



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Analyse des sols dans le domaine SSP - Synthèse des réunions du GT Laboratoires – Mise à jour 2022

Rapport final

BRGM/RP-72012-FR

Version 0 du 12 juillet 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

**Amalric Laurence, Moreau Pauline, avec la collaboration de
Aubert N., Ghestem J.-P., Leprond H.**

Vérificateur :

Nom : Favéreaux Sophie

Fonction : Chef de projet SSP

Date : 12/07/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : GARRIDO Francis

Fonction : Directeur Adjoint DEPA

Date : 09/08/2022

Signature :

Francis GARRIDO
Directeur Adjoint
Direction Eau, Environnement,
Procédés et Analyses

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Site pollué, Sols pollués, Analyse, Normalisation

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

Amalric Laurence, Moreau Pauline (2022) – Analyse des sols dans le domaine SSP - Synthèse des réunions du GT Laboratoires – Mise à jour 2022. Rapport final V0. BRGM/RP-72012-FR, 8 p.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-20/01/2022

Synthèse

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la subvention entre le Ministère en charge de l'environnement et le BRGM relative à des investigations en matière de protection de l'environnement dans le domaine des sites et sols pollués, action appelée « Animation d'un GT Laboratoire SSP ».

Ce document rassemble les discussions techniques et les conclusions du groupe de travail « Groupe de Travail Laboratoires » relatives à l'analyse des sols, qui se sont déroulées en 2013 et 2014, sous le pilotage du BRGM. Ces échanges ont permis de définir les normes d'analyses à mettre en œuvre pour chaque polluant à rechercher dans les sols, et d'établir les performances attendues dans le domaine des sites et sols pollués. Ces travaux ont été publiés en 2015 [BRGM-RP-64749-FR] puis ont servi de base pour la modification de l'arrêté ministériel du 07/07/09 relatif aux modalités d'analyse dans l'air et dans l'eau dans les ICPE. L'avis sur les méthodes normalisées de référence pour les mesures dans l'air, l'eau et les sols dans les installations classées pour la protection de l'environnement a ainsi été publié en décembre 2020 puis mis à jour en février 2022.

Le présent rapport est une mise à jour du rapport initial [BRGM-RP-64749-FR] et prend en compte la révision des exigences notamment la liste des normes d'analyse pour la matrice sol applicables pour les laboratoires effectuant des prestations dans le contexte des sites et sols pollués.

Sommaire

1. Contexte.....	6
2. Constitution du Groupe de Travail des Laboratoires.....	8
2.1. Composition du Groupe de Travail.....	8
2.2. Périmètre du groupe de travail.....	8
2.3. Méthode de travail.....	8
3. Résultats des travaux du groupe de travail pour la matrice SOL.....	9
3.1. Choix de la fraction à considérer pour l'analyse des sols.....	9
3.2. Prétraitement des échantillons solides.....	10
3.3. Cas du naphtalène.....	11
3.4. Analyse des composés volatils (COHV et BTEX).....	11
3.5. Analyse des éléments métalliques.....	12
3.6. Analyse des autres composés organiques.....	12
3.7. Composés sans méthode (ou orphelins).....	13
3.8. Limite de quantification.....	13
3.9. Accréditation.....	14
3.10. Essais interlaboratoires.....	14
3.11. Incertitudes de mesure.....	15
4. Conclusion.....	17
5. Références.....	19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fraction du sol à analyser selon les contextes de gestion SSP.....	10
--	----

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués

1. Contexte

Le Ministère en charge de l'environnement a engagé depuis plusieurs années la révision de l'ensemble des outils techniques de gestion et d'évaluation des sites et sols potentiellement pollués, dans le cadre de la démarche nationale sur la gestion des sites et sols pollués.

Dans ce contexte, le BRGM a procédé en 2011 à la demande de la DGPR, au recensement des normes existantes en relation avec la gestion des sols pollués et mises en œuvre en France en contexte sites et sols pollués [BRGM/RP-60389-FR].

Un total de 163 normes « sol » a été recensé, les 2/3 d'entre elles étant des normes ISO. L'analyse de ces normes ainsi que les résultats d'une enquête menée auprès des professionnels de la gestion des sols et des donneurs d'ordre, a montré que :

- la majeure partie des normes a été produite à l'initiative des agronomes pour répondre à leur besoin et qu'elles ne sont pas complètement adaptées à la gestion des sites et des sols pollués ;
- parmi ces normes, celles qui sont les plus couramment utilisées dans la gestion des sites et sols pollués datent d'une bonne dizaine d'années ;
- il n'existe aucune norme sur les « gaz du sol », sur les méthodes d'analyses à utiliser par les laboratoires, même pour les polluants les plus fréquemment retrouvés dans les gaz du sol. Les analyses des gaz du sol dans les laboratoires sont faites en se basant sur les normes des domaines « air ambiant » et « air des lieux de travail ».

Cette étude a conclu à un besoin de révision et de mise à jour des textes normatifs dus à l'obsolescence ou aux lacunes des référentiels existants compte tenu des évolutions techniques, technologiques, méthodologiques et réglementaires, tant dans le domaine analytique que dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Plus précisément pour les méthodes d'analyses, cette étude a mis en lumière le besoin de :

- renforcer les exigences sur les étapes de validation des méthodes dans les laboratoires d'analyse ;
- mettre à disposition des laboratoires des outils de contrôles analytiques tels que les essais inter-laboratoires et les matériaux de référence couvrant l'ensemble des paramètres et matrices analysés (sol, eau, gaz) afin de garantir la comparaison des résultats et leur fiabilité.

Pour la démarche nationale de gestion des sites et sols pollués, il ressortait notamment la nécessité de :

- réaliser une veille technologique pour accompagner les développements ;
- réviser les textes relatifs aux méthodes de screening, d'analyse de gaz des sols et d'analyse d'air.

S'agissant des installations relevant de la législation sur les installations classées pour la protection de l'Environnement, des normes sont réglementairement fixées pour les prélèvements et les analyses réalisés sur les eaux superficielles, les émissions atmosphériques et leurs impacts dans le milieu, les sédiments et les boues en vue de leur épandage. En revanche, aucune norme n'est réglementairement imposée pour les prélèvements et les analyses de sols et de gaz du sol, ou pour le prélèvement des eaux souterraines polluées ou susceptibles de l'être, dans le domaine des sites et sols pollués.

De ce fait, dans le domaine des sites et sols pollués, les laboratoires d'analyses avaient la liberté d'employer la ou les méthodes de leur choix, qui peuvent être décrites dans des normes ou issues d'adaptations internes, et n'avaient pas l'obligation d'être accrédités et donc de réaliser les essais d'inter-comparaison de leurs résultats et de leurs protocoles d'analyses. Cela a eu pour conséquence, notamment pour les échantillons de sols et de gaz du sol, l'application de méthodes d'analyses différentes et variées, dont la préparation physique de l'échantillon, pour lesquelles on ne dispose pas d'information quant à leur inter-comparabilité. Une cohérence avec les autres compartiments de l'environnement devait être établie au sein des installations relevant de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement, et, dans la mesure du possible, les laboratoires agissant dans le domaine sites pollués devaient être assujettis aux mêmes contraintes que ceux qui interviennent en contexte ICPE pour l'analyse des eaux résiduaires, de la qualité des milieux ou des émissions atmosphériques.

