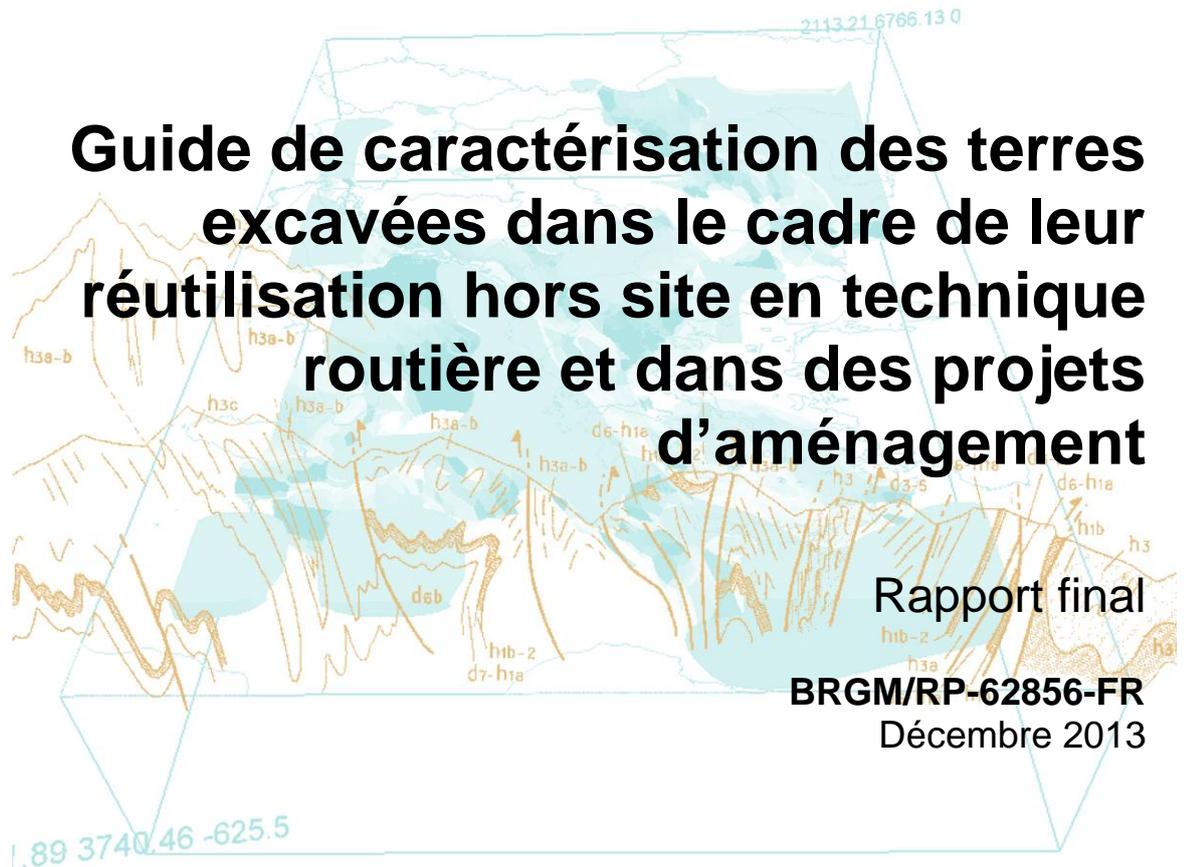




Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site en technique routière et dans des projets d'aménagement



Rapport final
BRGM/RP-62856-FR
Décembre 2013



Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site en technique routière et dans des projets d'aménagement

Rapport final

BRGM/RP-62856-FR

Décembre 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques
publiques du BRGM – subvention 2013 n°2100991812

S. Coussy

Avec la collaboration de

L. Rouvreau, C. Blanc, M. Scamps, J. Windholtz

Vérificateur :

Nom :

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom :

Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Le présent guide relatif à la caractérisation dans le cadre de la réutilisation hors site des terres excavées dans des projets d'aménagement et en technique routière a été élaboré en concertation avec les Groupes de Travail Technique, Juridique et Plénier composés de :

- ADEME,
- AFEP,
- AFTRP,
- BRGM,
- CETE IDF,
- Communauté Urbaine du Grand Lyon,
- FFA,
- FNTP,
- INERIS,
- MEDDE,
- UCIE,
- UIC,
- UNED,
- UNICEM,
- UNPG,
- UPDS,
- USIRF.

Mots clés : terres excavées, réutilisation, caractérisation, échantillonnage

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Coussy S. avec la participation de L.Rouvreau, C.Blanc, M.Scamps et J.Windholtz – (2013) - Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site en technique routière et dans des projets d'aménagement.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Avertissement

Le document propose des éléments techniques en complément du guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement (document BRGM référencé RP-60013).

Il s'applique donc uniquement à la caractérisation des terres excavées destinées à être réutilisées, ainsi qu'à celle des zones de réutilisation potentielles sur site receveur.

Toute autre utilisation de ce guide (échantillonnage et caractérisation de sols pour un plan de gestion ou une interprétation de l'état des milieux (IEM), etc.) serait abusive et erronée.

Sommaire

1. Objectifs et limites du guide.....	10
1.1. RAPPELS.....	10
1.2. OBJET	12
1.3. CHAMP D'APPLICATION ET LIMITES DU GUIDE	13
1.4. REFERENCES NORMATIVES	14
2. Représentativité des échantillons et traitement statistique des données	17
2.1. REPRESENTATIVITE DES ECHANTILLONS.....	17
2.1.1. Modalités générales de prélèvement.....	17
2.1.2. Modalités spécifiques de prélèvement.....	18
2.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES ET VALEURS RETENUES POUR LA CARACTERISATION.....	18
2.2.1. Caractérisation des terres excavées (<i>in situ</i> ou lots de terres excavées)	18
2.2.2. Caractérisation de la zone de réutilisation	19
3. Stratégies d'échantillonnage pour chaque étape de la démarche de réutilisation des terres excavées	21
3.1. CARACTERISATION DES TERRES <i>IN SITU</i> (AVANT EXCAVATION).....	21
3.1.1. Contexte et objectifs.....	21
3.1.2. Moyens et méthodes.....	22
3.2. CARACTERISATION DES LOTS DE TERRES (EXCAVEES ET STOCKEES SUR SITE)	26
3.3. CARACTERISATION DE LA ZONE DE REUTILISATION DES TERRES	31
3.3.1. Objectifs	31
3.3.2. Détermination de l'état de la zone de réutilisation	32
3.3.3. Caractérisation du contexte hydrogéologique, du milieu aquatique et de leurs usages (critère 2).....	33
3.3.4. Caractérisation relative à l'outil de calcul de risques sanitaires (critère 3)	36
4. Conclusions	37
5. Acronymes	39

6. Bibliographie 41

Liste des figures

Figure 1 : Procédures d'identification des filières de gestion hors site des terres excavées (guide BRGM RP-60013). 11

Figure 2 : Schéma des principes de réutilisation hors site des terres excavées (guide BRGM RP-60013)..... 12

Figure 3 : Place de l'échantillonnage et de la caractérisation en conditions de chantier 14

Figure 4: Position de la caractérisation in situ des terres dans la démarche. 22

Figure 5 : Exemple schématique d'échantillonnage sur site producteur..... 25

Figure 6 : Détail en coupe de la lithologie du site au niveau de la zone de remblai. 25

Figure 7 : Position de la caractérisation des lots de terres excavées dans la démarche. 26

Figure 8 : Echantillonnage d'un lot de terres excavées. A : vue de l'andain sur sa longueur ; B : vue de l'andain sur sa largeur. 30

Figure 9 : Position de la caractérisation de la zone de réutilisation des terres dans la démarche. 31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Espacement des mailles en fonction de la nature des sols. 23

Tableau 2 : Nombre d'échantillons à prélever en fonction du volume des lots de terres pour des lots de qualité similaire. 29

Tableau 3 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur la zone de réutilisation..... 34

Tableau 4 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur les terres d'apport..... 35

Tableau 5 : Paramètres à mesurer pour alimenter l'outil de calcul de risques sanitaires. 36

Liste des annexes

Annexe 1 Comparaison des techniques de screening en fonction des polluants recherchés et des paramètres des terres..... 43

Préambule

Les chantiers de reconversion de sites pollués se traduisent fréquemment par l'excavation d'une quantité importante de terres, liée aux terrassements nécessaires au projet d'aménagement. Ne pouvant pas toujours être gérées sur site, nombre de ces terres sont évacuées hors site, générant d'une part, des coûts importants qui peuvent influencer de manière significative sur l'équilibre économique du projet de réhabilitation et d'autre part, des volumes conséquents de matériaux à éliminer selon la législation en vigueur sur les déchets.

