

*Santé environnement*

## Grille de lecture

Échantillonnage et analyse  
des sols pollués

# Sommaire

Introduction	2
<b>1. Éléments de cadrage de la conception d'une campagne de mesures dans les sols</b>	<b>3</b>
1.1 Étape 1 : définition des objectifs (questions préliminaires)	3
1.2 Étape 2 : description du site et de son environnement (questions 3 à 13)	3
1.3 Étape 3 : élaboration de la stratégie d'échantillonnage (questions 14 à 17)	3
1.4 Étape 4 : prélèvement des échantillons (questions 18 à 19)	3
1.5 Étape 5 : analyse des échantillons (questions 20 à 23)	3
1.6 Étape 6 : interprétation des résultats (question 24)	3
<b>2. Grille de lecture</b>	<b>4</b>
<b>3. Notes explicatives de chacune des questions</b>	<b>8</b>
3.1 Encadré général	8
3.2 Objectifs	8
3.3 Questions 1 et 2 : définition des objectifs	8
3.4 Questions 3 à 6 : identification du site	8
3.5 Questions 7 à 9 : description environnementale de la zone d'étude	9
3.6 Questions 9 à 13 : étude historique	10
3.7 Questions 14 à 17 : élaboration de la stratégie d'échantillonnage	12
3.8 Questions 18 et 19 : prélèvements des échantillons	17
3.9 Questions 20 à 23 : analyse des échantillons	18
3.10 Question 24 : interprétation des résultats	19
<b>4. Bilan des normes existantes</b>	<b>20</b>
Références	24

# Grille de lecture

## Échantillonnage et analyse des sols pollués

### Rédaction

Mathilde Pascal, Arnaud Mathieu, Côme Daniau, Nathalie Lucas.

### Remerciements

Les auteurs remercient Frédéric Dor pour sa relecture attentive et les Ddass 08, 10, 76, 77, 78, 92, 93, 94 et 95 pour la réalisation des tests de la grille et leurs propositions pour son amélioration.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet inter-Cire sur les sites et sols pollués de l'InVS.

# Introduction

Conduire des études d'évaluation des risques sanitaires sur ou au voisinage d'un site pollué nécessite de caractériser l'environnement du site. Cette étape est un préalable à l'estimation de l'exposition des populations aux contaminants du site. Les retours d'expériences des Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) et du Département santé environnement (DSE) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) révèlent que des difficultés de transparence, de cohérence et d'interprétation des données disponibles sont régulièrement rencontrées au cours de cette étape. En effet, les mesures dans l'environnement sont rarement faites dans le but précis de l'estimation des expositions mais les résultats sont cependant utilisés dans ce contexte.

Une réflexion a été engagée au sein d'un groupe de travail DSE-Cire pour améliorer la prise en compte de la problématique "exposition des populations" lors de la réalisation des diagnostics environnementaux dans les études sanitaires relatives aux sites et sols pollués. La réflexion du groupe de travail a conduit au développement d'un outil d'aide à l'interprétation des résultats des campagnes de mesures sur les sols, sous la forme d'une grille de lecture.

Cette grille de lecture se veut complémentaire des différents guides méthodologiques existants relatifs à la caractérisation des sols (outils du Medd, guides BRGM et Ineris). Elle a pour objectif d'aider

les professionnels de santé publique à porter un jugement critique et argumenté sur les diagnostics environnementaux réalisés afin de déterminer si les résultats peuvent être utilisés pour identifier et évaluer les expositions. Cette grille ne concerne que l'étude des sols. Elle pourra être complétée ultérieurement par des outils similaires sur d'autres milieux environnementaux (eau, air, végétaux) intervenant dans les études d'impact sanitaire.

Cette grille ne doit pas se substituer à l'expertise et au dialogue avec les prestataires de l'étude mais aider à structurer une réponse lors de l'examen d'un dossier. Les étapes ciblées par cette grille sont l'utilisation des informations disponibles, la sélection d'une stratégie d'échantillonnage, la sélection des méthodes de prélèvements et d'analyse, le contrôle et l'assurance qualité des résultats et enfin la présentation et l'interprétation des résultats.

Afin d'éviter les confusions, il faut noter que dans ce rapport le site désigne le site industriel. La zone d'étude est l'aire géographique dans laquelle peuvent avoir lieu les expositions attribuables au site. Cette zone d'étude est généralement définie avant la mise en œuvre d'une campagne de mesure, les résultats de la campagne pouvant par ailleurs être utilisés pour redéfinir, si besoin est, la zone d'étude.

# 1. Éléments de cadrage de la conception d'une campagne de mesures dans les sols

Une campagne de mesures se structure autour de six grandes étapes, qui ont été reprises dans la grille de lecture.

L'objectif des étapes 1, 2 et 3 est d'obtenir une bonne représentativité des échantillons par rapport à la situation étudiée. Il faut également s'attacher à avoir une bonne représentativité des échantillons par rapport au sol étudié : quel que soit le scénario choisi, on souhaite que les actions réalisées sur les échantillons (choix, prélèvement, manipulation et analyse) n'introduisent pas de biais dans les résultats (étapes 4 et 5).

## 1.1 ÉTAPE 1 : DÉFINITION DES OBJECTIFS (QUESTIONS PRÉLIMINAIRES)

La conception d'une campagne de mesure devrait toujours se fonder sur le principe de l'adéquation aux objectifs. Ce principe stipule que l'on ne cherche pas à avoir les meilleures données possibles, mais des données ayant le niveau de qualité suffisant pour répondre à un objectif prédéfini, et pas plus. Ainsi, dans certains cas on peut choisir de travailler avec des données qu'on sait être de "mauvaise" qualité. Les conditions indispensables dans cette démarche sont de connaître les objectifs dans lesquels seront utilisées les données, d'être transparent sur la qualité des données et de discuter les biais introduits.

Ainsi, ce sont les objectifs retenus qui déterminent les différentes stratégies appliquées à la campagne de mesures (localisation des échantillons, nombres de prélèvements, méthodes analytiques...), à partir des hypothèses de travail émises suite aux études documentaires et historiques.

## 1.2 ÉTAPE 2 : DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT (QUESTIONS 3 À 13)

La description du site et de son environnement doit permettre d'orienter l'étude. Il faudra en particulier répondre aux questions suivantes :

- les polluants sont-ils attendus en surface ou en profondeur ?
- la contamination est-elle supposée homogène ou hétérogène, peut-on avoir des points chauds ?
- les points de prélèvement sont-ils accessibles ?

## 1.3 ÉTAPE 3 : ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE (QUESTIONS 14 À 17)

Comme il n'est pas possible d'analyser le sol dans sa globalité, la campagne de mesure a recours à des échantillons qui sont sélectionnés selon une stratégie d'échantillonnage. Le choix d'utiliser l'une ou l'autre stratégie est effectué de manière à obtenir un compromis entre les besoins de l'étude et différentes contraintes logistiques, techniques, naturelles et financières.

Une erreur majeure peut être introduite lors de cette étape : la mauvaise appréciation de la localisation spatiale des échantillons. Deux exemples peuvent illustrer cette erreur :

- les échantillons peuvent être localisés dans des zones ne présentant aucun lien avec la situation étudiée, par exemple être prélevés à 3 m de profondeur pour estimer l'exposition par ingestion ;
- les points de prélèvements sont choisis dans les zones supposées les moins polluées alors qu'on cherche à avoir une représentation de la distribution du polluant sur l'ensemble du territoire concerné.

## 1.4 ÉTAPE 4 : PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS (QUESTIONS 18 À 19)

La mise en œuvre sur le terrain de la campagne consiste à prélever et à pré-traiter les échantillons qui seront ensuite confiés au laboratoire pour l'analyse. Cette étape ne doit pas être négligée, car elle peut être l'occasion d'une contamination ou d'une altération de l'échantillon, qui conduira à des résultats biaisés. Il s'agit de sources d'erreurs importantes, mais qui peuvent être réduites en s'attachant à formaliser la stratégie d'échantillonnage et le protocole de prélèvement.

## 1.5 ÉTAPE 5 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS (QUESTIONS 20 À 23)

La phase analytique en laboratoire (ou sur le terrain via des méthodes de mesure in situ) permet de vérifier la présence et de quantifier les composés recherchés dans les échantillons. Des biais peuvent également être introduits lors de cette étape, par exemple avec la mise en œuvre de techniques analytiques inappropriées ou dues à l'inexpérience du laboratoire retenu. Dans ces conditions, il faut s'assurer que chaque laboratoire consulté soit bien compétent pour les analyses des molécules étudiées (assurances qualité, expérience), car des erreurs d'analyses peuvent toujours survenir.

Ainsi, pour garantir la représentativité des échantillons il faut être dans une démarche d'assurance et de contrôle qualité à chaque étape du diagnostic, en s'appuyant sur l'expérience du personnel et sur l'utilisation de protocoles et de méthodes adaptés aux contaminants étudiés.

## 1.6 ÉTAPE 6 : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS (QUESTION 24)

L'interprétation des résultats se fait en deux étapes :

- valider les résultats, notamment en vérifiant qu'il n'y a pas de valeurs aberrantes ;
- interpréter les résultats par rapport aux objectifs, en gardant à l'esprit les limites de la campagne de mesures utilisée.

## 2. Grille de lecture

La grille est structurée autour de 26 questions dont la vérification s'appuie sur les trois critères suivants.

- La présentation de l'information.

Elle est :

- valide si les informations recueillies sont présentées de manière à être comprises et exploitées, en respectant les règles de l'art (sources, références, légendes, unités...) ou si le rapport mentionne que la recherche d'information n'a pas abouti en détaillant les sources consultées ;
- invalide si l'information n'est pas présentée et aucune recherche associée, même infructueuse, n'est mentionnée.

- L'interprétation de l'information.

Elle est :

- valide si les informations recueillies font l'objet d'une analyse pour argumenter les choix réalisés pour la campagne de mesure et les interprétations tirées des résultats ;

- invalide si les informations recueillies ne font pas l'objet d'une analyse pour argumenter les choix réalisés pour la campagne de mesure et les interprétations tirées des résultats.

- La pertinence de l'information (ce critère peut être sans objet).

Elle est :

- valide si les choix et les interprétations proposés sont argumentés de manière claire et cohérente ;
- invalide si les choix et les interprétations proposés ne sont pas argumentés, sont incomplets ou incohérents ou si l'argumentation n'est pas compréhensible.

