

Document public



**Guide de caractérisation des terres
excavées dans le cadre de leur
valorisation hors site dans des projets
d'aménagement et en technique
routière pour des projets
d'infrastructure linéaire de transport
Cas des terres excavées issues de sites et
sols potentiellement pollués**

Rapport final
Version 2

BRGM/RP-69581-FR
Avril 2020

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur valorisation hors site dans des projets d'aménagement et en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport

Cas des terres excavées issues de sites et
sols potentiellement pollués

Rapport final

Version 2

BRGM/RP-69581-FR

Avril 2020

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques
publiques du BRGM – subvention 2019 n°2102616947

S. Coussy, N. Dubrac

Avec la collaboration de **L. Rouvreau**

Vérificateur :

Nom : G. Boissard

Fonction : Chef de projet Sites et Sols
Pollués

Date : 16/03/2020

Signature :



Approbateur :

Nom : H. Léprond

Fonction : Responsable de l'unité
Sites, Sols et Sédiments Pollués

Date : 03/04/2020

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.



La nouvelle version de ce guide intègre les retours d'expérience du Groupe de Travail sur la valorisation des terres excavées en projet d'aménagement et notamment ceux fournis par EDF et l'UPDS.

Mots clés : Terres excavées, Valorisation, Caractérisation, Échantillonnage

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

Coussy S., Dubrac, N. avec la participation de Rouvreau L. – (2020) - Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur valorisation hors site dans des projets d'aménagement et en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport – Cas des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués. Rapport final. BRGM/RP-69581-FR, 41 p., 7 fig., 6 tab., 1 ann.

© BRGM, 2020, 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 des guides de valorisation hors site des terres excavées. Il s'applique uniquement aux terres provenant de sites et sols potentiellement pollués destinées à être valorisées dans des projets d'aménagement ou en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport.

Ce document concerne donc la caractérisation des terres excavées destinées à être valorisées, ainsi qu'à celle des zones de valorisation 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	11
1.1. RAPPELS	11
1.2. OBJET	11
1.3. CHAMP D'APPLICATION ET LIMITES DU GUIDE	11
1.4. RÉFÉRENCES NORMATIVES ET MÉTHODOLOGIQUES	13
2. Représentativité des échantillons et traitement statistique des données	15
2.1. REPRÉSENTATIVITÉ DES ÉCHANTILLONS	15
2.1.1. Modalités générales de prélèvement.....	15
2.1.2. Modalités spécifiques pour le prélèvement, le stockage et la conservation des échantillons	15
2.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES ET VALEURS RETENUES POUR LA CARACTÉRISATION.....	16
2.2.1. Caractérisation des terres excavées (<i>in situ</i> ou lots de terres excavées)	16
2.2.2. Caractérisation de la zone de valorisation.....	17
3. Stratégies d'échantillonnage pour chaque étape de la démarche de valorisation des terres excavées	19
3.1. CARACTÉRISATION DES TERRES <i>IN SITU</i> (AVANT EXCAVATION)	19
3.1.1. Contexte et objectifs	19
3.1.2. Moyens et méthodes.....	20
3.2. CARACTÉRISATION DES LOTS DE TERRES (EXCAVÉES ET STOCKÉES SUR SITE)	24
3.3. CARACTÉRISATION DE LA ZONE DE VALORISATION DES TERRES.....	27
3.3.1. Objectifs.....	27
3.3.2. Détermination de l'état de la zone de valorisation (condition A)	28
3.3.3. Caractérisation du contexte hydrogéologique, du milieu aquatique et de leurs usages (condition B)	28
3.3.4. Caractérisation relative à la démarche de calcul de risques sanitaires (condition C)	29
4. Conclusions	31
5. Acronymes	33
6. Bibliographie.....	35

Liste des figures

Figure 1 : Place de l'échantillonnage et de la caractérisation en conditions de chantier.....	12
Figure 2 : Position de la caractérisation in situ des terres dans la démarche.....	20
Figure 3 : Exemple schématique d'échantillonnage sur site producteur.....	21
Figure 4 : Détail en coupe de la lithologie du site au niveau de la zone de remblai.	22
Figure 5 : Position de la caractérisation des lots de terres excavées dans la démarche.	24
Figure 6 : Échantillonnage d'un lot de terres excavées. A : vue de l'andain sur sa longueur ; B : vue de l'andain sur sa largeur.	26
Figure 7 : Position de la caractérisation de la zone de valorisation des terres dans la démarche.	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Espacement des mailles en fonction de la nature des sols.	20
Tableau 2 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur les terres d'apport	23
Tableau 3 : Paramètre à mesurer sur les terres d'apport pour alimenter la démarche de calcul de risques sanitaires.	23
Tableau 4 : Nombre d'échantillons à prélever en fonction du volume des lots de terres pour des lots de qualité similaire.	25
Tableau 5 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur la zone de valorisation	29
Tableau 6 : Paramètres à mesurer pour alimenter la démarche de calcul de risques sanitaires.	30

Liste des annexes

Annexe 1 Comparaison des techniques de screening en fonction des polluants recherchés et des paramètres des terres	37
---	----

Préambule

Les chantiers de reconversion de sites pollués se traduisent fréquemment par l'excavation d'une quantité importante de terres, liée aux terrassements nécessaires à un projet d'aménagement. Ne pouvant pas toujours être gérées sur site, quantités 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 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 valorisation durable des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués ont été proposées dans deux guides : le guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement (MTES, 2020) et le guide de valorisation hors site des terres excavées en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport (UMTM/CEREMA, 2020). Les démarches proposées exposent les modalités techniques à mettre en œuvre pour valoriser des terres dans des projets d'aménagement et en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport 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 valorisation des terres affecte la qualité de la ressource en eau (outil HYDROTEX - <http://ssp-infoterre.brgm.fr/guide-utilisation-hydrotex>), et pour évaluer le risque sanitaire dans certains cas. La traçabilité de ces projets valorisant des terres peut être 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 provenant de sites et sols potentiellement pollués sur le site producteur ainsi que la zone de valorisation des terres excavées sur le site receveur.