Dans ce contexte, un groupe de travail a été constitué en 2013 à la demande de la DGPR, pour harmoniser les pratiques des laboratoires d'analyses afin d'améliorer l'inter-comparabilité et la fiabilité des résultats d'analyses des sols, gaz du sol et eaux.

Ce groupe de travail réunit les acteurs impliqués dans les activités sites et sols pollués : les laboratoires d'analyses, le MEDEF, l'UPDS, l'ADEME, l'UCIE, l'INERIS, l'INRA, le Cofrac et le Ministère en charge de l'environnement, sous le pilotage du BRGM.

Les travaux du groupe portent sur les compartiments sol, gaz du sol et eaux. Un premier rapport a synthétisé les discussions du groupe de travail relatives aux sols en présentant les consensus obtenus lors des réunions ayant eu lieu en 2013 et 2014. Cette présente mise à jour prend en compte les avancées obtenues jusqu'en février 2022.

2. Constitution du Groupe de Travail des Laboratoires

Le groupe de travail réunit tous les acteurs impliqués en contexte sites et sols pollués. Son périmètre de travail et la méthode de travail ont été définis initialement.

2.1. COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Pour assister le représentant du Ministère en charge de l'environnement, le pilotage technique du groupe de travail est assuré par le BRGM.

Le groupe est constitué :

- des représentants des laboratoires d'analyses SGS (ALCONTROL), EUROFINs, Micro Polluants Technologies, AGROLAB, WESSLING et CARSO ;
- des représentants de l'UPDS, l'UCIE, l'UFIP et du MEDEF ;
- des représentants de l'ADEME, l'INERIS, l'INRA et du COFRAC.

2.2. PERIMETRE DU GROUPE DE TRAVAIL

Le périmètre du groupe consiste à préciser les responsabilités entre les bureaux d'études (demandeurs) et les laboratoires d'analyse, et se focalise sur les pratiques analytiques.

Les rôles et responsabilités des différents intervenants ont été précisés. Pour tenir compte des spécificités du site, des objectifs des diagnostics (screening, quantification de source...) et en cohérence avec les normes NF X 31-620, la réalisation des prélèvements et leur conditionnement relèvent de la responsabilité des bureaux d'études. Le laboratoire d'analyse qui réceptionne les échantillons prélevés réalise les analyses en se conformant aux instructions du demandeur, mentionnées sur la demande d'analyse. Un dialogue préalable entre le demandeur et le laboratoire aura permis de fixer les volumes nécessaires, les flaconnages appropriés et le délai de réception des échantillons.

L'amélioration et/ou l'harmonisation des méthodes de prélèvements a fait l'objet du groupe de travail, GT Echantillonnage, dont les travaux se sont déroulés de 2016 à 2021. Ces travaux ont donné lieu à 2 documents, un rapport sur un essai d'inter-comparaison des méthodes d'échantillonnage des sols en sites et sols pollués [BRGM/RP-69237-FR] et un guide sur l'échantillonnage (à paraître en 2022).

2.3. METHODE DE TRAVAIL

La méthode du groupe de travail « GT Laboratoires » a consisté à recenser les pratiques et performances des laboratoires d'analyses impliqués en contexte sites et sols pollués au moyen d'une enquête pour chaque polluant et chaque matrice, puis à rechercher et étudier les méthodes d'analyses disponibles en normalisation nationale, européenne ou internationale.

Les données traitées par le BRGM ont été présentées au groupe de travail pour être discutées, complétées et validées au cours des différentes réunions en recherchant un consensus.

3. Résultats des travaux du groupe de travail pour la matrice SOL

Les concepts de base posés par le groupe de travail afin de répondre à la question *quelle(s) norme(s) pour quel polluant avec quelle performance ?*, et qui ont guidé les orientations des différentes réunions ont été les suivants :

- harmoniser les pratiques d'analyse des laboratoires autour des documents normatifs les plus récents ;
- appliquer une préparation systématique des échantillons de sols (sauf exception) afin de disposer de résultats plus fiables et comparables (en conséquence, il est indiqué que les délais de rendu des résultats aux clients seront plus longs) ;
- assurer une cohérence avec les travaux en cours sur l'harmonisation des méthodes de prélèvements.

La liste des 117 paramètres pouvant être recherchés dans les sols figure dans l'annexe 1.

3.1. CHOIX DE LA FRACTION A CONSIDERER POUR L'ANALYSE DES SOLS

Les échanges ont porté sur la pertinence de la fraction du sol à soumettre à l'analyse. Les deux possibilités pour le laboratoire, hors composés volatils, sont de travailler avec l'ensemble de l'échantillon ou avec une autre fraction, récupérée après tamisage à 2 mm par exemple.

Le choix a été orienté vers une exigence technique fonction des contextes d'études : le demandeur a la responsabilité du choix de la fraction à analyser, en s'appuyant sur des scénarios prédéfinis, et il doit le mentionner explicitement aux laboratoires d'analyses.

Consensus :

Il appartient au demandeur qui réalise l'échantillonnage de décider d'écarter au maximum sur site les fractions grossières (blocs, galets, débris...) si elles sont non représentatives de l'échantillon et sans objet pour l'étude, afin de limiter les choix ultérieurs à faire par le laboratoire.

Le demandeur qui demande l'analyse est responsable de la définition de la fraction granulométrique à analyser, totalité de l'échantillon ou autre fraction, par exemple la fraction inférieure à 2 mm. Le choix est fonction des contextes d'études selon les exemples du tableau ci-dessous, qui a été retravaillé dans le cadre du GT Echantillonnage. Le demandeur doit explicitement préciser cette information au laboratoire lors de l'envoi des échantillons et le mentionner dans le rapport d'études avec l'argumentaire de choix. À défaut, le laboratoire se rapprochera du demandeur pour obtenir l'information.

Le laboratoire considère l'échantillon réceptionné comme représentatif du site (même s'il est constitué de graviers, galets...) et ne doit pas procéder à l'élimination de ces matériaux.

L'information concernant la fraction analysée (totalité de l'échantillon ou fraction < 2 mm) devra figurer dans le bulletin d'analyses.

