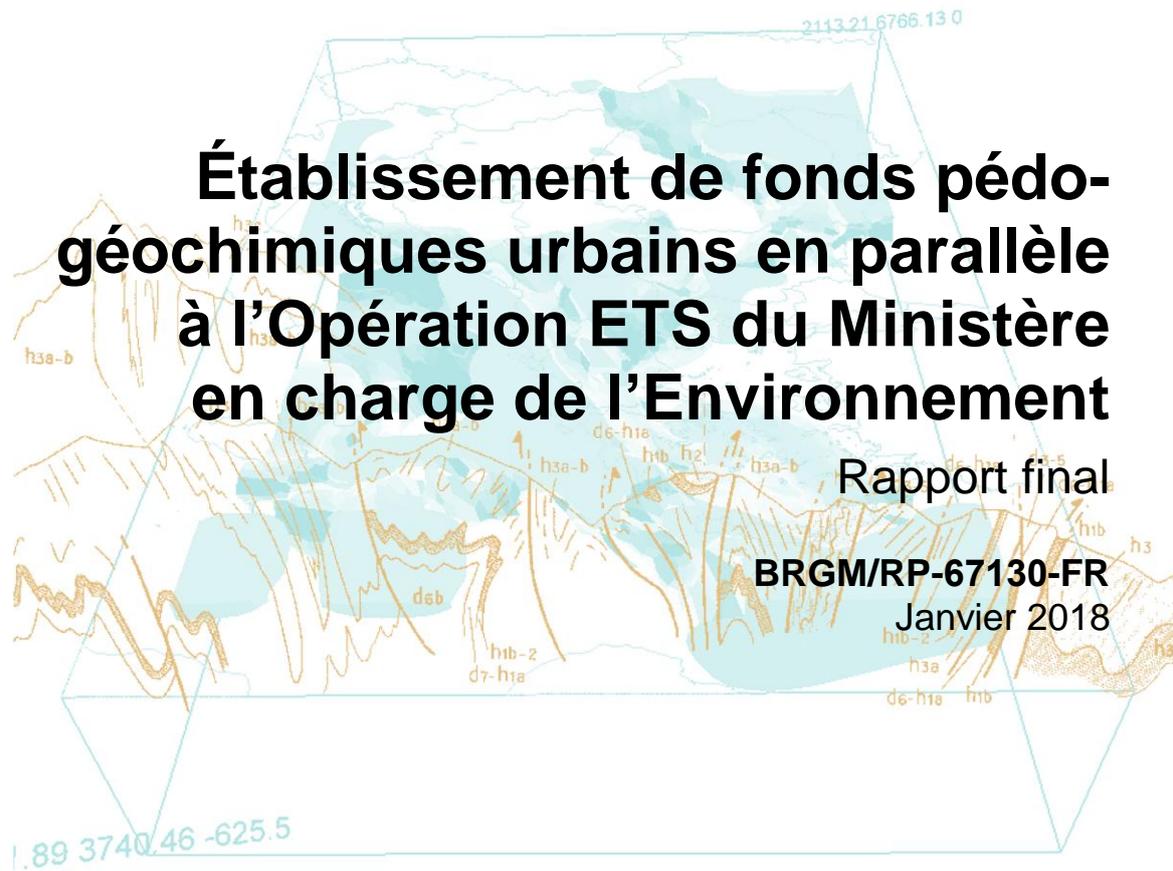


Document public



Établissement de fonds pédogéochimiques urbains en parallèle à l'Opération ETS du Ministère en charge de l'Environnement

Rapport final

BRGM/RP-67130-FR

Janvier 2018



Établissement de fonds pédogéochimiques urbains en parallèle à l'Opération ETS du Ministère en charge de l'Environnement

Rapport final

BRGM/RP-67130-FR
Janvier 2018

Étude réalisée dans le cadre de la convention n° 1372C0016 ADEME-BRGM

J.-F. Brunet

Avec la collaboration de
E. Taffoureau, B. Bourguine, S. Belbeze

Vérificateur :

Nom : E. Limasset
Fonction : Responsable Scientifique de Programme
Date : 11/01/2018
Signature :



Approbateur :

Nom : H. Léprond
Fonction : Responsable d'unité Sites, Sols et Sédiments Pollués
Date : 16/01/2018
Signature :



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

Contact : qualite@brgm.fr



Mots-clés : Fond pédo-géochimique anthropisé urbain, FGU, ETM, BDSolU, Gestion des sites et sols pollués, Terres excavées, France.

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

Brunet J.-F., Taffoureau E., Bourgine B., Belbeze S. (2018) - Établissement de fonds pédo-géochimiques urbains en parallèle à l'Opération ETS du Ministère en charge de l'Environnement. Rapport final. BRGM/RP-67130-FR, 117 p., 12 fig., 2 ann.

Synthèse

La convention n° 1372C0016 entre l'ADEME et le BRGM encadre le projet « Établissement d'un fond géochimique urbain et industriel en parallèle à l'opération ETS » dit « projet FGU », du 12 septembre 2014 au 13 mars 2018. Les travaux consistent à poursuivre et compléter les tâches suivantes entamées au cours d'une première convention ADEME-BRGM (2010-2014) :

- étude bibliographique ;
- bancarisation d'analyses de sols urbains « exempts » de pollution directe et répartis sur l'ensemble du territoire national, obtenus dans le cadre du projet « Diagnostic des sols dans les établissements accueillant des enfants et des adolescents » dit ETS ;
- proposition de pistes d'amélioration de la norme NF EN ISO 19258 « Qualité du sol - Guide pour la détermination des valeurs de bruit de fond » ;
- refonte du système de collecte des données et de la base de données pour étendre son spectre d'application ;
- recherche de réponses aux questions méthodologiques, notamment statistiques ;
- détermination d'un fond pédo-géochimique anthropisé (FPGA) pour les différents paramètres analysés dans les principales agglomérations françaises.

L'objectif du projet est d'apporter un appui aux différents acteurs impliqués dans la gestion des sites (potentiellement) pollués et d'améliorer la connaissance de la qualité des sols urbains. Il s'inscrit dans le contexte de la méthodologie nationale de cette thématique, précisée par les textes publiés par le Ministère en charge de l'environnement de 2007, révisée en 2017, et construits sur un principe de réhabilitation en fonction de l'usage. En l'absence de valeurs réglementaires pour le milieu « sol », cette méthodologie préconise la comparaison de la qualité des sols investigués à celle des sols voisins exempts de tout impact direct et représentatifs du fond pédo-géochimique. En milieu rural, les fonds pédo-géochimiques anthropisés sont relativement bien connus grâce aux bases de données de l'INRA (Base de données des éléments traces métalliques - BDETM - et Réseau de mesure de la qualité des sols - RMQS). Mais en milieu urbain, il faut tenir compte de contaminations diffuses liées à l'important volume d'activités humaines des villes et des industries. Le projet FGU consiste à déterminer les fonds pédo-géochimiques anthropisés spécifiques aux différentes agglomérations urbaines en France. Les connaissances ainsi acquises sur la qualité des sols urbains pourront contribuer, entre autre, à la mise en œuvre de la démarche de gestion des terres excavées. Le projet FGU s'appuie sur le projet lancé par le ministère en charge de l'environnement intitulé « Diagnostics des sols dans les lieux accueillant des enfants ou des adolescents » (projet « Établissements sensibles - ETS »).

Le présent rapport décrit les différentes tâches réalisées dans le cadre de la 2^e convention du projet FGU. À l'issue des travaux de la 2^e convention, en janvier 2018, la base de données FGU compte 78 193 résultats d'analyses correspondant à 1 644 échantillons. Un protocole de traitement pour déterminer les statistiques descriptives des données a été élaboré dans le cadre d'un stage de fin d'étude d'ingénieur qui a donné lieu à un rapport dédié (2016). Il est basé sur les résultats d'une bibliographie. L'exploitation future des données tiendra ainsi compte des faibles effectifs des populations et du taux plus ou moins élevé de valeurs inférieures aux limites de quantification analytiques, d'autant plus quand ces dernières sont élevées. Cette adaptation des méthodes de calcul des statistiques descriptives mises en œuvre, aux spécificités et au contexte des données, va permettre une valorisation plus affinée des résultats. Toutefois, ce protocole peut encore être amélioré.

De plus, les méthodes de détermination des valeurs de fond ou des lignes de base du fond pédo-géochimique, souvent basées sur ces méthodes de calcul des statistiques descriptives, ne font pas consensus. Par conséquent, le présent rapport présente un ensemble de résultats statistiques descriptifs obtenu au moyen du protocole mentionné ci-dessus. Ces résultats fournis à titre indicatif, concernent les principales substances analysées dans le cadre du projet pour l'ensemble du territoire français.

L'alimentation de la base de données avec des analyses complémentaires reste cependant nécessaire pour atteindre les objectifs fixés. La deuxième convention ADEME-BRGM (2014-2018) prévoyait donc la refonte de la base de données FGU et de son mode d'alimentation. Il s'agissait de bancariser des analyses de sols et leurs données descriptives dans le cadre de projets hors ETS. Ces données peuvent être obtenues selon des méthodes de prélèvement et d'analyse variés et notamment, concerner des sols profonds. La refonte de la base FGU a donné naissance à la Base de Données des analyses de Sols Urbains (BDSolU) à vocation nationale. Cette base doit être alimentée par les données ETS déjà acquises et celles de plusieurs projets du BRGM en cours ou achevés. L'alimentation de la base BDSolU au moyen des données recueillies localement par certaines collectivités urbaines est également une solution pour laquelle le BRGM recherche des partenariats.

À cette fin, le BRGM communique sur le projet auprès des différents acteurs en diffusant une plaquette d'information, en participant à diverses manifestations (congrès, salons, journées techniques) et en faisant paraître des articles dans des magazines professionnels.