Le ministère en charge de l'environnement a donc confié au BRGM l'animation d'un groupe de travail chargé de proposer, au travers d'une démarche pragmatique en lien avec les guides de valorisation 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 valorisation hors site en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport et dans des projets d'aménagement » est le résultat de ce groupe de travail. Cette version 2 correspond à la mise en cohérence de la première version avec la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués de 2017 et avec la méthodologie de valorisation hors site des terres excavées de 2020 ainsi qu'à la prise en compte du retour d'expérience des différents acteurs de la filière.

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 2015. Les termes non définis par la norme sont présentés avec une astérisque.

Échantillon : partie du matériau du sol choisi dans une quantité de matériau plus grande.

Échantillon composite : échantillon obtenu en mélangeant de façon discrète ou continue 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.

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

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

Échantillonnage : 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.

Échantillonnage sur avis d'expert : échantillonnage utilisant des méthodes identifiées par accord préalable avec toutes les parties concernées, sans pratiquer d'échantillonnage probabiliste.

Fraction grossière* : toute fraction granulométrique de diamètre supérieur à 20 mm.

[Source : guide issu du projet VALTEX]

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.

Incertitude de l'échantillonnage : partie de l'incertitude de mesure totale attribuable à l'échantillonnage

Plan d'échantillonnage : mode opératoire prédéterminé pour la mise en œuvre de la stratégie d'échantillonnage

Plan de gestion* : le plan de gestion est un document d'orientation qui vise à étudier différents scénarios de gestion d'une pollution. Ce document fait la synthèse des études visant à identifier et caractériser la pollution d'un site et de son environnement (études historiques et documentaires, diagnostics, IEM, ...) et vise à définir la stratégie de gestion à appliquer en vue de la réalisation des travaux dans une phase ultérieure.

[Source : Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, 2017]

Prélèvement élémentaire : quantité individuelle de matériau prélevée en une seule opération à l'aide d'un dispositif de prélèvement

Procédure d'échantillonnage : exigences et/ou instructions opérationnelles concernant la mise en œuvre de l'échantillonnage.

Programme d'échantillonnage : totalité de l'opération d'échantillonnage, de la première étape, au cours de laquelle l'objet de l'échantillonnage est défini, à l'étape finale, au cours de laquelle les résultats d'analyse sont comparés au(x) niveau(x) d'essai correspondant(s).

Remblai* : volume de matériaux, d'origine anthropique ou non, mis en place par apport ou dépôt. Par extension, appellation des matériaux formant ce volume.

[Source : Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement, 2020]

Site producteur* : site, dont l'emprise foncière relève d'une unique maîtrise d'ouvrage, où des terres sont excavées et proposées à la valorisation après une éventuelle phase de caractérisation.

[Source : adapté de la note nomenclature déchets du 25 avril 2017]

Site receveur* : site, dont l'emprise foncière relève d'une unique maîtrise d'ouvrage, où des terres excavées sont valorisées sous réserve qu'elles respectent, selon les usages considérés, les critères définis dans le guide de valorisation adapté. Le site receveur n'a pas le statut d'une installation de stockage de déchets.

[Source : adapté de la note nomenclature déchets du 25 avril 2017]

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 (*in situ* ou *on site*) ou une évacuation hors site en ISDND ou ISDD.

[Source : décision du GT]

Stratégie d'échantillonnage : suite d'étapes selon laquelle un programme d'échantillonnage doit être conduit.

La conception d'un programme d'échantillonnage a pour objectif de permettre aux recherches sur site d'aboutir à des conclusions valables et pertinentes dans un souci d'efficacité maximale et de moindre coût. La conception de ce programme doit tenir compte de considérations multiples, telles que le but de la recherche, l'homogénéité du sol/site étudié et le coût de réalisation de l'investigation.

Substance* : tout élément chimique ou composé chimique.

[Source : décision du GT]

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 aux guides de valorisation des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués (MTES, 2020 et UMTM/CEREMA, 2020), de respecter trois conditions cumulatives et indépendantes :

- **condition A** : la qualité des sols de la zone de valorisation sur le site receveur est maintenue ;
- **condition B** : la préservation de la ressource en eau et des écosystèmes présents au droit du site receveur (zone de valorisation des terres) est assurée ;
- **condition C** : les terres excavées sont compatibles avec l'usage futur du site receveur (uniquement pour les terres issues de sites et sols pollués valorisées en projets d'aménagement).

Il convient de caractériser les terres excavées du site producteur et parfois la zone de valorisation sur le site receveur pour valider la démarche. 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 valorisation de ces terres sur la zone de valorisation du site receveur envisagé.

La caractérisation des terres excavées, lorsqu'elle est nécessaire, ne doit pas se limiter aux seules substances pour lesquelles des valeurs seuils de valorisation ont été définies dans les guides de valorisation des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués applicables. 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.

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 terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués** requise dans le cadre de la méthodologie de valorisation hors site des terres excavées dans des projets d'aménagement et en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport. Il couvre aussi les aspects liés à la caractérisation des **zones de valorisation sur les sites receveurs**. 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'une pollution ou la présence de remblais sont avérées ou si la levée de doute indique que le site producteur de terres excavées relève de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du 19 avril 2017.

