



Bases de données relatives à la qualité des sols

**Contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols
pollués**

BRGM – Avril 2008. V.0.1

SOMMAIRE

SYNTHESE	5
1 Introduction	7
1.1 Contexte	7
1.2 Les dispositions prévues dans les textes	7
2 Les différentes bases de données sur les sols	9
2.1 Les bases de données d'échelles mondiale ou européenne	9
2.2 Les bases de données d'échelles nationale ou régionale	9
3 Mise en œuvre de différents référentiels	11
3.1 État initial de l'environnement	11
3.2 Définition d'un état naturel de référence	11
3.3 Définition d'un état habituel de référence	12
4 Utilisation des bases de données disponibles	13
4.1 Les bases de données géologiques	13
4.2 Bases de données pédologiques	14
5 Conclusion	17

FIGURES

Figure 1 : Utilisation d'un référentiel géologique pour évaluer les teneurs en arsenic et en plomb mesurées dans des limons (roche sablo-argileuse)	14
Figure 2 : Comparaison des analyses obtenues sur des limons avec les gammes de valeurs de sols naturels français	15
Figure 3 : Esquisse géologique des formations superficielles des environs de XXX	22

ANNEXES

ANNEXE 1 : Tableau de synthèse des bases de données existantes sur les sols	20
ANNEXE 2 : Illustration de la démarche appliquée au site XXX	22

SYNTHESE

Ce document présente un panorama des bases de données relatives à la qualité des sols en France. Ces outils doivent permettre, pour un site donné :

- d'une part de replacer les résultats d'analyse de sols dans leur contexte naturel,
- d'autre part, d'estimer l'ampleur des apports anthropogènes sur ce site.

1 Introduction

1.1 Contexte

Que ce soit dans le cadre des diagnostics pour délimiter une pollution, dans le cadre d'un plan de gestion pour fixer des objectifs de réhabilitation, pour évaluer des risques résiduels ou encore pour interpréter l'état des milieux dans le cadre d'une IEM, le recours à des valeurs de comparaison permettant de replacer dans leur contexte les valeurs mesurées ou calculées est indispensable.

Si, pour la plupart des milieux (air, eau, aliments) nous disposons de valeurs d'usages fixées par les pouvoirs publics, le milieu sol ne fait pas l'objet d'une réglementation spécifique édictée par les pouvoirs publics pour en définir les usages.

Ceci provient du fait que les voies d'expositions les plus problématiques en matière d'exposition publique sont l'ingestion et l'inhalation. Lorsqu'elles sont maîtrisées, pour un milieu d'exposition donné, ce milieu ne pose plus de problème de santé publique. Or, de façon habituelle voire obligatoire, l'air est inhalé - et nous inhalons l'air du lieu où nous nous trouvons, sans avoir d'autre choix - l'eau et les aliments sont ingérés pour assurer la survie des espèces : ces modes d'exposition correspondent à des usages habituels de ces milieux, auxquels on ne peut pas se soustraire, et pour lesquels les pouvoirs publics ont défini des critères d'utilisation permettant de minimiser les expositions de la population générale. Au contraire de l'air, de l'eau et des aliments, l'usage normal du sol n'est pas son ingestion, ni son inhalation : de ce fait, les pouvoirs publics ne réglementent pas l'usage du sol au même titre que les aliments ou l'eau que nous consommons, ou l'air que nous respirons.

Mais si l'ingestion ou l'inhalation du sol ne sont pas des modes d'exposition habituels des populations comparables aux aliments, à l'eau ou à l'air, ils ne sont pas négligés pour autant, et il n'est pas question de ne pas s'en préoccuper dans la démarche de gestion des sites et sols pollués. Du fait de l'absence de valeurs permettant d'en réglementer l'usage, l'approche à développer pour le compartiment sol est cependant différente de celle qui est mise en œuvre pour gérer les milieux pour lesquels on dispose de valeurs réglementant leur usage.

L'objet de ce guide est d'explicitier la démarche permettant de gérer le compartiment sol en l'absence de valeurs de gestion réglementaires.

1.2 Les dispositions prévues dans les textes

L'annexe 2 de la note ministérielle aux préfets du 8 février 2007 fait référence au recours à la comparaison aux milieux naturels : une terre ou une nappe est considérée comme non polluée, dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le fond géochimique (ou hydrogéochimique) naturel local (§3.3.4.2. p. 27)

Ainsi, de la même façon qu'une denrée alimentaire peut être consommée sans risque pour la population générale si elle satisfait aux exigences des critères de comestibilité retenus au niveau européen par les pouvoirs publics, un sol peut être considéré comme sans danger pour les populations lorsqu'il est conforme à son état naturel initial, ou lorsqu'il est conforme à l'état d'un sol dont il est admis que l'usage ne pose pas de problème particulier.