Enfin, le projet FGU ont participé à la consultation conduite par les instances de normalisation sur la norme ISO 19258 et aux travaux du Groupe de travail « Valeurs de fond » conduits par l'ADEME. Il contribue ainsi à la réflexion en cours sur l'ensemble des questions méthodologiques posées par la détermination des fonds pédo-géochimiques anthropisés.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction | 9 |
| 1.1. CONTEXTE | 9 |
| 1.2. LE PROJET FOND GÉOCHIMIQUE URBAIN - FGU..... | 10 |
| 1.2.1. Objectifs | 10 |
| 1.2.2. Méthode d'obtention et de bancarisation des analyses ETS..... | 12 |
| 1.2.3. Nombre d'échantillons espérés | 13 |
| 2. Bilan de la collecte de données..... | 15 |
| 2.1. BILAN GLOBAL..... | 15 |
| 2.2. LES ESPACES VERTS | 16 |
| 2.3. ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS DANS LES ESPACES VERTS..... | 18 |
| 2.4. ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS DANS LES ÉTABLISSEMENTS..... | 19 |
| 2.4.1. Valorisation de populations mixtes | 19 |
| 2.4.2. Valorisation des échantillons prélevés dans les établissements ETS et représentatifs du FPGA..... | 19 |
| 2.5. PROBLÈME DES ANALYSES DE FRACTIONS D'HYDROCARBURES..... | 21 |
| 3. Traitement statistique des données..... | 23 |
| 3.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES..... | 23 |
| 3.2. DÉTERMINATION DE LIGNES DE BASE | 24 |
| 3.3. PERSPECTIVES | 25 |
| 4. Résultats statistiques descriptifs de base | 27 |
| 4.1. PRÉPARATION DES DONNÉES | 27 |
| 4.1.1. « Nettoyage » des données exploitables | 27 |
| 4.1.2. Sélection des données pour le calcul statistique..... | 27 |
| 4.1.3. Préparation des données au traitement statistique | 28 |
| 4.1.4. Statistiques descriptives | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 5. Refonte de la base de données | 33 |
| 5.1. CONTEXTE | 33 |
| 5.2. DESCRIPTION | 33 |
| 5.2.1. Objectif de BDSOLU | 34 |
| 5.2.2. Principe de fonctionnement | 34 |
| 5.2.3. Construction | 36 |
| 5.2.4. Codes SANDRE | 37 |
| 5.3. ALIMENTATION DE BDSOLU..... | 41 |
| 6. Communication | 45 |
| 6.1. AQUACONSOIL 2015 ET 2017 | 45 |
| 6.2. ARTICLE DANS SOLSCOPEMAG | 45 |
| 6.3. 13 ^E ET 14 ^E JOURNÉES TECHNIQUES SUR LE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA GESTION DES SITES ET SOLS POLLUÉS..... | 45 |
| 6.4. PRÉSENTATION DU PROJET SUR LE STAND BRGM DU SALON POLLUTECH..... | 46 |
| 6.5. ARTICLE DANS ENVIRONNEMENT & TECHNIQUES | 46 |
| 6.6. COLLOQUE ADEME « SITES ET SOLS POLLUÉS » | 46 |
| 6.7. LE MAG « ADEME & VOUS » | 46 |
| 6.8. SITE INTERNET BDSOLU.FR..... | 46 |
| 7. Conclusions..... | 47 |
| 8. Bibliographie | 49 |

Liste des figures

| | | |
|------------|---|----|
| Figure 1. | Répartition des établissements initialement identifiés comme concernés par l'opération ETS dans les agglomérations françaises. | 11 |
| Figure 2. | Organigramme de sélection des échantillons SLU dans le cadre des diagnostics ETS. | 12 |
| Figure 3. | Évolution du nombre d'analyses bancarisées, du nombre d'échantillons et de villes associés. | 15 |
| Figure 4. | Exemple d'un prélèvement sur un espace vert construit sur une ancienne raffinerie (image aérienne et carte associée provenant du site InfoTerre)..... | 18 |
| Figure 5. | Exemples de points de prélèvements au sein des établissements scolaires (© photographies du projet ETS)..... | 20 |
| Figure 6. | Tableau de résultats des calculs des statistiques descriptives pour la France entière. | 29 |
| Figure 7. | Schéma décrivant l'alimentation de la base de données BDSolU. | 35 |
| Figure 8. | Schéma général des relations entre tables et lexiques de la base de données BDSolU sous PostGreSQL montrant le degré de complexité de la nouvelle base. | 35 |
| Figure 9. | Liste des méthodes d'analyse employées par les laboratoires impliqués dans les projets ETS/FGU. | 39 |
| Figure 10. | Liste des méthodes de préparation et d'analyse employées par les laboratoires des projets ETS/FGU. | 40 |
| Figure 11. | Extrait de la liste des 412 méthodes disponibles dans le lexique des méthodes d'analyse BDSolU. Version 2017 du fichier de saisie BDSolU. | 41 |
| Figure 12. | Plaquette BRGM présentée aux collectivités locales pour promouvoir l'alimentation de BDSolU avec les données recueillies par les agglomérations au cours de leurs travaux d'aménagement. | 43 |

Liste des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1 : Communications | 51 |
| Annexe 2 : Mode opératoire du fichier de saisie BDSolU Version 2 - Septembre 2017 | 67 |

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

La France a mis en place une méthodologie de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués basée sur la prévention et, pour les pollutions anciennes, sur la gestion des risques suivant l'usage. Toutefois, notre pays ne s'est pas doté de valeurs guides réglementaires pour déterminer si les sols sont pollués ou pour fixer des seuils de dépollution. En cas de suspicion de pollution sur un site, la démarche française privilégie la comparaison de l'état du sol considéré à celui de sols « sains » proches, mais qui ne sont pas soumis à l'impact du site. Il s'agit de distinguer le **fond géochimique « naturel »** et notamment les anomalies géochimiques locales des contaminations ou des pollutions attribuables aux activités du site (1).

De son côté, la démarche française de gestion des terres excavées issue des sites et sols pollués considère qu'une terre est exempte de pollution dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le **fond géochimique naturel local** (2). La qualité chimique d'un sol est acceptable pour les populations lorsqu'elle est conforme à son état naturel initial, et lorsqu'elle est conforme à l'état d'un sol dont il est admis qu'il ne pose pas de problème particulier pour l'usage envisagé.

A priori, la notion de « fond géochimique naturel », que les textes associent à un état initial de l'environnement exempt de toute pollution anthropique, semble correspondre au « fond pédo-géochimique naturel » défini par D. Baize (3) :

« Concentration naturelle d'un élément majeur ou trace dans un horizon de sol, résultant uniquement de l'évolution géologique et pédologique, à l'exclusion de tout apport d'origine anthropique ».

Mais il est aujourd'hui illusoire de rechercher le « fond pédo-géochimique naturel » pour bon nombre de substances ubiquistes largement répandues par les activités humaines. Il convient donc de tenir compte de la superposition des contributions diffuses dues aux activités anthropiques (en dehors de celles du site considéré) au fond pédo-géochimique naturel : le Fond Pédo-Géochimique Anthropisé (FPGA).

Au cours d'un diagnostic de sol ou d'une démarche de gestion de terres excavées, les résultats d'analyse obtenus sur le terrain sont confortés par comparaison aux référentiels disponibles sur la qualité de sols (4) :

- du BRGM disponibles sur le site InfoTerre <http://infoterre.brgm.fr> :
 - IMN - Inventaire Minier National du BRGM ;
- de l'INRA disponibles sur le site du GIS SOL www.gissol.fr :
 - BD ETM - Base de Données des Éléments Traces Métalliques,
 - RMQS - Réseau de Mesure de la Qualité des Sols,
 - ASPITET - Apport d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces.

Mais les échantillons destinés à ces bases de données, ne couvrent pas tout le territoire, et ont été prélevés et analysés selon des protocoles différents de ceux employés dans le domaine des sites et sols (potentiellement) pollués. Par exemple, la minéralisation¹ des échantillons de sol a le plus souvent été réalisée au moyen d'acide fluorhydrique pour tendre vers une dissolution complète et ainsi atteindre les concentrations dites « totales ». Cependant, l'analyse des échantillons de sol dans le domaine des sites et sols (potentiellement) pollués se contente d'une attaque dite « pseudo-totale » à l'eau régale (mélange d'acides chlorhydrique et nitrique)².

On retiendra surtout que les échantillons des bases de données usuelles sont prélevés en milieu rural. Or, dans les agglomérations urbaines les contributions anthropiques qui se superposent au fond pédo-géochimique naturel local sont, a priori, plus élevées qu'en milieu rural, car les sols y sont le réceptacle des retombées atmosphériques locales dues à l'artisanat, à l'industrie (y compris minière), aux chauffages urbain et individuel, au trafic routier, etc...

En milieu urbain, il faut aussi tenir compte de la présence de nombreux remblais d'origine naturelle (ex. : sables) ou anthropique (ex. : gravats, bitumes, scories, mâchefers) qui peuvent contenir des quantités importantes de substances indésirables comme des métaux ou des hydrocarbures³.

Dans ces conditions, l'usage d'un référentiel rural, pourrait biaiser les études sur la qualité des sols urbains et il convient donc de déterminer un **fond pédo-géochimique anthropisé urbain**.

1.2. LE PROJET FOND GÉOCHIMIQUE URBAIN - FGU

1.2.1. Objectifs

Le projet intitulé « Établissement d'un fond géochimique urbain et industriel », dit « projet FGU » est réalisé dans le cadre de la 2e convention de financement FGU (n° 1372C0016) signée entre l'ADEME et le BRGM qui se déroule entre le 12 septembre 2014 et le 12 septembre 2017. Cette convention a bénéficié d'un avenant permettant un report de la date finale de la convention au 13 mars 2018.

Cette convention fait suite à une première convention FGU n° 1072C0046 (2010-2014) (5). Ces deux conventions ont pour premier objectif, l'établissement de fonds pédo-géochimiques anthropisés dans les principales agglomérations françaises. La constitution de ces fonds pédo-géochimiques anthropisés urbains s'appuie, dans un premier temps, sur le recueil et l'organisation au sein d'une base de données (dite FGU) des analyses de sols réalisées dans les villes françaises par le BRGM pour le compte du ministère de l'écologie dans le cadre du projet « Diagnostic des sols dans les établissements accueillant des enfants et des adolescents ». Au cours de ce projet lancé depuis 2008, aussi appelé « Établissements sensibles » ou ETS, plus de 2 400 établissements devraient faire l'objet à terme, dans plus de 400 villes de France, de visites, de prélèvements et d'analyses pour évaluer la qualité des milieux de vie des populations dites « sensibles ».