Ce guide s'applique que les terres excavées soient valorisées en projets d'aménagement ou en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport.

Le présent guide s'applique à la caractérisation :

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

Les grandes étapes de caractérisation en conditions de chantier sont résumées dans la figure 1.

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.

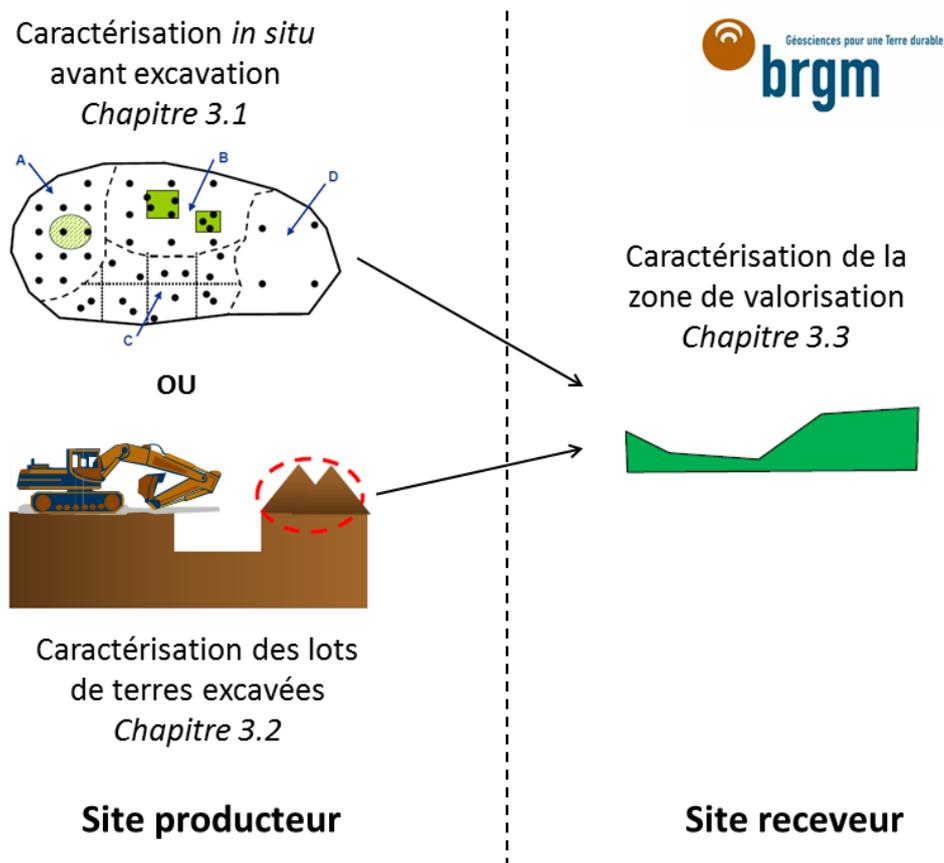


Figure 1 : Place de l'échantillonnage et de la caractérisation en conditions de chantier.

1.4. RÉFÉRENCES NORMATIVES ET MÉTHODOLOGIQUES

Les étapes de caractérisation correspondent à plusieurs prestations élémentaires de la norme de service 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 ».

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/ou A260 : « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées ou à excaver » pour la caractérisation des terres en place sur le site producteur ou des lots de terres excavées.

La caractérisation de la zone de valorisation 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 ». Par ailleurs, les aspects généraux de la caractérisation des zones de valorisation sont évoqués dans le guide de détermination des valeurs de fonds dans les sols - Échelle du site (ADEME, 2018).

Les normes NF ISO 18400-100 à 107 constituent la référence pour la réalisation du plan d'échantillonnage et les normes NF ISO 18400-201 à 206 pour l'échantillonnage.

Enfin, l'annexe C de la norme NF X31-620-1 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 1 : exigences générales » de 2018 présente les normes analytiques et les performances minimales exigées pour les substances usuellement rencontrées.

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

Nota : il convient de se référer à la dernière version en vigueur des normes et guides préalablement cités.

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 valorisation). 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. REPRÉSENTATIVITÉ DES ÉCHANTILLONS

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 (NF ISO 18400-201 à 206, 6 documents) en particulier les normes NF ISO 18400-104 et NF ISO 18400-203 d'avril 2019 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 intentionnellement entrer dans la constitution des échantillons car cela pourrait entraîner une dilution de la pollution.

2.1.2. Modalités spécifiques pour le prélèvement, le stockage et la conservation des échantillons

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 ;
- 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.

Une attention particulière doit être apportée pour la conservation et le transport des échantillons afin de garantir l'absence de modifications physiques, chimiques ou biologiques dans l'échantillon entre le prélèvement et les essais. Préalablement à la campagne d'échantillonnage, l'opérateur se met en relation avec le laboratoire d'analyse pour s'assurer que les conteneurs et les conditions de conservation prévues sont appropriées aux méthodes d'analyses envisagées et aux performances attendues.

2.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES ET VALEURS RETENUES POUR LA CARACTÉRISATION

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

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

Cas général

Le nombre minimal d'échantillons à prélever sur un site dépend de la présence de remblais et de la surface du site (cf. §3.1.2). 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**.

Analyse de la distribution des données

Il peut être dérogé à ces règles (cas général) à partir d'une analyse de la distribution des concentrations pour une substance donnée, **uniquement si le nombre de données de concentration est supérieur ou égal à 20 pour cette substance**. Dans ce cas, une analyse statistique simple doit être réalisée et aboutir à la réalisation d'un **histogramme** et à la définition des **valeurs statistiques de base** (minimum, moyenne, médiane, maximum). L'histogramme permet de vérifier la présence d'une seule population statistique qui est une hypothèse majeure à vérifier avant la poursuite de toute analyse statistique.