Ce dernier critère est le plus délicat à remplir, chaque cas étant particulier et la grille ne se substituant pas à l'expertise du lecteur.

### Avertissements

1- Chaque question est accompagnée de notes explicatives qui peuvent être consultées au besoin (cf. chapitre 3). Il est recommandé de lire au moins une fois ces notes dans leur intégralité. Par ailleurs, il est plus efficace de lire intégralement le dossier étudié avant d'utiliser la grille. En effet, les informations peuvent être présentées dans les rapports dans un ordre différent de celui adopté par cette grille.

2- Seule une non vérification des critères pour les questions de l'étape 1 (objectifs) conduit à considérer l'étude non recevable. En revanche, pour toutes les autres questions, il n'est pas possible de fournir une clé d'appréciation de la recevabilité de l'étude, tant les combinaisons sont multiples. Il convient dans ces conditions de considérer cette grille comme une aide à la lecture de ces dossiers de campagne de mesure pour identifier les éléments présents et ceux qui sont absents et ainsi de justifier, le cas échéant, des compléments qui permettraient d'enrichir utilement le dossier.

3- Les illustrations ont été obtenues à partir du logiciel Visual Sample Plan v 4.6.

## Grille de lecture

### Général

Intitulé du projet :

Références du document étudié :

Contact prestataire :

Grille remplie le :

Grille remplie par :

### Objectifs

Retranscrire le(s) objectif(s) de l'étude :

*Si vous ne pouvez pas répondre à cette question, l'étude est non recevable.*

Type d'information	Information présentée	Information interprétée	Argumentation pertinente
<i>Étape 1 : définitions des objectifs</i>			
1. La liste des substances chimiques à investiguer est-elle établie ?	<input type="checkbox"/> (dans toute la grille : cocher si oui)		
2. La zone d'étude est-elle délimitée ?	<input type="checkbox"/>		
<i>Étape 2 : description du site et de son environnement</i>			
<i>Identification du site</i>			
3. Le nom du site est-il présenté ?	<input type="checkbox"/>		
4. Les noms et contacts des propriétaires et référents du site sont-ils présentés ?	<input type="checkbox"/>		
5. Le site est-il caractérisé ?	<input type="checkbox"/>		
6. Des cartes du site avec échelle et légende, photographies sont-elles présentées ?	<input type="checkbox"/>		
<i>Description environnementale du site</i>			
7. Les contextes pédologique et géologique sont-ils présentés ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Les contextes hydrogéologique et hydrologique sont-ils présentés ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Étude historique</i>			
9. Les sources de contaminations potentielles du site passées et actuelles sont-elles présentées ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Les produits manipulés ou stockés sur le site en lien avec les activités, événements, usages passés et actuels sur le site sont-ils identifiés ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Les rejets, les produits de rejets et les milieux de rejets liés à chaque activité sont-ils décrits ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. L'occupation des sols et l'identification des usages sensibles dans la zone d'étude sont-ils décrits ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. Les résultats de campagnes antérieures sont-ils présentés ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Étape 3 : élaboration de la stratégie d'échantillonnage</i>			
14. Les points de prélèvement sont-ils décrits et localisés sur une carte ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Le nombre d'échantillons est-il présenté ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. La profondeur des points de prélèvement est-elle présentée ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Le type d'échantillons (simple/composite) est-il précisé ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Type d'information	Information présentée	Information interprétée	Argumentation pertinente
<i>Étape 4 : prélèvement des échantillons</i>			
18. La date de l'échantillonnage est-elle présentée ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19. Les protocoles de prélèvement, de manipulation, prétraitement et stockage des échantillons sont-ils décrits ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Étape 5 : analyse des échantillons</i>			
20. Le protocole analytique est-il décrit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21. Les mesures d'assurance et de contrôle qualité sont-elles décrites ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22. Tous les résultats analytiques de chaque échantillon analysé (données brutes et données synthétisées) sont-ils présentés ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23. Les limites de quantification et le traitement des valeurs non quantifiées sont-ils décrits ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Étape 6 : interprétation des résultats</i>			
24. Les résultats sont-ils comparés à des valeurs de la littérature ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Conclusion

Des recommandations sont-elles proposées et argumentées ?  Oui  Non

L'étude est-elle recevable ?  Oui  Non

Liste des points à compléter :

## 3. Notes explicatives de chacune des questions

### 3.1 ENCADRÉ GÉNÉRAL

Cet encadré permet d'assurer la traçabilité et l'archivage de la grille.

### 3.2 OBJECTIFS

Il est demandé de retranscrire dans cet encadré les objectifs de l'étude tels qu'ils sont cités dans le rapport, en détaillant :

- l'objectif général ;
- sa déclinaison en objectifs opérationnels.

Si la lecture du rapport ne permet pas de remplir cet encadré, l'étude est jugée non recevable car il n'est alors pas possible de porter un jugement sur la pertinence des données fournies par la campagne de mesures.

### 3.3 QUESTIONS 1 ET 2 : DÉFINITION DES OBJECTIFS

Outre la connaissance sur l'état de la contamination des sols d'un site, la campagne de mesure peut avoir pour objectif d'obtenir des informations permettant d'estimer les expositions des populations. En particulier la campagne métrologique réalisée peut s'inscrire dans un projet plus vaste dans lequel l'analyse de la situation a déjà été effectuée. Parmi les éléments déjà identifiés et qui seront nécessaires à la réalisation de la campagne métrologique on peut citer la liste des polluants à investiguer, ainsi que la zone d'étude. Les éléments sur la description environnementale du site et de l'étude historique (questions 5 à 14), confrontés aux objectifs de l'étude et au contexte local, pourront ensuite réorienter les choix initiaux et permettre de compléter la liste des polluants à investiguer, ou préciser le périmètre de la zone d'étude. C'est pourquoi, dans le cas d'une estimation des expositions, il convient de poser les questions relatives à la liste des polluants à investiguer et à la zone d'étude en amont de celles concernant la description environnementale du site et de l'étude historique. Ces deux questions ne font pas partie intégrante de la campagne métrologique mais sont des pré-requis à la mise en place de la campagne. Cependant, la nature itérative d'une campagne peut conduire à modifier la liste des substances et la délimitation de la zone d'étude.

#### Question 1 - Une liste des substances chimiques à investiguer dans les sols est-elle établie ?

La liste des composés retenus doit être présentée et le choix des substances doit être argumenté. Il faudra vérifier par la suite que, pour chacun des composés et pour chacune des formes chimiques citées dans cette liste, on dispose de résultats de mesures. Si ce n'est pas le cas, cela doit être justifié.

#### Question 2 - La zone d'étude est-elle délimitée ?

La zone d'étude est l'aire située à la fois sous influence du site et exposant les populations. Elle doit être clairement délimitée. Il sera nécessaire de connaître les argumentations ayant conduit à cette délimitation. En particulier, il faut savoir si la zone d'étude a été construite sur des considérations analytiques (résultats de campagnes antérieures, de modélisation) ou suivant le schéma conceptuel. En effet, ces informations peuvent aussi orienter la campagne de mesure.

### 3.4 QUESTIONS 3 À 6 : IDENTIFICATION DU SITE

Il est nécessaire dans un premier temps de caractériser le site pollué étudié. Pour cela, un certain nombre d'informations sont collectées, notamment celles déterminant l'identité du site et ses exploitants, sa localisation et son voisinage.

#### Question 3 - Le nom du site est-il présenté ?

Selon les situations, le nom du site sera celui de l'ancien exploitant, du dernier exploitant ou du nouvel acquéreur du site. Le site peut aussi être identifié par le nom du futur projet, de l'ancienne activité ou du numéro de lot ou de parcelle auquel il appartient.

#### Question 4 - Les noms et contacts des propriétaires et référents du site sont-ils présentés ?

Il est nécessaire de disposer des coordonnées des exploitants du site et des personnes référentes du dossier dans le bureau d'étude, dans un souci de traçabilité. Ceci permet également de se tourner vers ces personnes afin d'améliorer, si besoin est, la compréhension de certains points de l'étude.

#### Question 5 - Le site est-il caractérisé ?

Dans un souci de rigueur, il est important de connaître le positionnement géographique du site. Cette information permet de localiser le site et son environnement immédiat (pavillonnaire, commercial, urbain, agricole, industriel).

Il faut veiller à ce que l'adresse soit bien celle du site et non celle de son siège social.

Des difficultés de localisation à l'adresse du site peuvent survenir lorsque l'étude renseigne sur l'adresse du dernier exploitant qui a utilisé le site plusieurs années auparavant. En effet, dans certains cas, la localisation actuelle du site peut être différente de celle mentionnée

dans l'étude en raison de l'évolution des infrastructures communales depuis la dernière activité (modification du nom de la rue, de la hiérarchie des numéros dans la rue, le fractionnement de la rue en numéro bis ou ter par exemple, parcellisation du terrain industriel). Dans ces situations, l'étude doit retranscrire l'évolution des adresses du site en précisant bien les adresses (et les activités associées) qui intéressent l'étude en cours.

En cas de modifications d'adresse pour un même site et de lacunes sur les activités employées dessus, une levée de doute est nécessaire sur la présence éventuelle de contaminants dans les sols du site étudié. Au final, le bureau d'étude aura pris soin de mentionner la stratégie adoptée pour tenir compte de ces incertitudes.

L'évolution du périmètre du site dans le temps doit également être décrite.

La localisation précise du site peut apporter des éléments de réponse dans certains cas particuliers :

- aider à la recherche de stations météorologiques les plus proches afin de connaître les conditions climatiques générales rencontrées sur le site en vue de modéliser les impacts dus à des émissions atmosphériques ;
- la cote NGF (le niveau des sols du site par rapport à celui de la mer), permet de connaître l'impact d'éventuelles nappes souterraines sous-jacentes sur un futur projet.

Dans le cas particulier où des déchets ont été stockés à l'extérieur du site, mais proche de ce dernier (de l'autre côté de la clôture par exemple), il est rigoureux et pertinent d'étendre la "limite du site" à l'intégration de ce stockage hors site (au sens strict).

### **Question 6 - Des cartes du site avec échelle et légende, photographies, sont-elles présentées ?**

Ces cartes qui permettent une meilleure compréhension du contexte environnemental autour du site doivent impérativement être présentées en respectant les règles de l'art, en incluant les légendes, l'échelle et l'orientation. Elles doivent permettre d'identifier des sources de pollution éventuelles mais aussi des établissements accueillant des personnes sensibles. Ceci peut orienter le choix des implantations des points de prélèvement.