Contexte	Fraction à analyser	Commentaires
Calculs de risques sanitaires (tests de Bioaccessibilité)	< 250 µm	Conformément à la Norme NF ISO 17924 de mars 2019 pour le test UBM, la fraction granulométrique de sol < 250 µm est retenue pour les tests de bioaccessibilité. Il s'agit de la fraction la plus à même d'être en contact avec les mains et d'être portée à la bouche.
Calculs de risques sanitaires (Inhalation de poussières et ingestion de sol)	<2 mm	Dans le cas d'études sanitaires, seules les particules fines susceptibles d'être inhalées ou ingérées sont analysées. L'analyse de la fraction granulométrique du sol fine (< 2 mm) peut avoir un intérêt vis-à-vis de l'évaluation des risques sanitaires par inhalation de poussières et ingestion de sol (fraction fine principalement à l'origine de cette exposition)..
Elaboration des valeurs de fond pédogéochimiques	<2 mm	Dans ce contexte, l'important est de pouvoir faire une comparaison des résultats sur les mêmes fractions granulométriques (ELT et échantillon prélevé sur site). Par ex, l'analyse de la fraction < 2 mm permet d'être cohérent avec les pratiques retenues pour la constitution de valeurs de fond dans les bases de données existantes..
Calcul / Estimation d'un bilan masse	Ensemble de l'échantillon	S'agissant de réaliser un calcul de cubature ou une évaluation du tonnage de sols pollués, toutes les fractions granulométriques sont à prendre en compte.
Caractérisation terres excavées (hors fractions grossières > 20 mm)	Ensemble de l'échantillon	L'objectif est d'apprécier la qualité globale des terres prélevées qui seront ensuite gérées. Dans le guide Valorisation des TEX, [Coussy et al., 2020] la comparaison aux valeurs seuils est faite sur les teneurs mesurées en contenu total (analyse sur l'échantillon brut) . L'appréciation de la répartition des teneurs en fonction des classes granulométriques peut aussi permettre d'optimiser les modalités de gestion (réutilisation / traitement / élimination).

Tableau 1 : Fraction du sol à analyser selon les contextes de gestion SSP.

3.2. PRETRAITEMENT DES ECHANTILLONS SOLIDES

Le constat fait est la variété des pratiques par les laboratoires pour le prétraitement des sols avant analyse (séchage, broyage, granulométrie, masse prélevée pour analyse). Pour restreindre cette diversité, il a été convenu après de nombreux échanges, de suivre les prescriptions de la norme NF EN 16179.

Concernant le sous échantillonnage au laboratoire, se référer aux §10.2.5.2 et 10.2.5.3 de la norme NF EN 16179 pour les paramètres chimiques et physico-chimiques, hors composés organiques volatils. Pour le cas particulier des composés organiques volatils, se référer au §10.3.2.2.

Consensus :

Sauf exception précisée dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués », la norme à respecter pour le prétraitement des échantillons est la norme NF EN 16179.

La norme NF EN 16179 étant récente, certaines normes d'analyses renvoient à d'autres normes de prétraitement et notamment aux normes NF ISO 11464 ou NF ISO 14507. La norme NF EN 16179 reprend la plupart des grands principes de ces deux normes et n'entre pas en contradiction avec les exigences des normes d'analyse mentionnées. Lors de renvois

de ce type dans les normes d'analyses, le laboratoire appliquera les paragraphes correspondant de la norme NF EN 16179.

Sauf exception mentionnée dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués », la prise d'essai pour analyse pourra être adaptée par rapport à la norme d'analyse sous réserve du respect des exigences de la norme NF EN 16179 notamment pour la représentativité et la granulométrie de la prise d'essai.

3.3. CAS DU NAPHTALENE

Les échanges ont porté sur le choix de la norme d'analyse à appliquer pour l'analyse du naphthalène, qui appartient à la famille des HAP (norme analytique NF ISO 13877) mais qui est également considéré comme une substance volatile (normes analytiques NF ISO 22155 et NF EN ISO 15009). Il peut donc être analysé suivant deux filières analytiques différentes qui ne présentent pas les mêmes performances en termes de limite de quantification et d'incertitude analytique.

Consensus :

Compte tenu de la limite de quantification fixée et pour éviter des pertes par la préparation physique (séchage) mentionnée dans la norme NF ISO 13877, la position retenue est de considérer le naphthalène comme un composé volatil. La famille des 16 HAP est remplacée par 15 HAP.

3.4. ANALYSE DES COMPOSES VOLATILS (COHV ET BTEX)

Un consensus a rapidement été atteint pour établir qu'une analyse des gaz du sol serait réalisée en premier lieu. Les débats ont ensuite porté sur le conditionnement des échantillons de sols en vue de leur analyse. Les avantages et inconvénients de chaque pratique ont été présentés et discutés. Les résultats de l'étude ADEME-Burgeap 2015 (Kaskassian *et al.*, 2015) portant sur la comparaison des prélèvements avec un emporte-pièce et une cartouche inox (soil corer), un kit méthanol et un flacon de sol brut ont été discutés. Les aspects liés au prélèvement ont été discutés avec les professionnels des sites et sols pollués dans le cadre du « Groupe de Travail Échantillonnage » initié en 2016. Une étude menée en 2018 [BRGM/RP-69237-FR] a apporté des éléments complémentaires sur ce sujet.

Consensus :

*L'analyse des composés volatils dans les sols sera réalisée selon les méthodes prescrites dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués ». Elle est demandée **en complément du diagnostic réalisé sur les gaz du sol**, en vue d'une caractérisation de la source de pollution en COV.*

L'avis ministériel [NOR : TREP2027860V / JORF n°0315 / Texte n° 134] en date du 22 février 2022 définit les méthodes normalisées, notamment en ce qui concerne l'échantillonnage des sols, réputées satisfaire aux exigences réglementaires relatives à la surveillance des milieux dans le domaine des installations classées pour la protection de l'environnement. Cet avis précise que « Pour la recherche des composés volatils, les normes NF ISO 18400-102 et 105 donnent des lignes directrices sur l'échantillonnage des sols pour limiter les pertes de composés. Elles recommandent notamment de préserver la structure du sol (échantillon non remanié), d'éviter l'exposition à l'air et de stabiliser les COV (par exemple en conservant l'échantillon de sol dans le méthanol). Ces deux normes renvoient également à la norme ISO 22155 qui recommande l'échantillonnage par la méthode de flacons pré remplis de méthanol

ou par la méthode du tube de carottage afin d'éviter les pertes par volatilisation. Pour ces composés, et selon la norme NF EN 16179, l'échantillon de sol ne peut être soumis à aucun prétraitement (quartage, tamisage, broyage). »

« Pour l'analyse des hydrocarbures aromatiques volatils et des hydrocarbures halogénés volatils, le laboratoire ajoute un traceur pour le prélèvement en flacon pré-rempli de méthanol et réalise un blanc laboratoire tous les 15 échantillons a minima. »

Note : A sa sortie, la future norme ISO 18400-301 fournira des recommandations spécifiques relatives au prélèvement d'échantillons de sol pour l'analyse des composés organiques volatils (COV) et aux mesures semi-quantitatives des COV qui ne sont pas explicitement couverts dans la série de normes existantes ISO 18400.