De plus, si des teneurs mesurées sont inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour certains paramètres, il convient de se référer au rapport BRGM/RP-66501-FR de décembre 2016 pour la prise en compte de ces données dans le traitement statistique. La démarche à suivre est fonction du pourcentage de valeurs inférieures à la limite de quantification.

Enfin la vérification des données extrêmes doit également être réalisée et les erreurs manifestes de saisie ou expérimentales doivent être supprimées.



La suppression d'une valeur extrême doit être justifiée sur la base d'informations solides prouvant que la donnée n'est pas représentative des terres analysées.

À partir de ce traitement, **si la distribution des concentrations pour une substance donnée indique la présence d'une seule population, la valeur médiane peut être retenue pour la substance** à la place du 90^e percentile.

Dans le cas où la distribution des concentrations indique la présence de **plusieurs populations, il n'est pas possible d'adapter les valeurs et le cas général s'applique (90^e percentile)**. Il convient de noter que dans ce cas, les différentes populations représentent

probablement différentes natures de terres excavées qui pourraient être gérées séparément sur la base d'un tri des terres par une excavation sélective par exemple (voir ci-dessous).

Traitement des données par zones ou couches de nature ou de lithologie différente

Dans le cas où les terres excavées proviennent de zones ou de couches de nature ou de lithologie différente, une excavation sélective est réalisée selon un plan de terrassement. La valorisation peut être différente selon l'origine des terres et **un traitement statistique est réalisé pour chaque zone ou couche.**

2.2.2. Caractérisation de la zone de valorisation

Le nombre minimal d'échantillons requis pour caractériser une zone de valorisation 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 valorisation. Les médianes sont peu sensibles aux valeurs extrêmes et/ou aberrantes qui peuvent être rencontrées sur une importante population d'échantillons.

3. Stratégies d'échantillonnage pour chaque étape de la démarche de valorisation 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. Pour chaque site, un plan d'échantillonnage spécifique adapté au contexte doit être réalisé. La stratégie d'échantillonnage doit prendre en compte les exigences de sécurité à mettre en œuvre lors de la phase de terrain.

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

3.1.1. Contexte et objectifs

Sur les sites producteurs de terres excavées potentiellement pollués, la caractérisation des spots de pollution et de leur extension doit préalablement avoir été réalisée dans le cadre de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués de 2017 (démarche distincte du présent guide).

L'objectif est ici de préciser la caractérisation des terres potentiellement valorisables, 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 2) 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 valorisation.

Si nécessaire, certains paramètres sont mesurés pour renseigner l'outil HYDROTEX (cf. Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX - BRGM/RP-60227) et pour être utilisés dans la démarche de calcul de risques sanitaires mise en œuvre par l'Ineris (rapport Ineris - 201083 - 2161518 - v1.0) dans le cadre du guide de valorisation des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués (MTES, 2020) lors de cette phase de caractérisation des terres.

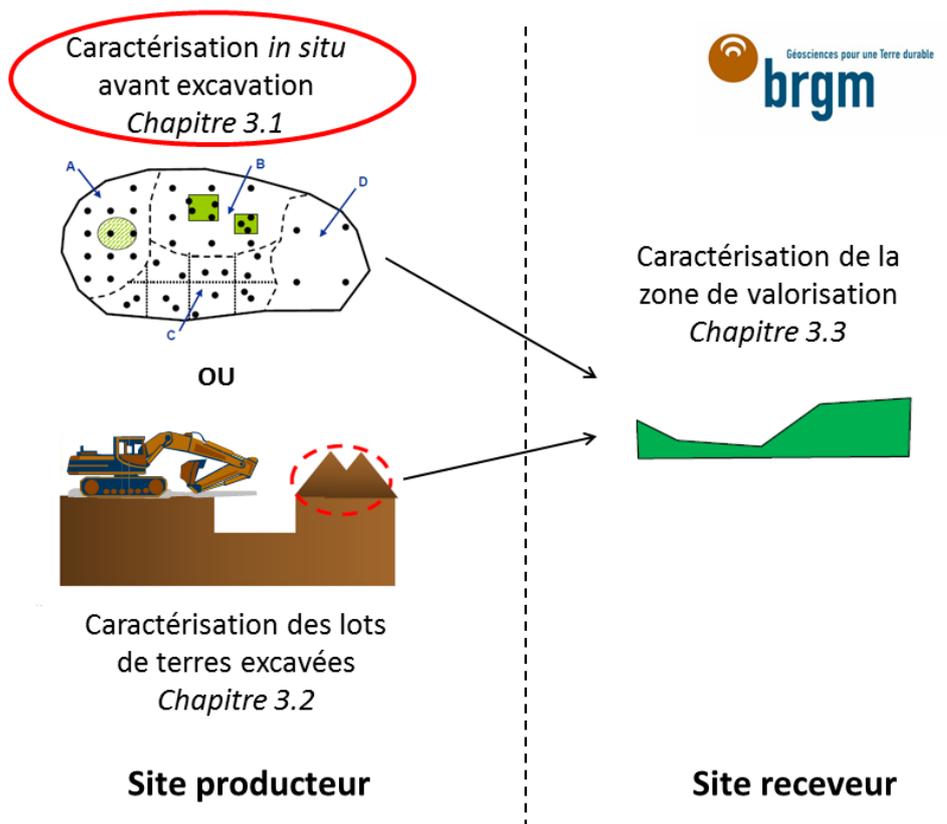


Figure 2 : Position de la caractérisation *in situ* des terres dans la démarche.

