Le protocole d'échantillonnage

Il n'existe pas de mode opératoire valable en toute circonstance, toutefois les étapes fondamentales de tout protocole sont les suivantes :

- enregistrement des données susceptibles d'influencer le prélèvement (Conditions climatiques, température, localisation, description du site ...),

- collecte de l'échantillon dans un récipient de collecte en adéquation avec les analyses prévues et description de l'échantillon,
- conservation idoine de l'échantillon,
- stockage et transport,
- décontamination du matériel,
- préparation de l'échantillon pour le laboratoire (tamisage, homogénéisation, division de l'échantillon, séchage).

### **3.3.1.3 Les techniques de mesures environnementales sur site**

Il existe un certain nombre de techniques analytiques susceptibles de fournir des résultats rapides directement sur site. Ces techniques se basent généralement sur l'analyse des gaz du sol. Elle permettent d'obtenir des indications qualitatives voire semi-quantitatives sur la nature et l'étendue d'une zone de pollution pour certains composés volatils (benzène, toluène, xylène, composés organo-halogénés volatils etc). D'autres techniques, telle la fluorescence X, permettent la détection des métaux toxiques dans le sol. Plus récemment des méthodes utilisant les techniques immuno-enzymatiques ont été développées. Elles permettent une approche spécifique et semi-quantitative de la pollution d'un sol pour certains composés-cibles (Hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles..).

L'utilisation de ces techniques sur site peut permettre d'accroître la pertinence d'un plan d'échantillonnage en l'adaptant en fonction de la contamination estimée par ces techniques. Elles peuvent aussi apporter un gain non-négligeable en terme de durée et de coût d'échantillonnage.

## **3.3.2 Echantillonnage des eaux souterraines**

### **3.3.2.1 Généralités**

L'échantillonnage des eaux souterraines nécessite le forage d'un puits susceptible de permettre le prélèvement d'un échantillon d'eau représentatif. Il nécessite l'élaboration d'une stratégie détaillée visant à déterminer les techniques de forages les plus appropriées, les différents types de puits, leur nombre et les équipements pouvant être utilisés.

Les méthodes d'installation de puits de surveillance et de collecte d'échantillons d'eau souterraines ont été développées dans le but spécifique d'obtenir des échantillons d'eau représentatifs de l'aquifère. Ces méthodes minimisent le risque d'introduction de polluants potentiels lors de l'installation des puits. Ces puits spécifiques se nomment des piézomètres.

### **3.3.2.2 Les piézomètres**

Le piézomètre est à l'origine un dispositif qui a pour objet de permettre la mesure de la charge hydraulique d'un aquifère. Il est constitué par un forage de faible diamètre destiné à mesurer le niveau de l'eau dans un sol. Ces piézomètres sont utilisés pour prélever des échantillons d'eau car ils sont en général équipés d'une crépine courte permettant le prélèvement stratifié d'une nappe et donc l'accès à un échantillon représentatif de l'aquifère. L'implantation sur un site, de plusieurs piézomètres en divers endroits permet de mieux cerner la composition réelle de la nappe et le cas échéant la présence, la concentration et la direction d'un panache de pollution.

### 3.3.2.3 Les dispositifs de prélèvements

L'appareil idéal est :

- capable d'être introduit facilement dans le tubage du piézomètre,
- fait dans un matériau inerte ne réagissant pas avec les paramètres à mesurer,
- compatible avec le degré de sensibilité analytique,
- capable de purger le puits,
- capable d'opérer à la profondeur souhaitée,
- capable de fournir un échantillon représentatif avec un faible débit,
- facile à manipuler sur le terrain,
- facile à démonter pour être nettoyé,
- facilement transportable,
- capable de supporter des environnements hostiles,
- d'un bon rapport qualité-prix.

Les appareils disponibles se répartissent en trois catégories :

- mécanismes à écoper, comme les bouteilles à clapets et les seringues,
- mécanismes de remontée par succion, comme les pompes centrifuges et les pompes péristaltiques,
- mécanismes de déplacement, dont les appareils aux gaz, les pompes à diaphragmes actionnées par des gaz, les pompes électriques et les pompes à piston actionnée par un gaz.

Quelques exemples de ces appareils sont présentés en annexe 3.

### 3.3.2.4 Le protocole d'échantillonnage

Il n'existe pas de mode opératoire valable en toute circonstance, toutefois les étapes fondamentales de tout protocole sont les suivantes :

- enregistrement des données susceptibles d'influencer le prélèvement (conditions climatiques, température, localisation...),
- mesure du niveau de l'eau et éventuellement des paramètres hydrauliques avant l'échantillonnage,
- purge du puits (les volumes et les débits de purge sont déterminants),
- collecte de l'échantillon dans un récipient en adéquation avec les analyses prévues, description de l'échantillon et éventuellement mesure de paramètres in-situ (pH, conductivité, taux d'oxygène dissous...),
- conservation idoine de l'échantillon,
- stockage et transport,
- décontamination du matériel.



### 3.4 Validation de l'échantillonnage

Il existe un certain nombre d'outils statistiques permettant de valider et/ou d'aider au dimensionnement d'une campagne d'échantillonnage. Cette validation peut s'effectuer à deux niveaux :

- au niveau des prélèvements (détermination du nombre minimal de prélèvements et de la taille des échantillons),
- au niveau de la cartographie du site (aide à la localisation des prélèvements et extrapolation des données par les outils géostatistiques).

## 4. CONCLUSION

L'échantillonnage des sols et des eaux ne constitue en aucun cas en une simple prise d'échantillons, prélevés sans réflexion préalable et transportés dans n'importe quelle condition vers les laboratoires.

La mise au point d'un protocole d'échantillonnage doit être conçue pour atteindre un objectif préalablement défini et doit répondre à un ensemble d'impératifs complexes.

Dès lors, il est important de définir, cas par cas, les différents paramètres à prendre en compte, mais dans tous les cas ces paramètres doivent permettre de choisir au mieux :

- la stratégie d'échantillonnage,
- les techniques de forage et de mise en place de piézomètres,
- les techniques de prélèvements,
- les conditions de conditionnements, stockage, transport et préparation des échantillons.

Les compétences nécessaires pour réaliser cette tâche sont multiples :

- pédologie, géologie et hydrogéologie pour la prospection des sols et des eaux,
- chimie et physico-chimie pour le prélèvement et l'analyse des sols et des eaux,
- biologie et médecine pour les études toxicologiques et écotoxicologiques et pour assurer la sécurité des opérateurs,
- gestion économique et technique pour étudier le rapport intérêt des informations/coût,
- expérience et connaissance verticale du terrain à l'analyse en laboratoire.

## 5. POUR EN SAVOIR PLUS...

- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT « Gestion des sites (potentiellement) pollués », Version 0, BRGM Editions, 1995.
- M. PELLET, L. LAVILLE-TIMSIT « Echantillonnage de sols pour caractérisation d'une pollution : guide méthodologique », R37865, MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1993.
- A. LALLEMAND-BARRES « Guide pratique d'échantillonnage des eaux souterraines », R37390, MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1993.
- NF ISO 10381 « Qualité du sol : Echantillonnage ».