3.5. ANALYSE DES ELEMENTS METALLIQUES

Les échanges ont porté sur le choix de la méthode de mise en solution. La mise en solution peut être réalisée selon des méthodes dites partielles (comme la digestion « eau régale » avec la norme NF EN 16174 au moment des échanges mais maintenant remplacée par la norme NF EN ISO 54321) ou des méthodes de digestion « totale » (NF ISO 14869-1). Il a été décidé de recommander la méthode de digestion « eau régale » ; cette méthode est de loin la méthode la plus utilisée dans les laboratoires et elle est considérée comme « pertinente » pour évaluer les impacts sanitaires ou environnementaux. Même si cette méthode de digestion est classée dans les méthodes « partielles », il est à noter qu'elle est aussi considérée comme « pseudo totale » et que dans certains cas et pour certains éléments les résultats seront identiques à une digestion totale. Pour certains objectifs spécifiques d'études (anticipation d'évolutions minéralogiques, études de signatures chimiques pour comprendre l'origine d'une pollution et discriminer différentes contributions) ou pour certains contextes particuliers d'études (sites miniers, fond géochimique naturel), une mise en solution « totale » pourra être réalisée et cela devra être indiqué par le demandeur.

Consensus :

Analyse d'éléments métalliques (hors étude de bioaccessibilité) :

Pour certains éléments métalliques, deux méthodes de mise en solution sont proposées dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués ». Par défaut une mise en solution partielle à l'eau régale (NF EN ISO 54321) est privilégiée pour les études en contexte Sites et Sols Pollués.

Dans certains contextes particuliers d'études (sites miniers, fond géochimique naturel...), où le demandeur souhaite l'emploi de la norme NF ISO 14869-1 (mise en solution totale), il le mentionne explicitement au prestataire d'analyse. La méthode de minéralisation mise en œuvre est reprise dans le bulletin d'analyse.

La méthode de dosage est laissée à l'appréciation du laboratoire (à l'exception du chrome VI) pour autant qu'il s'agisse d'une méthode normalisée et qu'elle respecte les exigences de performances.

3.6. ANALYSE DES AUTRES COMPOSES ORGANIQUES

Devant la diversité des pratiques, constatée par retour des questionnaires auprès des laboratoires, et compte tenu des objectifs initiaux fixés, le consensus pour les méthodes à mettre en œuvre pour les paramètres organiques (autres que composés volatils et naphthalène)

disposant de textes normatifs a été obtenu sans difficultés particulières. Les méthodes à mettre en œuvre pour les paramètres sont indiquées dans le tableau « *Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués* » (annexe 1).

3.7. COMPOSES SANS METHODE (OU ORPHELINS)

Les composés ne disposant pas de méthode normalisée ont été identifiés. Il s'agit des 2 alcools méthanol et terbutyl alcool, du dibenzothiophène, et de 2 organométalliques le méthyl mercure et le plomb tétraéthyle. Le besoin d'analyser ces composés a été confirmé. Quand cela a été possible, une norme d'analyse pouvant être employée a été proposée dans le tableau « *Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués* » (annexe 1) ; cependant le paramètre n'appartenant pas au domaine d'application de la norme, il appartiendra au laboratoire de valider l'analyse de ce composé selon cette norme. Dans d'autres cas, un simple principe analytique a été proposé.

Le besoin de disposer d'une méthode pour chaque paramètre, afin de réduire le risque de variabilité des résultats d'analyse, a été précisé par le groupe. Des travaux ont donc été menés ultérieurement pour le méthyl mercure et plomb tétraéthyle pour lesquels aucun principe n'avait pu être proposé. Ces travaux de recherche bibliographique ont permis de proposer des protocoles d'analyses pour chacun de ces 2 composés [BRGM/RP-65027-FR].

3.8. LIMITE DE QUANTIFICATION

Les valeurs des limites de quantification (LQ) pour chaque paramètre dans les sols ont été proposées par le BRGM, en considérant les points suivants :

- vérification de l'adéquation des LQ avec un scénario ingestion de sols (enfant résident 0-6 ans) ;
- nombre de méthodes utilisées par les laboratoires, permettant d'atteindre la LQ ;
- vérification de l'adéquation des LQ avec les données disponibles sur le bruit de fond géochimique.

Les valeurs des LQ devaient ensuite respecter obligatoirement les critères suivants :

- LQ < bruit de fond géochimique (lorsque disponible dans la bibliographie) ;
- LQ < concentrations à partir desquelles Quotient de Danger (QD) >0,2 ou Excès de Risque Individuel (ERI) >10⁻⁶ ;
- LQ compatible avec les valeurs de gestion des terres excavées (rapport BRGM/RP-62856-FR [BRGM/RP-62856] et Guide de valorisation hors site des terres excavées [Coussy et al., 2020]).

Les valeurs 0,2 pour le Quotient de Danger et 10⁻⁶ pour l'Excès de Risque Individuel sont les critères d'interprétation de la démarche d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM), proposée dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués

Enfin le critère d'appréciation complémentaire a été une faisabilité par la majorité des laboratoires.

De nombreux échanges ont eu lieu et les laboratoires ont été invités à faire part de leurs difficultés éventuelles pour atteindre ces valeurs. À l'issue de ces discussions, certaines valeurs ont pu être relevées et restent en accord avec l'utilisation ultérieure des données.

Une LQ à 0,05 mg/kg a été initialement fixée pour le naphtalène car correspondant à la valeur seuil de gestion pour les terres excavées. Cette valeur avait été fixée en prenant en compte les capacités analytiques des laboratoires qui réalisent cette analyse avec les autres HAP selon les normes NF EN 16181, NF ISO 18287 ou NF ISO 13877. Or ces normes bien adaptées pour les HAP non volatils comprennent des étapes (séchage en particulier) pouvant volatiliser une partie du naphtalène présent dans l'échantillon. Dans le cadre du groupe de travail il a été privilégié pour ce paramètre une méthode d'analyse de type volatil (selon la norme NF ISO 22155), méthode moins sensible que les méthodes dédiées aux autres HAP et ne permettent plus d'atteindre la LQ de 0,05 mg/kg. La LQ retenue a été celle indiquée comme atteignable par la majorité des laboratoires, à savoir 0,1 mg/kg. Cette valeur est reprise dans le guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement [Coussy et al., 2020].

Le PCB 118 est considéré avec les PCB indicateurs (7 congénères) et avec les PCB de type dioxine (PCB-DL). Cela conduit à 2 méthodes d'analyse de coûts et de performances différentes. D'un point de vue méthodologique, le PCB118 est à considérer comme un PCB-DL, et les calculs de risque sanitaires ont conduit à recommander une LQ de 0,1 µg/kg. Cependant, le fait d'imposer cette LQ y compris lors de l'analyse des 7 congénères aurait eu des conséquences sur les méthodes et les coûts d'analyses en raison de la nécessité d'analyser ce composé avec les PCB-DL en plus des autres congénères. Il a été décidé de conserver les 2 méthodes d'analyses possibles et donc les 2 LQ selon que le congénère 118 est à rechercher avec les 7 congénères ou avec les PCB de type dioxine.