L'évaluation de l'état du compartiment sol peut par conséquent se faire par rapport à des états de référence comme l'état naturel du sol en général, ou celui des sols destinés à l'agriculture, par exemple. Ces états de référence n'existent pas tout fait : il s'agit de les construire et de les proposer en fonction du contexte local (nature du sol bien sûr, mais également finalité du plan de gestion ou nécessité de l'IEM). Des référentiels plus systématiques existent (bases de données) et peuvent être utilisés pour cela : s'ils n'ont pas pour vocation de se substituer à un état des lieux, ils peuvent par contre servir à démontrer la pertinence de l'état des lieux réalisé ou du référentiel proposé pour gérer le compartiment sol du site.

2 Les différentes bases de données sur les sols

Actuellement, on recense une dizaine de bases de données sur la qualité chimique des sols, d'échelles mondiale ou européenne, nationale ou locale.

L'annexe 1 à la fin du document récapitule les principales caractéristiques de ces bases.

2.1 Les bases de données d'échelles mondiale ou européenne

Ces bases consistent en une compilation de nombreuses données en provenance de différents pays. Elles permettent de replacer un sol dans un contexte global, qui nécessitera, dans certains cas, d'être précisé à la lumière des spécificités locales. Elles peuvent cependant constituer parfois un bon «tamis» pour aborder le compartiment sol, en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'un tamis à mailles larges.

2.2 Les bases de données d'échelles nationale ou régionale

Il s'agit de compilations de données issues de programmes nationaux de caractérisation des sols français. Ces programmes peuvent être systématiques (prélèvements d'échantillons selon un maillage systématique du territoire), ou thématiques (prélèvements destinés à caractériser des sols agricoles, des zones minières...). Ces bases de données, surtout utilisées en combinaison, sont généralement bien adaptées pour justifier de la pertinence du référentiel d'interprétation des données sur le sol que l'on constitue.

3 Mise en œuvre de différents référentiels

Un référentiel pour un sol est un élément de référence qui le caractérise, et dont on se sert pour mettre en perspective et pour interpréter des données obtenues lors des diagnostics. Les bases de données sur les sols pourraient représenter un tel référentiel, mais elles ne sont pas les seules, et surtout, sont souvent plus utilement invoquées pour valider la pertinence d'un référentiel spécifique au site proposé, que pour servir directement en tant que tel.

Différents référentiels spécifiques peuvent être proposés seuls ou en combinaison pour replacer les données relatives à un sol dans un contexte adapté à la géologie locale et à l'historique du site.

3.1 État initial de l'environnement

Tout d'abord, rappelons la description de l'état initial de l'environnement, requise par le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement dans son article 3 4°. Dans certains cas, et lorsqu'il est disponible, cet état initial de l'environnement peut fournir un référentiel tout à fait utilisable, en particulier dans le cadre de la remise en état d'une installation classée. Ce référentiel peut cependant ne pas être toujours adapté lorsqu'il y a changement d'usage. À noter également que la pertinence d'un état initial de l'environnement, lorsqu'il est réalisé ou lorsqu'il est invoqué, peut tout à fait s'évaluer à l'inverse par comparaison à des référentiels généraux adaptés au contexte dans lequel on se trouve.

3.2 Définition d'un état naturel de référence

Il s'agit là de définir ce qu'est l'état naturel des sols au niveau du site. En ANNEXE 2 de ce document figure un exemple illustrant le principe de la démarche décrite ci-après.

Des prélèvements dans les formations naturelles les plus proches du site permettent de réaliser une description des composants du sol, et une analyse des teneurs naturelles correspondant à cette formation.

Les formations naturelles doivent être décrites, car les seules teneurs ne sont pas suffisantes pour déterminer l'état naturel du sol. La description des constituants du sol local s'attachera à vérifier qu'il est bien constitué des éléments attendus, et, surtout, qu'il ne contient pas d'éléments étrangers tels que morceaux de briques, de ciment ou de remblai, qui ne permettraient pas de classer la terre correspondante comme une terre naturelle. On peut utilement s'appuyer sur les données de la carte géologique locale pour déterminer un plan d'échantillonnage, et vérifier les caractéristiques des formations naturelles.