¹ La « minéralisation », dans ce cadre, est une mise en solution par attaque acide des éléments contenus dans un échantillon de sol, en vue de son analyse.

² De plus, l'usage de l'acide fluorhydrique est de plus en plus contraint pour des raisons de sécurité.

³ Dans certains lieux résultant d'importants remaniements le fond pédo-géochimique naturel local a moins, voire pas du tout, d'influence.

Les diagnostics ETS font appel à plusieurs prélèvements dits « témoins » réalisés sur des lieux voisins *a priori* hors de l'influence des anciennes activités industrielles, pour comparer les résultats des analyses de sols obtenues au droit des établissements. Le projet FGU s'appuie sur les analyses de ces prélèvements.

Toutefois, avec une moyenne de six établissements concernés par ville, on constate que le nombre de prélèvements disponibles dans chaque agglomération sera le plus souvent trop faible pour une exploitation statistique fiable (Figure 2. voir aussi le paragraphe 1.2.3.).

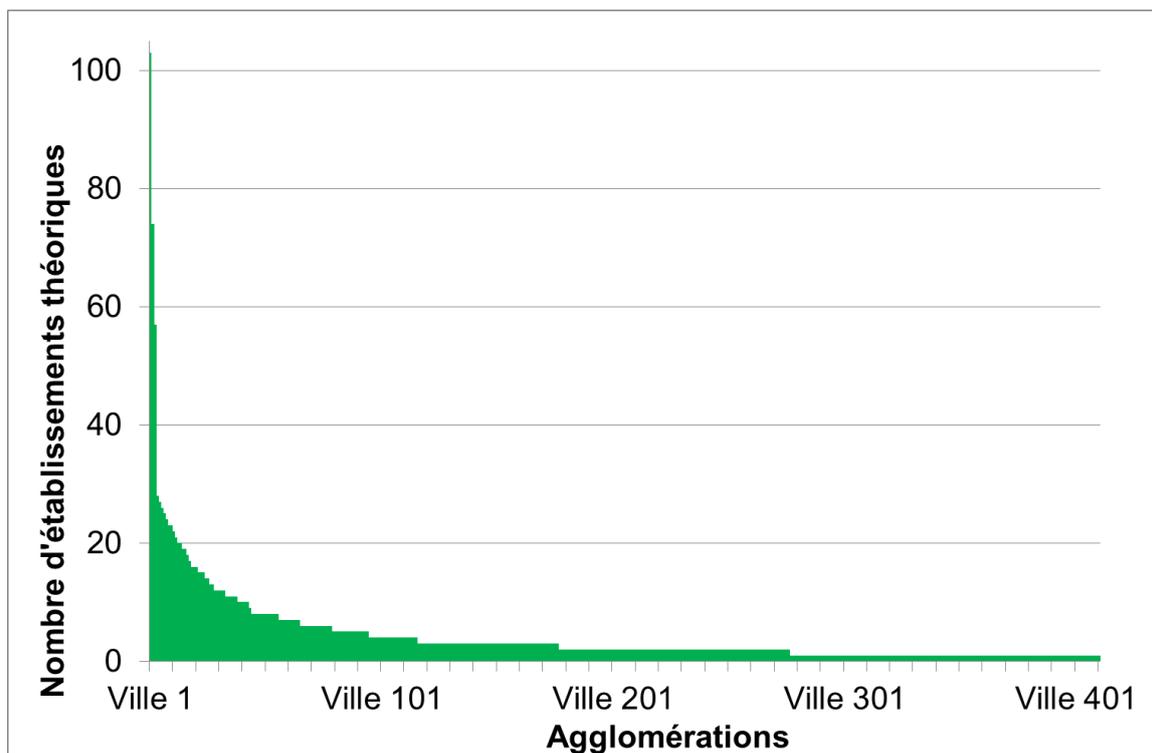


Figure 1. Répartition des établissements initialement identifiés comme concernés par l'opération ETS dans les agglomérations françaises⁴.

Les informations recueillies doivent donc être complétées et l'ensemble bancarisé de façon appropriée. Les objectifs de la convention 2014-2018 sont donc de :

- poursuivre la bancarisation d'analyses de sols urbains « exempts » de pollution directe et répartis sur l'ensemble du territoire national, obtenus dans le cadre du projet ETS ;
- refondre le système de collecte et la base FGU pour permettre la bancarisation de données obtenues dans le cadre d'autres projets et selon des protocoles de prélèvement et d'analyse différents. Cette nouvelle base contiendra donc des analyses représentatives :
 - d'une population de points « témoins » comparables à ceux initialement recherchés par la première convention du projet FGU,
 - de populations de points renseignant sur la qualité de l'ensemble des sols urbains.
- déterminer des fonds pédo-géochimiques pour l'ensemble des paramètres analysés dans les principales agglomérations françaises.

⁴ Graphique réalisé sur la base des 1 816 établissements identifiés en 2014 (hors Paris et la Région Rhône-Alpes à traiter ultérieurement), avant : élimination des villes de moins de 5 000 habitants, vérification de l'accès aux établissements (disponibilité et autorisation des maîtres d'ouvrage), limitation du nombre d'échantillons par réunion des établissements en groupes scolaires, limitation du nombre d'échantillons par absence de respect des consignes de prélèvement.

La première convention ayant mis l'accent sur plusieurs questions méthodologiques, il s'agit également aussi au cours de la deuxième convention de :

- compléter l'étude bibliographique, notamment pour le traitement statistique des données ;
- participer au Groupe de Travail « Valeurs de Fond » mis en place par l'ADEME pour la rédaction d'un « Guide de bonnes pratiques pour la détermination de fonds pédo-géochimiques anthropisés pour la gestion d'un site pollué en milieu urbain, rural ou industriel » ;
- et enfin, de participer à la révision de la norme NF EN ISO 19258 « Qualité du sol - Guide pour la détermination des valeurs de bruit de fond ».

1.2.2. Méthode d'obtention et de bancarisation des analyses ETS

Les échantillons « témoins » de l'opération ETS sont prélevés dans les espaces verts (préférentiellement les jardins publics), en dehors du périmètre des établissements concernés par le projet ETS. Les espaces verts ont été retenus pour la réalisation de ces prélèvements car ce sont les plus accessibles pour les équipes de préleveurs. En outre, ils sont jugés *a priori*, exempts d'impact polluant ponctuel, mais cependant représentatifs du cumul des dépôts atmosphériques diffus urbains.

En phase 1 des diagnostics ETS, des échantillons de sol sont systématiquement prélevés dans les espaces verts en dehors de l'enceinte des établissements. Conformément à l'organigramme de la Figure 2, ils ne sont analysés qu'en cas d'absence de prélèvement et d'analyse de sols au cours de la phase 2. Ils sont prélevés entre 0 et 5 cm de profondeur et sont représentatifs des sols de surface accessibles aux populations sensibles par un porté main-bouche.

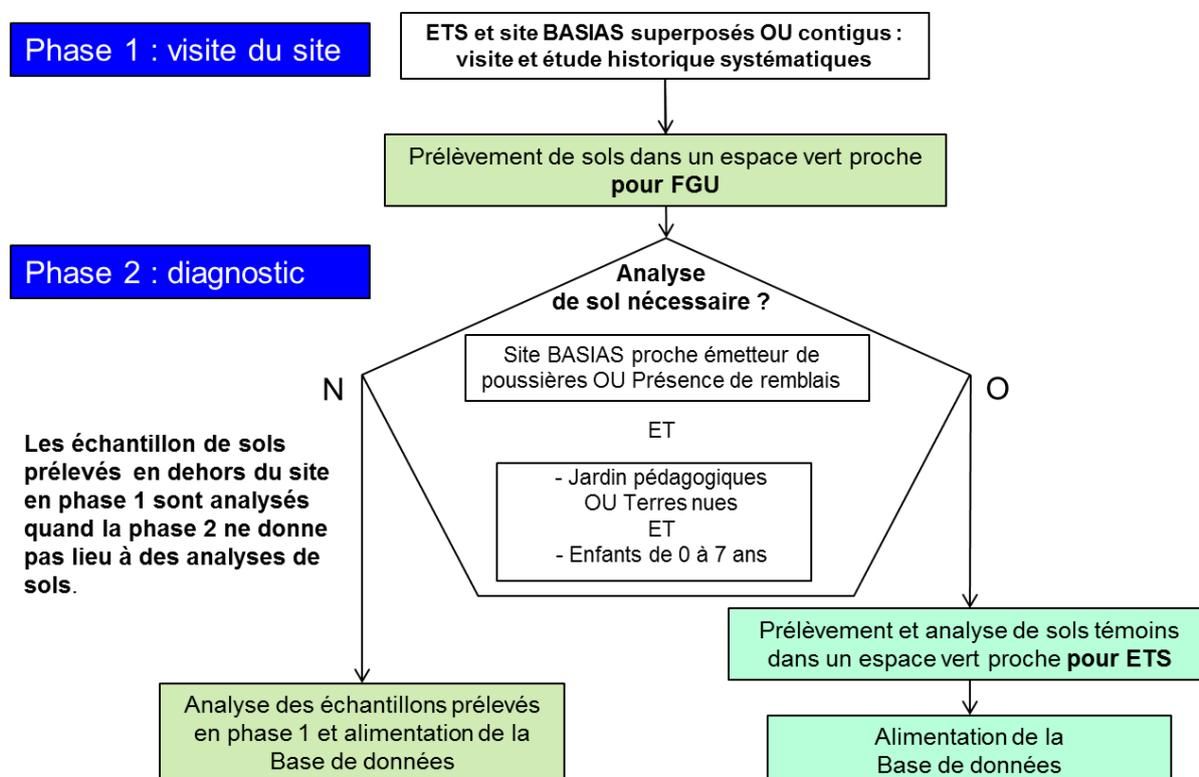


Figure 2. Organigramme de sélection des échantillons SLU dans le cadre des diagnostics ETS.

En phase 2, les diagnostics ETS conduisent dans certains cas à des prélèvements de sol d'échantillons « témoins » dans les espaces verts en dehors de l'enceinte des établissements, et à des prélèvements de sols dans les établissements. Pour compléter la connaissance de la qualité des sols en milieu urbain, les analyses de ces derniers sont également bancarisées dans la base de données FGU. Les échantillons de phase 2 sont prélevés entre 0 et 5 cm ou entre 0 et 30 cm de profondeur pour prendre en compte l'ingestion de légumes racines/tubercules en contact avec le sol quand un jardin potager pédagogique est présent dans l'établissement.