Les limites de quantification précisées sont déterminées sur matrice solide et sur l'ensemble de la méthode d'analyse, selon le protocole présenté par la norme XP X31-131. Cette méthodologie harmonisée a été construite avec un sous-groupe réduit aux laboratoires, à l'issue de quelques réunions.

Consensus :

Les limites de quantification indiquées dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués » sont les performances minimales dont doivent disposer les laboratoires.

Les limites de quantification devront être déterminées sur une matrice solide et sur l'ensemble de la méthode d'analyse, selon le protocole présenté par la norme XP X31-131.

3.9. ACCREDITATION

Le groupe a établi que l'accréditation du laboratoire d'analyse pour les paramètres, les méthodes de préparation et les méthodes d'analyses mentionnés dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués », est un prérequis pour la réalisation des prestations dans le cadre des sites et sols pollués.

3.10. ESSAIS INTERLABORATOIRES

Le faible nombre de paramètres couverts par un essai inter-laboratoires dans les sols est constaté. Ces essais sont des éléments importants de la fiabilité des données et permettent aux laboratoires d'assurer la qualité de leurs analyses et la cohérence de leurs résultats avec la profession. Les deux organisateurs d'essai d'inter-comparaison nationaux ont été informés de cette lacune. Dans l'attente de la généralisation de ces essais, plusieurs essais inter-laboratoires sur les sols en contexte sites et sols pollués ont été réalisés dans le cadre du « GT Laboratoires » entre 2015 et 2020 sur les paramètres suivants :

- composés organiques volatils en 2015 [BRGM/RP-64857-FR],
- hydrocarbures (C10-C40) et coupes en 2017 [BRGM/RP-67826-FR]
- hydrocarbures volatils (C5-C10) en 2018 [BRGM/RP-69191-FR]
- composés organiques (HAP, PCB, COV, C10-C40) dans un échantillon de sol brut très chargé en hydrocarbures en 2020 [BRGM/RP-70987-FR]

Devant la difficulté pour les laboratoires de disposer d'un essai pour tous les paramètres dans chaque matrice, le **consensus est le suivant** :

Les laboratoires d'analyse sont tenus de participer aux essais inter-laboratoires disponibles au niveau national ou international, pour la matrice sol, et pour tous les paramètres revendiqués, mentionnés dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués ».

En l'absence d'essais disponibles pour la matrice sol, la participation aux essais inter-laboratoires sur d'autres matrices solides (sédiment) est encouragée, sous réserve que les analyses soient réalisées selon les méthodes mentionnés dans le tableau « Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués ».

3.11. INCERTITUDES DE MESURE

Une valeur d'incertitude ($k=2$) doit être systématiquement transmise avec le résultat d'analyse. Les échanges entre le GT laboratoire et le GT échantillonnage ont eu pour objectif de préciser le rôle et les responsabilités de chacun, et de sensibiliser les laboratoires pour apporter plus de transparence dans leurs pratiques et dans les informations à fournir dans le bordereau d'analyses (notamment les méthodes de prétraitement et d'analyses, les masses de refus, les incertitudes analytiques).

L'incertitude déterminée par le laboratoire se limite au protocole analytique appliqué sur l'échantillon. Elle prend en compte la phase d'extraction ou de minéralisation et l'analyse. Pour les sols, elle est, en général, déterminée sur l'échantillon déjà préparé, c'est-à-dire séché et broyé.

L'incertitude liée à la préparation physique des sols (sous-échantillonnage, quartage, séchage, broyage, homogénéisation...) n'est donc pas prise en compte dans l'incertitude du laboratoire communiquée au client.

Le laboratoire doit être en mesure de fournir au commanditaire, dans le bordereau d'analyses :

- une valeur d'incertitude ($k=2$) associée au résultat d'analyse ;
- tout facteur susceptible d'avoir eu une incidence sur les résultats.

4. Conclusion

La création du groupe de travail « Laboratoires » a permis de réunir les acteurs impliqués dans les activités relatives à la caractérisation des sites et sols potentiellement pollués et de débattre sur différents aspects techniques clés tels que les méthodes de traitement des échantillons de sol, les techniques d'analyses les mieux adaptées aux polluants recherchés, ou les performances exigibles.

Pour l'analyse des sols, un tableau recensant par polluant les méthodes à appliquer par les laboratoires et les limites de quantification attendues a pu être établi et validé par le groupe de travail.

Pour les composés ne disposant pas de méthode d'analyse normative, des méthodes issues de la littérature scientifique ont été proposées aux laboratoires d'analyse [BRGM/RP-65027-FR].

L'avis sur les méthodes normalisées de référence pour les mesures dans l'air, l'eau et les sols dans les installations classées pour la protection de l'environnement a ainsi été publié en décembre 2020 puis mis à jour en février 2022. La mise à jour du présent rapport permet de prendre en compte la révision des exigences notamment la liste des normes d'analyse applicables pour les laboratoires effectuant des prestations dans le contexte des sites et sols pollués.

5. Références

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

Avis ministériel sur les méthodes normalisées de référence pour les mesures dans l'air, l'eau et les sols dans les installations classées pour la protection de l'environnement [NOR : TREP2027860V / JORF n°0315 / Texte n° 134] du 22 février 2022

BRGM/RP-60389-FR, Maton D., Blanc C., Boutin M.P., Ghestem J.-P., Scamps M. (2012) - Normalisation dans le domaine des sites et sols pollués.

BRGM/RP-62856-FR, Coussy S. avec la participation de Rouvreau L., Blanc C., Scamps M. et Windholtz J. (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/RP-64749-FR, Amalric L. avec la collaboration de Aubert N., Ghestem J.-P. et Leprond H. (2015) – Analyse des sols en contexte sites et sols pollués - Synthèse des réunions du groupe de travail Laboratoires. Rapport final, 46 p., 1 tabl., 1 ann

BRGM/RP-64857-FR, Moreau P. et Amalric L (2015) - Organisation d'un essai interlaboratoires pour l'analyse des composés volatils dans les sols en contexte sites et sols pollués.

BRGM/RP-65027-FR, Yari A., Amalric L. (2015) - Proposition de modes opératoires basés sur la littérature scientifique pour la détermination du méthylmercure et du plomb tétraéthyle dans les sols.

BRGM/RP-67826-FR, Moreau P., Amalric L. (2018) - Essai interlaboratoires pour l'analyse des hydrocarbures (C10-C40) dans les sols en contexte sites et sols pollués.

BRGM/RP-69191-FR, Moreau P., Amalric L. (2019) - Essai interlaboratoires pour l'analyse des hydrocarbures volatils (C5-C10) dans les sols en contexte sites et sols pollués.