## **3.5 QUESTIONS 7 À 9 : DESCRIPTION ENVIRONNEMENTALE DE LA ZONE D'ÉTUDE**

Il s'agit ici de décrire l'environnement naturel de la zone d'étude : contexte géographique, climatique, géologique et hydrogéologique. Cette description ne se cantonne pas aux limites géographiques du site pollué d'étude, mais prend en compte les sources de contamination, leur(s) voie(s) de transfert et les milieux impactés.

### **Question 7 - Les contextes pédologiques et géologiques sont-ils présentés ?**

Les cartes pédologiques et géologiques (aux différentes échelles), ainsi que les coupes des sondages éventuellement déjà effectuées doivent être présentées dans les règles de l'art. Ces cartes décrivent la succession des différents horizons de sol rencontrés et leurs propriétés.

Ces informations sont utilisées pour déterminer la nature perméable ou non des sols vis-à-vis des contaminants recherchés. Ainsi la connaissance de la mobilité et les transferts des contaminants dans les sols aident à déterminer les éventuels impacts de ces contaminants dans les différents compartiments environnementaux et à cibler les compartiments à investiguer.

Par exemple, l'impact d'une fuite superficielle ne se limite pas à la surface du sol. Il faut intégrer les données relatives à la texture du sol (sableux vs argileux par exemple). En effet, toute pollution ayant pour origine la surface ou la sub-surface du sol descendra de façon relativement verticale au sein des sables (très perméables). Ces pollutions auront ensuite tendance à s'étaler lorsqu'elles rencontreront un horizon argileux (très imperméable). Cependant l'existence potentielle de fractures ou fissures dans ce type de matériau favoriserait alors l'écoulement vertical. Une nappe pourra être l'exutoire final de ces pollutions après traversée verticale des sols.

Par ailleurs, les mécanismes régissant la transformation des polluants dans le sol (mécanismes chimiques et physiques, liés notamment à la nature des sols, aux phénomènes météorologiques ou aux conditions spécifiques de la zone d'étude comme les zones inondables) doivent être présentés. Ces éléments permettront d'orienter la campagne de mesure : localisation des zones potentiellement contaminées, choix des molécules à rechercher et dans quels milieux, en fonction des caractéristiques chimiques des molécules et des types de sols rencontrés.

Par exemple, certaines substances auront des affinités pour la fraction organique des sols et resteront dans les horizons de surface (certains métaux par exemple), ou seront très mobilisables et pourront se retrouver en grande partie dans les nappes d'eau sous-jacentes.

Les nombres de forage et de coupes nécessaires ne peuvent être pré-estimés. Cependant, en fonction de certaines caractéristiques apportées par le contexte pédologique et géologique, les stratégies de prélèvement pourront être anticipées.

Par exemple, une coupe géologique d'un terrain voisin de celui à étudier peut être suffisante si le bureau d'études, à partir de données du BRGM par exemple, a pu démontrer que les horizons du sol sont homogènes sur l'ensemble du terrain. Cette information ne préjuge pas de la contamination mais bien des comportements d'une molécule éventuellement présente dans ce milieu.

Enfin, la connaissance du contexte pédologique et géologique permet d'orienter le choix d'une zone témoin (présentant les mêmes caractéristiques) pour caractériser l'état de référence environnemental.

## Question 8 - Les contextes hydrogéologiques et hydrologiques sont-ils présentés ?

Le contexte hydrogéologique (sens d'écoulement de la nappe, côte NGF, profondeur du toit de la nappe, utilisations, importance du rabattement de la nappe) doit être présenté. Les informations concernant le

contexte hydrogéologique peuvent notamment permettre d'ajuster la délimitation de la zone d'étude.

De la même manière, le contexte hydrologique (localisation de la zone d'étude dans son bassin hydrographique) doit être présenté. Il informe notamment sur la proximité du site pollué vis-à-vis de cours d'eau et/ou de canaux et sur le rôle de barrière hydraulique éventuel de ces systèmes (étanchéité des édifices).

### Exemple

Le bassin hydrographique désigne la zone géographique où toutes les eaux s'écoulent vers le point le plus bas et se rejoignent pour former un cours d'eau, un lac ou une nappe souterraine. Il représente l'ensemble d'une région ayant un exutoire commun pour ses écoulements de surface. Ainsi, lorsqu'un site, qui a contaminé les sols, se situe sur la rive d'une rivière, au regard de la définition précédente, il n'apparaît pas nécessaire de faire réaliser des mesures sur l'impact de la contamination des sols situés sur l'autre rive, puisque les eaux contaminées par le site ne devraient pas atteindre la rive d'en face mais la rivière.

En revanche, s'il s'agit d'un cours d'eau artificiel (un canal par exemple), dont les fondations garantissent l'étanchéité et l'imperméabilité vis-à-vis des sols, on peut s'attendre à mesurer des contaminants dans les sols de part et d'autre du canal, puisque les sols et les eaux s'écoulent non pas sous l'influence du canal mais du bassin hydrographique local.

## 3.6 QUESTIONS 9 À 13 : ÉTUDE HISTORIQUE

### Question 9 - Les sources de contamination potentielles liées au site, passées et actuelles, sont-elles présentées ?

Les différentes sources potentielles de contamination, activités, usages, événements sur le site doivent être identifiés et caractérisés de manière détaillée : les types d'exploitation, leur localisation, leur période d'activité, et toutes les informations permettant de connaître l'histoire de l'utilisation du site, pour identifier les éventuels impacts environnementaux qu'ils ont pu générer. Tous ces éléments doivent contribuer à définir une stratégie d'analyses pertinente et fine permettant de répondre à la question : quelle contamination rechercher et où la rechercher ?

De même, l'ensemble des différents exploitants, et leurs différentes activités opérées sur le site doivent être clairement identifiés et localisés en prenant soin de déterminer la période de l'activité (dates de début et de fin des activités). En effet, si l'activité a été modifiée durant la

vie industrielle du site, l'étude doit faire apparaître l'ensemble des exploitants en ne se limitant pas au dernier mais en recherchant toutes les activités connues antérieures au dernier exploitant. Par ailleurs, il est important que ces présentations soient accompagnées d'une description des conditions actuelles, passées et futures de stockage, manipulation (process industriel) et de gestion des produits ainsi listés. Les activités de déplacements de déchets hors du site doivent également être documentées.

En cas d'accident (déversements, explosions, incendies...), il est nécessaire de disposer d'une description complète (nature, temps, impacts) de l'événement. Des informations relatives à d'éventuels travaux de maîtrise des pollutions ou la description des mesures de prévention prises pour limiter les pollutions doivent également être apportées si elles existent. Ces données permettent de déterminer les modifications environnementales déjà mises en place et modifieront la prise en compte des données relatives aux informations historiques apportées.

Les archives consultées et toute source d'informations exploitée sur les usages (résidentiel, agricole, industriel, militaire, commercial...), les installations (traitement de surface, stockages...) et les événements (accidents, fuites, bombardement...) doivent être également présentées.

## Exemples

1) Un bureau d'étude qui souhaite établir le risque sanitaire lié aux sols d'un site ayant accueilli de 1920 à 1950 des stockages d'hydrocarbures puis de 1950 à 1980 une activité de traitements de surfaces, doit réaliser (i) des investigations relatives aux hydrocarbures et autres produits dérivés pour définir l'impact environnemental de la première activité et (ii) des investigations relatives, entre autres, aux métaux liés aux activités de traitements de surfaces pour estimer l'impact environnemental de la deuxième activité. En ne tenant compte que de la dernière activité, l'étude exclut les investigations relatives aux hydrocarbures et ne permet donc pas de levée de doutes vis-à-vis des impacts environnementaux éventuels de cette première activité sur les sols du site, ce qui ne permet pas de répondre à la question relative à l'estimation du risque global que présentent les sols du site pour une population séjournant dessus.

2) L'impact d'une explosion génère localement un cratère qui aura été comblé avec des éventuels remblais à identifier. Selon sa nature, l'explosion peut avoir entraîné des matières contaminantes et les avoir disséminées sur les terres environnantes. Il est donc nécessaire d'identifier cet événement, le localiser, le caractériser, le dater pour pouvoir qualifier et quantifier les contaminants. Ces contaminations devront être établies en surface si la molécule identifiée est très peu mobilisable (éléments métalliques saupoudrés à la surface des sols environnant par exemple) ou sur les 10 premiers centimètres depuis la surface, si les molécules incriminées sont plus facilement mobilisables dans les sols (molécules n'ayant pas d'affinité avec les matières organiques des sols).

### Question 10 - Les produits manipulés ou stockés sur le site en lien avec les activités, événements et usages passés et actuels sur le site sont-ils identifiés ?

Outre le listing complet et précis des installations présentes sur le site, l'étude doit rappeler les process industriels opérés (passés, présents) sur le site en prenant soin de mentionner produits entrants et sortants, matières premières, produits intermédiaires et finis, substances émises primaires et secondaires susceptibles d'être retrouvées sur le site. La liste de toutes ces substances doit être utilisée pour déterminer celles qui auront un intérêt toxicologique et donc un intérêt à être recherchées dans les sols.

En fonction des entreprises listées dans la zone d'étude, à proximité du site étudié, il sera nécessaire de réfléchir à la pertinence de rechercher ou non certaines molécules qui pourront impacter le site d'étude à l'avenir et se retrouver, de fait, en concentration plus importante et avoir un éventuel impact sur la population cible sur le long terme.

### Question 11 - Les rejets, les produits de rejets et les milieux de rejets liés à chaque activité sont-ils décrits ?

L'étude doit déterminer, pour toutes les activités, événements, usages, et toutes sources de contamination potentielles recensées, et pour chaque type de rejets précédemment identifiés, quels sont les rejets, les produits de rejets (identification des substances par rejets), les milieux de rejets en fonction des caractéristiques de l'environnement du site. Dans certains cas, cette identification peut permettre d'orienter le choix des zones à échantillonner, notamment lorsqu'on choisit de s'appuyer sur un jugement d'expert.

### Question 12 - L'occupation des sols et l'identification des usages sensibles dans la zone d'étude sont-ils décrits ?

L'usage et l'occupation des sols dans la zone d'étude doivent être présentés. Ces informations doivent être utilisées pour aider à la caractérisation des zones impactées par une pollution et présentant un risque pour la santé. Les différents types d'occupation du sol doivent orienter la localisation des points de prélèvements et la profondeur des prélèvements des polluants d'intérêt.