Les analyses chimiques obtenues sur les prélèvements permettent, en complément de la description des échantillons, de proposer une composition type, représentative des terrains naturels. Cette composition type qui découle des analyses effectuées peut être mise en perspective, argumentée et validée par rapport à des référentiels existants dans les bases de données. Cette mise en perspective vise à s'assurer de la cohérence des valeurs obtenues avec les compositions naturelles connues, et, le cas échéant, en tenant compte d'éventuels particularismes locaux, comme

des anomalies liées à des zones minières. C'est pourquoi, on aura souvent intérêt à disposer de plusieurs types de données de référence, comme, par exemple, un référentiel caractérisant des sols français banals, complété, si nécessaire, par un référentiel caractérisant les sols de régions naturellement enrichies en métaux. A cet égard, le référentiel minier apportera d'utiles informations sur la nature et l'intensité des anomalies naturelles de certaines zones du territoire, et dont l'érosion a pu alimenter certains bassins sédimentaires.

3.3 Définition d'un état habituel de référence

Ce type de référentiel permet de replacer les données du diagnostic du sol par rapport aux caractéristiques et aux usages des terrains environnants. Ainsi, par exemple, il n'est pas toujours pertinent d'évaluer un site localisé au milieu d'une plateforme artificiellement remblayée par des remblais par rapport à l'état naturel des sols, si par ailleurs les usages qui seront retenus pour ce site sont les mêmes que ceux qui prévalent sur les autres sites, sans poser de problème.

La constitution de ce type de référentiel nécessite de réaliser des campagnes de prélèvement, d'analyse et de caractérisation des remblais qui constituent ce type de zone anthropisée.

4 Utilisation des bases de données disponibles

Comme évoqué précédemment, plusieurs bases de données sur les sols sont disponibles. Elles présentent un intérêt variable lorsqu'elles sont utilisées isolément, mais permettent d'apporter de véritables éléments de jugement lorsqu'elles sont utilisées en combinaison, pour évaluer la pertinence du référentiel local spécifique que l'on veut bâtir.

Il existe principalement deux types de bases de données : des bases de données géologiques et des bases de données pédologiques.

4.1 Les bases de données géologiques

Il s'agit de bases de données s'attachant à caractériser des formations géologiques : teneurs observées dans des roches volcaniques, des roches sableuses ou argileuses, des calcaires... Ces référentiels sont rarement directement utilisables seuls, mais sont précieux pour identifier et expliquer des comportements particuliers et raisonner sur les faciès. Ainsi, la dispersion de valeurs au sein d'une même formation sédimentaire, pourrait être reliée à des faciès plus argileux que d'autres (d'où l'intérêt de disposer également de descriptions des prélèvements). Cette argumentation peut être étayée en vérifiant, à l'aide d'un référentiel géologique que les formations argileuses concentrent effectivement plus certains éléments que des formations sableuses (Figure 1).

Ces données sont disponibles sous la forme d'une compilation de données internationales dans le document public BRGM/RP-50888-FR, (Barbier J., Piantone P. -2001 - Résidus de procédés thermiques : élaboration d'un référentiel).