Le cadre réglementaire fixé par les lois Grenelle I et II a notamment fixé pour objectif la réduction de la production de déchets tout en favorisant leur valorisation et leur recyclage. Aussi, les bonnes pratiques en matière de gestion et de réutilisation durable des terres excavées ont été proposées dans le guide « de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement » (BRGM RP-60013), paru en avril 2012. La démarche proposée expose les modalités techniques à mettre en œuvre pour réutiliser des terres dans des projets d'aménagement et en techniques routières dans des conditions garantissant la protection de la santé humaine et de l'environnement. Dans ce cadre, des outils techniques ont été développés pour évaluer si la réutilisation des terres affecte la qualité de la ressource en eau (outil HYDROTEX), et pour évaluer le risque sanitaire (outil de calcul de risques sanitaires). La traçabilité de ces projets valorisant des terres est assurée par l'application internet TERRASS (<http://terrass.brgm.fr/>). Cette application permet en outre de mettre en relation les producteurs et les receveurs pour développer la valorisation des terres excavées.

Pour la mise en œuvre de ces outils selon les règles de l'art, il est nécessaire en complément d'adopter un cadre pour caractériser les terres excavées sur le site producteur ainsi que la zone de réutilisation des terres excavées sur le site receveur.

Le MEDDE a donc confié au BRGM l'animation d'un groupe de travail chargé de proposer, au travers d'une démarche pragmatique en lien avec le guide de réutilisation des terres excavées, une méthodologie de caractérisation utilisable par tous les acteurs de la filière.

Le présent « guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site dans des projets d'aménagement ou en technique routière » est le résultat de ce groupe de travail.

Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Ces termes sont pour la plupart issus de la norme ISO 11074 de 2006.

Echantillon : Partie du matériau du sol choisi dans une quantité de matériau plus grande.

Echantillon composite : Echantillons — discrets ou continus — obtenus en mélangeant au moins deux prélèvements élémentaires ou sous-échantillons, en proportions appropriées (échantillon composite mélangé) et qui permettent de déterminer le résultat moyen d'une caractéristique recherchée.

Echantillon pour laboratoire : Echantillon destiné à être utilisé pour un contrôle ou pour des essais en laboratoire.

Echantillon unitaire : Unité d'échantillonnage prélevée d'un dispositif d'échantillonnage en une seule opération et conservée et traitée indépendamment des autres.

Echantillonnage : Processus de prélèvement ou de constitution d'un échantillon.

Pour les besoins de l'étude des sols, le terme "échantillonnage" s'applique également au choix des emplacements auxquels des essais *in situ* sont effectués sur le terrain sans enlèvement de matériau.

Echantillonnage sur avis d'expert : Echantillonnage utilisant des méthodes identifiées par accord préalable avec toutes les parties concernées, sans échantillonnage conformément à l'échantillonnage probabiliste. Les emplacements d'échantillonnage sont choisis selon l'avis d'un expert.

Hétérogène : Entité dont les propriétés sont variables d'un point à l'autre lorsqu'elles sont analysées à une échelle adaptée à la tâche à exécuter.

Homogène : Entité ayant les mêmes propriétés en tous points, lorsqu'elles sont analysées à une échelle adaptée à la tâche à exécuter.

Plan d'échantillonnage : Procédure déterminée à l'avance pour sélectionner, prendre, traiter au préalable sur le site, conserver, transporter et préparer les quantités prélevées dans une population, pour constituer un échantillon.

Plan de gestion : Démarche de gestion devant permettre aux pouvoirs publics de juger de la pertinence des scénarios de gestion envisagés sur un site pollué lorsque la situation permet d'agir aussi bien sur l'état du site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés.

Prélèvement élémentaire : Unité d'échantillonnage prélevée en une seule opération d'un dispositif d'échantillonnage et utilisée pour constituer un échantillon composite.

Un échantillon est défini comme le prélèvement unique par un dispositif d'échantillonnage d'une quantité individuelle de matériau et son analyse en tant qu'unité individuelle.

Procédure d'échantillonnage : Exigences et/ou instructions opérationnelles concernant la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage particulier.

Remblai : Volume de matériaux mis en place par apport ou dépôt. Par extension appellation des matériaux formant ce volume.

Spot de pollution : Zone circonscrite lors du diagnostic et composée de matériaux qui, s'ils sont excavés, ne peuvent pas être réutilisés en l'état, et nécessitent un traitement ou une évacuation en ISDND ou ISDD.

Stratégie d'échantillonnage : Décisions prises concernant les types d'échantillons à obtenir, les emplacements d'échantillonnage, la méthode de manipulation des échantillons, etc.

Substance : Tout élément chimique ou composé chimique.

1. Objectifs et limites du guide

1.1. RAPPELS

Pour valoriser des terres excavées hors site dans des conditions acceptables pour la santé et l'environnement, il est nécessaire conformément au guide « de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement » (BRGM RP-60013) de respecter trois critères cumulatifs et indépendants :

- **critère 1** : la qualité des sols de la zone de réutilisation sur le site receveur est maintenue ;
- **critère 2** : la préservation de la ressource en eau et des écosystèmes présents au droit du site receveur (zone de réutilisation des terres) est assurée ;
- **critère 3** : les terres excavées sont compatibles avec l'usage futur du site receveur (uniquement dans le cadre des projets d'aménagement).

Il convient dans le cadre de la démarche de caractériser les terres excavées du site producteur lors de la phase d'identification des filières (cf. Figure 1), ainsi que la zone de réutilisation sur le site receveur lors de la phase de validation de la démarche (cf. Figure 2).

Cette caractérisation permet d'identifier les filières de gestion pour les terres excavées du site producteur et d'établir la faisabilité ou non de la réutilisation de ces terres sur la zone de réutilisation du site receveur envisagé.

La caractérisation des terres excavées ne doit pas se limiter aux seules substances pour lesquelles des valeurs seuils de réutilisation ont été définies dans le guide « de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement » (BRGM RP-60013). Cette caractérisation doit être adaptée au cas par cas en fonction des éléments qui sont susceptibles d'être présents dans les terres excavées du site producteur.

L'identification des polluants potentiellement présents est réalisée lors de l'étude historique et documentaire de la prestation « LEVE » telle que définie dans la norme X-31-620-2 ou du diagnostic qui a été mené sur le site producteur.

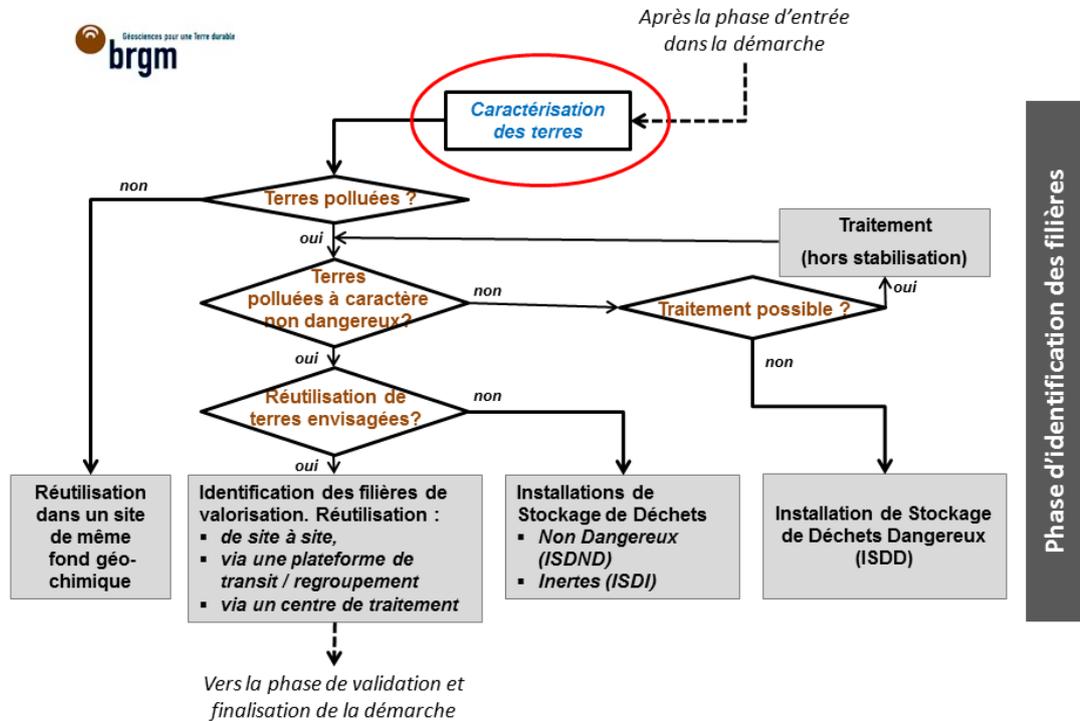


Figure 1 : Procédures d'identification des filières de gestion hors site des terres excavées (guide BRGM RP-60013).