Le rapport doit indiquer si la ressource en eau identifiée est utilisée ou non. Tous les captages AEP et AEI (en vérifiant si ces derniers ont un intérêt agroalimentaire ou non) doivent être caractérisés (données sur la référence du captage, sa profondeur, la nappe ou le cours d'eau capté, le volume prélevé et la distance au site). Ces informations doivent être utilisées pour déterminer la sensibilité et la vulnérabilité des captages vis-à-vis du site étudié.

Il est nécessaire que soit rapportée et qualifiée la vulnérabilité des populations, comme les populations sensibles, qui séjournent dans la zone d'étude.

### Question 13 - Les résultats de campagnes antérieures sont-ils présentés ?

Lorsque des résultats de campagnes antérieures sont présentés, les protocoles de ces campagnes doivent être brièvement décrits. Ces résultats peuvent être très utilisés soit pour compléter une série de données soit pour aider au développement d'une nouvelle campagne, par exemple en donnant des indications pour le choix des polluants ou pour la délimitation de la zone d'étude. Il faut alors vérifier que les anciennes données concernent bien les mêmes milieux et les mêmes substances que les données à acquérir, que les périodes et zones d'études sont similaires et que les performances des techniques de mesures (notamment la limite de quantification) utilisées pour obtenir les anciennes données sont compatibles avec les exigences du problème.

### 3.7 QUESTIONS 14 À 17 : ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

#### Question 14 - Les points de prélèvement sont-ils décrits et localisés sur une carte ?

Chaque échantillon doit être identifié de manière unique et localisé précisément sur la zone d'étude (coordonnées géographiques, profondeur et date de prélèvement). La méthode utilisée pour choisir ces localisations doit être argumentée. Cette méthode peut également être appelée dispositif de prélèvement, ou stratégie d'échantillonnage. A titre informatif, une description rapide des méthodes les plus courantes est donnée ci-dessous et synthétisée dans le tableau 1. Ces méthodes ont été développées pour permettre la réalisation d'un échantillonnage statistiquement pertinent sur une zone prédéterminée, afin d'avoir une image de la contamination de cette zone. Lorsqu'on s'intéresse à une estimation des expositions, il est important de cibler lieux d'exposition potentielle, généralement déterminés par l'expertise des évaluateurs de risques. Dans chacun de ces lieux, il peut être justifié d'appliquer une des méthodes décrites ci-dessous, en fonction par exemple de la superficie de ce lieu, de la nature de son sol et/ou du budget disponible.

#### Expertise

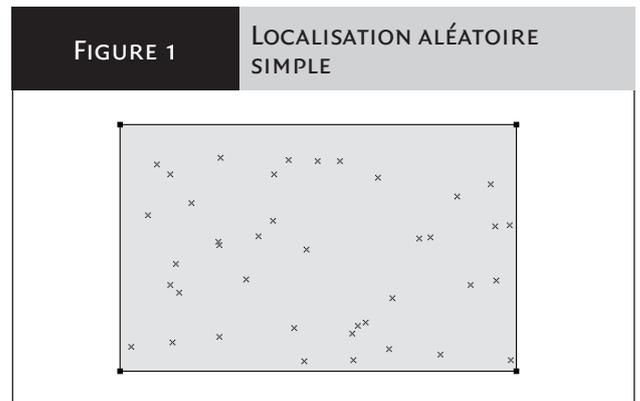
Le choix de la position des échantillons se fonde uniquement sur un jugement d'expert. Pour que la méthode soit efficace, il faut prendre en compte l'ensemble des paramètres susceptibles d'influencer le transport des polluants : propriétés physico-chimiques, type de pollution (ponctuelle ou diffuse), informations disponibles sur la nature de la pollution, propriétés du milieu... Les résultats d'une campagne fondée sur une expertise peuvent ensuite donner lieu à une campagne plus importante mettant en œuvre des méthodes statistiques.

L'expertise sert à confirmer la présence d'une pollution en un point donné. Elle est peu coûteuse et peut être très efficace si l'on dispose d'une bonne connaissance de la zone d'étude. Elle dépend des compétences de l'expert et ne permet pas de faire des analyses statistiques sur les données. Elle nécessite une argumentation rigoureuse.

#### Échantillonnage aléatoire

L'échantillonnage aléatoire simple consiste à sélectionner aléatoirement l'emplacement des points de prélèvement sur la zone d'étude. Cette méthode n'introduit pas de biais de sélection dans le choix des échantillons puisque chaque point a la même probabilité d'être tiré au sort.

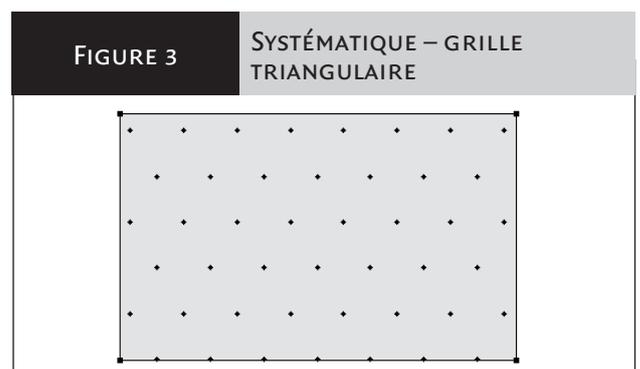
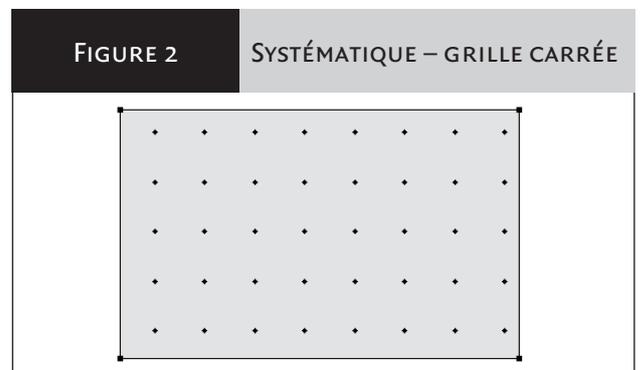
Cette méthode est utilisée pour étudier une contamination supposée homogène ou en dernière étape d'une méthode plus complexe. Les coordonnées des points de prélèvements sont générées aléatoirement et reportées sur la zone d'étude, avec un système de GPS par exemple (figure 1).



#### Échantillonnage systématique

L'échantillonnage systématique revient à appliquer une grille sur le sol et à échantillonner régulièrement en utilisant cette grille comme repère. La grille peut être de forme variée : rectangulaire, triangulaire ou hexagonale. Si l'on cherche à obtenir des informations sur la distribution du polluant, le nombre de points rapporté à la surface de la zone d'étude conditionne le pas de la grille (figures 2 et 3). Si l'objectif est de trouver des points chauds, la taille de la grille peut être calculée en fonction de la superficie du plus petit point chaud à détecter (il s'agit alors d'un calcul non pas statistique mais géométrique).

Cette méthode est utile si l'on veut connaître avec une bonne précision une concentration moyenne, si la distribution du polluant est supposée très hétérogène, si on recherche des tendances ou des corrélations ou si on cherche des points chauds.



## Échantillonnage stratifié

Les données disponibles sur l'historique du site, l'utilisation des sols, leurs caractéristiques physico-chimiques, etc. sont utilisées pour découper la zone d'étude en sous-zones (strates) dans lesquelles la contamination est supposée homogène. Si la stratification est bien réalisée, cette méthode permet d'obtenir une meilleure précision sur les moyennes en diminuant le nombre d'échantillons nécessaires.

La stratification est généralement réalisée en utilisant une ou plusieurs variables dites auxiliaires, corrélées avec la variable d'intérêt. La variable auxiliaire peut être de plusieurs types : géologie, pédologie, occupation des sols, orientation par rapport à un panache... Cependant, si la corrélation entre la variable auxiliaire et le polluant n'est pas avérée, la stratification n'apportera aucun bénéfice par rapport à un échantillonnage aléatoire simple.

Le nombre d'échantillons par strates peut être fixé de différentes manières :

- même nombre d'échantillons dans chaque strate ;
- nombre d'échantillons proportionnel à la surface de chaque strate ;
- nombre d'échantillons proportionnel à la variabilité supposée de chaque strate : plus d'échantillons dans les strates les plus hétérogènes.

Un échantillon appartient obligatoirement à une seule strate.

Les échantillons sont ensuite localisés suivant une méthode aléatoire, d'expertise ou systématique (figures 4 et 5).

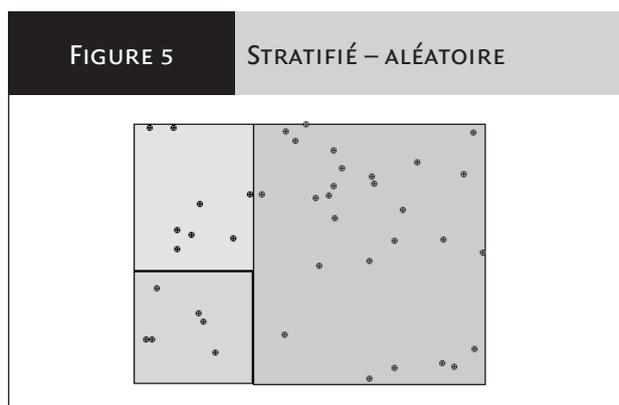
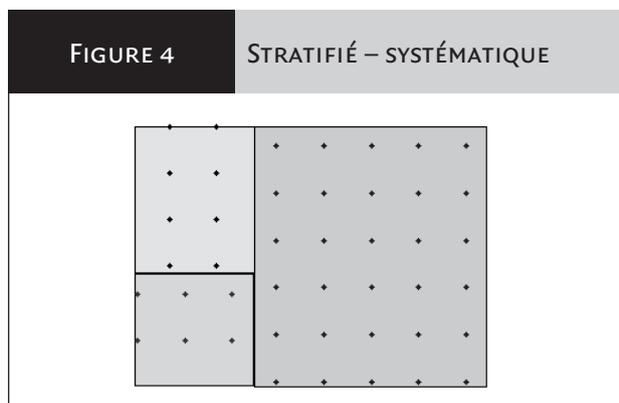