L'ensemble des échantillons prélevés dans les espaces verts et retenus dans la base de données FGU provient de villes de plus de 5 000 habitants. Les effets dits « pépites » sont minimisés par des échantillonnages composites réalisés par cinq prélèvements aux coins et au centre de carrés de trois mètres de côté. Les éléments grossiers et les éventuels systèmes racinaires sont éliminés.

En raison de la configuration de certains établissements, les échantillons de sol prélevés au droit des établissements peuvent provenir de villes de moins de 5 000 habitants et être obtenus dans des conditions différentes : prélèvements ponctuels, à l'emplanture des arbres, dans des bacs de fleurs accessibles aux populations sensibles, ... (voir 2.4).

Les échantillons sont tamisés à 2 mm et la phase inférieure broyée à 80 µm. Les analyses des substances minérales sont réalisées après solubilisation des échantillons dans l'eau régale. Les analyses visent les principaux éléments traces métalliques (cuivre, chrome, plomb, zinc, nickel, cadmium, mercure), un métalloïde (arsenic) et des substances persistantes organiques (cyanures totaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB), dioxines (PCDD), furanes (PCDF).

1.2.3. Nombre d'échantillons espérés

Les sites concernés par l'opération ETS ont été identifiés par croisement des données de l'éducation nationale sur les établissements accueillant des populations sensibles et de l'inventaire BASIAS sur les anciens sites industriels et activités de service. C'est ainsi que 2 400 établissements construits sur, ou contigus à un site inventorié dans BASIAS ont été retenus. Cependant, le projet ETS est actuellement engagé sur deux premières phases qui couvrent 1 400 établissements. Dans le cadre des deux conventions ADEME-BRGM (2010-2014 et 2014-2018), le projet FGU, adossé au projet ETS, s'intéresse donc aux 1 400 diagnostics qui y sont associés.

En phase 1 du diagnostic du projet ETS, un échantillon témoin devrait être prélevé pour chaque établissement scolaire concerné par l'opération ETS (voir Fig.1).

En phase 2 du diagnostic du projet ETS, en conformité avec la méthode nationale de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués, autant d'échantillons témoins que nécessaire doivent être prélevés pour constituer un « référentiel » local du fond pédo-géochimique anthropisé. Au cours de l'opération ETS, un à deux échantillons témoins sont prélevés pour chaque établissement.

Par conséquent, le nombre d'échantillons témoins recueillis pour l'opération FGU devrait dépasser 1 400. Mais cette valeur théorique est surestimée pour les raisons suivantes :

- les établissements appartiennent souvent à un même groupe scolaire (réunissant par exemple, écoles maternelle et primaire) où les élèves partagent les mêmes lieux de vie. Dans ce cas, l'opération ETS autorise les bureaux d'études à réaliser un seul diagnostic par groupe scolaire ;

- une partie des établissements initialement retenus ne fera pas l'objet d'un diagnostic. Il peut s'agir d'établissements :
 - qui s'avèrent hors démarche avant le début du diagnostic,
 - dont le maître d'ouvrage refuse la démarche de diagnostic ;
- une partie des informations relatives aux prélèvements témoins de phase 1 n'a pas été communiquée au projet FGU (projet ETS lancé avant le projet FGU, omissions) ;
- enfin, certains prélèvements ont été réalisés en dehors des consignes prescrites et sont inutilisables pour la détermination de fonds pédo-géochimiques anthropisés urbains (prélèvements dans des friches industrielles, en milieu rural) ou totalement inexploitable (ex. : coordonnées géographiques inexactes).

On a estimé à moins de 1 000 le nombre d'échantillons représentatifs des espaces verts dont les analyses seront bancarisées à l'issue des deux conventions FGU entre l'ADEME et le BRGM (5). Dans ces conditions, en France métropolitaine (Figure 1) :

- 1 seule agglomération disposera de plus de 100 échantillons ;
- seulement 4 à 5 agglomérations présenteront, une population de plus de 30 échantillons.

Or, il est généralement admis qu'un traitement statistique ne peut être réalisé à partir d'une population présentant un effectif inférieur à 30. Par conséquent le projet ETS ne pourra pas, à lui seul, fournir le volume de données statistiquement nécessaire pour déterminer le ou les référentiels recherchés à l'échelle de chaque agglomération française. En outre, les résultats du projet ETS ne concernent que les sols de surface et les analyses associées n'apporteront donc qu'une information partielle en cas de démarche de gestion des terres excavées.

2. Bilan de la collecte de données

2.1. BILAN GLOBAL

Au 15 janvier 2018, la base de données FGU compte les analyses de 1 644 échantillons de sols. Ces échantillons ont été prélevés à proximité ou au droit de 807 établissements implantés dans 301 villes métropolitaines réparties dans les régions concernées par la première et la seconde tranche de l'opération ETS. Le nombre de résultats d'analyse bancarisés s'élève à 78 193. Les 1 644 échantillons se répartissent comme suit :

- 767 échantillons prélevés en dehors des établissements ;
 - dont 475 échantillons jugés *a priori*, représentatifs du fond pédo-géochimique anthropisé urbain au sens des spécifications mentionnées dans les conventions FGU ADEME-BRGM. Ils correspondent à 24 049 résultats d'analyse,
 - et 292 échantillons principalement prélevés en dehors des établissements mais jugés non conformes aux spécifications de la convention FGU ADEME-BRGM pour établir un fond pédo-géochimiques et dits « refusés ». Les 14 039 analyses correspondantes restent malgré tout bancarisées dans la base FGU ;
- 877 échantillons prélevés au droit des établissements et donc, potentiellement contaminés par les activités liées à la présence d'un ancien site inventorié dans BASIAS. Ils correspondent à 40 305 résultats d'analyse. Ces échantillons ne sont *a priori* pas jugés représentatifs des fonds pédo-géochimiques urbains anthropisés. Toutefois, les analyses associées pourraient être valorisées dans plusieurs cas, sous réserve d'un tri et/ou d'une sélection préalable des échantillons.

Le graphique de la Figure 3 décrit l'évolution de la bancarisation des données dans la base de données créée lors de la première convention.

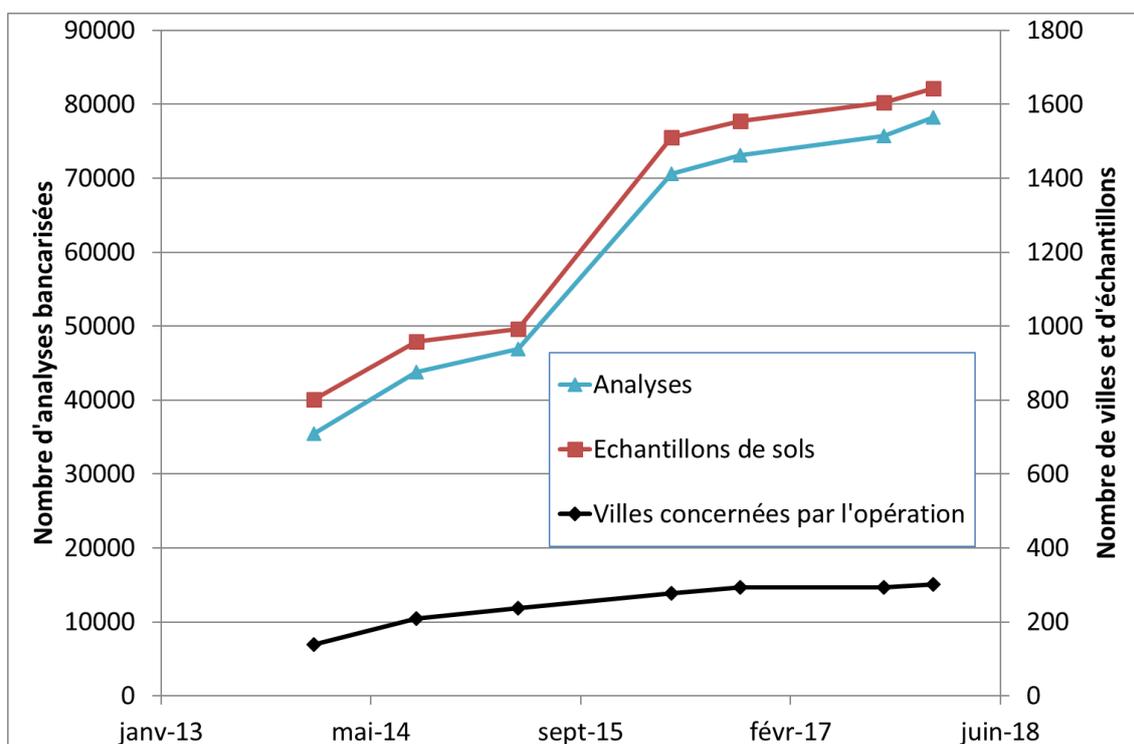


Figure 3. Évolution du nombre d'analyses bancarisées, du nombre d'échantillons et de villes associés.

2.2. LES ESPACES VERTS

Pour les échantillons témoins prélevés en phase 1 (pour les besoins du projet FGU) ou en phase 2 (pour les besoins des diagnostics ETS), les consignes fournies aux bureaux d'études intervenant préconisent :

- le prélèvement de sols dans les parcs, lieux de loisirs et jardins. Il s'agit de prélever les sols (et non des remblais) les plus anciennement en place dans la ville, et représentatifs des retombées diffuses des activités urbaines : trafic routier, chauffage urbain, industrie, artisanat... ;
- de privilégier les zones de ces parcs et jardins les moins perturbées. Il s'agit de viser les zones les plus anciennes n'ayant pas été modifiées récemment par l'apport de terreau, d'engrais, de pesticides ou par un labourage par exemple ;
- d'éviter les espaces verts construits sur un ancien site (potentiellement) pollué référencé dans BASIAS ou BASOL ou, par exemple, proches d'un tronçon routier très fréquenté.