Sur le site receveur, afin de maintenir la qualité des sols de la zone de réutilisation des terres (critère 1), il est nécessaire de définir l'état de la zone de réutilisation par des analyses et investigations.

Il est recommandé que les prestations telles que définies dans la norme de service NF X-31-620 soient réalisées par des organismes certifiés LNE ou équivalent.

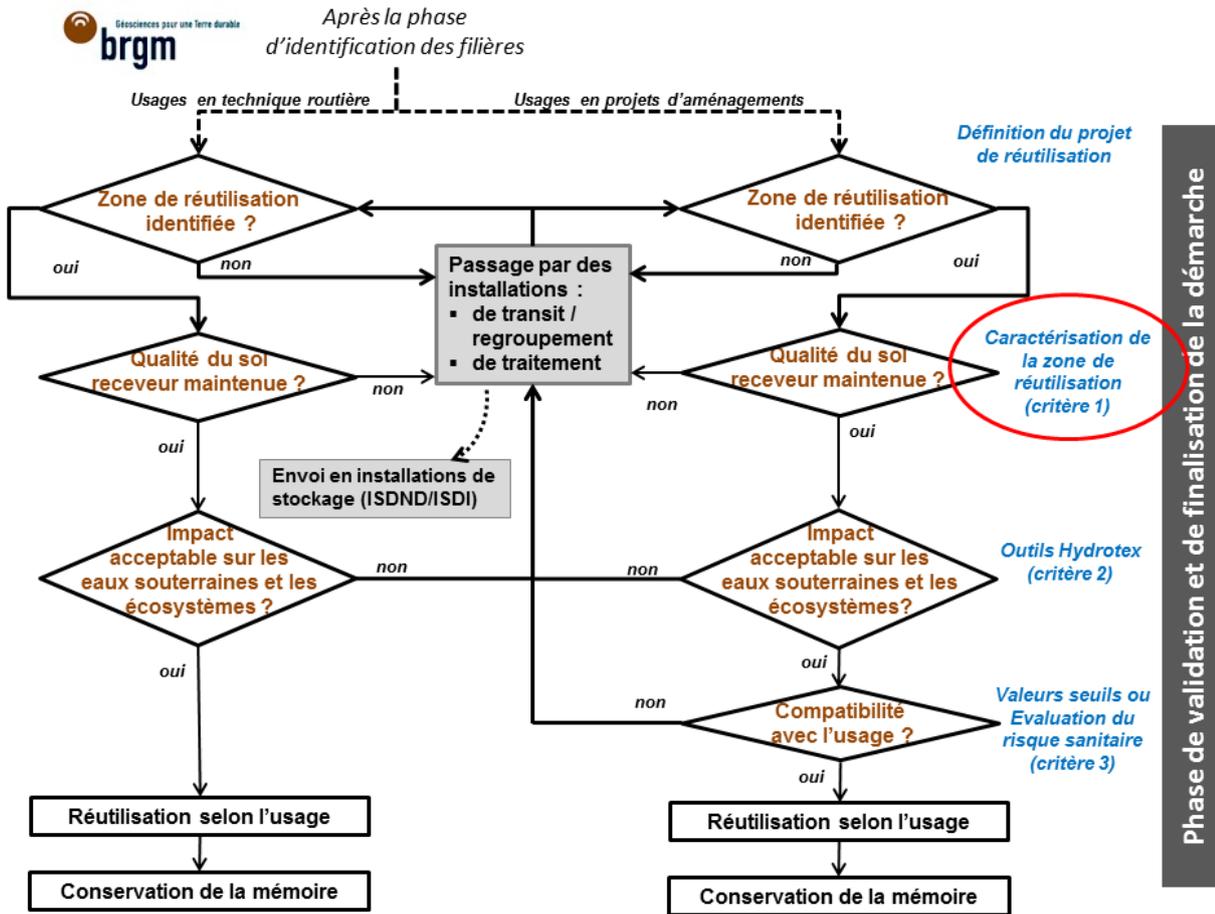


Figure 2 : Schéma des principes de réutilisation hors site des terres excavées (guide BRGM RP-60013)

1.2. OBJET

Le guide qui vous est présenté expose les règles de l'art et les modalités nécessaires pour mener à bien la caractérisation des sols requise dans le cadre de la méthodologie de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement. Les modalités précisées dans le guide portent notamment sur les stratégies d'échantillonnage applicables au regard des situations rencontrées sur le terrain.

1.3. CHAMP D'APPLICATION ET LIMITES DU GUIDE

Les dispositions du guide s'appliquent dès lors qu'il s'avère (suite à la réalisation de la prestation LEVE) que les sites producteurs de terres excavées relèvent de la méthodologie nationale des sites et sols pollués définie dans la note ministérielle du 8 février 2007, et que les terres excavées sont valorisées selon la méthodologie de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière ou dans des projets d'aménagement.

Le présent guide s'applique à la caractérisation :

- des sites producteurs ;
- des lots de terres excavées provenant des sites producteurs ;
- des zones de réutilisation potentielles sur les sites receveurs envisagés.

Les grandes étapes de caractérisation en conditions de chantier sont résumées dans la figure 3.

Le périmètre analytique (préparation des échantillons en laboratoire, méthodes d'analyse utilisées et interprétation des résultats) est exclu du guide.

La caractérisation des terres proposée par le guide porte uniquement sur les aspects physico-chimiques. Les aspects géotechniques sont exclus du guide.

Nota : En complément de la caractérisation physico-chimique proposée par ce guide, des essais de caractérisation géotechniques sont communément mis en œuvre lors des travaux d'aménagement ou en technique routière, conformément aux règlements et aux normes applicables aux domaines du bâtiment et des travaux publics pour la bonne réalisation des travaux envisagés.

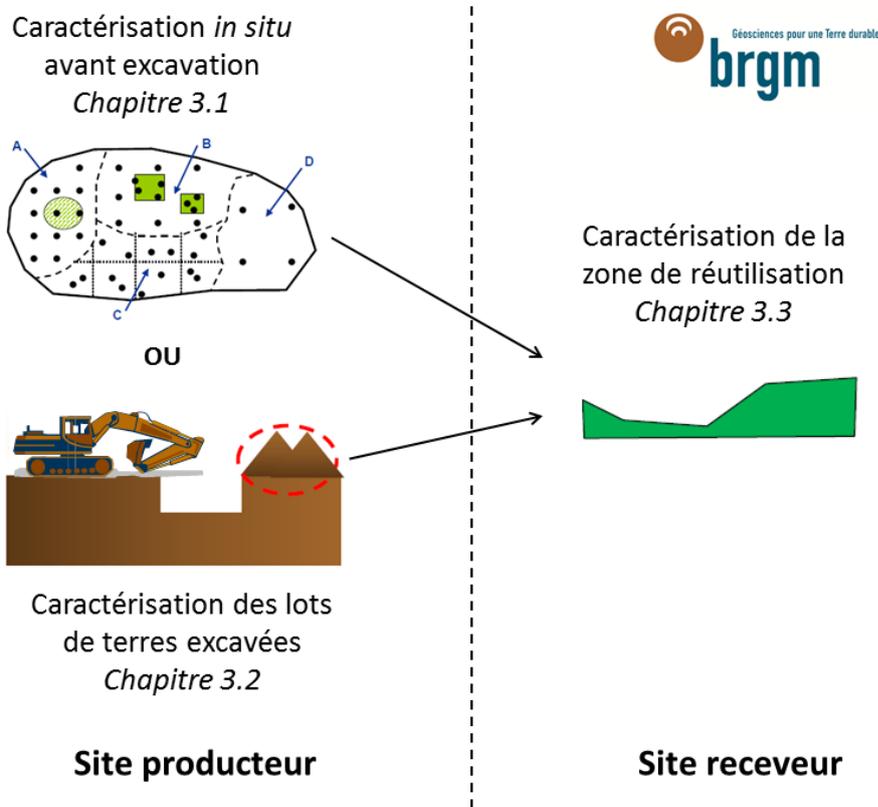


Figure 3 : Place de l'échantillonnage et de la caractérisation en conditions de chantier

1.4. REFERENCES NORMATIVES

Les étapes de caractérisation correspondent à plusieurs prestations élémentaires de la norme de service X31-620-2 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 2 : exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle ». Elles font intervenir les prestations A200 : « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols » pour la caractérisation des terres en place sur le site producteur, et A260 : « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées » pour la caractérisation des lots de terres excavées. La caractérisation de la zone de réutilisation sur le site receveur rentre dans le cadre des prestations A200 et A210 : « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols et les eaux souterraines ».

Le lecteur pourra utilement se référer aux documents normatifs cités en bibliographie (paragraphe 6).

Nota : La plupart de ces normes sont actuellement en cours de révision, et sont donc vouées à évoluer.