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).



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 3).

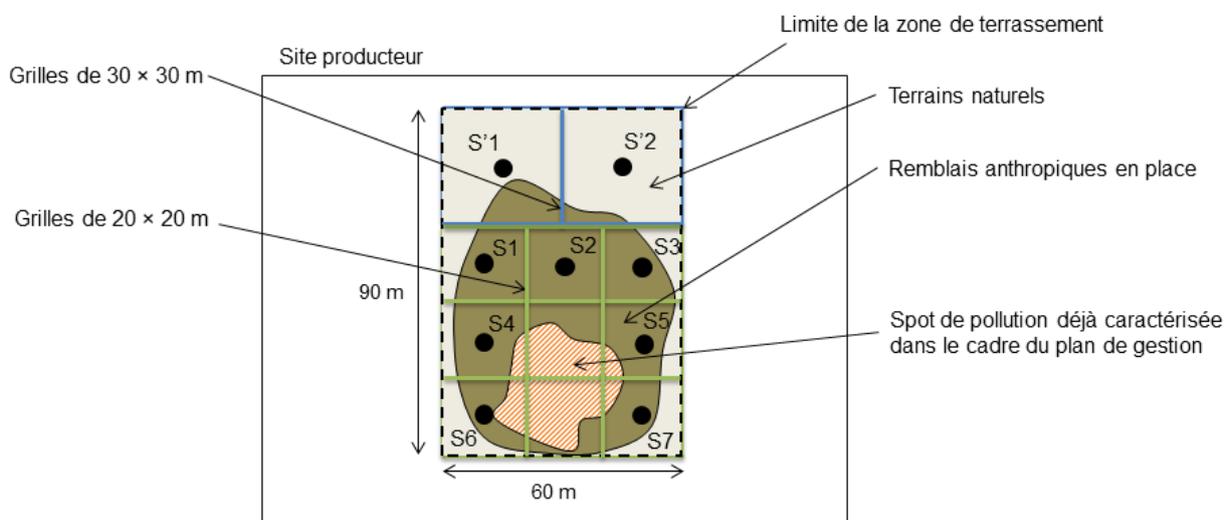


Figure 3 : Exemple schématique d'échantillonnage sur site producteur.

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

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 × 20 m est utilisée au niveau des remblais anthropiques en place aux abords du spot de pollution, soit 7 sondages dans ce cas (S1 à S7), et une grille de maille 30 × 30 m est mise en place à l'extérieur de la zone de remblais, soit 2 sondages dans ce cas (S'1 et S'2 - voir figure 4).

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 4).

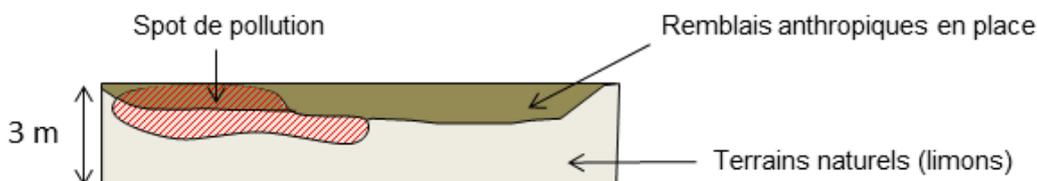


Figure 4 : Détail en coupe de la lithologie du site au niveau de la zone de remblai.

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.

- **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.

- **Cas particulier des paramètres nécessaires à Hydrotex et à la démarche de calcul de risques sanitaires, mesurés dans les terres d'apport**

Des paramètres spécifiques peuvent être mesurés sur les terres d'apport (terres destinées à être excavées ou terres déjà excavées) pour alimenter l'outil HYDROTEX (cf. Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX - BRGM/RP-60227) et pour être utilisés dans la démarche de calcul de risques sanitaires mise en œuvre par l'Ineris (rapport Ineris - 201083 - 2161518 - v1.0) dans le cadre du guide de valorisation des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués (MTES, 2020). Les mesures sont effectuées sur les échantillons prélevés soit *in situ* avant excavation, soit au niveau des lots de terres excavées (voir §3.2).

Le Tableau 2 présente le mode de caractérisation conseillé pour chaque paramètre HYDROTEX recherché dans les terres d'apport.

Paramètre	Étape HYDROTEX	Mode de caractérisation conseillé
Concentration mesurée dans l'éluât lors du test de lixiviation	Étape 1	Réalisation du test de lixiviation normé NF EN 12457-2 (pour les substances inorganiques)
Concentration mesurée sur brut	Étape 1	Analyse des concentrations sur brut pour les substances organiques
pH dans les terres d'apport	Étape 1	Mesure du pH dans l'eau des terres d'apport

Tableau 2 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur les terres d'apport.

La démarche de calcul de risques sanitaires mise en œuvre par l'Ineris (rapport Ineris - 201083 - 2161518 - v1.0) dans le cadre du guide de valorisation des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués (MTES, 2020), utilise plusieurs paramètres d'entrée provenant des terres d'apport dont les valeurs peuvent être soit fixées, soit adaptables. Le Tableau 3 résume l'unique paramètre adaptable qui peut être mesuré sur les terres d'apport (la *foc*).

Paramètre	Type de paramètre	Type de réutilisation	Mode de caractérisation conseillé
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 3 : Paramètre à mesurer sur les terres d'apport pour alimenter la démarche de calcul de risques sanitaires.