Les lieux retenus, appelés par commodité « espaces verts », sont librement accessibles⁵ et *a priori* représentatifs du fond pédo-géochimique anthropisé. Cependant :

1. l'histoire, même récente, de l'aménagement et de l'amendement des parterres des espaces verts n'est pas toujours connue ou accessible ;
2. certaines agglomérations présentent peu d'espaces de ce type ;
3. les parcs, lieux de loisirs et jardins ne sont pas répartis régulièrement sur le territoire des agglomérations (impossibilité d'un prélèvement systématique selon un maillage régulier).

Tenter d'éviter l'inconvénient 1 restreindrait le nombre de points de prélèvement potentiels aux lieux dont on connaît bien l'histoire et les méthodes de gestion : par exemple les Jardins des Plantes et les parcs de châteaux.

Tenter de relever le défi des points 2 et 3 tendrait au contraire, à élargir le nombre de lieux de prélèvements potentiels à des espaces répondant moins bien aux consignes initiales.

Par compromis, le projet FGU a été conduit à accepter des prélèvements ne répondant pas tout à fait aux consignes initiales, sous peine de ne recueillir que de très faibles effectifs⁶ : squares, pelouses autour de bâtiments (immeubles d'habitation, stades et gymnases), places, champs agricoles enclavés en zone urbaine... Les cimetières anciens peuvent être considérés, au même titre que les parcs et jardins, comme des lieux représentatifs du fond pédo-géochimique anthropisé. Avant de prélever dans ces lieux, il convient bien sûr, outre les consignes habituelles, d'observer quelques règles éthiques de bon sens :

- ne pas prélever au cours des cérémonies d'inhumation ;
- ne pas porter atteinte à la tranquillité des lieux ;
- ne pas prélever au droit des tombes elles-mêmes, mais dans les espaces disponibles qui ne sont pas destinés aux inhumations.

⁵ La notion d'accès libre dans les espaces verts est relative dans la mesure où i) les responsables peuvent refuser que des prélèvements y soient effectués, ii) le renforcement du Plan Vigipirate conduit les forces de l'ordre à en interdire l'accès aux équipes de préleveurs.

⁶ Les substances prises en considérations dans le projet ETS ne comprennent pas les produits phytosanitaires souvent largement employés dans certains lieux mentionnés ici.

Les prélèvements dans les lieux suivants ont le plus souvent été refusés :

- pelouses des ronds-points exposés trop directement aux retombées du trafic routier ou ne présentant pas des superficies permettant un prélèvement composite dans un carré de trois mètres de côté ;
- champs agricoles en dehors des agglomérations urbaines ;
- bois et forêts dont les sols contiennent de fortes teneurs en matière organique susceptible de modifier le comportement des polluants, ou sont acidifiés ;
- marais potentiellement soumis à des inondations ;
- massifs fleuris constitués d'apports récents de terres et amendés et/ou traités ;
- pied des arbres ne permettant pas la constitution d'un échantillon composite dans un carré de trois mètres de côté et souvent réceptacles de déchets ;
- berges de cours d'eau et de canaux, potentiellement zones de dépôt de boues de dragage.

La question s'est aussi posée de savoir s'il vaut mieux prélever dans les allées ou sur les pelouses des espaces verts. *A priori*, les allées qui sont constituées de sables et de graviers rapportés, ne sont pas représentatives du fond pédo-géochimique anthropisé. Le prélèvement sur les pelouses est donc recommandé à conditions qu'elles répondent aux critères de représentativité ci-dessus et que le gazon et son système racinaire soient éliminés avant le prélèvement⁷.

L'âge des espaces verts est aussi un paramètre à prendre en considération. Dans le cadre d'un diagnostic selon la méthodologie nationale, l'état des sols est comparé à celui du sol d'un site similaire hors influence des activités du site étudié. Le sol témoin choisi pour évaluer l'état du sol d'un site ETS devrait donc strictement être au moins de même âge. Les sols des sites témoins utilisés pour la détermination d'un fond pédo-géochimique anthropisé devaient être les plus anciens possibles. Mais, les agglomérations créent ou rénovent régulièrement des espaces verts où elles disposent de la terre végétale allochtone. En se basant sur les règles adoptées par le projet URGE (6), le projet FGU a été conduit à accepter des prélèvements de sols provenant de sites témoins d'au moins 10 ans. Idéalement, les démarches faisant appel à un fond pédo-géochimique anthropisé devraient tenir compte de l'âge des sols ayant servi à sa détermination et de l'âge des sites investigués.

⁷ Cependant il pourrait être justifié de prélever dans les allées où marche et court (jogging) le public pour évaluer une exposition via l'envol de poussières depuis ces lieux de passage. Autrement dit, les analyses de sols qui servent de référentiel doivent être adaptées pour répondre à l'objectif de l'étude et répondre au scénario d'exposition étudié.

2.3. ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS DANS LES ESPACES VERTS

Le projet FGU a pour première vocation la bancarisation dans la base FGU d'analyses de sols prélevés dans les espaces verts à l'extérieur des établissements diagnostiqués par le projet ETS. Les cinq prélèvements aux angles et au centre d'un carré de 3 m de côté sont réalisés entre 0 et 5 cm de profondeur.

On dénombre donc dans la base FGU 767 échantillons prélevés en dehors des établissements, dans les espaces verts de 301 villes, soit une moyenne de 2,5 échantillons par ville. Toutefois, certains échantillons sont exclus pour diverses raisons :

- exclusion avant analyse de certains échantillons prélevés en dehors des établissements uniquement pour les besoins du projet FGU : les informations relatives à ces échantillons sont transmises au BRGM qui les sélectionne pour analyse uniquement s'ils répondent aux consignes de prélèvement. La sélection s'opère en vérifiant cas par cas la localisation des prélèvements au moyen de Google Earth®, Google Map® et du Géoportail®. En cas de doute, la présence éventuelle de site BASIAS ou BASOL est contrôlée au moyen de l'outil cartographique BASIAS. Si besoin, les photographies aériennes anciennes mises en ligne sur les sites du Géoportail® et de l'IGN apportent un appui précieux (Figure 4) ;

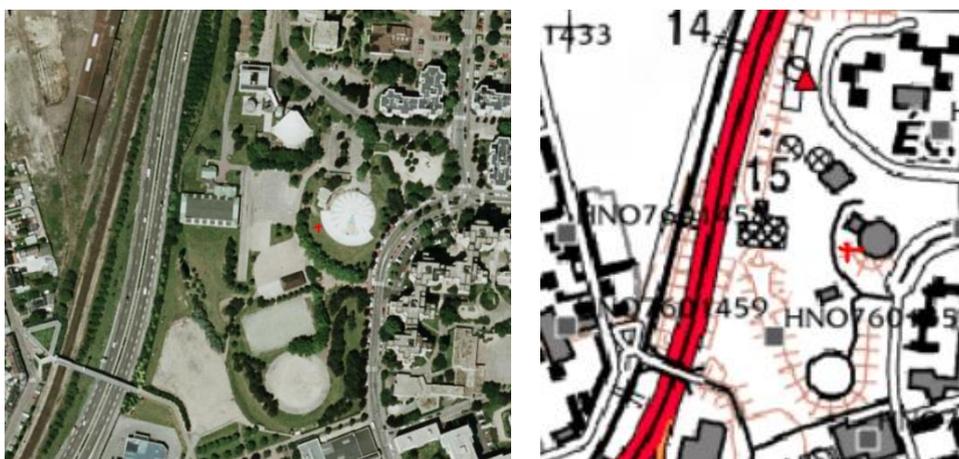


Figure 4. Exemple d'un prélèvement sur un espace vert construit sur une ancienne raffinerie (image aérienne et carte associée provenant du site InfoTerre).

- exclusion après analyse de certains échantillons prélevés en dehors des établissements uniquement pour les besoins du projet FGU : malgré ces précautions, ce sont parfois des résultats d'analyses « anormalement » élevés qui conduisent à une vérification *a posteriori* et révèlent souvent la présence d'une source de contamination locale proche et donc, un prélèvement irrecevable ;
- exclusion après analyse de certains échantillons prélevés en dehors des établissements uniquement pour les besoins du projet ETS : Les informations relatives aux échantillons « témoins » prélevés dans les espaces verts sont transmises par les bureaux d'études au BRGM avec les résultats d'analyses des diagnostics. En dépit de l'attention portée par les équipes des bureaux d'études et du projet ETS, certains de ces résultats se sont avérés inexploitable au cours du diagnostic ou pendant les vérifications préalables à la bancarisation. (Ces résultats d'analyses pourraient, pour certains, être toutefois exploités à terme et contribuer à la connaissance de la qualité géochimique des sols urbains).

Si l'on considère que 292 échantillons sont exclus après analyse et dits « refusés » (voir 2.1), la base compte 475 échantillons dont les résultats sont exploitables, soit 1,6 échantillon par ville. Ce résultat confirme les réserves exprimées en § 1.2.3

2.4. ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS DANS LES ÉTABLISSEMENTS

Dans le cadre du projet FGU, il a été décidé de bancariser aussi dans la base FGU les analyses des échantillons prélevés pour les besoins des diagnostics du projet ETS, dans les établissements, au droit ou à proximité d'un site recensé dans BASIAS. Ces 877 échantillons ne sont pas jugés représentatifs des fonds pédo-géochimiques urbains anthropisés. Toutefois, ces analyses pourraient être valorisées à l'avenir dans plusieurs cas, sous réserve d'un tri et/ou d'une sélection préalable des échantillons.

2.4.1. Valorisation de populations mixtes

Certaines méthodes graphiques de détermination des lignes de base reposent sur l'identification d'une rupture de pente (point d'inflexion) entre les droites représentatives de différentes populations en présence : fond pédo-géochimique naturel, fond pédo-géochimique anthropisé, anomalie anthropique. Dans ce cas, chaque population doit être représentée par un effectif important d'analyses permettant des tracés plus précis.

Ainsi l'utilisation de populations mixtes comprenant à la fois des résultats d'analyse des échantillons prélevés dans les espaces verts (plutôt représentatifs du fond pédo-géochimique anthropisé) et des échantillons prélevés dans les établissements du projet ETS (potentiellement représentatifs d'une anomalie anthropique), pourraient servir ces méthodes graphiques. Cette approche est décrite dans le rapport sur le traitement statistique des données (7).