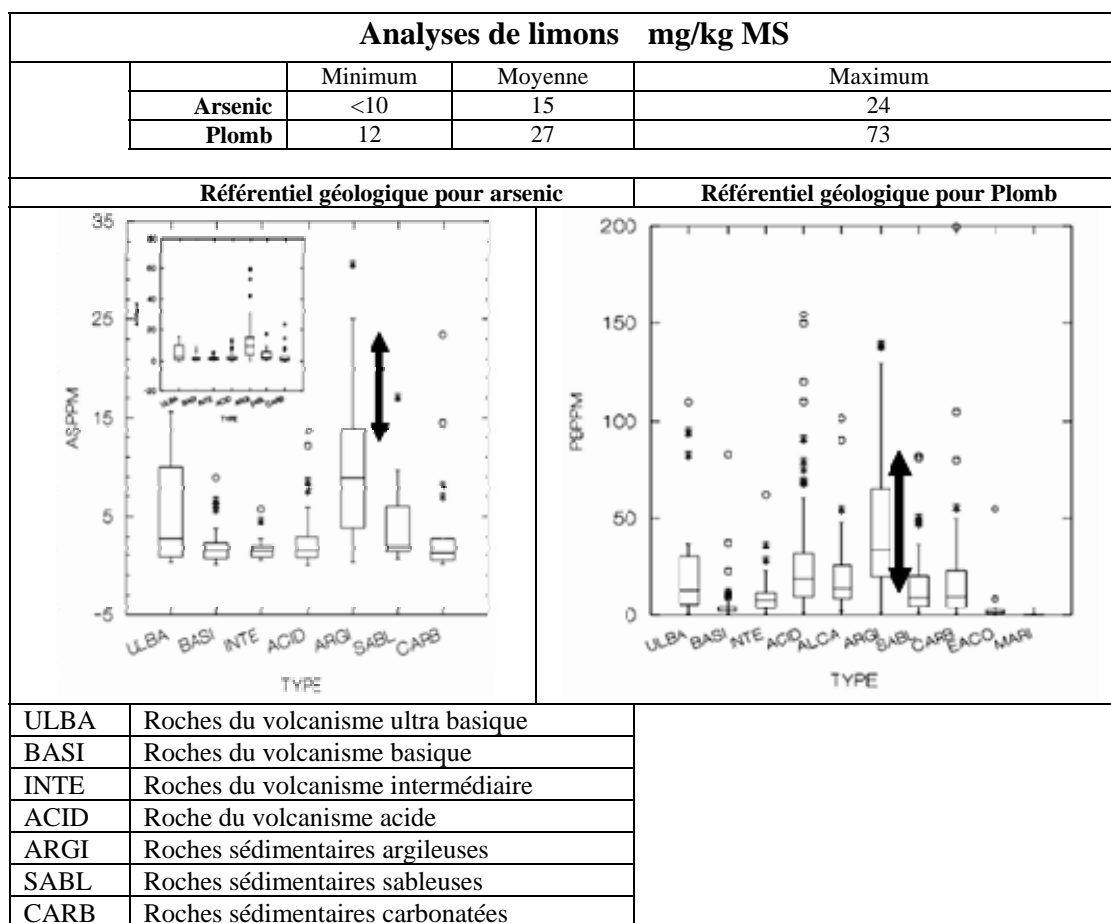


Figure 1 : Utilisation d'un référentiel géologique pour évaluer les teneurs en arsenic et en plomb mesurées dans des limons (roche sablo-argileuse)¹

L'exemple de la figure 1 permet de conclure que les prélèvements effectués localement dans les formations limoneuses montrent des teneurs tout à fait compatibles avec ce qui est attendu pour ce type de formations. Un référentiel local des limons pourrait être ainsi élaboré.

4.2 Bases de données pédologiques

Les bases de données pédologiques s'attachent à caractériser les sols de manière systématique, sans nécessairement faire de distinction par rapport à la nature géologique du substratum. Ces bases de données donnent une image qualitative et factuelle de la qualité des sols, mais leur utilisation peut être utilement complétée par l'utilisation d'un ou de plusieurs référentiels thématiques, comme le référentiel minier ou le référentiel des sols cultivés par exemple.

La figure 2 montre, pour le même cas d'exemple que pour la figure 1, que les terres analysées sont similaires à des terres tout à fait courantes en France. Les teneurs relativement élevées en arsenic dans ces limons correspondant à la limite supérieure des teneurs caractérisant les terres couramment rencontrées sur le territoire français et indiquent, soit qu'ils peuvent être légèrement contaminés par de l'arsenic, soit contenir des teneurs naturellement un peu plus élevées que dans

¹ Les teneurs sont représentées sur l'axe vertical en mg/kg, le type de formation sur l'axe horizontal

d'autres zones du territoire français. Le fait que, dans ce cas d'espèce, ces limons proviennent de zones réputées non anthropisées, et qu'ils sont issus de l'épandage de sédiments provenant d'une zone où des indices naturels d'arsenic sont connus (le cas échéant, le référentiel minier peut utilement être invoqué pour identifier ces zones), permet de proposer qu'il s'agit bien de teneurs naturelles caractéristiques de cette formation à cet endroit. L'annexe 2 de ce document détaille la démarche mise en œuvre pour définir un état de référence des formations naturelles locales d'un site, en s'appuyant sur les données de la base de données ASPITET de l'INRA.

Analyses de limons mg/kg MS			
	Minimum	Moyenne	Maximum
Arsenic	<10	15	24
Plomb	12	27	73

**Teneurs totales en élément traces dans les sols (France)
Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles**

Les gammes de valeurs présentées ci-dessous correspondent à divers horizons de sols, pas seulement les horizons de surface labourés. Les teneurs sont exprimées en mg/kg de "terre fine" (< 2 mm). Les numéros entre parenthèses renvoient à des types de sols effectivement analysés, succinctement décrits et localisés ci-dessous.

	gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries	gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
As	1,0 à 25,0	30 à 60 ⁽¹⁾	60 à 284 ⁽¹⁾
Cd	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	2,0 à 46,3 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾
Cr	10 à 90	90 à 150 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾	150 à 3180 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Co	2 à 23	23 à 90 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁸⁾	105 à 148 ⁽¹⁾
Cu	2 à 20	20 à 62 ⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾	65 à 160 ⁽⁸⁾
Hg	0,02 à 0,10	0,15 à 2,3	
Ni	2 à 60	60 à 130 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾	130 à 2076 ⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Pb	9 à 50	60 à 90 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	100 à 10180 ⁽¹⁾⁽³⁾
Se	0,10 à 0,70	0,8 à 2,0 ⁽⁶⁾	2,0 à 4,5 ⁽⁷⁾
Tl	0,10 à 1,7	2,5 à 4,4 ⁽¹⁾	7,0 à 55,0 ⁽¹⁾
Zn	10 à 100	100 à 250 ⁽¹⁾⁽²⁾	250 à 11426 ⁽¹⁾⁽³⁾

(1) zones de "métallotectes" à fortes minéralisations (à plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).
(2) sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).
(3) paléosols ferrallitiques du Poitou ("terres rouges").
(4) sols développés dans des "argiles à chailles" (Nièvre, Yonne, Indre).
(5) sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.
(6) "bornais" de la région de Poitiers (horizons profonds argileux).
(7) sols tropicaux de Guadeloupe.
(8) sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).
(9) matériaux d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre)

Figure 2 : Comparaison des analyses obtenues sur des limons avec les gammes de valeurs de sols naturels français²

² Données issues du programme ASPITET de l'INRA, <http://etm.orleans.inra.fr/>

5 Conclusion

L'absence de valeurs réglementaires de gestion pour les sols peut être compensée par l'utilisation d'états de référence locaux spécifiques à élaborer dans le cadre des diagnostics s'ils ne sont pas déjà disponibles. L'élaboration de tels référentiels n'impose pas nécessairement des travaux d'ampleur démesurée si elle est conduite de façon réfléchie et si elle s'appuie sur des référentiels plus généraux correctement choisis pour s'assurer de la cohérence des propositions faites par rapport à ce que l'on connaît des sols sur lesquels nous vivons.

Ces référentiels généraux n'ont pas pour vocation de se substituer en tant que tels à des valeurs de gestion, mais peuvent être utilement mis à contribution pour justifier la pertinence du ou des référentiels locaux que l'on est amené à élaborer.



ANNEXES

ANNEXE 1 : Tableau de synthèse des bases de données existantes sur les sols



NOM	n	Spécificités	Localisation	Georéférencement et couverture du territoire	Financement	Site WEB	Disponibilité
Base de données ETM	11 397	Image générale des concentrations actuelles en ETM des sols agricoles français - Analyses concernant les horizons de surfaces de sols agricoles susceptibles de recevoir des épandages de boues d'épuration urbaines	INRA/Orléans	Oui partiel, 75 % Forte. Référencement disponible S/C d'une convention	Fonds publics	http://gissol.orleans.inra.fr/programme/bdetm/bdetm.php	Oui sur demande.
RMQS	2 200	Bilans sur l'état des sols français avec retour sur une deuxième campagne dans 8 ans - 1700 sites à terme, surface et semi-profondeur (3400 échantillons) – mailles d'une grille de 16x16 km – 9 traces et 7 majeurs	INRA/Orléans	Oui précis GPS Totale. Référencement disponible S/C d'une convention	Fonds publics	http://www.gissol.fr/programme/rmqs/rmqs.php	Oui sur demande
ASPITET	2 984	Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces – Horizons de surface et profonds - 1200 sites et 1900 horizons analysés – 10 traces et 2 majeurs	INRA/Orléans	Oui 100%. Répartition géographique irrégulière	Fonds publics	http://etm.orleans.inra.fr	Paramètres statistiques élémentaires pas de données brutes
Inventaire Minier national	365 413	Prospection minière, sols et/ou sédiments sur réseau hydrographique	BRGM/Orléans	Oui couverture très partielle <20% du territoire, densité très variable	Fonds publics	http://infoterre.brgm.fr (choix couche ressources minérales)	Oui mais par l'intermédiaire d'un opérateur
RPG NPC	768	Référentiel pédo-géochimique du Nord-Pas-de-Calais – 267 sites et 768 horizons, surface et profondeur – 18 traces et 3 majeurs analysés – approche pédologique	INRA Arras et ISA Lille	Oui 100%	Fonds publics	http://www.arras.inra.fr/fichiers/Rapport_RPG.pdf	Non Rapport oui
Référentiel géochimique des sols autour des friches industrielles de Lorraine	189	Acquisition de références géochimiques dans le cadre de la requalification des friches industrielles de Lorraine	BRGM	Voir Rapport BRGM RR-33768-LOR 4S 91	Fonds publics & privés	Rapport BRGM RR-35007-LOR 4S 91 via www.brgm.fr	Non. Rapport oui
RENECOFOR ³	102	102 sites forestiers mais seulement avec un horizon de litière analysé et 11 sites avec analyses d'horizons de surface et de profondeur	ONF	Oui 100%	Fonds publics	http://www.onf.fr/pro/Renecofor	Non. Publication payante
Geochemical Atlas of Europe	564	Approche se voulant très intégrative, sédiments, sols, limons, échantillons pré-anthropiques	Service géologique finlandais	Oui	Fonds européens	http://www.gsf.fi/publ/foregsatlas	Oui
OQS - Observatoire de la qualité des sols	?	11 sites au total pour la France – Horizons de surface seulement (composite)	IFEN	Oui	Fonds publics	-	Non