3.2. CARACTÉRISATION DES LOTS DE TERRES (EXCAVÉES ET STOCKÉES SUR SITE)

La caractérisation des lots de terres intervient après l'excavation des terres et leur regroupement en lots (cf. Figure 5).

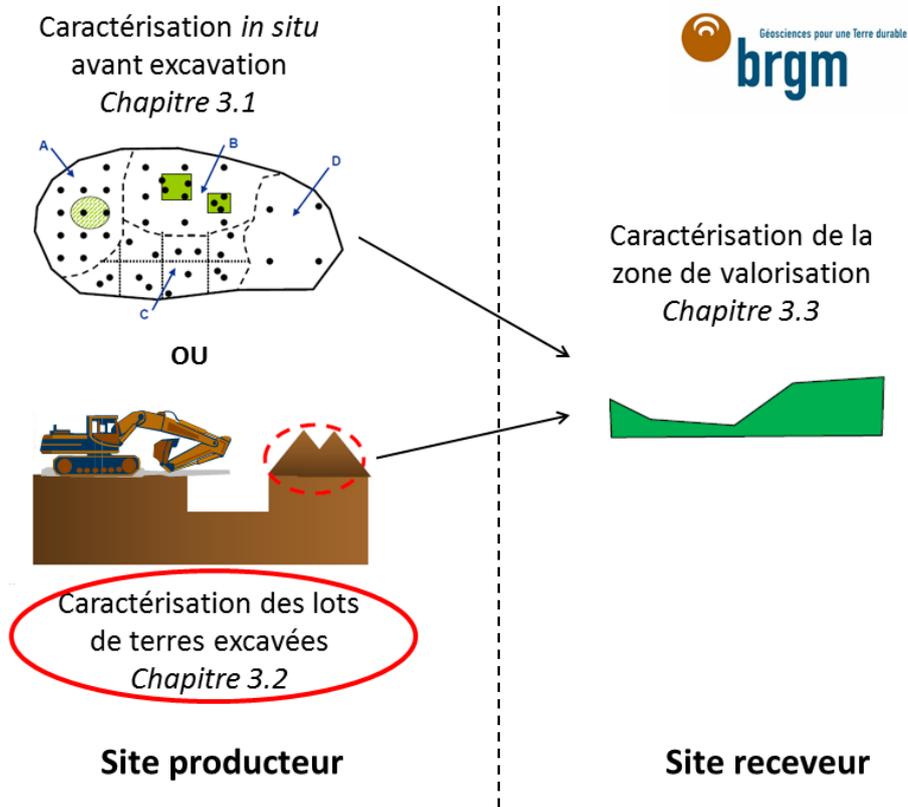


Figure 5 : Position de la caractérisation des lots de terres excavées dans la démarche.

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 4 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 4 : 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 4 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 4, 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 6).

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 6), avec :

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

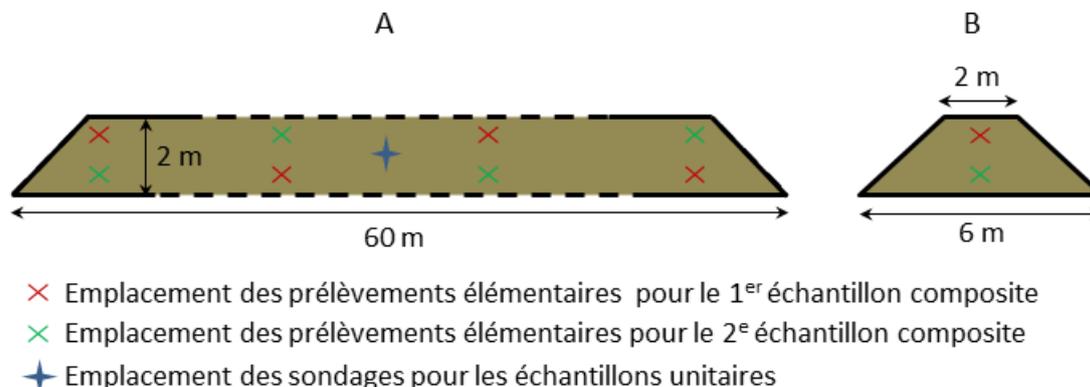


Figure 6 : Échantillonnage d'un lot de terres excavées. A : vue de l'andain sur sa longueur ; B : vue de l'andain sur sa largeur.

3.3. CARACTÉRISATION DE LA ZONE DE VALORISATION DES TERRES

La démarche de valorisation des terres excavées peut nécessiter une caractérisation de la zone de valorisation des terres sur le site receveur (cf. Figure 7). Lorsque cette étape de caractérisation est nécessaire (cf. niveau 3 du guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement (MTES, 2020)), elle **doit être toujours réalisée avant la valorisation des terres**.