2.4.2. Valorisation des échantillons prélevés dans les établissements ETS et représentatifs du FPGA

À l'issue des diagnostics du projet ETS, les établissements sont rangés en trois catégories :

- A. les sols ne posent pas de problème ;
- B. il existe des contaminants dans les sols mais ils ne posent pas de problème à condition d'en garder la mémoire ;
- C. il existe des contaminants dans les sols et il convient de prendre des mesures adaptées aux risques encourus.

A priori, on pourrait considérer que les analyses des échantillons provenant des établissements classés A sont comme les échantillons prélevés dans les espaces verts, représentatifs du fond pédo-géochimique anthropisés (FPGA). Donc, il est tentant de les utiliser pour augmenter les effectifs des analyses et obtenir une meilleure répartition géographique des points de prélèvement destinés à la détermination de ce fond.

(Il pourrait aussi être envisagé de valoriser de cette façon les résultats d'analyses des échantillons provenant des établissements classés B ou C, après identification des substances ne posant pas problème. Cependant, cette approche reste assez délicate).

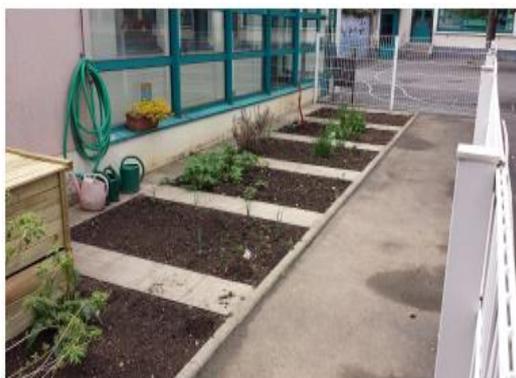
- **Sélection des échantillons valorisables**

Pour que les échantillons prélevés dans les établissements ETS soient exploitables selon les principes précédemment évoqués, ils devraient être :

- prélevés à la même profondeur que les échantillons provenant des espaces verts, soit 5 cm. Or, ce n'est pas toujours le cas, puisqu'en présence d'un potager, donc potentiellement de légumes dits « racines », ces prélèvements sont réalisés jusqu'à 30 cm de profondeur (Figure 5 - Exemple 1) ;
- représentatifs du sol d'origine en place. Mais les établissements construits sur d'anciens sites industriels peuvent avoir bénéficié d'apport de terres « saines » (Figure 5 - Exemple 2). De plus, il arrive que les « terres » à portée des populations sensibles étudiées par le projet ETS, se trouvent aux pieds des arbres dans une cour par ailleurs bitumée ou dans de simples bacs ou des retenues maçonnées probablement remplies de terreau ou de terre végétale rapportée (Figure 5 - Exemples 3 et 4) ;
- prélevés après réalisation d'un échantillon composite selon un carré de 3 m de côté ce qui peut ne pas être le cas dans les espaces réduits investigués dans les établissements diagnostiqués (pied des arbres évoqués ci-dessus).

Les échantillons prélevés dans les établissements scolaires selon les exemples de la *Figure 5* sont pertinents pour diagnostiquer les sols ou les terres auxquels les populations sensibles sont exposées. Mais ils ne répondent pas aux spécifications des consignes de prélèvement élaborées dans le cadre de la convention ADEME-BRGM FGU.

Un important travail de recherche dans les rapports du projet ETS, de sélection puis de renseignement de la base de données, devra donc être entrepris pour éventuellement exploiter les analyses des échantillons prélevés au droit des établissements ETS.



Exemple 1. Jardin potager pédagogique.



Exemple 2. Terre rapportée engazonnée.



Exemple 3. Terre aux pieds des arbres.



Exemple 4. Retenue maçonnée.

Figure 5. Exemples de points de prélèvements au sein des établissements scolaires (© photographies du projet ETS).

2.5. PROBLÈME DES ANALYSES DE FRACTIONS D'HYDROCARBURES

La base de données est incomplète concernant les analyses de fractions d'hydrocarbures. En effet, la liste des substances et des paramètres à analyser pour chacun des échantillons témoins prélevés dans le cadre de la première convention ADEME-BRGM mentionnait : « Analyse des hydrocarbures avec répartition des fractions carbonées, entre C10 et C40 par chromatographie en phase gazeuse – Détecteur à ionisation de flamme (GC-FID) ». Cette mention s'est traduite par la présence de cinq paramètres dans le pack analytique demandé aux laboratoires du projet ETS : fractions hydrocarbures EC C10-C12, C12-C16, C16-C21 et C21-C40 ainsi que fraction totale C10-C40. Ces paramètres ont été inscrits dans le lexique des paramètres codant les substances à analyser.

Le projet FGU s'appuyant sur le projet ETS, les échantillons prélevés en phase 1 des diagnostics et analysés sur le budget FGU, comme ceux prélevés en phase 2 des diagnostics et analyses sur le budget ETS, sont transmis aux laboratoires ayant répondu aux marchés publics du projet ETS et retenus par celui-ci.

Au lancement de l'un des premiers marchés ETS, la partie du cahier des charges décrivant les packs analytiques a été modifiée : les fractions hydrocarbures initialement prévues ont été remplacées par les fractions TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) aromatiques et aliphatiques. Cependant le lexique FGU n'a pas été modifié en conséquence.

Les laboratoires ont donc analysé les échantillons en suivant ce nouveau cahier des charges. Mais ils n'ont pas transcrit les résultats sous forme codée dans le fichier Excel FGU car le lexique des substances ne comprenait pas de nouveauté. Les résultats d'analyse n'ont donc pas été bancarisés.

Le lexique des substances a ensuite été mis à jour rapidement mais de façon incomplète. Seuls les paramètres suivants ont été ajoutés (10 paramètres) :

- TPHW Aromatiques : EC C6-C7, C7-C8, C8-C10, C10-C12, C12-C16 ;
- TPHW Aliphatiques : EC C5-C6, C6-C8, C8-C10, C10-C12, C12-C16.

Les fractions lourdes sont manquantes (probablement en raison d'une confusion avec les fractions ajoutées pour les analyses de gaz du sol).

De plus, ces changements ont donné aussi lieu à des confusions de la part des laboratoires (inversion des codes des paramètres aliphatiques et aromatiques) aujourd'hui corrigées dans la base de données.

Cette situation conduit à une faible quantité d'analyses d'hydrocarbures actuellement bancarisées. En outre, les résultats des analyses des fractions TPH d'hydrocarbures sont très majoritairement inférieurs aux limites de quantification.

Un important travail de relecture des bordereaux d'analyse dans les rapports ETS et de saisie manuelle est néanmoins nécessaire pour compléter la base de données.

3. Traitement statistique des données

Au cours de la première convention ADEME-BRGM (2010-2014), plusieurs questions méthodologiques relatives au traitement statistiques des données, jugées représentatives du fond pédo-géochimiques, recueillies par le projet FGU ont été identifiées :

- comment gérer les valeurs extrêmes et les « outliers » ?
- comment déterminer un seuil d'anomalie au-delà duquel les valeurs diffèrent significativement du fond pédo-géochimique anthropisé ?

Les données FGU présentent, d'une part des effectifs faibles par agglomération, et d'autre part des taux élevés de valeurs inférieures aux limites de quantification analytiques (LQ) pour une substance donnée. Les réponses à ces questions doivent donc tenir compte de ces spécificités à chaque étape du traitement :

- préparation des données au moyen de tests et de transformations adaptés ;
- détermination de statistiques descriptives ;
- interprétation des données ;
- analyse des résultats par croisement des données (par exemple, confrontation aux données existantes de l'INRA dans le milieu rural avoisinant les agglomérations étudiées).

Dans cet objectif, et suite aux résultats des essais géostatistiques (8), une étude approfondie a été conduite au cours d'un stage de 5^e année en école d'ingénieur entre avril et septembre 2016. L'objectif du stage était de constituer, sur la base d'une étude bibliographique, un protocole de traitement adapté aux données FGU à chacune de ces étapes. Les résultats de cette étude se trouvent dans le rapport BRGM (7). L'étude bibliographique repose essentiellement sur les travaux de Reimann (9) et Helsel (10) et conduit à l'élaboration d'un arbre de décision pour un traitement des données ajusté aux situations rencontrées dans le cadre du projet FGU.

Cet arbre de décision a été programmé sous le logiciel libre « R ». Le script obtenu fait appel au « package » dit « NADA » développé sous R à partir des travaux de Helsel (<http://www.practicalstats.com/nada/nada4r.html>). Ce développement d'arbre de décision constitue aujourd'hui un outil de calcul BRGM développé sous R.

3.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES

Cette étude a confirmé la nécessité de faire appel à des méthodes adaptées aux spécificités des données de départ, au contexte de l'étude et aux besoins exprimés. Ainsi, certaines méthodes, appliquées avec raison dans des conditions habituelles, s'avèrent parfois inadaptées aux données du projet FGU, notamment pour :

- la détermination des quantiles ;
- la transformation logarithmique ;
- la substitution des données inférieures à la limite de quantification par 50 % de cette limite.

Cette dernière méthode, par exemple, est très souvent utilisée pour le traitement des analyses d'explorations minières. En effet, si ces analyses comportent des résultats inférieurs aux limites de quantification analytiques (LQ), les ignorer, les remplacer par 0 ou par 100 % de la LQ peut entraîner un biais préjudiciable à l'interprétation des résultats. La substitution par 50 % de la LQ est un compromis rapide et facile qui permet de tenir compte de ces valeurs. Elle est bien adaptée à l'exploration minière qui cherche à mettre en évidence des teneurs élevées de matériaux précieux. Elle semble aussi la solution la plus fréquemment employée pour gérer les valeurs inférieures aux limites de quantification analytiques dans le cadre de recherche de valeurs seuil ou de fonds géochimiques (6). Pourtant, en contexte d'établissement de valeurs seuils ou de fonds géochimiques cette méthode doit être proscrite, notamment dans le cas de substances peu présentes dans l'environnement, ou d'un taux de valeurs inférieures à la LQ particulièrement élevé.

En fonction des caractéristiques de la population considérée (effectif, taux de valeurs inférieur à la limite de quantification (LQ), écart par rapport à la normalité), le protocole construit au cours de ces travaux estime la faisabilité des calculs et met en œuvre des méthodes statistiques adaptées (transformation Box-Cox, Ros, MLE, Kaplan-Meyer) pour le calcul des données descriptives : moyenne, médiane, quartiles.