BRGM/RP-69237-FR, Favéreaux, S., Belbeze S., Balon P. (2020) - Essai d'inter-comparaison des méthodes d'échantillonnage des sols en sites et sols pollués – Exploitation des résultats

BRGM/RP-70987-FR, Moreau P., Amalric L. (2021) – Essai interlaboratoires pour l'analyse des composés organiques (HAP, PCB, COV, C10-C40) dans un échantillon de sol brut très chargé en hydrocarbures.

Coussy S., Dubrac N., Hulot C., Billard A., Kaabouch S., avril 2020. MTES - Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide_valorisation_tex_ssp.pdf

EPA Method 3540C, Soxhlet extraction - (1996).

EPA Method 3545A, Pressurized fluid extraction (PFE) – (2007).

EPA Method 3550C, Ultrasonic extraction – (2007).

EPA Method 7473, Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation and atomic absorption spectrometry – (2007).

EPA Method 8131, Aniline and selected derivatives by gas chromatography – (1996).

EPA Method 8270D, Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry – (2014).

ISO 20295, Qualité du sol – Détermination du perchlorate dans les sols en utilisant la chromatographie ionique – AFNOR (2018)

ISO/TS 17182, Qualité du sol - Dosage de quelques phénols et chlorophénols sélectionnés - Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse - AFNOR (2014).

Kaskassian S., Gleize T., Côme J.-M., (2015) - Comparaison de protocoles de prélèvement des sols pour l'analyse des COV - Etude de comparaison de protocoles de prélèvement, d'échantillonnage et de préparation des échantillons pour l'analyse des COV dans les sols, recommandations pour une homogénéisation des (bonnes) pratiques, Résumé public, 31 p.*

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) - AFNOR (2002).

NF EN 15934, Boues, bio-déchets traités, sols et déchets - Calcul de la teneur en matière sèche par détermination du résidu sec ou de la teneur en eau - AFNOR (2012).

NF EN 16179, Boues, bio-déchets traités et sols - Lignes directrices pour le prétraitement des échantillons - AFNOR, (2012).

NF EN 16181, Sols, bio-déchets traités et boues - Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) par chromatographie en phase gazeuse et chromatographie liquide à haute performance - AFNOR (2018).

NF EN 16190, Sols, bio-déchets traités et boues – Dosage des dioxines et furanes et polychlorobiphényles de type dioxine par chromatographie en phase gazeuse avec spectrométrie de masse à haute résolution (HR CG-SM) - AFNOR (2018).

NF EN 17322, Matrices solides environnementales – Dosage des polychlorobiphényles (PCB) par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (CG-SM) ou chromatographie en phase gazeuse avec détection par capture d'électrons (CG-ECD) – AFNOR (2020).

NF EN ISO 10304-4, Qualité de l'eau - Dosage des anions dissous par chromatographie des ions en phase liquide - Partie 4 : Dosage des ions chlorate, chlorure et chlorite dans des eaux faiblement contaminées - AFNOR (1999).

NF EN ISO 15009, Qualité du sol - Détermination par chromatographie en phase gazeuse des teneurs en hydrocarbures aromatiques volatils, en naphthalène et en hydrocarbures halogénés volatils — Méthode par purge et piégeage avec désorption thermique - AFNOR (2016).

NF EN ISO 16558-1, Qualité du sol - Hydrocarbures de pétrole à risque - Partie 1 : détermination des fractions aliphatiques et aromatiques des hydrocarbures de pétrole volatils

par chromatographie en phase gazeuse (méthode par espace de tête statique) - AFNOR (2015).

NF EN ISO 16703, Qualité du sol - Dosage des hydrocarbures de C10 à C40 par chromatographie en phase gazeuse - AFNOR (2011).

NF EN ISO 17380, Qualité du sol - Détermination des cyanures totaux et des cyanures aisément libérables - Méthode d'analyse en flux continu - AFNOR (2013).

NF EN ISO 22155 - Qualité du sol - Dosage des hydrocarbures aromatiques et halogénés volatils et de certains éthers par chromatographie en phase gazeuse - Méthode par espace de tête statique – AFNOR (2016).

NF EN ISO 54321, Sols, biodéchets traités, boues et déchets – Digestion des éléments solubles dans l'eau régale – AFNOR (2021).

NF ISO 11464, Qualité du sol -Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques - AFNOR (2006).

NF ISO 11465, Qualité du sol Détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau Méthode gravimétrique - AFNOR 1994

NF ISO 11916-1 - Qualité du sol - Dosage d'une sélection d'explosifs et de composés apparentés - Partie 1 : méthode utilisant la chromatographie liquide à haute performance (CLHP) avec détection ultraviolet - AFNOR (2013).

NF ISO 11916-2 - Qualité du sol - Dosage d'une sélection d'explosifs et de composés apparentés - Partie 2 : Méthode utilisant la chromatographie en phase gazeuse (CG) avec détection à capture d'électrons (DCE) ou détection par spectrométrie de masse (SM) - AFNOR (2013).

NF ISO 13877, Qualité du sol - Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques Méthode par chromatographie en phase liquide à haute performance - AFNOR (1999).

NF ISO 14507, Qualité du sol - Prétraitement des échantillons pour la détermination des contaminants organiques - AFNOR (2003).

NF ISO 14869-1, Qualité du sol - Mise en solution pour la détermination des teneurs élémentaires totales - Partie 1 : mise en solution par l'acide fluorhydrique et l'acide perchlorique - AFNOR (2001).

NF ISO 17924, Qualité du sol - Évaluation de l'exposition humaine par ingestion de sol et de matériaux du sol - Mode opératoire pour l'estimation de la bioaccessibilité/biodisponibilité pour l'homme de métaux dans le sol – AFNOR (2019)

NF ISO 18287, Qualité du sol - Dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (CG-MS) - AFNOR (2006).

NF T 90-210, Qualité de l'eau - Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode dans un laboratoire - AFNOR (2018).

NF X 31620-1, Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 1 : Exigences générales - AFNOR (2021).

NF X 31620-2, 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 - AFNOR (2021).

NF X 31620-3, Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 3 : Exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation - AFNOR (2021).

NF X 31620-4, Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 4 : Exigences dans le domaine des prestations d'exécution des travaux de réhabilitation - AFNOR (2021).

USGS-NWQL O-5130-95, Determination of semivolatile organic compounds in bottom sediments by solvent extraction, gel permeation chromatographic fractionation and capillary-column gas chromatography/mass spectrometry – 1996

XP CEN ISO/TS 16558-2, Qualité du sol - Hydrocarbures de pétrole à risque - Partie 2 : détermination des fractions aliphatiques et aromatiques des hydrocarbures de pétrole semi-volatiles par chromatographie en phase gazeuse avec détection à ionisation de flamme (CPG-FID)- AFNOR (2016).