TABLEAU 1		AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTES STRATÉGIES D'ÉCHANTILLONNAGE	
Stratégie	Exécution	Avantages	Inconvénients
<b>Expertise</b>	À partir des données disponibles et du jugement d'expert, localisation des échantillons	Simple et rapide	Pas d'analyse statistique sur les résultats, biais important possible si les hypothèses initiales sont fausses. Transparence moindre
<b>Aléatoire simple</b>	Répartition des points suivants des localisations tirées au sort	Méthode objective avec une probabilité de prélèvement égale en tout point et une faible erreur systématique Adaptée à une cible de petite taille homogène	Un grand nombre d'échantillons est nécessaire, l'exécution est coûteuse
<b>Systématique</b>	Répartition des points suivant un maillage régulier prédéterminé. Le maillage peut être carré, rectangulaire ou triangulaire	La répartition uniforme des points permet de connaître précisément la répartition spatiale et/ou temporelle du polluant, de calculer la moyenne et les percentiles de la concentration et de rechercher d'éventuels points chauds	Une grille inadaptée peut conduire à des erreurs systématiques (par exemple, la grille coïncide systématiquement avec les points les plus pollués)
<b>Stratifié</b>	Subdivision de la zone d'étude en sous-zones homogènes et répartition des points d'échantillonnage dans chaque zone en fonction des surfaces ou de la variabilité supposée	La prise en compte de l'existence de "strates" influant sur la répartition du polluant, améliore la précision avec un nombre réduit d'échantillons	Très sensible aux hypothèses faites lors de la stratification et donc risque d'erreurs si ces hypothèses sont fausses Nécessite une connaissance importante de la zone d'étude

## Exemples

1) Pour identifier sur site si des contaminations nécessitent des mesures immédiates de protection de la population, on peut s'orienter vers une expertise ciblant les zones a priori les plus à risques, par exemple les zones les plus susceptibles d'être contaminées selon l'étude historique ou les zones les plus fréquentées par la population.

2) Pour estimer l'étendue géographique d'une pollution, on peut procéder à un échantillonnage systématique sur la zone d'étude. Le pas de la grille peut être fixé en fonction du nombre d'échantillons requis pour avoir une certaine confiance dans l'estimation de la concentration moyenne ou de la taille du plus petit "point chaud" (zone supposée ponctuelle de contamination plus élevée que le reste de la zone) qu'on s'autorisera à ne pas détecter.

3) Pour étudier la contamination autour d'un site par dépôt atmosphérique, on peut découper des strates en fonction de l'orientation des vents dominants et de la distance au site et échantillonner chaque strate selon une méthode aléatoire ou systématique.

4) Pour estimer l'exposition de la population au voisinage d'un site pollué, on peut identifier au préalable les lieux d'exposition potentielle, lieux pouvant être contaminés et en contact avec la population. Par exemple, les jardins privés et publics peuvent être identifiés. Au sein d'un jardin public, on peut ensuite :

- cibler l'échantillonnage sur les zones fréquentées par les jeunes enfants ;
- ou cibler l'échantillonnage sur les sols nus ;
- ou pratiquer un échantillonnage aléatoire sur tout le jardin ;
- ou combiner plusieurs des solutions ci-dessus : échantillonnage aléatoire sur les sols nus fréquentés.

Seule la connaissance du contexte local permet alors de déterminer quel choix est le plus approprié.

## Question 15 - Le nombre d'échantillons est-il présenté ?

Le nombre d'échantillons prélevés et analysés pour chaque polluant doit être clairement indiqué dans le rapport et justifié, ceci même s'il a été imposé par une norme ou un guide.

Le nombre d'échantillons doit être calculé en fonction des objectifs de l'étude et des connaissances déjà disponibles relatives aux caractéristiques de la zone d'étude. Sous un angle purement statistique,

le nombre d'échantillons dépend de la variabilité attendue sur la zone d'étude (hétérogénéité de la distribution du polluant) et de la précision attendue sur le résultat (par exemple, intervalle de confiance souhaité sur la moyenne). Un des obstacles majeur est que l'information sur la variabilité n'est pas accessible, sauf si l'on dispose de données issues d'études antérieures ou si l'on fait des hypothèses à partir des informations disponibles. En pratique, des critères autres que statistiques sont à prendre en compte : les contraintes financières, l'accessibilité des zones, l'expérience. Ces informations et leurs justifications doivent figurer dans le rapport.

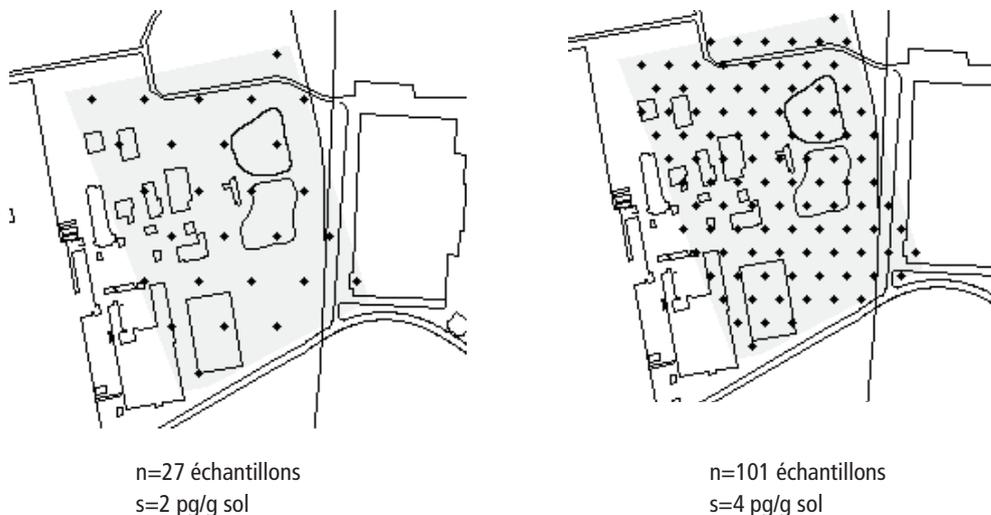
## Exemples

1) On souhaite comparer la concentration moyenne sur la zone d'étude à une concentration sur une zone "propre". On estime que l'écart-type(s) de la concentration sur la zone d'étude est de 2 pg/g de sol. En fixant les exigences sur un risque  $\alpha$  (risque de conclure à tort que la concentration est supérieure à la concentration de référence) de 5 %, un risque  $\beta$  (risque de ne pas conclure que la concentration est supérieure à la concentration de référence alors qu'elle l'est) de 20 %, et une différence minimale  $\Delta$  entre les deux concentrations moyennes de 1 pg/g de sol pour conclure, 27 échantillons sont suffisants (figure 6). Ce nombre est obtenu en utilisant un test de Student, avec l'hypothèse nulle "la concentration moyenne de la zone d'étude est égale à la concentration moyenne de la zone propre". On doit faire l'hypothèse que les conditions d'application du test sont respectées.

Le nombre d'échantillons augmente avec l'écart type de la concentration sur la zone d'étude. Pour un écart-type de 4 pg/g de sol, 101 échantillons seraient nécessaires.

FIGURE 6

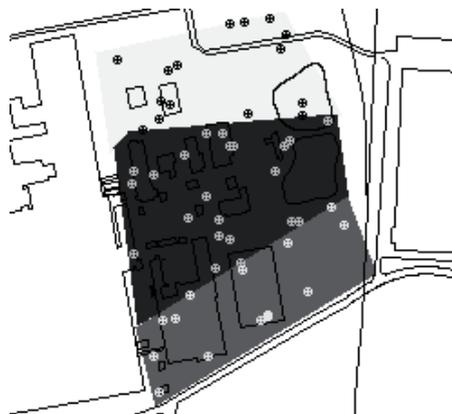
NOMBRE D'ÉCHANTILLONS NÉCESSAIRES POUR OBTENIR LA MÊME INFORMATION LORSQUE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ SPATIALE DE LA CONTAMINATION AUGMENTE



2) On souhaite obtenir la meilleure estimation possible de la moyenne sur une zone d'étude avec un budget envisagé de 10 000 €. Chaque échantillon coûte 200 € incluant le prélèvement et l'analyse. L'étude historique a permis d'identifier trois zones distinctes correspondant à des degrés de contamination relativement homogènes. En considérant la surface de chacune de ces zones et l'hétérogénéité estimée de la contamination dans chaque zone, on peut calculer le nombre d'échantillons nécessaires pour estimer la moyenne totale avec le plus petit écart-type possible par zone. Des logiciels existent pour faciliter ces calculs. Au total, 52 échantillons seront prélevés, 12 dans la zone 1, 18 dans la zone 2 et 22 dans la zone 3, soit un coût total de 10 400 € (figure 7).

FIGURE 7

NOMBRE D'ÉCHANTILLONS NÉCESSAIRES POUR AVOIR LA MEILLEURE ESTIMATION DE LA MOYENNE POUR UN BUDGET DONNÉ



Une localisation aléatoire a été choisie pour ces zones d'études, mais le choix d'une localisation systématique par exemple ne modifierait pas le nombre d'échantillons.

3) On souhaite calculer la concentration moyenne avec un intervalle de confiance à 95 % de  $\pm 10$  pg/g de sol. On sait par des campagnes antérieures que l'écart-type de la contamination est d'environ 40 pg/g de sol. La loi de Student (en faisant l'hypothèse qu'elle est applicable) permet de calculer que 64 échantillons sont nécessaires. Une localisation aléatoire a été choisie, mais une localisation systématique ne modifierait pas le nombre d'échantillons. La figure 8 montre que ce nombre dépend uniquement de la largeur de l'intervalle de confiance souhaité.

FIGURE 8

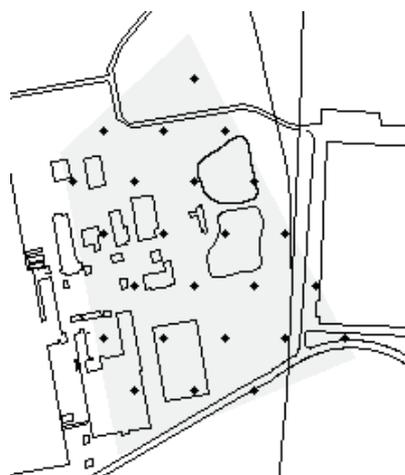
NOMBRE D'ÉCHANTILLONS NÉCESSAIRES POUR CALCULER UN INTERVALLE DE CONFIANCE SUR LA MOYENNE



4) On veut échantillonner la zone de manière à s'assurer qu'un point chaud circulaire de plus de 50 m de rayon ne puisse pas être échantillonné. Pour cela, il faut une grille d'un pas de 100 m, ce qui revient à prélever 24 échantillons sur la zone (figure 9).