2. Représentativité des échantillons et traitement statistique des données

La représentativité de l'échantillonnage dépend :

- des stratégies d'échantillonnage. Les stratégies d'échantillonnage sont spécifiques aux cas de figures envisagés (échantillonnage *in situ* sur site producteur, échantillonnage des lots de terres excavées ou échantillonnage sur la zone de réutilisation). Ces stratégies sont explicitées au cas par cas dans le paragraphe 3.
- des procédures d'échantillonnage (nombre ou fréquence de mesures, d'observations et de prélèvements, techniques employées). Les procédures d'échantillonnage et le traitement des résultats obtenus sont similaires dans tous les cas de figure rencontrés. Ils sont développés dans les paragraphes suivants.

2.1. REPRESENTATIVITE DES ECHANTILLONS

Quels que soient les cas de figures, garantir la représentativité des échantillons prélevés est primordial dans le sens où la caractérisation des terres passe par la fiabilité des données recueillies.

Nota : L'application des normes existantes relatives à l'échantillonnage (ISO 10381, 8 documents) en particulier la norme ISO 10381-5 de 2005 permet de garantir la représentativité des échantillons.

2.1.1. Modalités générales de prélèvement

Lors de chaque prélèvement, **la fraction grossière est écartée** car les substances recherchées sont en général très peu associées à cette fraction. Cependant, dans le cas où des indices de pollutions sont relevés au niveau de la fraction grossière, des mesures spécifiques doivent être mises en œuvre (lavage et/ou broyage des particules grossières). Par contre, les éléments grossiers ne doivent pas être intentionnellement morcelés et entrer dans la constitution des échantillons (fraction fine) car cela pourrait entraîner une dilution de la contamination.

2.1.2. Modalités spécifiques de prélèvement

La quantité d'échantillons à envoyer pour analyse au laboratoire dépend :

- De la nature du matériau et des polluants attendus ;
- De la nature et du nombre d'analyses et d'essais à réaliser. Préalablement à la campagne d'échantillonnage, l'opérateur se met en relation avec le laboratoire d'analyse et évalue la quantité minimale requise pour pouvoir réaliser les analyses souhaitées ;
- De la nécessité ou non de réaliser des duplicats ou triplicats à réserver, en prenant en considération le temps de conservation des échantillons, notamment en cas de présence de composés volatils.

2.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES ET VALEURS RETENUES POUR LA CARACTERISATION

Après l'analyse en laboratoire des échantillons de terres excavées ou des échantillons provenant de la zone de réutilisation, un traitement statistique des données, substance par substance, est réalisé. Les données résultantes de ce traitement statistique sont enregistrées dans l'application TERRASS.

2.2.1. Caractérisation des terres excavées (*in situ* ou lots de terres excavées)

Pour un nombre d'échantillons inférieur à 20, la **valeur maximale** des concentrations mesurées sur l'ensemble des échantillons pour chacune des substances est retenue pour caractériser les terres excavées (caractérisation réalisée *in situ* sur le site producteur, ou au niveau des lots de terres excavées).

Pour un nombre d'échantillons supérieur ou égal à 20, la valeur retenue est celle du **90^e percentile**.

Nota : Enregistrement dans l'application TERRASS

Lors de la saisie des résultats analytiques caractérisant les offres de terres (OTR), ce sont bien les concentrations maximales mesurées sur l'ensemble des échantillons, substance par substance, ou bien la valeur du 90^e percentile, qui sont enregistrées. La version Bourse de l'application permettra l'enregistrement de plusieurs déclarations d'analyses. Pour évaluer la compatibilité avec une zone de réutilisation, la règle de gestion consistera à considérer la dernière déclaration effectuée (qui sera celle la plus complète).

2.2.2. Caractérisation de la zone de réutilisation

Le nombre minimal d'échantillons requis pour caractériser une zone de réutilisation est de 8, soit *a minima* 4 sondages (voir paragraphe 3.3).

Les valeurs retenues sont les **médianes** des concentrations mesurées sur les échantillons de la zone de réutilisation. Les médianes sont peu sensibles aux valeurs extrêmes et/ou aberrantes qui peuvent être rencontrées sur une importante population d'échantillons.

Nota : Enregistrement dans l'application TERRASS

Lors de la saisie des résultats analytiques caractérisant les demandes de terres (DTR) pour les zones de réutilisation, ce sont bien les concentrations médianes mesurées sur l'ensemble des échantillons, substance par substance, qui sont enregistrées. La version Bourse de l'application permettra l'enregistrement de plusieurs déclarations d'analyses. Pour évaluer la compatibilité avec un lot de terres excavées, la règle de gestion consistera à considérer la dernière déclaration effectuée (qui sera celle la plus complète).

3. Stratégies d'échantillonnage pour chaque étape de la démarche de réutilisation des terres excavées

Sur les sites producteurs de terres excavées, la caractérisation est mise en place soit *in situ* au niveau du site producteur (cf. paragraphe 3.1), soit sur les lots de terres excavées (cf. paragraphe 3.2). Les deux modes de caractérisation peuvent être réalisés en parallèle. Lorsque la caractérisation n'a lieu qu'*in situ* sur le site producteur, un maillage plus fin que celui proposé en paragraphe 3.1 pourra être employé en cas de nécessité.

3.1. CARACTERISATION DES TERRES *IN SITU* (AVANT EXCAVATION)

3.1.1. Contexte et objectifs

Sur les sites producteurs de terres excavées, la caractérisation des spots de pollution et de leur extension doit préalablement avoir été réalisée dans le cadre de la méthodologie sites et sols pollués de 2007 (démarche distincte du guide). L'objectif est ici de préciser la caractérisation des terres potentiellement réutilisables, afin de :

- compléter et préciser les résultats des caractérisations antérieures ;
- définir un plan de terrassement ;
- caractériser l'ensemble d'une zone à excaver et non seulement la zone polluée.

Cette caractérisation complémentaire (cf. Figure 4) doit permettre d'affiner les volumes de matériaux par catégorie homogène et de démontrer la représentativité du plan d'échantillonnage dans la perspective du projet de réutilisation.

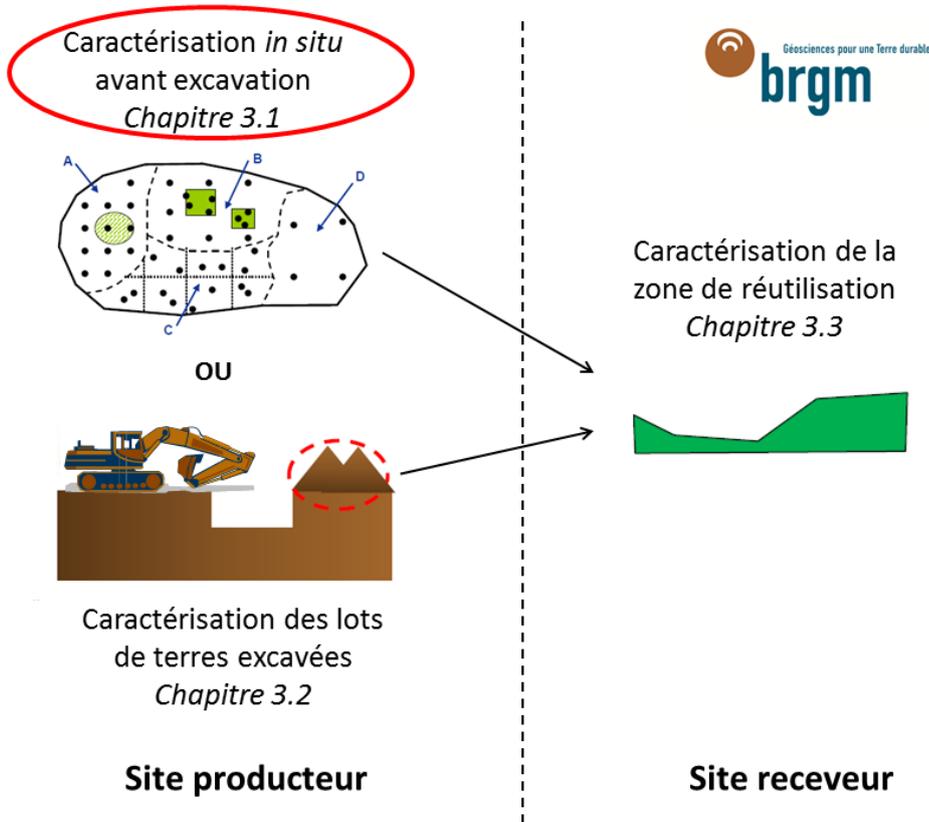


Figure 4: Position de la caractérisation in situ des terres dans la démarche.

3.1.2. Moyens et méthodes

- Définition de la maille d'échantillonnage

Pour réaliser l'échantillonnage des terres au droit des sites producteurs, il est proposé d'utiliser des **grilles d'échantillonnage à mailles carrées**. L'espacement et la géométrie des mailles sont définis et adaptés en fonction du degré de connaissance du site, de la localisation des zones de « qualité » homogène et du plan de terrassement associé au projet d'aménagement. Deux cas de figures envisagés sont répertoriés dans le tableau 1.