3.2. DÉTERMINATION DE LIGNES DE BASE

Un fond pédo-géochimique ne correspond pas à une valeur de concentration précise mais à une population encadrée par une « fourchette » de valeurs. Cette notion est reprise dans les travaux du Groupe de Travail « Valeurs de fond », conduit par l'ADEME depuis 2015, qui a désigné par le terme « ligne de base » les valeurs encadrant une population. Pour le fond pédo-géochimique anthropisé, la ligne de base supérieure est l'objet de toutes les attentions puisqu'elle constitue la limite entre le fond et une anomalie anthropique. Or, les méthodes de détermination des lignes de bases sont variées et font débat (5). Les plus couramment rencontrées sont : les centiles 90 ou 95, la vibrissse supérieure interne de Tukey et la déviation absolue médiane (Median Absolute Deviation – MAD).

La discussion sur la pertinence de chacune de ces méthodes est d'autant plus délicate que les calculs sont fortement dépendants des caractéristiques de la population considérée. C'est-à-dire que, d'un jeu de données à l'autre, les valeurs calculées avec ces méthodes n'apparaissent pas systématiquement selon le même rang. En outre, cette situation ne permet pas de retenir les méthodes en fonction de leur caractère plus ou moins conservateur d'un point de vue sanitaire.

Une étude a été entreprise par le BRGM pour mieux comprendre le comportement des méthodes les plus courantes en fonction des principales caractéristiques des populations : effectif, taux de censure (taux de valeurs inférieur à la LQ) et écart par rapport à la normalité. Ces travaux ont été réalisés en partie dans le cadre de la convention FGU II et du stage mentionné ci-dessus (7). Ils ont été complétés dans le cadre d'un doctorat financé par l'ADEME et conduit par le Centre de géosciences (Mines Paris Tech, Fontainebleau) et le BRGM (Direction régionale des Pays de la Loire, Nantes) (11). Les résultats de cette étude pourront être intégrés à l'outil BRGM développé sous « R ». Dans cette attente celui-ci propose, à titre indicatif, les résultats obtenus avec les principales méthodes de détermination.

3.3. PERSPECTIVES

Le protocole (arbre de décision et calculs intégrés) développé au BRGM pourra à l'avenir être amélioré en bénéficiant :

- des travaux de doctorat mentionnés en 3.2 portant sur la détermination des lignes de base ;
- de développements apportés par le BRGM dans le cadre de plusieurs projets à venir, notamment pour la prise en compte :
 - des populations présentant un taux de censure supérieur à 80 % au moyen de méthodes ordinales,
 - du nécessaire dégroupement spatial des données. En effet, les analyses disponibles ne correspondent généralement pas à des points de prélèvements répartis géographiquement selon un maillage régulier, surtout en milieu urbain ;
- d'une validation mathématique qui sera commandée en 2018 à une société spécialisée.

Enfin, d'autres apports importants sont attendus dans le cadre :

- des travaux de doctorat précédemment cités qui concernent également une méthode permettant la différenciation géostatistique de résultats d'analyse constitués à partir de points de prélèvements ne relevant pas d'un choix thématique (populations mixtes) et le traitement géostatistique des informations ;
- du projet GeoBaPa (élaboration de référentiels de fond géochimique du Bassin Parisien et dans la basse vallée de la Seine – Soltracing, BG Ingénieur Conseil, Géovariances, BRGM) et son apport au « Guide de détermination des valeurs de fond » en cours d'élaboration par le Groupe de Travail « Valeur de fond » piloté par l'ADEME. À l'échelle des régions Île-de-France et Normandie, ce projet, propose en effet une approche du traitement des données par « Entités Géographiques Cohérentes » par leur géologie et les différents types d'activités qu'elles accueillent ;
- d'une étude en cours, conduite à Toulouse par le BRGM sur la mise en application à l'échelle d'une agglomération de la méthode de détermination des valeurs de fond proposée par le Guide de l'ADEME.

4. Résultats statistiques descriptifs de base

De nombreuses questions restent encore sans réponse pour la constitution des valeurs de fond et particulièrement des lignes de base des fonds pédo-géochimiques et seules des statistiques descriptives de bases peuvent ici être proposées. Par ailleurs, le nombre de données issues du projet FGU, actuellement disponibles est encore insuffisant pour apporter des résultats spécifiques aux différentes agglomérations françaises.

À titre indicatif, les résultats qui suivent décrivent la population de données du projet ETS recueillie dans la base de données FGU pour toutes les zones urbaines du territoire réunies. Les importantes variations climatiques, géologiques, pédologiques, historiques, et d'usage des sols entre les agglomérations ne permettent pas de généraliser ces résultats ou de conclure à leur représentativité pour l'une d'entre elle en particulier.

4.1. PRÉPARATION DES DONNÉES

4.1.1. « Nettoyage » des données exploitables

Les projets ETS et FGU reposent sur un échantillonnage visant des points de prélèvements jugés représentatifs du fond pédo-géochimique anthropisé (dit échantillonnage thématique ou orienté). Cependant, en raison des difficultés dans l'application des consignes de prélèvements ou des contraintes locales (voir chapitre 2), les données obtenues présentent des disparités. Une vérification des données point par point et une correction des informations de toute évidence fausses ont donc été nécessaires.

Ces opérations ont consisté à rechercher les valeurs extrêmes (outliers) au moyen des boîtes à moustaches de Tuckey, puis, à vérifier les lieux de prélèvement et les conditions d'échantillonnage. Certains échantillons ont été écartés en raison :

- de l'indication dans les rapports ETS d'informations contradictoires avec les consignes de prélèvements ou ;
- de l'observation au droit du point de prélèvement :
 - d'un site recensé par les bases de données BASIAS ou BASOL,
 - d'un site industriel ou d'une construction visible sur les photographies aériennes du site internet de l'IGN « Remonter le temps »,
 - d'un remaniement trop récent observé avec les images d'archive de Google earth.

Toutefois, si aucune information concrète n'a permis de conclure à un défaut de prélèvement, les échantillons ont été inclus dans l'étape suivante.

4.1.2. Sélection des données pour le calcul statistique

Les échantillons retenus au cours de l'étape précédente ont été sélectionnés pour répondre aux conditions de prélèvement suivantes :

- profondeur comprise entre 0 et 30 cm (soit les prélèvements effectués de 0 à 5, 0 à 10 et 0 à 30 cm). Les prélèvements jusqu'à 30 cm ne répondent pas aux consignes initiales du projet mais leur intégration dans la sélection permet d'augmenter les effectifs ;

- lieux de prélèvement : parcs, jardins publics, pelouses ouvertes au public. Les prélèvements en pied d'immeuble, abords de commerces, ronds-points, champs, etc... sont exclus ;
- usage des lieux de prélèvement : espace de loisir et/ou de restauration, espace vert ouvert au public, espace vert non ouvert au public, habitats (même temporaire), jardins, autres (indéfinis) ;
- aucune activité industrielle connue au droit du site ;
- proche environnement constitué de pelouses (parc public, parc privé, jardin public ou square, jardin privé, terrain de sport, aire de jeux, large voie piétonnière arborée, place publique, prairie, (les bois et les champs sont exclus) ;
- les prélèvements hors sols (bacs, pots, etc.) sont exclus.

Les échantillons n'ayant pas été analysés pour une liste fixe de substances, l'effectif des populations obtenues sur toute la France est variable selon les substances et s'élève au maximum à 308 après cette sélection.

L'effectif est plus faible pour :

- les dioxines/furanes analysées initialement sur seulement 10 % des échantillons dans le cadre du projet FGU ;
- les coupes hydrocarbures initialement analysées sur la totalité des molécules, puis en distinguant les coupes aromatiques et aliphatiques ;
- certaines substances (dont les coupes hydrocarbures) pour lesquelles la base FGU présente actuellement des lacunes ;
- certaines substances qui n'ont pas été analysées systématiquement au cours des premiers marchés ETS.

Toutefois, la population est considérée homogène et représentative de l'idée que le libellé initial du projet FGU se faisait du fond pédo-géochimique.

4.1.3. Préparation des données au traitement statistique

Le travail préalable de « nettoyage » et de sélection des données permet d'écartier plusieurs outliers qui pourraient ensuite avoir une influence sur les résultats du traitement statistique. Il peut toutefois rester des valeurs extrêmes. En petite quantité on considère qu'elles n'ont pas ou peu d'influence sur les résultats. Elles sont donc conservées pour les calculs qui suivent.

Les données sont extraites du fichier au moyen d'un tableau croisé dynamique qui permet notamment de :

- les trier par substance ou famille de substance ;
- les positionner en colonne par substance.

Les données sont ensuite traitées en suivant le protocole d'analyse statistique pour la construction d'un fond pédo-géochimique anthropisé des sols urbains mis au point par L. Sancho (7) notamment sur la base des travaux de D. Helsel (10). Ce protocole met en œuvre la solution statistique la plus adaptée pour traiter les jeux de données en fonction des effectifs, de la distribution de la population et du taux de valeurs inférieures aux limites de quantification analytiques. Après une mise en forme des données le traitement est automatisé grâce à un script développé au BRGM pour le logiciel « R » (L. Sancho et S. Belbeze).

4.1.4. Statistiques descriptives

Les résultats des calculs statistiques descriptifs (Moyenne, Médiane, écart-type, quantiles 90 et 95 et UBL - Upper Box Limit) sont compilés dans le tableau de la Figure 6.

Les données de ce tableau sont fournies à titre indicatif pour les zones urbaines de la France entière. Elles n'ont pas fait l'objet d'un dégroupement spatial. C'est-à-dire qu'en raison du mode de prélèvement choisi (prélèvement thématique et non pas systématique selon une maille régulière) les points de prélèvement ne sont pas répartis régulièrement dans l'espace. Plusieurs échantillons peuvent, avoir été prélevés dans le même espace vert, présenter des concentrations sensiblement identiques et donc constituer un groupe prépondérant par rapport à un échantillon isolé.