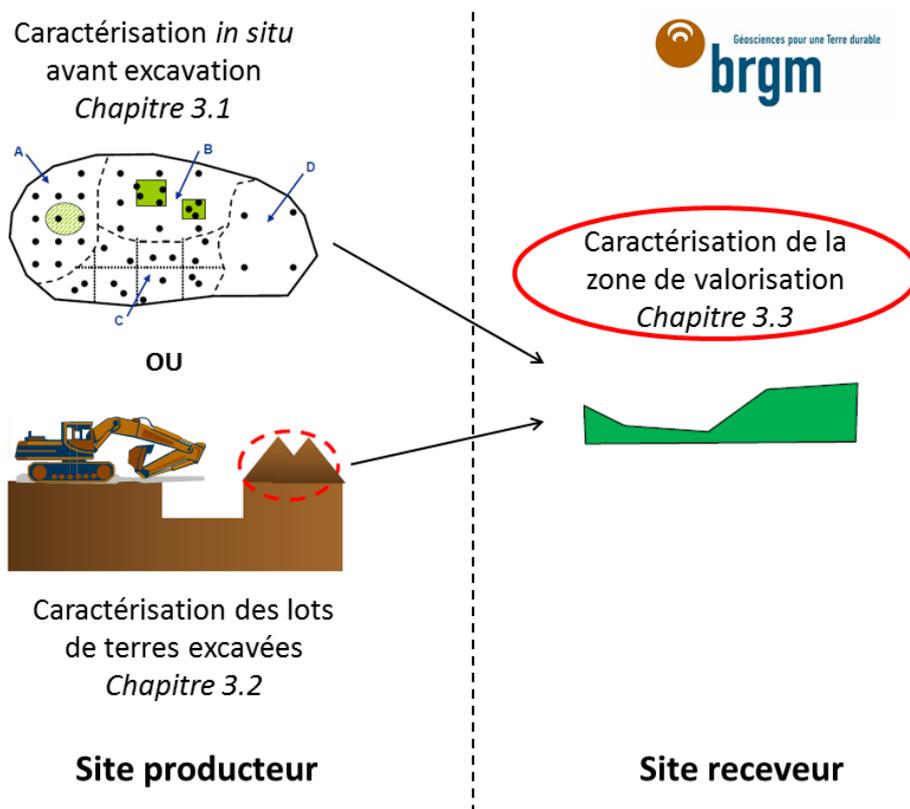


Figure 7 : Position de la caractérisation de la zone de valorisation des terres dans la démarche.

3.3.1. Objectifs

La caractérisation de la zone de valorisation se place dans le contexte très précis de la démarche de niveau 3 du guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement (MTES, 2020). Les objectifs pour la caractérisation du site receveur se définissent au regard des conditions générales de la valorisation rappelées au paragraphe 1.1., à savoir :

- **Condition A : maintien de la qualité des sols sur la zone de valorisation.** L'état de la zone de valorisation doit être évalué afin de le comparer à l'état des terres à rapporter ;
- **Condition B : préservation de la ressource en eau et des écosystèmes.** Certains paramètres utilisés pour renseigner l'outil HYDROTEX sont mesurés sur la zone de valorisation. Ces paramètres sont nécessaires pour évaluer l'impact de l'apport des terres excavées sur la ressource en eau ;
- **Condition C : compatibilité de la qualité des terres excavées rapportées avec l'usage envisagé.** Certains paramètres utilisés pour renseigner la démarche de calcul de risques sanitaires sont mesurés sur la zone de valorisation. 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 valorisation (condition A)

Un diagnostic spécifique¹ circonscrit à la zone de valorisation 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 valorisation 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 valorisation** 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 valorisation, 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 valorisation. 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.

Il est du devoir d'alerte de l'entreprise réalisant la caractérisation de prévenir le Maître d'Ouvrage si le site receveur s'avère pollué après la caractérisation ; il convient ensuite de gérer ce site conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017.

3.3.3. Caractérisation du contexte hydrogéologique, du milieu aquatique et de leurs usages (condition B)

Si les critères libérateurs pour la préservation de la ressource en eau sont respectés sur les terres valorisées, la caractérisation du contexte hydrogéologique du site receveur n'est pas nécessaire. **Par contre, si l'un des critères libérateurs n'est pas respecté, le contexte hydrogéologique du site receveur doit être caractérisé**, pour pouvoir renseigner l'outil HYDROTEX (cf. Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX - BRGM/RP-60227-FR). Le Tableau 5 présente le mode de caractérisation conseillé pour chaque paramètre recherché sur la zone de valorisation des terres et pour chaque étape d'HYDROTEX.

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 valorisation pourra être effectuée.

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

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

Tableau 5 : Paramètres d'entrée HYDROTEX à mesurer sur la zone de valorisation.

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 valorisation. 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 est 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 valorisation.

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 valorisation.



Il faut s'assurer que les ouvrages piézométriques soient réalisés selon les exigences de la norme NF X 31-614 de 2017 et que les prélèvements d'eau souterraine soient réalisés conformément aux exigences de la norme NF X 31-615 de 2017.

3.3.4. Caractérisation relative à la démarche de calcul de risques sanitaires (condition C)

La démarche de calcul de risques sanitaires mise en œuvre par l'Ineris (rapport Ineris - 201083 - 2161518 - v1.0) dans le cadre du guide de valorisation des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués (MTES, 2020), 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 valorisation (*i.e.*

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 dégradation de la qualité des eaux souterraines, liée à la valorisation des terres excavées sur le site receveur, pourrait potentiellement être observée.

obligatoirement mesurées sur site). Le Tableau 6 résume l'ensemble des paramètres spécifiques qui sont mesurés sur la zone de valorisation.

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	Évaluation du sens des vents dominants, et délimitation de la zone de valorisation des terres dans ce sens
Épaisseur de l'horizon « terres excavées »	Spécifique	Sous bâtiment ou sous couverture	Détermination de l'épaisseur prévue des terres d'apport sur la zone de valorisation (après compactage)

Tableau 6 : Paramètres à mesurer pour alimenter la démarche 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 hors site, 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 valorisation des terres excavées proposée par les guides de valorisation hors site des terres excavées, dans le cas des terres issues de sites et sols potentiellement pollués.

Ces données recueillies qui sont par la suite utilisées pour renseigner l'outil HYDROTEX, la démarche de calcul de risques sanitaires et l'application TERRASS, permettent de garantir 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 valorisation hors site des terres excavées est abusive et erronée.