FIGURE 9

NOMBRE D'ÉCHANTILLONS NÉCESSAIRES POUR DÉTECTER UN POINT CHAUD CIRCULAIRE DE PLUS DE 50 M DE RAYON



## Question 16 - La profondeur des points de prélèvement est-elle présentée ?

La profondeur de prélèvement de chaque échantillon doit être présentée et argumentée. Par exemple, dans le cadre d'une étude d'exposition, les choix devront être justifiés au regard des voies d'exposition retenues et des constats organoleptiques.

### Exemples

- 1) Pour une exposition par ingestion, sur un sol peu remanié (sols urbains) on devrait prélever en priorité la couche supérieure (0-5 cm). Sur un sol régulièrement remanié (culture), on devrait prélever la couche 0-25 cm.
- 2) Pour étudier les transferts sols plantes, on devrait prélever la couche 0-30 cm. Pour des échantillons en profondeur, on peut soit procéder par profondeurs fixes soit utiliser les horizons pédologiques.
- 3) Pour comprendre un phénomène de migration des polluants dans le sol, il est judicieux de réaliser des prélèvements par horizons de sols. On pourra alors relier le comportement des polluants aux caractéristiques de l'échantillon étudié. Au contraire, si on étudie une pollution en profondeur indépendamment de la migration des polluants, on peut utiliser des profondeurs fixes.

## Question 17 - Le type d'échantillons (simple/composite) est-il précisé ?

La nature de chaque échantillon doit être clairement identifiée :

- échantillons simples, correspondant à une seule prise de sol en un point donné ;
- échantillons composites, formés en regroupant plusieurs échantillons simples, pour ne réaliser qu'une analyse à partir de plusieurs échantillons.

Lorsque des échantillons composites sont utilisés, les modalités de composition (nombre et localisation des prélèvements élémentaires utilisés, modalités du mélange) doivent être détaillées.

L'utilisation d'échantillons composites permet d'obtenir une valeur moyenne sur une plus grande surface, mais ne permet pas d'appréhender la variabilité de la zone d'étude ni de cartographier la pollution.

Le recours à des échantillons composites est pertinent lorsque :

- l'objectif est d'obtenir une valeur moyenne, on ne souhaite pas d'information sur la variabilité spatiale ou temporelle. Un composite réalisé sur une surface réduite peut donner une estimation moyenne de l'exposition ;
- les échantillons initiaux peuvent être correctement mélangés (il ne doit pas y avoir de différence majeure de texture de l'échantillon) ;

- le mélange n'affecte pas l'intégrité des échantillons (ceci interdit notamment l'usage de composite pour l'analyse de composés volatils).

Dans certains cas, les composites ne sont pas adaptés :

- pour des composés semi-volatils ou volatils ;
- pour caractériser finement une contamination ;
- lorsque le sol est difficile à mélanger (sol argileux par exemple) ;
- lorsqu'on soupçonne une grande hétérogénéité sur la zone d'étude.

## 3.8 QUESTIONS 18 ET 19 : PRÉLÈVEMENTS DES ÉCHANTILLONS

### Question 18 - La date de l'échantillonnage est-elle présentée ?

La date de l'échantillonnage doit toujours être indiquée. Elle permet d'assurer la transparence et la traçabilité des échantillons. De plus, les concentrations de certains composés peuvent fluctuer avec les conditions physico-chimiques du sol : humidité, température, activité biologique... L'influence possible de la saison d'échantillonnage doit donc être débattue. Pour une étude d'exposition, la période doit également si possible concorder avec les périodes d'exposition.

### Exemple

Le regroupement des résultats d'une campagne de mesures réalisées en été avec ceux d'une campagne de mesures réalisées en hiver n'est pas pertinent si l'on étudie des teneurs en composés volatils pouvant être impactées par la présence d'une nappe dont le niveau varie en fonction des précipitations saisonnières.

## Question 19 - Les protocoles de prélèvement, de manipulation, de prétraitement et stockage des échantillons sont-ils décrits ?

Le matériel utilisé pour le prélèvement, la manipulation et le stockage des échantillons, où le cas échéant la norme suivie, doit être indiqué dans le rapport. Un commentaire explicatif doit préciser les raisons du choix de ce matériel et garantir de la cohérence entre le type de

molécule recherchée et la méthode appliquée. Les choix faits ne doivent pas introduire de contamination ou dégrader les échantillons. On fera plus particulièrement attention à la manipulation des échantillons pour l'analyse de composés volatils, pour lesquels il faut limiter les possibilités de pertes d'échantillons et garantir les conditions de stockage évitant la dégradation et la volatilisation des polluants (dans l'obscurité et à basses températures).

Il existe des guides comparant les différentes méthodes de prélèvements en fonction du type de sol et du composé recherchés.

### 3.9 QUESTIONS 20 À 23 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

#### Question 20 - Le protocole analytique est-il décrit ?

NB : ces notes et les suivantes traitent principalement des mesures en laboratoire, qui sont les plus couramment utilisées. Des méthodes de mesures *in situ* peuvent également être utilisées. Elles présentent l'avantage d'être rapides à mettre en œuvre et de pouvoir multiplier les points de mesure. En contrepartie, elles sont supposées être moins fiables que les mesures de laboratoire. Cependant, les mêmes concepts s'appliquent aux mesures en laboratoire et aux mesures *in situ* en termes d'assurance et de contrôle qualité des données. Les questions de la grille s'appliquent donc également aux mesures *in situ*.

Dans un souci de transparence, le rapport devrait citer la méthode analytique employée. Les performances de la méthode retenue doivent être citées, en détaillant notamment les limites de détection et de quantification, la reproductibilité, les sources d'interférences ou d'effets matrice. Il faut veiller à ce que les limites de détection choisies suffisamment faibles pour être cohérentes avec les objectifs de

l'étude. Une méthode analytique ayant des limites trop élevées pourrait conduire à ne pas détecter ou quantifier des concentrations de polluants à des niveaux susceptibles de présenter un risque sanitaire.

#### Question 21 - Les mesures d'assurance et de contrôle qualité sont-elles décrites ?

Dans un souci de transparence, le nom du laboratoire réalisant l'analyse, ainsi que ses références, éventuelles accréditations, certifications ou agréments pour chaque analyse devraient être présentés. Les résultats des contrôles externes sur des polluants qui intéressent l'étude devraient être présentés. Les mesures prises pour assurer l'assurance qualité interne lors de l'analyse devraient être succinctement décrites (blancs et contrôles qualités). Les blancs devraient être utilisés pour identifier l'absence de contamination pendant la procédure analytique. Les contrôles permettent d'assurer la validité des résultats obtenus. De mauvais résultats de blancs ou de contrôles devraient conduire à une ré-analyse des échantillons. Ceci est normalement systématiquement réalisé par les laboratoires sous assurance qualité.

#### Exemples

1) Les mesures de contrôle qualité peuvent inclure : la réalisation d'un blanc de terrain chaque jour de prélèvement, le prélèvement de suffisamment de sol pour pouvoir analyser 10 % des échantillons en double, la réalisation de contrôle qualité en laboratoire tous les 20 échantillons.

2) Les mesures *in situ* de métaux par XRF doivent impérativement être complétées par des analyses en laboratoires. Par exemple, 30 % des points analysés par XRF peuvent faire également l'objet d'un prélèvement pour une analyse en laboratoire. Les résultats de cette analyse permettront d'établir en corrélation entre les concentrations obtenues par XRF et les concentrations obtenues en laboratoire, afin de corriger les 70 % des autres points analysés en XRF.

#### Question 22 - Tous les résultats analytiques de chaque échantillon analysé (données brutes et données synthétisées) sont-ils présentés ?

Dans un souci de transparence, les concentrations doivent être présentées, dans les unités du système international. Des données synthétisées peuvent être utilisées pour rendre les résultats dans le rapport, en présentant une valeur moyenne, minimale ou maximale ainsi que l'écart-type des résultats. Dans tous les cas les résultats bruts doivent être disponibles dans le rapport afin de pouvoir vérifier certains résultats présentés. Lorsqu'il manque des résultats pour des échantillons qui auraient dû être investigués, ceci doit être justifié. Les résultats obtenus lors des blancs et des contrôles de terrain et de laboratoires devraient également être présentés. Il peut être intéressant de vérifier au hasard la concordance entre les valeurs reportées en annexe et dans le rapport.

#### Question 23 - Les limites de quantification et le traitement des valeurs non quantifiées, sont-ils décrits ?

Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) atteintes pour chaque composé doivent être reportées et les échantillons non détectés ou non quantifiés doivent être clairement identifiés comme tels.

La méthode utilisée pour traiter les données inférieures à la limite de détection doit être précisée. L'influence de la méthode choisie sur une éventuelle sous ou surestimation des concentrations doit être discutée. Dans tout les cas, il faut rester cohérent dans le remplacement des valeurs non détectées ou non quantifiées en respectant les règles suivantes :

- être très prudent sur l'interprétation lorsqu'il y a plus de 20 % de valeurs manquantes ;
- utiliser des méthodes de substitution cohérente avec les objectifs (méthode majorante ou minorante) ;
- utiliser la même méthode pour tous les composés.

### Exemple

Pour interpréter une série de données contenant des valeurs inférieures à la limite de détection (LOD) ou à la limite de quantification (LOQ), plusieurs méthodes sont possibles :

- rapporter les valeurs <LOD ou à la LOQ, en précisant à quelle limite elles sont inférieures ;
- ignorer les valeurs <LOD ou à la LOQ, ce qui revient à surestimer la moyenne de la série de données et donc à majorer le risque ;
- attribuer la valeur nulle aux valeurs <LOD ou à la LOQ, ce qui revient à sous-estimer la moyenne de la série de données et donc à minorer le risque ;
- attribuer la valeur de la LOD (LOQ) aux valeurs <LOD ou à la LOQ, ce qui revient à introduire un biais positif dans le calcul de la moyenne de la série de données et donc une tendance à majorer le risque ;
- attribuer la valeur de la LOD /2 (LOQ/2, ou (LOD+LOQ)/2) aux valeurs <LOD ou à la LOQ, qui permet une meilleure estimation de la moyenne que les méthodes précédentes ;
- utiliser des méthodes statistiques pour remplacer les valeurs <LOD ou LOQ par des valeurs estimées à partir de la distribution des résultats.

Par exemple, utiliser la valeur médiane pour tenir compte de toutes les analyses, y compris celles qui sont indéterminées.