Situation sur le site producteur en dehors des spots de pollution	Maille de la grille de sondage (en m)
Présence de remblais anthropiques	20 × 20
Absence de remblais	30 × 30

Tableau 1 : Espacement des mailles en fonction de la nature des sols.

Nota : Le maillage peut être resserré en cas de nécessité (échantillonnage sur avis d'expert).

- **Modalités de réalisation des sondages et échantillons**

Les sondages doivent être réalisés **au centre de chaque maille** et atteindre *a minima* la profondeur d'excavation requise soit par le plan de gestion soit par le projet d'aménagement. Il est recommandé de prélever **un échantillon unitaire par horizon pédologique ou par couche de lithologie similaire** dans un même sondage. Dans tous les cas, un échantillon ne représentera jamais plus de 3 m d'épaisseur de terrain en place.

Il peut être dérogé à cette règle en présence de stratifications fines ou complexes (cas de remblais d'apport anthropiques par exemple) ou dans les cas où l'épaisseur à échantillonner n'est pas réaliste au regard des capacités techniques de ségrégation des moyens de terrassement. **Dans ce cas, un échantillon unitaire est prélevé par mètre linéaire sondé.**



Les échantillons unitaires ne sont en aucun cas regroupés en échantillons composites, et sont analysés chacun séparément (chacun constitue un échantillon pour laboratoire).

- **Analyses rapides de terrain**

Dans certaines configurations, les terrassements peuvent débuter sans qu'une caractérisation complète des terres n'ait été réalisée auparavant. Celle-ci est alors réalisée *a posteriori* sur les matériaux en tas.

Dans d'autres cas, seule une caractérisation « à grandes mailles » a été réalisée avant le début des terrassements.

Il peut alors être utile de réaliser des analyses rapides sur le terrain, à l'aide de techniques de screening, afin d'orienter au mieux les lots de terres pendant le terrassement. Un tableau comparatif permettant de sélectionner la technique de screening à utiliser en fonction des paramètres recherchés est présenté en annexe 1, avec les limites d'utilisation de chaque technique.



Les analyses rapides par screening n'ont pas vocation à remplacer la caractérisation analytique réalisée en laboratoire sur des échantillons prélevés sur site qui sont considérés comme représentatifs. Dans tous les cas, un échantillonnage et une caractérisation des terres soit avant excavation (voir ci-dessus), soit après excavation, sur les lots de terres (cf. paragraphe 3.2) sont indispensables.



Exemple :

Un site sur lequel un spot de pollution aux hydrocarbures a été identifié doit être excavé dans le cadre du plan de gestion. Une caractérisation détaillée des terres, réalisée au niveau du secteur impacté, a conclu à la nécessité d'excaver les terres sur une superficie de 600 m² et une profondeur de 2 m. Les contraintes du plan de terrassement (stabilité des talus) nécessitent d'élargir la superficie terrassée par rapport à l'emprise du spot de pollution proprement dit (voir figure 5).

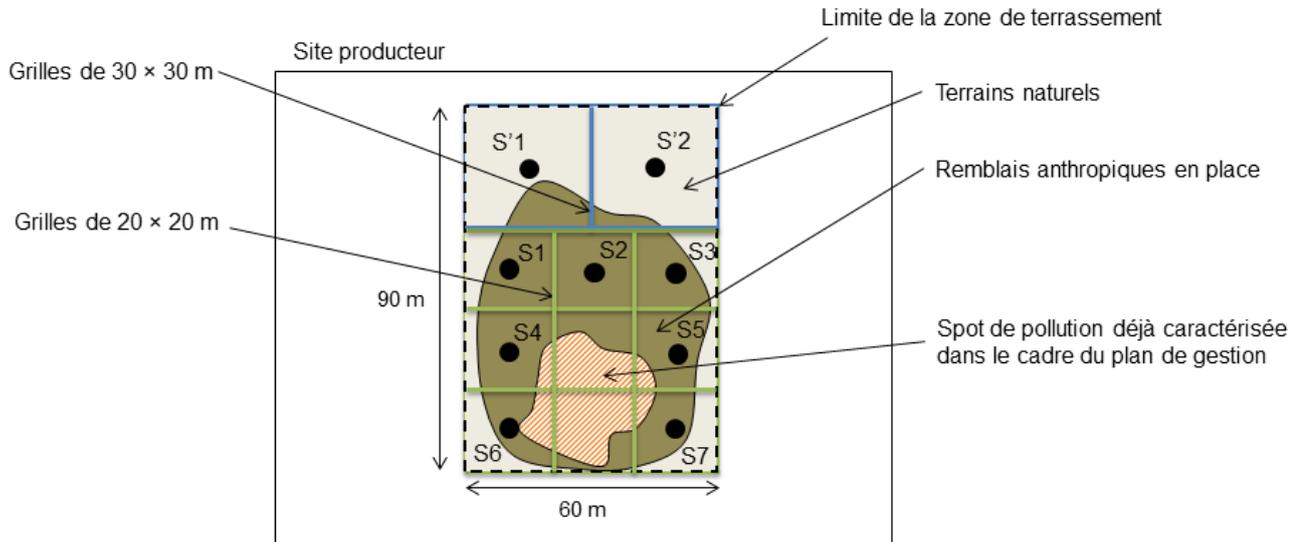


Figure 5 : Exemple schématique d'échantillonnage sur site producteur

De plus, le plan de terrassement prévoit d'atteindre une profondeur plus importante que l'excavation prévue par le plan de gestion (3 m).

L'utilisation de grilles de mailles régulières permet dans ce cas, indépendamment de la délimitation du spot de pollution (réalisée au stade du plan de gestion), de classer les sols de l'ensemble de la zone concernée par le plan d'excavation. Ainsi, une grille de maille 20 x 20 m est utilisée au niveau des remblais anthropiques en place aux abords du secteur impacté, soit 7 sondages dans ce cas (S1 à S7), et une grille de maille 30 x 30 m est mise en place sur les terrains naturels en dehors du secteur impacté, soit 2 sondages dans ce cas (S'1 et S'2 - voir figure 5).

La caractérisation réalisée durant le plan de gestion indique que les terrains naturels (limons) sont surmontés par 1 m de remblais anthropiques dans la zone de remblais en place. Les terrains naturels possèdent une lithologie similaire sur au moins 2 m (voir figure 6).

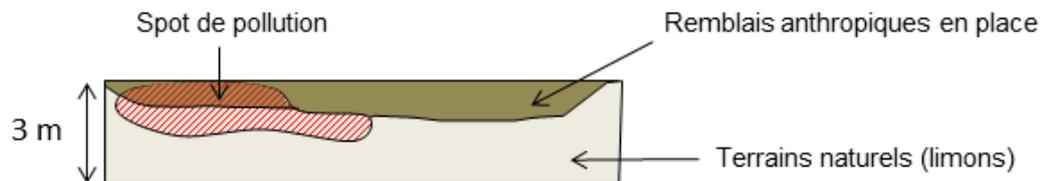


Figure 6 : Détail en coupe de la lithologie du site au niveau de la zone de remblai.

Au regard de cette nature des terrains, il faut donc prélever au moins 2 échantillons pour les sondages S1 à S7 : 1 échantillon dans les remblais anthropiques, et 1

échantillon en profondeur, au niveau des limons. Pour les échantillons prélevés dans les terrains naturels (S'1 et S'2), un seul échantillon par sondage est prélevé en raison de l'homogénéité des limons dans ce secteur. Au total, 16 échantillons sont donc prélevés sur ce site.

3.2. CARACTERISATION DES LOTS DE TERRES (EXCAVEES ET STOCKEES SUR SITE)

La caractérisation des lots de terres intervient après l'excavation des terres et leur regroupement en lots (cf. Figure 7).