Tableau 1 – Principales bases de données sur les Eléments Métalliques Traces dans les sols

³ REseau National de suivi à long terme des ECOsystèmes FORestiers

ANNEXE 2 : Illustration de la démarche appliquée au site XXX

A. Introduction

Un arrêté préfectoral fixe les modalités de réhabilitation du site XXX.

Les objectifs de réhabilitation doivent permettre de définir des critères de qualité des sols en fonction des usages auxquels on les destine, de façon à ne pas conduire à exposer les populations à des niveaux de risques résiduels anormaux.

L'analyse du bilan coût-avantage du plan de gestion a conduit à décaisser les remblais du site contaminés par des métaux lourds jusqu'à atteindre les horizons de terre naturelle. Pour s'assurer de l'atteinte des objectifs, il est donc nécessaire de s'assurer que les horizons atteints correspondent bien à des formations naturelles locales qu'il convient de caractériser au préalable.

B. Caractérisation des formations naturelles

Au niveau du site XXX, les terres naturelles correspondent à des limons sableux et à des graves limoneuses (Fy, Fy1 et Fz sur la carte géologique, cf. Figure 3). Les limons sont constitués ici de l'ensemble des particules minérales et organiques que les fleuves et rivières charrient et déposent au fond de leurs lits ou sur leurs rives, constituant un dépôt fin dont les particules ont quelques microns à quelques dizaines de microns de dimension.

Un limon sableux est une formation constituée du mélange de ces particules fines minérales et organiques déposées par les cours d'eau avec des sables. Les sables sont constitués d'un ensemble de grains provenant de la désagrégation de roches et dont moins de 35 % ont une taille inférieure à 80 µm. On distingue des sables « grossiers » (plus de 50 % entre 0,6 et 2 mm), des sables moyens (plus de 50 % entre 0,2 et 0,6 mm) et des sables fins ou sablons (plus de 50 % entre 0,08 et 0,2 mm).

Les graves sont des sols sédimentaires souvent récents composés d'un mélange de graviers de plus ou moins grosse taille. Les graves limoneuses sont par conséquent des terrains similaires aux précédents, contenant en plus des fragments plus grossiers de roche. Ce sont les proportions entre les quantités de matériel fin (parfois aussi désigné sous le terme « argile »), de sables et de graviers, qui permettent de faire la distinction entre des limons, des limons sableux des sables limoneux, des graves limoneuses, des graves sablo-limoneuses ...

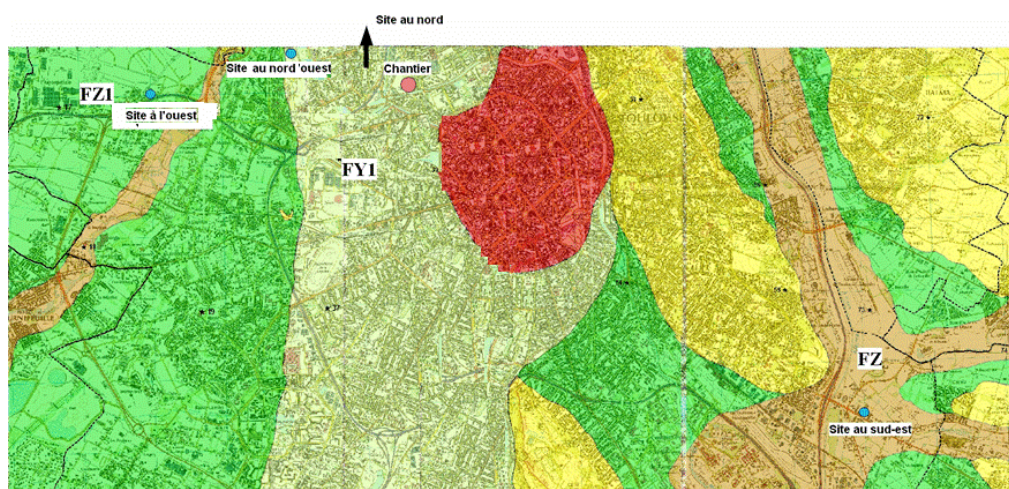


Figure 3 : Esquisse géologique des formations superficielles des environs de XXX



Les grains de sables et les graviers présents dans ces sols sont issus de la dégradation de roches naturelles provenant des reliefs (grès, granites, schistes...).