### 3.10 QUESTION 24 : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

#### Question 24 - Les résultats sont-ils comparés à des valeurs de la littérature ?

Si les résultats d'analyse de sols sont comparés à des valeurs de la littérature il convient de vérifier :

- le choix des valeurs doit être présenté et justifié (objectifs, définitions des valeurs de référence, conditions d'obtention et d'utilisation) ;
- les conditions d'utilisation des valeurs de référence et d'interprétation doivent être présentées et justifiées ;
- la cohérence avec les objectifs de l'étude qui nous intéresse doit être vérifiée ;

- la cohérence entre les unités de mesure des valeurs et des seuils analytiques de détection et de quantification de la campagne de mesure doit être vérifiée (vérifier que la valeur de référence n'est pas <LOQ ou LOD) ;
- la cohérence des comparaisons entre les différents types de valeurs (comparer une valeur moyenne de résultats analytiques avec une valeur de référence qui est, elle aussi, une moyenne) ;
- les valeurs et les concentrations de polluants mesurés sont issus de sols de même type de composition (argileux, calcaire, sableux...).

L'interprétation qui est faite à l'issue de la comparaison entre les résultats de la campagne de mesure et les valeurs doit être discutée en termes de limites.

## 4. Bilan des normes existantes

Les diagnostics environnementaux font parfois référence à des normes relatives à l'agrément du laboratoire ou à ses méthodes analytiques pour présenter et justifier leur plan d'échantillonnage et d'analyse. Or, il est difficile pour le lecteur de se faire une idée précise des actions réalisées s'il n'a pas lui-même connaissance de la norme citée et idéalement un exemplaire de cette norme à consulter. De plus, l'utilisation d'une norme n'est pas systématiquement un critère de qualité notamment si cette dernière n'est pas utilisée en cohérence avec son champ d'application. Il est donc nécessaire que, dans un principe de transparence, l'ensemble des critères de ces normes et leurs applications soit présenté et justifié, de manière synthétique, afin de comprendre les caractéristiques et les limites des méthodes analytiques utilisées.

Les normes stipulent en général d'inclure dans le rapport d'essai :

- la référence à la norme ;
- les types de processus, de modes opératoires et d'appareils utilisés ;
- l'identification et la description des échantillons ;
- tous les détails opératoires non prévus ou facultatifs dans la norme ;
- tous les facteurs susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Par ailleurs, l'Afnor a publié un inventaire plus complet de l'ensemble des normes sur la qualité des sols ("Inventaire des normes sur la qualité des sols – description et domaines d'application) téléchargeable sur internet ([http://comelec.afnor.fr/servlet/ServletComelec/inventaire%20normes.pdf?form\\_name=cFormCustom&session\\_id=0.6459305965816755&file\\_name=inventaire%20normes.pdf](http://comelec.afnor.fr/servlet/ServletComelec/inventaire%20normes.pdf?form_name=cFormCustom&session_id=0.6459305965816755&file_name=inventaire%20normes.pdf)), à consulter si la liste ci-jointe ne fournit pas les informations suffisantes.

### À propos des normes

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) a pour activité principale l'élaboration de normes techniques. En matière d'environnement, les normes visent à fournir une base technique, notamment pour la législation. L'Association française de normalisation (Afnor) est le membre français du CEN (Comité européen de normalisation) et de l'ISO et assume les responsabilités attribuées à la France à ce titre. L'Afnor est placée sous la tutelle du ministère chargé de l'Industrie.

Les normes ISO n'ont pas de valeurs réglementaires ou législatives, mais certaines normes ont été adoptées dans le cadre de règlement ou sont citées dans des lois. Hors de tout contexte réglementaire, l'utilisation des normes s'inscrit dans le principe des démarches qualités.

Les normes portent sur des thèmes répondant à un impératif du marché et sont développées par des comités d'experts (experts industriels, des gouvernements, des autorités réglementaires, des organismes d'essais, du monde universitaire, des associations de consommateurs ou d'autres organisations concernées par le thème de la norme). L'ISO tient compte à la fois de l'évolution des technologies et de l'évolution des intérêts en procédant, au moins tous les cinq ans à un nouvel examen de ses normes pour décider s'il convient de les maintenir, de procéder à leur mise à jour ou de les annuler.

Référence	Dénomination	Champ d'application - Commentaires
FD X 31-611-1 (X 31-611-1)	Qualité du sol – Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions – Partie 1 : Guide général pour les analyses des gaz des sols <i>in situ</i> employées en criblage de terrain (1997)	Décrit des techniques d'investigation de terrain permettant de recueillir des informations de précision limitée sur les produits volatils présents dans le sol
FD X 31-612 (X 31-612)	Qualité du sol – Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions – Mesure <i>in situ</i> des COV dans les gaz du sol et du sous-sol d'un site (1997)	Décrit des méthodes de dosage des COV sur le terrain
FD X 31-614 (X 31-614)	Qualité du sol – Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions – Réalisation d'un forage de contrôle de la qualité de l'eau souterraine au droit d'un site potentiellement pollué (1999)	Décrit la conception et la réalisation des forages de contrôle de la qualité de l'eau souterraine
FD X 31-615 (X 31-615)	Qualité du sol – Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions – Prélèvements et échantillonnage des eaux souterraines dans un forage (2000)	Décrit les techniques de prélèvements dans un forage de contrôle
NF ISO (X 31-005)	Qualité du sol – Format d'enregistrement des données relatives aux sols et aux sites (2003)	Décrit les données devant être incluses dans les documents relatifs à l'échantillonnage et à l'analyse des échantillons
NF ISO 10381-1 (X31-008-1)	Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 1 : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage (2003)	Décrit les principes généraux à appliquer à la conception des programmes d'échantillonnage visant à caractériser et à contrôler la qualité du sol (établissement du plan d'échantillonnage, méthode de prélèvement, de conservation et de transport des échantillons)
NF ISO 10381-2 (X31-008-2)	Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 2 : Lignes directrices pour les techniques d'échantillonnage (2003)	Décrit des informations sur les techniques de prélèvements et de stockage des échantillons de sol à des fins agricoles et éventuellement pour des études de contamination
NF ISO 10381-3	Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 3 : Lignes directrices relatives à la sécurité (2002)	Décrit les dangers pouvant se présenter lors d'une investigation sur site et indique les précautions à prendre pour minimiser les risques liés à l'échantillonnage
NF ISO 10381-4 (X 43-008-4)	Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 4 : Lignes directrices pour les procédures d'investigation des sites naturels, quasi naturels et cultivés (2003)	Décrit l'échantillonnage des sols provenant de sites naturels ou cultivés
NF ISO 10381-6	Qualité des sols – Échantillonnage – Partie 6 : lignes directrices pour la collecte, la manipulation et la conservation des sols destinés à une étude en laboratoire des processus microbiens aérobies (1994)	Donne des indications sur la collecte, la manipulation et la conservation d'un sol destiné à une étude en laboratoire de l'activité microbienne aérobie
NF ISO 10382 (X31-118)	Qualité du sol – Dosage des pesticides organochlorés et des biphényles polychlorés (2003)	Décrit une méthode de dosage quantitatif de sept biphényles et de dix sept organochlorés dans tous types de sols
NF ISO 10390 (X31-117)	Qualité du sol – Détermination du pH (1994)	Décrit une méthode de mesure du pH dans les échantillons de sol
NF ISO 11262 (X31-407)	Qualité du sol – Dosage des cyanures (2004)	Décrit deux méthodes permettant de doser les cyanures libérables et les complexes cyanurés
NF ISO 11464 (X 31-412)	Qualité du sol – Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques (1994)	Décrit les étapes de séchage, broyage, tamisage, séparation et pulvérisation des échantillons
NF ISO 11466 (X31-415)	Qualité du sol – Extraction des éléments en traces solubles dans l'eau régale (1995)	Décrit une méthode d'extraction des métaux pour le dosage des éléments traces par des méthodes de spectrométrie atomique Cette méthode ne donne pas les éléments totaux ni les éléments biodisponibles

Référence	Dénomination	Champ d'application - Commentaires
NF ISO 13877 (X 31-417)	Qualité du sol – Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques – Méthode par chromatographie en phase liquide à haute performance (1999)	Décrit deux méthodes permettant de déterminer de manière quantitative la présence d'HAP dans un sol pour des sols peu ou non pollués (méthode A) ou très pollués (méthode B), pour toutes les plages de concentration
NF ISO 13877 (X31-417)	Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (1999)	Décrit deux méthodes de détermination quantitative des hydrocarbures aromatiques polycycliques par chromatographie en phase liquide à haute performance. Les méthodes diffèrent par leur mode d'extraction (acétone pour les sols peu pollués ou toluène pour les sols fortement pollués)
NF ISO 14507 (X31-425)	Qualité du sol – Prétraitement des échantillons pour la détermination des contaminations organiques (2003)	Propose trois méthodes de prétraitement pour préparer un échantillon pour essai dans lequel la concentration de polluant est aussi proche que possible de celle du sol. Les méthodes prennent en compte la volatilité des composés organiques, la répartition granulométrique du sol, la répartition du polluant dans l'échantillon et la méthode d'analyse
NF ISO 14870 (X31-427)	Qualité du sol – Extraction des éléments en traces par une solution tamponnée en DTPA (2002)	Décrit une méthode d'extraction des éléments en traces, présents dans les échantillons du sol, à l'aide d'une solution tamponnée de DTPA, pour estimer les quantités de cuivre, de fer, de manganèse et de zinc biodisponibles dans les sols. Le cadmium, le chrome, le nickel et le plomb peuvent également être extraits par cette méthode (méthode limitée pour des concentrations trop importantes)
NF ISO 15009 (X31-426)	Qualité du sol – Détermination par chromatographie en phase gazeuse des teneurs en hydrocarbures aromatiques volatils, en naphthalène et en hydrocarbures halogénés volatils (2003)	Décrit une méthode de détermination quantitative de détermination par chromatographie en phase gazeuse des teneurs en hydrocarbures aromatiques volatils, en naphthalène et en hydrocarbures halogénés volatils pour tous types de sols
NF ISO 15800 (X31-604)	Qualité du sol – Caractérisation des sols relative à l'exposition des personnes (2004)	Décrit les lignes directrices concernant la nature et l'étendue de la caractérisation des sols nécessaire à l'évaluation de l'exposition des personnes
NF ISO 16772 (X 31-601)	Qualité du sol – Caractérisation des sols en relation avec la nappe phréatique (2004)	Décrit des stratégies de surveillance, des méthodes d'échantillonnage, des méthodes de traitement des sols et des méthodes analytiques applicables à l'évaluation de l'impact des contaminants sur les eaux souterraines
NF X 31-100	Qualité des sols – Échantillonnage – Méthode de prélèvement d'échantillons de sols (1992)	Définition d'une méthode générale d'échantillonnage des sols en vue d'analyses destinées à une interprétation agronomique. Ne s'applique pas aux prélèvements de sol pour diagnostic ou expertise des sols pollués ou susceptibles de l'être. Principe : découpage de la zone en 14 à 16 zones de mêmes tailles dans lesquelles on prélève au hasard un échantillon élémentaire, puis éventuellement constitution d'un échantillon composite
NF X 31-620	Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués (études, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) (2003)	Décrit les exigences de service applicables aux prestataires de service de la dépollution des sols (hors substances radioactives et amiante)