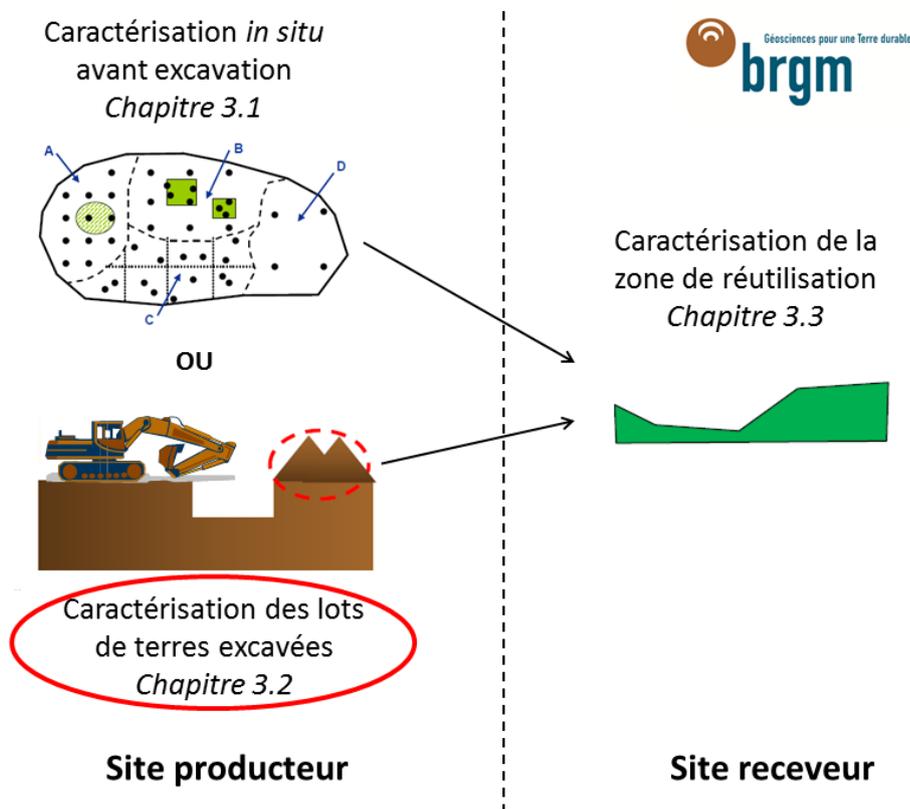


Figure 7 : Position de la caractérisation des lots de terres excavées dans la démarche.

Pour assurer la bonne mise en œuvre de la caractérisation des terres excavées ainsi que la traçabilité des lots, il convient que les matériaux excavés soient disposés :

- En stocks de terres homogènes constitués à partir des résultats de la caractérisation analytique réalisée avant excavation et/ou des résultats de la caractérisation rapide réalisée pendant l'excavation ;
- En stocks de géométrie bien définie (ex. andains) afin de faciliter l'échantillonnage ultérieur et les calculs de cubatures ;
- En assurant la traçabilité entre les volumes excavés et leur mise en stockage (ne pas procéder à des mélanges et permettre en cas d'anomalie de retrouver l'origine des matériaux).

Estimation/calcul du volume des terres à caractériser

Au préalable, il convient de calculer le volume de terres excavées soit :

- Par le suivi du nombre de bennes de terres évacuées et en assurant la traçabilité depuis le point d'excavation jusqu'à la position dans le stock ;
- Par le calcul du volume de terres excavées à partir du volume des terres en place *in situ*, et en appliquant un taux de foisonnement. Un taux de foisonnement situé entre 20% et 40% est en général considéré comme acceptable la plupart du temps (soit des coefficients de foisonnement de 1,2 à 1,4) ;
- Par le calcul du volume de terres excavées à partir de la géométrie du lot de terres à caractériser.



Exemple

Un site de 36 m de long sur 10 m de large va être excavé sur une profondeur moyenne de 1 m. En appliquant un coefficient de foisonnement de 1,3, le volume du lot qui sera excavé représentera 480 m³ environ.

Les terres venant d'être excavées sont stockées sous la forme d'un andain de 60 m de long et de 2 m de hauteur. Il sera possible de recalculer le volume de terres excavées à partir des dimensions de cet andain. La largeur à la base du tas est de 6 m, et de 2 m en haut du tas. Pour les andains trapézoïdaux, on sait que :

$$V = \frac{h \times l \times (a + b)}{2}$$

Avec :

- V le volume de terre en m³,
- h la hauteur du tas en m,
- l la longueur du tas en m,
- a la largeur en m de la base du tas,
- b la largeur en m du haut du tas.

Le volume calculé sera donc bien de 480 m³, soit 8 m³ par mètre linéaire.

Détermination du nombre d'échantillons à prélever

Le nombre d'échantillons à prélever est déterminé en fonction du volume des lots de terres estimé précédemment. Le tableau 2 fournit ces valeurs.

Volume de terres par lot de même origine et même qualité	Nombre d'échantillons composites		Nombre d'échantillons unitaires
< 250 m ³	1	et	1
250 - 2 000 m ³	2	et	2
2 000 - 4 000 m ³	4	et	4
4 000 - 7 000 m ³	6	et	6
7 000 - 10 000 m ³	8	et	8
> 10 000 m ³	8 + 2 échantillons de plus par tranche de 5 000 m ³ supplémentaire	et	8 + 2 échantillons de plus par tranche de 5 000 m ³ supplémentaire

Tableau 2 : Nombre d'échantillons à prélever en fonction du volume des lots de terres pour des lots de qualité similaire.



Lorsque l'historique est insuffisant (caractérisation antérieure insuffisante pour orienter un tri des terres complet) ou que les lots de terres sont hétérogènes, le tableau 2 ne peut pas s'appliquer et il faut prélever systématiquement un échantillon composite (qui correspond à 10 prélèvements élémentaires) et un échantillon unitaire par lot de 250 m³.

Chaque échantillon composite est formé de **10 prélèvements élémentaires** effectués de manière uniforme sur le lot et réunis en un seul échantillon composite. Les échantillons composites sont utilisés pour mesurer toutes les substances identifiées hormis les composés volatils, pour lesquels une analyse dans ce cas n'est pas pertinente et non représentative.

Chaque échantillon unitaire est prélevé au moyen d'un **sondage de 1 mètre** (*a minima*) réalisé dans le lot. Les sondages doivent être répartis pour que le lot soit

uniformément échantillonné. Les échantillons unitaires sont spécifiquement utilisés pour l'analyse des composés volatils.



Exemple

Un andain de 480 m³ a été réalisé sur le site producteur (voir exemple précédent). Une vérification rapide lors de l'excavation des terres a permis de constater que ces terres étaient homogènes en termes de qualité.

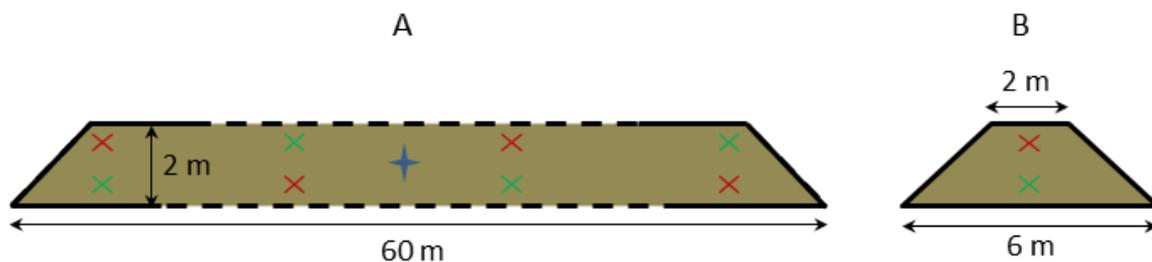
En appliquant le tableau 2, deux échantillons composites sont réalisés et deux sondages de 1 m sont effectués à travers le lot afin de récupérer deux échantillons unitaires. Les sondages sont effectués à la tarière au milieu du lot, de chaque côté de ce lot (voir figure 8).

Les échantillons unitaires prélevés par sondages sont immédiatement placés dans des récipients adaptés pour la mesure des composés volatils.

Les échantillons composites sont formés chacun de 10 prélèvements élémentaires uniformément répartis sur tout l'andain (voir figure 8), avec :

- 4 prélèvements élémentaires réalisés au niveau de chacun des « grands » côtés de l'andain ;
- 1 prélèvement élémentaire réalisé au niveau de chaque « petit » côté de l'andain.

Les prélèvements élémentaires alternent entre la partie haute et basse de l'andain pour réduire les effets de ségrégation granulométrique du lot (les particules grossières sont localisées à la base du lot).



- × Emplacement des prélèvements élémentaires pour le 1^{er} échantillon composite
- × Emplacement des prélèvements élémentaires pour le 2^e échantillon composite
- ★ Emplacement des sondages pour les échantillons unitaires

Figure 8 : Echantillonnage d'un lot de terres excavées. A : vue de l'andain sur sa longueur ; B : vue de l'andain sur sa largeur.

3.3. CARACTERISATION DE LA ZONE DE REUTILISATION DES TERRES

La démarche de réutilisation des terres excavées nécessite une caractérisation de la zone de réutilisation des terres sur le site receveur (cf. Figure 9).