S'il y a présence d'autres éléments, comme des fragments de briques, de béton, de scories ou résidus de bitume, on ne peut pas considérer ces matériaux comme des matériaux naturels. Une terre ne pourra être considérée comme une terre naturelle que dans la mesure où on s'est assuré de l'absence d'éléments étrangers dans sa composition.

C. Niveau de contamination des terres

Lorsqu'on a affaire à un sol naturel, c'est-à-dire sans éléments étrangers, et correspondant à la définition de limons, de graves ou d'intermédiaires entre les limons et les graves, il convient de s'assurer que ce matériel n'est pas contaminé par les métaux lourds qui ont été identifiés sur le site.

Pour cela, il faut mesurer les concentrations pour ces métaux lourds, et les comparer à celles que l'on mesure dans des échantillons non contaminés de limons, de graves ou de matériel intermédiaire entre graves et limons, qui peuvent être échantillonnés dans les environs du site d'étude. On s'assurera de l'absence de résidus bitumeux en vérifiant les teneurs en HAP totaux (les 16 HAP considérés comme représentatifs de la liste de l'US-EPA).

Analyse des formations naturelles

Des formations naturelles allant des limons à des graves sablo-limoneuses (Fy et Fy1 et Fz) ont été prélevés par un bureau d'études dans des sites naturels non concernés par les activités du site .

L'analyse de ces formations montre que les métaux lourds repris dans l'arrêté préfectoral se répartissent de la façon suivante :

Sols à dominante limoneuse et sableuse (10 analyses) :

	Fond géochimique – « limons »		
mg/kg MS	Minimum	Moyenne	Maximum
Arsenic	<10	15	24
Cadmium	<0,40	<0,40	0,46
Chrome	15	21	31
Plomb	12	27	73
Cuivre	14	34	150
Nickel	12	19	31
Zinc	43	65	110

Sols à dominante graveleuse (10 analyses) :

	Fond géochimique – « graves »		
mg/kg MS	Minimum	Moyenne	Maximum
Arsenic	10	19	58
Cadmium	<0,40	<0,40	0,40
Chrome	13	23	40
Plomb	13	23	25
Cuivre	9,1	32	38
Nickel	12	19	31
Zinc	35	68	94

Ces tableaux indiquent une assez bonne concordance entre les résultats obtenus sur les matériaux de type « limons » et sur les matériaux de type « graves », matériaux provenant de zones d'érosion similaires.

Toutefois, si pour l'arsenic la valeur moyenne dans les limons est à peu près à égale distance des extrêmes, il n'en est pas de même pour les « graves », pour lesquelles la distribution montre une distorsion. La valeur maximale semble être isolée du cortège des valeurs de concentration habituelles de l'arsenic. Cette valeur maximale peut difficilement être regardée comme une valeur caractéristique de ce type de formation, même si, localement, des enrichissements relatifs en arsenic peuvent s'expliquer par la provenance de matériel détritique initial, naturellement enrichi en cet élément. Il semble raisonnable de considérer comme des teneurs habituelles normales de ce type de formation pour l'arsenic des teneurs entre 10 et 25 mg/kg MS.

Pour des raisons similaires, on peut limiter les teneurs naturelles habituelles en plomb entre 12 et 30 mg/kg MS, et considérer que le maximum de 73 mg/kg MS mesuré dans le faciès de type « limons » représente un état rencontré moins fréquemment.

On peut ainsi proposer de définir des critères génériques, permettant de fixer par avance les gammes de concentrations correspondant à un état habituel des formations superficielles de la région pour les éléments repris dans l'arrêté préfectoral :

mg/kg MS	Sol naturel (Valeurs repères)
Arsenic	25
Cadmium	0,5
Chrome	40
Plomb	30
Cuivre	40
Nickel	31
Zinc	110
HAP totaux (16 de la liste de l'US EPA)	50 (valeur limite)

Ainsi, un sol naturel pourrait être défini comme :

- une composition minéralogique correspondant à un mélange d'argiles, de sables et de graviers, à l'exception d'éléments étrangers comme des briques, du béton, des scories ou des goudrons,
- et dont les teneurs en arsenic, cadmium, chrome, plomb, cuivre, nickel et zinc respectent les intervalles de concentration définissant un état habituel des formations naturelles de surface de la zone d'étude, et se répartissent autour des valeurs repère définies ci-dessus.