Annexe 1

Liste des normes d'analyses à mettre en œuvre pour l'analyse des sols en contexte sites et sols pollués

Ce tableau regroupe tous les composés ayant fait l'objet d'échanges en GT Laboratoires. Les composés ne disposant pas d'une méthode d'analyse normalisée (en italique dans le tableau) n'ont pas été repris dans l'avis sur les méthodes normalisées de référence pour les mesures dans l'air, l'eau et les sols dans les installations classées pour la protection de l'environnement du 22 février 2022 [NOR : TREP2027860V / JORF n°0315 / Texte n° 134].

Substance	Famille chimique	Code Sandre	Normes pour le prétraitement de l'échantillon	Norme pour la mise en solution et/ou l'analyse	LQ	Unité	Commentaires (voir sous le tableau)
Matière sèche (MS)		1307	NF EN 16179	NF ISO 11465 ou NF EN 15934		%	
<i>Méthanol</i>	<i>Alcools et polyols</i>	<i>2052</i>	<i>NF EN 16179 §5.5</i>	<i>Méthode possible : HS-GCMS</i>	<i>10</i>	<i>mg/kg de MS</i>	
<i>ter-Butyl alcool</i>	<i>Alcools et polyols</i>	<i>2583</i>	<i>NF EN 16179 §5.5</i>	<i>Méthode possible : HS-GCMS</i>	<i>10</i>	<i>mg/kg de MS</i>	
<i>Aniline</i>	<i>Anilines et dérivés</i>	<i>2605</i>	<i>NF EN 16179</i>	<i>Méthode possible (selon EPA 8131) : extraction par ultrasons avec dichlorométhane/acétone (1:1) et analyse par GC/NPD, ou par GC/MS (selon EPA 8270D)</i>	<i>40</i>	<i>µg/kg de MS</i>	
Chlorates	Autres éléments minéraux	1752	NF EN 16179	NF EN 12457-2 et NF EN ISO 10304-4	1	mg/kg de MS	
Cyanures aisément libérables	Autres éléments minéraux	1084	NF EN 16179	NF EN ISO 17380	1	mg/kg de MS	
Cyanures totaux	Autres éléments minéraux	1390	NF EN 16179	NF EN ISO 17380	1	mg/kg de MS	

Perchlorates	Autres éléments minéraux	6219	NF EN 16179	ISO 20295	0,2	mg/kg de MS	
2,4,6-Trinitrophénol	Autres phénols	6196	NF EN 16179 ou NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	Méthodes possibles : - extraction par Soxhlet (EPA 3540C), PFE (EPA 3545A), ou ultrasons (EPA 3550C) avec dichlorométhane/acétone (1:1) ou hexane/acétone (1:1) et analyse par GC/MS (EPA 8270D). - NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	0,5	mg/kg de MS	
Crésol (o, m, p)	Autres phénols	6341 (somme) 1640 (ortho) 5855 (m+p)	NF EN 16179 §5.5	ISO/TS 17182	0,5	mg/kg de MS	
Phénol	Autres phénols	5515	NF EN 16179 §5.5	ISO /TS 17182	0,5	mg/kg de MS	
1,2,4-Triméthylbenzène	Benzène et dérivés	1609	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,3,5-Triméthylbenzène	Benzène et dérivés	1509	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
2,4,6-Trinitrotoluène	Benzène et dérivés	2736	NF EN 16179 §5.5	NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	0,1	mg/kg de MS	
2,4-Dinitrotoluène	Benzène et dérivés	1578	NF EN 16179 §5.5	NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	0,1	mg/kg de MS	
2,6-Dinitrotoluène	Benzène et dérivés	1577	NF EN 16179 §5.5	NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	0,1	mg/kg de MS	
Benzène	Benzène et dérivés	1114	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,05	mg/kg de MS	1
Ethylbenzène	Benzène et dérivés	1497	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Nitrobenzène	Benzène et dérivés	2614	NF EN 16179 §5.5	NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	0,1	mg/kg de MS	
Toluène	Benzène et dérivés	1278	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Xylène ortho	Benzène et dérivés	1292	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Xylènes méta + para	Benzène et dérivés	2925	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,2-Dichlorobenzène	Chlorobenzène et mono-aromatiques halogénés	1165	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,3-Dichlorobenzène	Chlorobenzène et mono-	1164	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1

	aromatiques halogénés						
1,4-Dichlorobenzène	Chlorobenzène et mono-aromatiques halogénés	1166	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Chlorobenzène	Chlorobenzène et mono-aromatiques halogénés	1467	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,1,1-Trichloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	1284	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,2-Dichloroéthane	COHV, solvants chlorés, fréons	1161	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,2-Dichloroéthylène	COHV, solvants chlorés, fréons	1163	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,2-Dichloroéthylène CIS	COHV, solvants chlorés, fréons	1456	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
1,2-Dichloroéthylène TRANS	COHV, solvants chlorés, fréons	1727	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Chlorure de vinyle	COHV, solvants chlorés, fréons	1753	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Dichlorométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	1168	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Tétrachloroéthylène (PCE)	COHV, solvants chlorés, fréons	1272	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,2	mg/kg de MS	1
Tétrachlorométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	1276	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Tribromométhane	COHV, solvants chlorés, fréons	1122	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Trichloréthylène (TCE)	COHV, solvants chlorés, fréons	1286	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1
Trichlorométhane (chloroforme)	COHV, solvants chlorés, fréons	1135	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	1

1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2575	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2596	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2597	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2571	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2591	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2572	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2692	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2573	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2597	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,7,8-PeCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2569	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
1,2,3,7,8-PeCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2588	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2593	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
2,3,4,7,8-PeCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2589	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
2,3,7,8-TeCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2562	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
2,3,7,8-TeCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2586	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	1	ng/kg de MS	
OCDD	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	2566	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	2	ng/kg de MS	
OCDF	Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF)	5248	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	2	ng/kg de MS	

DIPE : éther diisopropylique	Divers (autres organiques)	5264	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	nd		2
ETBE : éthyle tert-butyl éther	Divers (autres organiques)	2673	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	2
MTBE : méthyl tert-butyl éther	Divers (autres organiques)	1512	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	
1 -Nitronaphtalène	HAP ¹	absent	NF EN 16179	Méthodes possibles : - XP CEN/TS 16181 ou NF ISO 18287 ou NF ISO 13877 - NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	nd		
1, 5 -Dinitronaphtalène	HAP ¹	6189	NF EN 16179	Méthodes possibles : - XP CEN/TS 16181 ou NF ISO 18287 ou NF ISO 13877 - NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	nd		
1, 8-Dinitronaphtalène	HAP ¹	6190	NF EN 16179	Méthodes possibles : - XP CEN/TS 16181 ou NF ISO 18287 ou NF ISO 13877 - NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	nd		
2-Nitronaphtalène	HAP ¹	absent	NF EN 16179	Méthodes possibles : - XP CEN/TS 16181 ou NF ISO 18287 ou NF ISO 13877 - NF ISO 11916-1 ou NF ISO 11916-2	nd		
Acénaphène	HAP ¹	1453	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Acénaphthylène	HAP ¹	1622	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Anthracène	HAP ¹	1458	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	