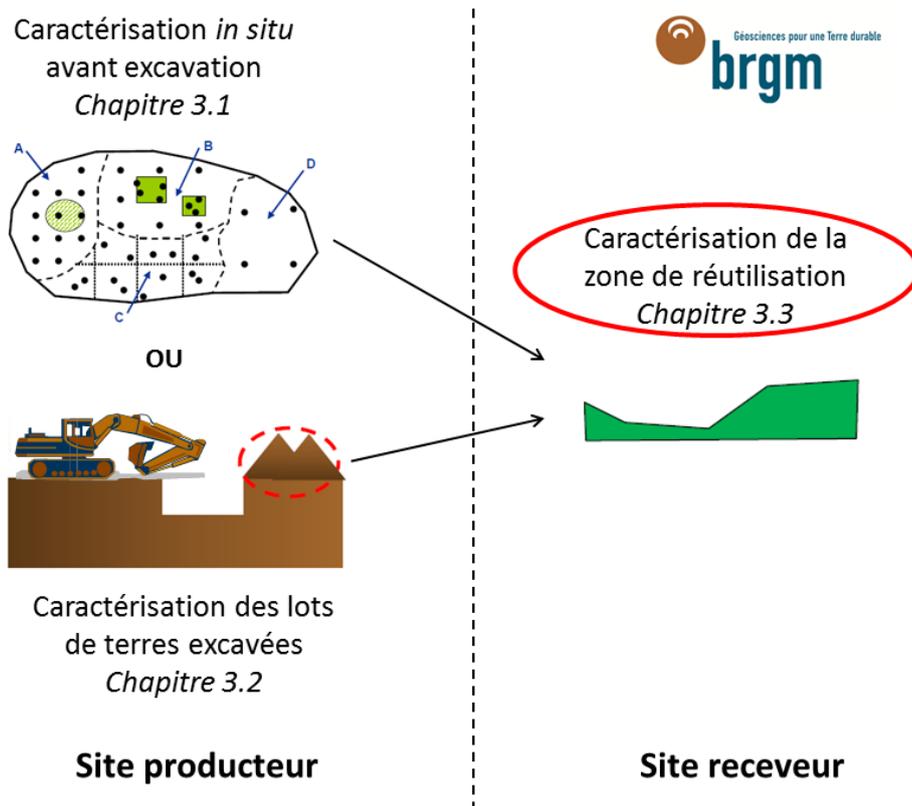


Figure 9 : Position de la caractérisation de la zone de réutilisation des terres dans la démarche.

3.3.1. Objectifs

La caractérisation de la zone de réutilisation doit répondre à plusieurs objectifs, au regard des critères énoncés dans le guide de réutilisation des terres excavées :

- **Critère 1 : Maintien de la qualité des sols sur la zone de réutilisation.** L'état de la zone de réutilisation doit être évalué afin de le comparer à l'état des terres à rapporter.

- **Critère 2 : Préservation de la ressource en eau et des écosystèmes.** Certains paramètres utilisés pour renseigner l'outil HYDROTEX sont mesurés sur la zone de réutilisation. Ces paramètres sont nécessaires pour évaluer l'impact de l'apport des terres excavées sur la ressource en eau.
- **Critère 3 : Compatibilité de la qualité des terres excavées rapportées avec l'usage envisagé dans le cadre de projets d'aménagement.** Certains paramètres utilisés pour renseigner l'outil de calcul de risques sanitaires sont mesurés sur la zone de réutilisation. Ces paramètres sont nécessaires pour évaluer la compatibilité des terres excavées rapportées avec l'usage du site receveur.

3.3.2. Détermination de l'état de la zone de réutilisation

Un diagnostic spécifique¹ circonscrit à la zone de réutilisation des terres est réalisé sur le site receveur afin de connaître les concentrations des substances à rechercher².

Dans le cadre du plan d'échantillonnage, une grille de maille régulière **30 x 30 m** est utilisée, avec un minimum de **8 échantillons** prélevés, cela quelle que soit la superficie de la zone de réutilisation des terres.

Dans chaque maille 30 m x 30 m, il faut prélever un échantillon unitaire au niveau de la **zone de contact prévue entre les terres d'apport et la zone de réutilisation** et un échantillon unitaire à 50 cm de profondeur sous cette zone de contact. S'il est prévu de décaisser préalablement la terre végétale avant réutilisation, les prélèvements doivent être réalisés à partir de la base de cette couche de terre végétale.

Les composés volatils ne sont analysés que sur les échantillons unitaires prélevés à 50 cm sous la zone de contact prévue entre les terres d'apport et la zone de réutilisation. L'analyse des composés volatils en surface de la zone de contact n'est pas pertinente et non représentative.



Les échantillons unitaires ne sont en aucun cas regroupés en échantillons composites et sont analysés chacun séparément. Chaque échantillon unitaire constitue un échantillon pour laboratoire.

¹ La réutilisation de données antérieures provenant d'un diagnostic réalisé dans le cadre d'une levée de doute ou d'un plan de gestion sur la zone de réutilisation pourra être effectuée.

² Ces substances correspondent à celles caractérisées dans les terres excavées destinées à être réutilisées.

3.3.3. Caractérisation du contexte hydrogéologique, du milieu aquatique et de leurs usages (critère 2)



En premier lieu, il convient de prendre en compte les contraintes du site receveur par rapport à la biodiversité (zones humides, milieux naturels soumis à des protections réglementaires, cours d'eau classés salmonicoles et cyprinicoles).

La réutilisation des terres excavées n'est en effet pas recommandée dans les zones présentant une sensibilité particulière vis-à-vis des écosystèmes et des milieux aquatiques.

Dans le cas où la qualité des terres est compatible avec la zone de réutilisation, il faut ensuite vérifier que la réutilisation des terres n'est pas susceptible d'affecter la qualité de la ressource en eau.

Pour ce faire, certains paramètres sont mesurés pour renseigner l'outil HYDROTEX (cf. Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX : BRGM/RP-60227), au niveau :

- De la zone de réutilisation et de l'aquifère au droit de cette zone ;
- Des terres excavées destinées à être réutilisées (terres d'apport).

- **Paramètres relatifs à la zone de réutilisation et à l'aquifère sous-jacent**

Le tableau 3 présente le mode de caractérisation conseillé pour chaque paramètre recherché sur la zone de réutilisation des terres et pour chaque étape HYDROTEX.

Paramètre	Etape HYDROTEX	Mode de caractérisation conseillé
Concentration présente dans la nappe avant réutilisation sur le site d'étude	Etape 1	Prélèvement d'eau souterraine en amont de la zone de réutilisation et analyse pour la substance concernée
Dimension de la zone de réutilisation dans le sens de l'écoulement de la nappe	Etape 2	Délimitation de la zone de réemploi des terres d'apport + données piézométriques existantes
Dimension de la zone de réutilisation perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe	Etape 3	Délimitation de la zone de réemploi des terres d'apport + données piézométriques existantes
Distance entre la cible³ et la zone de réutilisation, parallèlement au sens d'écoulement de la nappe	Etape 3	Mesure de la distance entre la zone de réemploi des terres et la cible envisagée
pH dans la nappe	Etape 3	Mesure sur l'eau souterraine

Tableau 3 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur la zone de réutilisation

³ La cible envisagée dans le cadre de la présente démarche correspond au récepteur situé dans la zone saturée (par exemple, captage d'alimentation en eau potable) au niveau duquel une diminution de la qualité des eaux souterraines, liée à l'utilisation des terres excavées, pourrait potentiellement être observée.

Nota : Dans le cas de figure où des connaissances sur la nappe d'eau sont disponibles, il n'est pas nécessaire d'installer spécifiquement des piézomètres au niveau des zones de réutilisation. Il convient de disposer des valeurs issues de campagnes d'investigations réalisées à proximité du site et des caractéristiques de la qualité locale de la nappe. Dans ce cas, il sera demandé aux bureaux d'études de préciser leur localisation pour pouvoir les exploiter ainsi que la source d'information (type de dossier réalisé et année de réalisation). Il convient de s'assurer que les données proviennent bien de l'aquifère présent au droit de la zone de réutilisation.

Toutefois, en l'absence de données locales, il est nécessaire d'installer un réseau piézométrique de 3 ouvrages a minima au niveau de la zone de réutilisation.



Il faut s'assurer que les ouvrages piézométriques soient réalisés selon la norme X 31-614 de 1999 et que les prélèvements d'eau souterraine soient réalisés conformément aux normes X31-615 de 2000 et FD T 90-523-3 de 2009.

- **Paramètres relatifs aux terres excavées (terres d'apport)**

D'autres paramètres doivent être mesurés sur les **terres d'apport** (terres destinées à être excavées ou terres déjà excavées) pour alimenter HYDROTEX. Les mesures sont effectuées sur les échantillons prélevés soit *in situ* avant excavation (voir paragraphe 3.1), soit au niveau des lots de terres excavées (voir paragraphe 3.2).

Le tableau 4 présente le mode de caractérisation conseillé pour chaque paramètre recherché au niveau des terres d'apport.