Il appartient alors au maître d'ouvrage de produire tous les éléments tangibles permettant de définir sans ambiguïté les critères correspondant aux matériaux naturels de la zone traitée.



Pour ce faire, la dernière note du bureau d'études, synthétise l'ensemble des données analytiques disponibles, et propose les critères suivants caractérisant une terre naturelle :

	Valeur repère	Formation naturelle
Arsenic, As	25,0	Entre 15 et 27
Cadmium, Cd	0,5	Entre 0,5 et 0,7
Chrome total, Cr	40,0	Entre 50 et 72
Cuivre, Cu	40,0	Entre 20 et 40 (anomalies possibles : 15 et 65)
Nickel Ni	31,0	Entre 20 et 40
Plomb, Pb	30,0	Entre 20 et 40 (anomalies possibles : 15 et 72 avec concentrations pouvant aller jusqu'à 170)
Zinc, Zn	110,0	Entre 90 et 120 (anomalie possible : 180)
HAP totaux, EPA (16)	50 (valeur limite)	50 (valeur limite)
HCT		500 (valeur limite)

Critères analytiques proposés pour caractériser les terres naturelles locales

Les gammes de concentrations proposées par le bureau d'études sont globalement cohérentes avec les données dont on dispose sur les terres naturelles (cf. données INRA dans le tableau ci-dessous) :

mg/kg MS <2mm	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
As	1,0 à 25,0	30 à 60 ⁽¹⁾	60 à 284 ⁽¹⁾
Cd	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	2,0 à 46,3 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾
Cr	10 à 90	90 à 150 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾	150 à 3180 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Co	2 à 23	23 à 90 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁸⁾	105 à 148 ⁽¹⁾
Cu	2 à 20	20 à 62 ⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾	65 à 160 ⁽⁸⁾
Hg	0,02 à 0,10	0,15 à 2,3	
Ni	2 à 60	60 à 130 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾	130 à 2076 ⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Pb	9 à 50	60 à 90 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	100 à 10180 ⁽¹⁾⁽³⁾
Se	0,10 à 0,70	0,8 à 2,0 ⁽⁶⁾	2,0 à 4,5 ⁽⁷⁾
Tl	0,10 à 1,7	2,5 à 4,4 ⁽¹⁾	7,0 à 55,0 ⁽¹⁾
Zn	10 à 100	100 à 250 ⁽¹⁾⁽²⁾	250 à 11426 ⁽¹⁾⁽³⁾
⁽¹⁾ zones de "métallotectes" à fortes minéralisations (à plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).			
⁽²⁾ sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).			
⁽³⁾ paléosols ferrallitiques du Poitou ("terres rouges").			
⁽⁴⁾ sols développés dans des "argiles à chailles" (Nièvre, Yonne, Indre).			
⁽⁵⁾ sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.			
⁽⁶⁾ "bornais" de la région de Poitiers (horizons profonds argileux).			
⁽⁷⁾ sols tropicaux de Guadeloupe.			
⁽⁸⁾ sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).			
⁽⁹⁾ matériaux d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre)			
			INRA, 2004

Cependant, pour que ces gammes de concentrations s'appliquent effectivement à des terres naturelles locales, il faut en exclure les valeurs anormales pour le plomb (170 mg/kg représentent une anomalie difficilement explicable pour la

région, et, en tout cas, pas caractéristique des teneurs en plomb dans cette région). Ces terres devraient donc plutôt être considérées comme des terres inertes pouvant être réutilisées sans conduire à des expositions résiduelles excédant celle des terres naturelles, si elles respectent les critères de l'arrêté préfectoral, plutôt que comme des terres naturelles caractéristiques de la région d'étude.

Ainsi, c'est le tableau suivant qui définit les caractéristiques chimiques d'une terre naturelle, et qui est utilisé pour contrôler que les formations atteinte après enlèvement des remblais correspondent bien à des formations naturelles locales :

	Sol naturel moyen	Gamme de concentration
mg/kg MS	(Valeur repère)	Terres naturelles
Arsenic	25	15 à 30
Cadmium	0,5	0,2 à 0,7
Chrome	40	35 à 80
Plomb	30	15 à 80
Cuivre	40	10 à 70
Nickel	31	15 à 40
Zinc	110	40 à 180
HAP totaux (16 de la liste de l'US EPA)	50 (valeur limite)	50
HCT		500

Ce référentiel, complété par la description des terres permettant de s'assurer de l'absence d'éléments étrangers aux constituants naturels du sol, représente une référence locale des sols tout à fait satisfaisante, pour déterminer les caractéristiques d'une terre saine.