¹ HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques, pyrolytiques et dérivés

Benzo(a)anthracène	HAP ¹	1082	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Benzo(a)pyrène	HAP ¹	1115	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Benzo(b)fluoranthène	HAP ¹	5250	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Benzo(g,h,i)pérylène	HAP ¹	1118	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Benzo(k)fluoranthène	HAP ¹	1117	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Chrysène	HAP ¹	1476	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Dibenzo(a,h)anthracène	HAP ¹	1621	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Fluoranthène	HAP ¹	1191	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Fluorène	HAP ¹	1623	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	HAP ¹	1204	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Naphtalène	HAP ¹	1517	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 22155	0,1	mg/kg de MS	
Phénanthrène	HAP ¹	1524	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	

Pyrène	HAP ¹	1537	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 16181 ou NF ISO 18287	0,1	mg/kg de MS	
Dibenzothiophène	HAP ¹	3004	NF EN 16179	Méthodes possibles : - selon USGS-NWQL: O-5130-95 : extraction par Soxhlet au dichlorométhane et analyse par GC/MS. - NF EN 16181	10	mg/kg de MS	
Hydrocarbures C10-C40 (huile minérale)	Hydrocarbures et indices liés	/	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN ISO 16703	20	mg/kg de MS	3
Hydrocarbures de pétrole semi-volatils C10 à C40	Hydrocarbures et indices liés	/	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	XP CEN ISO/TS 16558-2			Uniquement si mentionnée par le demandeur
Hydrocarbures de pétrole volatils C5-C10	Hydrocarbures et indices liés	3332	NF EN 16179 §5.5	NF EN ISO 16558-1	10	mg/kg de MS	
Antimoine	Métaux et métalloïdes	1376	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	1	mg/kg de MS	4
Arsenic	Métaux et métalloïdes	1369	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321)	1	mg/kg de MS	4
Baryum	Métaux et métalloïdes	1396	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	1	mg/kg de MS	4
Cadmium	Métaux et métalloïdes	1388	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	0,4	mg/kg de MS	4
Chrome	Métaux et métalloïdes	1389	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	1	mg/kg de MS	4
Chrome VI	Métaux et métalloïdes	1371	NF EN 16179	NF EN ISO 15192	0,5	mg/kg de MS	

Cuivre	Métaux et métalloïdes	1392	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	1	mg/kg de MS	4
Mercure	Métaux et métalloïdes	1387	NF EN 16179	NF EN ISO 54321 (janvier 2021) et méthode normalisée de dosage sur liquide ou méthode par pyrolyse-amalgamation- absorption atomique (suivant par exemple EPA 7473)	0,1	mg/kg de MS	
Molybdène	Métaux et métalloïdes	1395	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	1	mg/kg de MS	4
Nickel	Métaux et métalloïdes	1386	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	1	mg/kg de MS	4
Plomb	Métaux et métalloïdes	1382	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	10	mg/kg de MS	4
Sélénium	Métaux et métalloïdes	1385	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	5	mg/kg de MS	4
Zinc	Métaux et métalloïdes	1383	NF EN 16179	Mise en solution à l'eau régale (NF EN ISO 54321) ou par attaque "totale" (NF ISO 14869-1)	10	mg/kg de MS	4
<i>Méthyl mercure</i>	<i>Organométalliques</i>	<i>6408</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>0,5</i>	<i>mg/kg de MS</i>	
<i>Plomb tétraéthyle</i>	<i>Organométalliques</i>	<i>3362</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>nd</i>		
Tributylétain	Organométalliques	2879	NF EN 16179 § 5.6	NF EN ISO 23161	10	mg/kg de MS	
CB 28 2,4,4'-Trichlorobiphényle	PCB indicateurs	1239	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	
CB 52 2,2',5,5'-tetrachloro-1,1'-Biphényle	PCB indicateurs	1241	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	

CB 101 2,2',4,5,5'- Pentachlorobiphényle	PCB indicateurs	1241	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	
CB 118 2,3',4,4',5- pentachlorobiphényle	PCB indicateurs	1243	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	
CB 138 2,2',3,4,4',4',5- Hexachlorobiphényle	PCB indicateurs	1244	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	
CB 153 2,2',4,4',5,5',- Hexachlorobiphényle	PCB indicateurs	1245	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	
CB 180 2,2',3,4,4',5,5'- heptachlorobiphényle	PCB indicateurs	1246	NF EN 16179 § 5.6 ; séchage à l'air possible	NF EN 17322	10	µg/kg de MS	
CB 77 3,3',4,4'- tétrachlorobiphényle	PCB coplanaires	1091	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 81 3,4,4',5- tétrachlorobiphényle	PCB coplanaires	5432	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 105 2,3,3',4,4'- pentachlorobiphényle	PCB coplanaires	1627	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 114 2,3,4,4',5- pentachlorobiphényle	PCB coplanaires	5433	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 118 2,3',4,4',5- pentachlorobiphényle	PCB coplanaires	1243	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 123 2,3',4,4',5'- Pentachlorobiphényle	PCB coplanaires	5434	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 126 3,3',4,4',5- Pentachlorobiphényle	PCB coplanaires	1089	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 156 2,3,3',4,4',5- hexachlorobiphényle	PCB coplanaires	2032	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 157 2,3,3',4,4',5'- Hexachlorobiphényle	PCB coplanaires	5435	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	

CB 167 2,3', 4,4', 5,5'-Hexachlorobiphényle	PCB coplanaires	5436	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 169 3,3', 4,4', 5,5'-Hexachlorobiphényle	PCB coplanaires	1090	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	
CB 189 2,3,3', 4,4', 5,5'-Heptachlorobiphényle	PCB coplanaires	5437	NF EN 16179 § 5.6	NF EN 16190	0,1	µg/kg de MS	

Glossaire du tableau :

- nd : non déterminé
- 1 : Pour le prélèvement en flacon pré-rempli de méthanol (§ 6.2), le laboratoire doit ajouter un traceur. Le laboratoire doit réaliser un blanc laboratoire tous les 15 échantillons au minimum.
- 2 : Pas dans le domaine d'application de la norme NF EN ISO 22155 : il appartient au laboratoire de valider l'analyse de ce composé suivant cette norme.
- 3 : Séparation en fractions aliphatiques et aromatiques (selon XP CEN ISO/TS 16558-2 § 9.2.2) uniquement si mentionnée par le demandeur.
- 4 : Contexte SSP : privilégier NF EN ISO 54321. La méthode d'analyse est laissée à l'appréciation du laboratoire pour autant qu'il s'agisse d'une méthode normalisée et qu'elle respecte les exigences de performances.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34



Géosciences pour une Terre durable

brgm