Paramètre	Etape HYDROTEX	Mode de caractérisation conseillé
Concentration mesurée dans l'éluat lors du test de lixiviation	Etape 1	Réalisation du test de lixiviation normé NF EN 12457-2 (pour les substances inorganiques)
Concentration mesurée sur brut	Etape 1	Analyse des concentrations sur brut pour les substances organiques
Teneur en eau pondérale^a	Etape 1	Mesure de la teneur en eau pondérale par pesée et séchage de l'échantillon humide
pH dans les terres d'apport	Etape 1	Mesure du pH dans l'eau des terres d'apport

^aCorrespond au paramètre « humidité (w) » de l'outil HYDROTEX

Tableau 4 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur les terres d'apport



Pour le paramètre « teneur en eau pondérale », lors du traitement des données, la valeur moyenne est prise en considération, et non pas le 90^e percentile ou la valeur maximale.

Pour les trois autres paramètres du tableau 4 (concentration dans l'éluat, concentration sur brut et pH dans les terres d'apport), il convient de se référer au paragraphe 2.2.1 du présent guide pour le traitement statistique des données.

3.3.4. Caractérisation relative à l'outil de calcul de risques sanitaires (critère 3)

L'outil de calcul de risques sanitaires, développé par l'INERIS (rapport DRC-11-115732-09274C) dans le cadre de la démarche de valorisation des terres excavées, utilise plusieurs paramètres d'entrée dont les valeurs peuvent être soit fixées, soit adaptables (*i.e.* peuvent être mesurées sur site moyennant certaines précautions), soit spécifiques à la zone de réutilisation (*i.e.* obligatoirement mesurées sur site). Le tableau 5 résume l'ensemble des paramètres spécifiques et adaptables qui sont mesurés sur la zone de réutilisation et sur les terres d'apport.

Paramètre	Type de paramètre	Type de réutilisation	Mode de caractérisation conseillé
Longueur de la zone d'émission dans le sens du vent	Spécifique	Sous couverture	Evaluation du sens des vents dominants, et délimitation de la zone de réutilisation des terres dans ce sens
Epaisseur de l'horizon « terres excavées »	Spécifique	Sous bâtiment ou sous couverture	Détermination de l'épaisseur prévue des terres d'apport sur la zone de réutilisation (après compactage)
Fraction de carbone organique (<i>foc</i>)	Adaptable	Sous bâtiment ou sous couverture	Valeur par défaut de 0,1%. Possibilité de mesurer la <i>foc</i> sur des échantillons représentatifs des terres d'apport (justification nécessaire : intégrer la lithologie et la profondeur initiale des terres)

Tableau 5 : Paramètres à mesurer pour alimenter l'outil de calcul de risques sanitaires.

4. Conclusions

La méthodologie présentée dans ce document vise à homogénéiser, entre les différents acteurs qui s'engagent dans la valorisation de terres excavées, les pratiques en matière de caractérisation des terres excavées, en particulier dans les étapes d'échantillonnage et de traitement statistique des données. Les données recueillies sur le terrain selon cette méthodologie assurent ainsi la fiabilité de la démarche de réutilisation des terres excavées proposée par le guide « de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement » (BRGM RP-60013). Ces données recueillies qui sont par la suite utilisées pour renseigner l'outil HYDROTEX, l'outil de calcul de risques sanitaires et l'application TERRASS, permettent de garantir pour les projets d'aménagement et en technique routière la protection de la santé humaine et de l'environnement ainsi que la traçabilité des terres excavées.

Rappelons enfin que toute utilisation de ce guide de caractérisation autre que pour la réutilisation hors site des terres excavées est abusive et erronée.

5. Acronymes

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AFEP : Association Française des Entreprises Privées

AFTRP : Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CETE IDF : Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement - Ile De France

FFA : Fédération Française de l'Acier

FNTP : Fédération Nationale des Travaux Publics

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

LNE : Laboratoire National de métrologie et d'Essais

MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

UCIE : Union des Consultants et Ingénieurs en Environnement

UIC : Union des Industries Chimiques

UNED : Union Nationale des Exploitants du Déchet

UNICEM : Union Nationale des Industries de Carrières Et Matériaux de construction

UNPG : Union Nationale des Producteurs de Granulats

UPDS : Union des Professionnels de la Dépollution des Sites

USIRF : Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française

Termes techniques

ISD : Installation de Stockage de Déchets

LEVE : Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale des sites pollués

6. Bibliographie

Réglementation française et guides du ministère en charge de l'écologie et du développement durable

Note ministérielle du ministère en charge de l'écologie et du développement durable : Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués (correspondant aux nouveaux textes du ministère relatifs à la prévention de la pollution des sols et à la gestion des sols pollués en France), 8 février 2007

Annexe 2 de la Note ministérielle du ministère en charge de l'écologie et du développement durable du 8 février 2007 : Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Comment identifier un site (potentiellement) pollué. Comment gérer un problème de site pollué, 8 février 2007.

Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement, version avril 2012, Rapport Brgm-RP-60013-FR, 53p.

Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX – Réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement. Rapport final. BRGM/RP-60227-FR, 76p, 9 fig., 16 tab., 2 ann.

Réutilisation des terres excavées sur des projets d'aménagement : élaboration de seuils vis-à-vis des risques sanitaires, Rapport d'étude INERIS N° DRC-11-115732-09274C.

Règlementations et guides des pays étrangers

Belgique (Flandres)

OVAM 2008: Standaardprocedure studie van de ontvangende grond, V1.0 (en néerlandais seulement).

OVAM 2012 : Standaardprocedure voor de opmaak van een technisch verslag (en néerlandais seulement).

Suisse

OFEV (Ed.) 2010: Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués. Edition 2010. L'environnement pratique no 1027. Office fédéral de l'environnement, Berne. 72 p.

Normes

Norme NF X31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle » (2011)

Norme ISO 10381-1 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 1 : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage » (2003)

Norme ISO 10381-2 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 2 : Lignes directrices pour les techniques d'échantillonnage » (2003)

Norme ISO 10381-5 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 5 : Lignes directrices pour la procédure d'investigation des sols pollués en sites urbains et industriels » (2005)

Norme ISO 10381-8 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 8 : Lignes directrices pour l'échantillonnage des stocks de réserve » (2008)

Norme ISO 11074 « Qualité du sol – Vocabulaire » (2006)

Norme ISO 23909 « Qualité du sol - Préparation des échantillons de laboratoire à partir d'échantillons de grande taille » (2008)

Norme NF EN 12457-2 « Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 2 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité) » (2002)

Norme X31-614 « 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)

Norme X31-615 « Qualité du sol - Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions - Prélèvements et échantillonnage des eaux souterraines dans un forage » (2000)

Norme FD T 90-523-3 « Qualité de l'eau - Guide de prélèvement pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement - Partie 3 : Prélèvement d'eau souterraine » (2009)

Annexe 1

Comparaison des techniques de screening en fonction des polluants recherchés et des paramètres des terres

Le tableau comparatif présenté dans cette annexe permet d'évaluer quelle technique de screening peut être utilisée en fonction des paramètres recherchés. Il expose les limites d'utilisation de chaque technique.

Rappel : les analyses rapides par screening n'ont pas vocation à remplacer la caractérisation analytique réalisée en laboratoire sur des échantillons prélevés sur site et considérés comme représentatifs. Dans tous les cas, un échantillonnage et une caractérisation des terres soit avant excavation (*cf.* paragraphe 3.1), soit après excavation, sur les lots de terres (*cf.* paragraphe 3.2) est indispensable.

Contaminant recherché	Technique	Granulométrie de sol adaptée	Humidité – teneur en eau	Gamme de mesures	Limites
Eléments traces métalliques	Fluorescence X portable	Fraction fine ^a	A prendre en compte dans la mesure	En fonction des éléments (5-15 ppm au minimum)	Possibles interférences entre éléments ; analyse dépendante de l'humidité ; attention aux fractions grossières
Hydrocarbures (16 HAP, BTEX, pesticides, PCB)	Kits immuno-enzymatiques	Tout type	Séchage si teneur en eau > 30% w/w	En fonction des éléments (1 à 100 ppm en général)	Peu adapté aux fractions hydrocarbonées lourdes ; possibles interférences et co-réactivité ; sensibilité à la température
Gaz de sols (COV hors méthane)	FID	Tout type	Pas de précaution spécifique	1 à 10000 ppmv	Analyse non spécifique à un COV donné
	PID	Eviter les sols poussiéreux	Traitement sur capsule desséchante si échantillon humide	0,1 – 2000 ppmv 1 à 1000 ppbv ^b	Analyse non spécifique
	ECD	Tout type		1 picogramme au minimum	Analyse non spécifique ; adapté aux COHV ; sensibilité à la pression et la température
Mercure volatil	Analyseur de mercure portable	Tout type	Influence plus ou moins forte en fonction des analyseurs	ng/m ³ à 50 µg/m ³	Performance analytique comparable à une technique de laboratoire

^aTamisage nécessaire en cas de granulométrie trop hétérogène

^bSi module de préconcentration-thermodésorption installé



Centre scientifique et technique
Direction D3E/Unité 3SP
3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34