Référence	Dénomination	Champ d'application - Commentaires
X 31-410 (ISO/TR 11046)	Qualité du sol – Dosage des huiles minérales – Méthode par spectrométrie à l'infrarouge et méthode par chromatographie en phase gazeuse (1994)	Décrit deux méthodes de dosage des huiles minérales dans les sols. La spectrométrie est conseillée pour des teneurs >20 mg/kg de matière sèche, la chromatographie à des teneurs >100 mg/kg de matière sèche
X31-071	Qualité des sols – Matériaux types – Définitions – Prélèvements (1983)	Définit des types de sols et donne des principes généraux pour le prélèvement, le transport et la conservation des échantillons
X31-101	Qualité des sols – Préparation d'un échantillon de sol pour analyse physico-chimiques (1992)	Décrit les étapes d'émiettage, séchage, pesée et tamisage à 2 mm
X31-102	Qualité des sols – Détermination de l'humidité résiduelle d'échantillons de sols préparés pour analyse (1982)	Décrit une méthode de détermination de l'humidité résiduelle des échantillons de sol préparés selon la norme X31-101. L'humidité résiduelle est définie comme la différence entre la masse de l'échantillon avant séchage et après séchage en étuve à 103°C
X31-107	Qualité des sols – Analyse granulométrique par sédimentation (1983)	Décrit une méthode permettant de déterminer l'importance pondérale relative de différentes classes de particules identifiées par leur taille
X31-120	Qualité des sols – Détermination du cuivre, du manganèse et du zinc – Extraction par l'acétate d'ammonium en présence d'EDTA	Décrit une méthode de détermination du cuivre, du manganèse et du zinc par extraction par l'acétate d'ammonium en présence d'EDTA, par spectrométrie d'absorption atomique. Cette méthode permet d'estimer la quantité d'oligo-éléments précipités d'un sol, susceptibles d'être prélevés par les végétaux, et s'applique principalement aux sols agricoles et l'interprétation des résultats est du ressort de l'agronomie
X31-121	Qualité des sols – Détermination du cuivre, du manganèse, du zinc et du fer – Extraction en présence de DTPA	Décrit une méthode de détermination du cuivre, du manganèse et du zinc par extraction en présence de DTPA, par spectrométrie d'absorption atomique. Cette méthode permet d'estimer la quantité d'oligo-éléments précipités d'un sol, susceptibles d'être prélevés par les végétaux, et s'applique principalement aux sols agricoles et l'interprétation des résultats est du ressort de l'agronomie
X31-151	Qualité des sols – Sols, sédiments, boues de station d'épuration – Mise en solution d'éléments métalliques en traces (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) par attaques acides (1993)	Décrit deux méthodes pour obtenir une solution d'essai pour les dosages d'éléments métalliques traces par spectrométrie d'absorption ou d'émission atomique, pour des échantillons de sols, de sédiments et de boues d'épuration à l'exclusion de ceux relevant de la législation des matières fertilisantes et des supports de culture
X31-509	Qualité des sols – Méthode de mise en place d'un piézomètre dans le sol à des fins agropédologiques (1993)	Décrit les fonctions d'un piézomètre, ainsi que sa mise en place et ses limites d'utilisation

# Références

ATSDR, Environmental Data Needed for Public Health Assessments A Guidance Manual - June 1994.  
Disponible sur : [www.atsdr.cdc.gov/ednpha.html](http://www.atsdr.cdc.gov/ednpha.html) (Consulté le 22/01/2008).

Hammann M., Desaulles A. Prélèvement et préparation d'échantillons de sols pour l'analyse des substances polluantes. Office fédéral de l'environnement OFEDP, editor. 2003.

Jeannot R., Lemiere B., Chiron S., Augustin F., Darmendrail D., Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. BRGM/RP-50128-FR, 2000.  
Disponible sur : [www.brgm.fr/publication/pubDetailRapportSP.jsp?id=RSP-BRGM/RP-50128-FR](http://www.brgm.fr/publication/pubDetailRapportSP.jsp?id=RSP-BRGM/RP-50128-FR) (Consulté le 22/01/2008).

Keith LH. Principles of environmental sampling. 2nd ed. ed. Washington DC: American Chemistry Society, 1996.

Matzke BD, JE Wilson, LL Nuffer, ST Dowson, RO Gilbert, NL Hassig, J Hathaway, CJ Murray, LH Segó, BA Pulsipher, BL Roberts, and SA McKenna. Visual Sample Plan Version 5.0 User's Guide . PNNL-16939, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA, 2007.  
Disponible sur : [www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/php9MYCGN.pdf](http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/php9MYCGN.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

Theocharopoulos SP, Wagner G, Sprengart J, Mohr ME, Desaulles A, Muntau H *et al.* European soil sampling guidelines for soil pollution studies. Sci Total Environ 2001; 264(1-2):51-62.

Wagne G, Sprengart J, Desaulles A, Muntau H, Theocharopoulos S, Quevauviller P *et al.* Objectives, concept and design of the CEEM soil project. Sci Total Environ 2001; 264(1-2):3-15.

US EPA EPA/240/R-02/005 Guidance for choosing a sampling design for environmental data collection for use in developing a quality assurance project plan, 2002.  
Disponible sur : [www.epa.gov/QUALITY/qs-docs/g5s-final.pdf](http://www.epa.gov/QUALITY/qs-docs/g5s-final.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

US EPA Guidelines Composite sampling in site contamination assessment and management, 2005.  
Disponible sur : [www.epa.sa.gov.au/pdfs/guide\\_composite.pdf](http://www.epa.sa.gov.au/pdfs/guide_composite.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

US EPA EPA/240/B-06/004 Systematic Planning: A Case Study for Hazardous Waste Site Investigations, 2006.  
Disponible sur : [www.epa.gov/quality/qs-docs/casestudy-final.pdf](http://www.epa.gov/quality/qs-docs/casestudy-final.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

US EPA EPA/240/B-06/002 Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide, 2006.  
Disponible sur : [www.epa.gov/QUALITY/qs-docs/g9r-final.pdf](http://www.epa.gov/QUALITY/qs-docs/g9r-final.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

US EPA 540/R-97/028 Superfund program representative sampling guidance, 1997.  
Disponible sur : [www.clu-in.org/download/char/SF\\_Rep\\_Samp\\_Guid\\_bio.pdf](http://www.clu-in.org/download/char/SF_Rep_Samp_Guid_bio.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

US EPA Region 8 SOP #SRC-OGDEN-02 Surface Soil Sampling, 2001.  
Disponible sur : [www.epa.gov/region8/r8risk/pdf/r8-src\\_src-ogden-02.pdf](http://www.epa.gov/region8/r8risk/pdf/r8-src_src-ogden-02.pdf) (Consulté le 22/01/2008).

US EPA Publication 9355.4-23. Soil screening guidance: user's guide, 1996.  
Disponible sur : [www.epa.gov/superfund/resources/soil/ssg496.pdf](http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/ssg496.pdf) (Consulté le 22/01/2008).



## Grille de lecture

### Échantillonnage et analyse des sols pollués

Conduire des études d'évaluation des risques sanitaires sur ou au voisinage d'un site pollué nécessite de caractériser l'environnement du site. Cette étape est un préalable à l'estimation de l'exposition des populations aux contaminants du site. Les retours d'expériences des Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) et du Département santé environnement (DSE) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) révèlent que des difficultés de transparence, de cohérence et d'interprétation des données disponibles sont régulièrement rencontrées au cours de cette étape. En effet, les mesures dans l'environnement sont rarement faites dans le but précis de l'estimation des expositions mais les résultats sont cependant utilisés dans ce contexte.

Une réflexion a été engagée au sein d'un groupe de travail DSE-Cire pour améliorer la prise en compte de la problématique "exposition des populations" lors de la réalisation des diagnostics environnementaux dans les études sanitaires relatives aux sites et sols pollués. La réflexion du groupe de travail a conduit au développement d'un outil d'aide à l'interprétation des résultats des campagnes de mesures sur les sols, sous la forme d'une grille de lecture.

Cette grille de lecture se veut complémentaire des différents guides méthodologiques existants relatifs à la caractérisation des sols (outils du Medd, guides BRGM et Ineris). Elle a pour objectif d'aider les professionnels de santé publique à porter un jugement critique et argumenté sur les diagnostics environnementaux réalisés afin de déterminer si les résultats peuvent être utilisés pour identifier et évaluer les expositions. Cette grille ne concerne que l'étude des sols. Elle pourra être complétée ultérieurement par des outils similaires sur d'autres milieux environnementaux (eau, air, végétaux) intervenant dans les études d'impact sanitaire.

Cette grille ne doit pas se substituer à l'expertise et au dialogue avec les prestataires de l'étude mais aider à structurer une réponse lors de l'examen d'un dossier. Les étapes ciblées par cette grille sont l'utilisation des informations disponibles, la sélection d'une stratégie d'échantillonnage, la sélection des méthodes de prélèvements et d'analyse, le contrôle et l'assurance qualité des résultats et enfin la présentation et l'interprétation des résultats.

Citation suggérée :

Mathilde Pascal, Arnaud Mathieu, Côme Daniau, Nathalie Lucas. Grille de lecture - Échantillonnage et analyse des sols pollués. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, 2008, 24 p. Disponible sur [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

#### INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne  
94 415 Saint-Maurice Cedex France  
Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00  
Fax : 33 (0)1 41 79 67 67  
[www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

ISSN : 1958-9719  
ISBN : 978-2-11-097132-6  
Tirage : 50 exemplaires  
Imprimé par FRANCE REPRO  
Maisons-Alfort  
Réalisé par DIADEIS-Paris  
Dépôt légal : mars 2008