5. Acronymes

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CEREMA : Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

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

MTE : Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

UPDS : Union des Professionnels de la Dépollution des Sites

Termes techniques

ISD : Installation de Stockage de Déchets

6. Bibliographie

Réglementation française et guides du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

Note du ministère en charge de l'environnement du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués – Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007.

Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du 19 avril 2017 (MTES, 2017).

Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement (MTES, 2020).

Guide de valorisation hors site des terres excavées en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport (UMTM/CEREMA, 2020).

Guide d'utilisation de l'outil HYDROTEX – Valorisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement, version n°3. Rapport final. BRGM/RP-60227-FR, 64p, 9 fig., 12 tab., 1 ann.

Ineris, 2020. Rapport « Valorisation hors site de terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement : élaboration de seuils vis-à-vis des risques sanitaires ». Rapport Ineris - 201083 - 2161518 - v1.0.

Méthodologie de détermination des valeurs de fonds dans les sols : Échelle d'un site. Groupe de travail sur les valeurs de fonds. 107p (ADEME. 2018).

Protocole d'Analyse Statistique pour la construction d'un Fond Pédo-Géochimique Anthropisé des Sols Urbains. Rapport final. BRGM/RP-66501-FR, 111 p., 12 tab., 23 fig., 3 ann.

Règlementations et guides des pays étrangers

Belgique (Flandres)

OVAM 2018 : Standaardprocedure voor de opmaak van een studie van ontvangende grond (en néerlandais seulement).

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

Suisse

OFEV (éd.) 2017 : Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués. État 2017. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1715 : 81 p.

Instructions « Évaluation et utilisation de matériaux terreux », OFEFP, 2001.

« Prélèvement et préparation d'échantillons de sols pour l'analyse de substances polluantes », OFEFP, 2003.

Normes

Norme NF X31-620-1 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 1 : exigences générales » (2018)

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 » (2018)

Norme NF ISO 18400-102 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 102 : Choix et application des techniques d'échantillonnage » (2017)

Norme NF ISO 18400-104 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 104 : Stratégies » (2019)

Norme NF ISO 18400-107 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 107 : Enregistrement et notification » (2017)

Norme NF ISO 18400-202 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 202 : Investigations préliminaires » (2019)

Norme NF ISO 18400-203 « Qualité du sol – Échantillonnage - Partie 203 : Investigation des sites potentiellement contaminés » (2019)

Norme ISO 11074 « Qualité du sol – Vocabulaire » (2015)

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 ou de suivi de la qualité de l'eau souterraine au droit et autour d'un site potentiellement pollué » (2017)

Norme X31-615 « Qualité des sols - Méthodes de détection, de caractérisation et de surveillance des pollutions en nappe dans le cadre des sites pollués ou potentiellement pollués - Prélèvements et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines » (2017)

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) sont indispensables.

Contaminant recherché et matrice	Technique	Granulométrie de sol adaptée	Humidité – teneur en eau	Gamme de mesures	Limites
Éléments traces métalliques dans les sols	Fluorescence X portable	Fraction fine (< 2 mm) ^a	À prendre en compte dans la mesure	En fonction des éléments (5-15 ppm au minimum) et selon la préparation des échantillons	Possibles interférences entre éléments et avec la matrice ; analyse dépendante de l'humidité ; attention aux fractions grossières
	Spectroscopie d'émission optique de plasma créé par laser LIBS	Fraction fine (< 2 mm)	À prendre en compte dans la mesure	En fonction des éléments (quelques ppm au minimum) et selon la préparation des échantillons	Possibles interférences entre éléments et avec la matrice ;
Hydrocarbures (16 HAP, BTEX, pesticides, PCB) dans les sols	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
	Chromatographie en phase gazeuse GC de terrain (éventuellement associée au PID, FID ou MS)	Tout type	Sensibilité à l'eau de certains détecteurs	10 ⁻⁶ ppm au minimum avec la GC/MS, 0,1 à 0,01 ppm avec GC/PID ou GC/FIS	Nécessite une technicité de l'utilisateur, calibration assez longue, nombreuses interférences (humidité)
	Kits colorimétriques	Tout type	Pas de précaution spécifique	HCT (10 à 1 000 ppm en général)	Analyse globale d'une somme de substances (non spécifique à une substance)

				PCB 50 ppm au minimum	
	Spectrométrie	Tout type	Pas de précaution spécifique	HAP (20 à 2 000 ppm pour la spectrofluorimétrie UV) HCT (1 à 5 000 ppm pour la spectrométrie IR)	
Gaz de sols (COV hors méthane)	FID	Tout type	Pas de précaution spécifique	1 à 10 000 ppmv	Analyse non spécifique à un COV donné
	PID (3 lampes disponibles : 9,8 ; 10,6 ; 11,7 eV)	Éviter les sols poussiéreux	Traitement sur capsule desséchante si échantillon humide	0,1 – 2 000 ppmv 1 à 1 000 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 dans les gaz de sols	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 pour le sol et les gaz Nécessité d'une alimentation sur secteur pour les sols pour monter à 800°C

^a Tamisage nécessaire en cas de granulométrie trop hétérogène.

^b Si module de préconcentration-thermodésorption installé.

Nota : pour certaines techniques présentées dans le tableau, un calibrage sur site permet des mesures plus précises qu'avec un calibrage usine.

La technologie direct push permet l'utilisation de certaines techniques présentées (XRF pour les métaux, MIP ou LIF pour les organiques) en continu lors de la réalisation d'un forage. Elle est uniquement utilisable sur des sols meubles.



Centre scientifique et technique
Direction DEPA/Unité 3SP
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34