Le résultats sont cohérents avec ceux présentés en 2015 (5).

| PARAMETRE | Unité | Effectif | LQ min | LQ max | % < LQ | Min | Max | Traitement | Moyenne | Médiane | Ecart-type | Q90 | Q95 | UBL |
|--|--------|----------|------------|------------|--------|--------|---------|---------------|---------|---------|------------|--------|--------|--------|
| As | mg/kg | 306 | 1 | 15 | 0.98 | 1.0 | 50.2 | Conventionnel | 11.0 | 8.8 | 7.8 | 18.2 | 27.5 | 22.0 |
| Pb | mg/kg | 306 | < 5 | 10 | 0.33 | 5.3 | 650.0 | Conventionnel | 88.3 | 57.4 | 92.5 | 181.5 | 267.5 | 190.0 |
| Zn | mg/kg | 306 | < 13 | - | 0.00 | 13.0 | 2600.0 | Conventionnel | 126.6 | 94.9 | 163.3 | 230.0 | 317.5 | 240.0 |
| Ni | mg/kg | 306 | < 3 | - | 0.00 | 4.0 | 62.0 | Conventionnel | 16.0 | 15.0 | 6.6 | 23.4 | 26.0 | 28.0 |
| Hg | mg/kg | 306 | 0.025 | 0.1 | 11.11 | 0.05 | 28.00 | kaplan meyer | 0.38 | 0.21 | 0.57 | 0.80 | 1.20 | 0.80 |
| Cd | mg/kg | 306 | < 0,0455 | 1 | 40.52 | 0.05 | 3.63 | kaplan meyer | 0.35 | 0.25 | 0.33 | 0.63 | 0.83 | 0.85 |
| Cr | mg/kg | 306 | 0.9 | 15 | 0.98 | 0.9 | 111.3 | Conventionnel | 23.0 | 21.0 | 10.5 | 33.9 | 40.8 | 39.5 |
| Cu | mg/kg | 306 | < 4,2 | - | 0.00 | 4.2 | 190.0 | Conventionnel | 35.0 | 27.0 | 25.3 | 63.0 | 88.8 | 69.9 |
| Benzo,a,anthracene | mg/kg | 308 | < 0,012 | 0.15 | 19.81 | 0.012 | 11.00 | kaplan meyer | 0.30 | 0.11 | 0.74 | 0.78 | 1.10 | 0.61 |
| Benzo,a,pyrene | mg/kg | 308 | < 0,011 | 0.15 | 17.53 | 0.011 | 15.00 | kaplan meyer | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.86 | 1.40 | 0.73 |
| Benzo,b,fluoranthene | mg/kg | 308 | 0.02 | 0.15 | 13.64 | 0.020 | 13.00 | kaplan meyer | 0.44 | 0.18 | 0.97 | 1.10 | 1.70 | 0.88 |
| Benzo,k,fluoranthene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.15 | 24.03 | 0.010 | 6.40 | kaplan meyer | 0.18 | 0.07 | 0.40 | 0.43 | 0.84 | 0.39 |
| Benzo,g,h,i,perylene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.15 | 18.18 | 0.010 | 7.80 | kaplan meyer | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.67 | 1.10 | 0.54 |
| Fluoranthene | mg/kg | 308 | 0.02 | 0.15 | 10.71 | 0.020 | 33.00 | kaplan meyer | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 1.40 | 2.80 | 1.20 |
| Indeno,1,2,3,cd-pyrene | mg/kg | 308 | < 0,011 | 0.15 | 15.91 | 0.011 | 10.00 | kaplan meyer | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.63 | 1.20 | 0.54 |
| Acenaphthene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.5 | 88.31 | 0.010 | 0.64 | NON FIA | 0.05 | 0.02 | 0.08 | 0.15 | 0.15 | 0.10 |
| Anthracene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.5 | 54.87 | 0.010 | 1.90 | MLE | 0.07 | 0.02 | 0.19 | 0.33 | 0.40 | 0.50 |
| Chrysene | mg/kg | 308 | 0.02 | 0.15 | 16.56 | 0.020 | 10.00 | kaplan meyer | 0.31 | 0.12 | 0.72 | 0.74 | 1.30 | 0.70 |
| Naphtalene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.5 | 85.71 | 0.010 | 0.60 | NON FIA | 0.05 | 0.02 | 0.08 | 0.15 | 0.15 | 0.11 |
| Phenanthrene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.5 | 23.05 | 0.010 | 16.00 | kaplan meyer | 0.23 | 0.08 | 0.61 | 0.45 | 0.89 | 0.40 |
| Pyrene | mg/kg | 308 | 0.02 | 0.15 | 12.01 | 0.020 | 29.00 | kaplan meyer | 0.49 | 0.18 | 1.25 | 1.10 | 2.30 | 1.00 |
| Dibenzo,a,h,anthracene | mg/kg | 308 | 0.01 | 1.2 | 78.25 | 0.010 | 1.20 | MLE | 0.05 | 0.01 | 0.35 | 0.20 | 0.24 | 0.34 |
| Acenaphthylene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.5 | 66.23 | 0.010 | 0.70 | MLE | 0.04 | 0.01 | 0.09 | 0.13 | 0.16 | 0.23 |
| Fluorene | mg/kg | 308 | 0.01 | 0.5 | 84.09 | 0.010 | 12.00 | NON FIA | 0.09 | 0.02 | 0.69 | 0.15 | 0.15 | 0.10 |
| Somme 16 HAP (valeurs < LQ = NA) | mg/kg | 286 | < 0,02 | - | 0.00 | 0.020 | 166.31 | Conventionnel | 4.34 | 1.39 | 12.13 | 8.48 | 15.68 | 8.04 |
| Somme 16 HAP (valeurs < LQ = LQ) | mg/kg | 308 | < 0,278 | 2.4 | 0.00 | 0.278 | 167.31 | Conventionnel | 4.41 | 1.56 | 11.84 | 8.41 | 14.69 | 7.88 |
| Cyanure | mg/kg | 305 | < 0,1 | 1 | 50.16 | 0.100 | 6.10 | MLE | 0.70 | 0.28 | 1.59 | 1.64 | 1.90 | 2.60 |
| iPhenol | mg/kg | 305 | < 0,01 | 0.7 | 68.52 | 0.010 | 86.00 | MLE | 0.56 | 0.07 | 4.25 | 8.83 | 11.08 | 5.10 |
| C10,C40 | mg/kg | 154 | 0.5 | 20 | 31.82 | 0.500 | 260.00 | kaplan meyer | 33.28 | 17.62 | 53.30 | 60.00 | 110.00 | 65.00 |
| 2,3,7,8,TCDD | ng/kg | 132 | 0.18 | 2.5 | 95.45 | 0.180 | 2.80 | NON FIA | 0.63 | 0.50 | 0.42 | 1.00 | 1.00 | 1.70 |
| 1,2,3,7,8,PeCDD | ng/kg | 132 | 0.2 | 5 | 75.76 | 0.200 | 9.00 | ROS | 0.76 | 0.21 | 1.43 | 1.79 | 3.16 | 1.60 |
| 1,2,3,4,7,8,HxCDD | ng/kg | 132 | 0.2 | 7.5 | 75.76 | 0.200 | 9.10 | ROS | 0.85 | 0.26 | 1.59 | 2.00 | 3.35 | 1.50 |
| 1,2,3,6,7,8,HxCDD | ng/kg | 132 | 0.35 | 7.5 | 49.24 | 0.350 | 18.00 | kaplan meyer | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 3.60 | 7.40 | 5.50 |
| 1,2,3,7,8,9,HxCDD | ng/kg | 132 | 0.25 | 7.5 | 61.36 | 0.250 | 15.00 | MLE | 1.51 | 0.63 | 3.29 | 4.82 | 5.72 | 8.30 |
| 1,2,3,4,6,7,8,HpCDD | ng/kg | 132 | < 3,9 | 38 | 9.09 | 3.900 | 350.00 | kaplan meyer | 16.70 | 15.05 | 1.62 | 56.00 | 89.00 | 68.00 |
| OCDD | ng/kg | 132 | 25 | 50 | 4.55 | 17.000 | 3800.00 | Conventionnel | 169.96 | 87.00 | 361.96 | 320.00 | 519.00 | 320.00 |
| 2,3,7,8,Tetrachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | 0.31 | 2.6 | 25.00 | 0.310 | 40.00 | kaplan meyer | 3.73 | 1.61 | 7.78 | 7.60 | 19.00 | 7.60 |
| 1,2,3,7,8,Pentachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | < 0,23 | 2 | 43.94 | 0.230 | 23.00 | kaplan meyer | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 4.10 | 9.20 | 5.00 |
| 2,3,4,7,8,Pentachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | 0.35 | 2 | 37.12 | 0.350 | 33.00 | kaplan meyer | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 5.30 | 10.00 | 6.30 |
| 1,2,3,4,7,8,hexachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | < 0,34 | 3 | 33.33 | 0.340 | 33.00 | kaplan meyer | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 5.20 | 11.00 | 7.50 |
| 1,2,3,6,7,8,hexachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | < 0,26 | 3 | 40.15 | 0.260 | 22.00 | kaplan meyer | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 4.60 | 8.60 | 6.10 |
| 1,2,3,7,8,9,hexachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | 0.37 | 15 | 89.39 | 0.200 | 7.50 | NON FIA | 1.43 | 1.50 | 1.07 | 3.00 | 3.00 | 2.00 |
| 2,3,4,6,7,8,hexachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | 0.34 | 3 | 34.85 | 0.340 | 28.00 | kaplan meyer | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 5.90 | 12.00 | 7.50 |
| 1,2,3,4,6,7,8,Heptachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | 1.5 | 15 | 31.06 | 1.500 | 120.00 | kaplan meyer | 7.05 | 5.68 | 2.16 | 25.00 | 47.00 | 33.00 |
| 1,2,3,4,7,8,9,Heptachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | 0.2 | 3 | 90.91 | 0.370 | 38.00 | NON FIA | 6.07 | 7.50 | 5.48 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Octachlorodibenzofurane | ng/kg | 132 | < 1,6 | 50 | 60.61 | 1.600 | 130.00 | MLE | 10.48 | 5.62 | 16.47 | 36.16 | 42.38 | 57.00 |
| Diox,Fur,OMS98 (valeurs < LQ = NA) | TEQ/kg | 127 | sans objet | sans objet | 0.00 | 0.002 | 49.49 | Conventionnel | 4.17 | 1.84 | 7.68 | 8.03 | 17.66 | 9.11 |
| Diox,Fur,OMS05 (valeurs < LQ = NA) | TEQ/kg | 127 | sans objet | sans objet | 0.00 | 0.006 | 42.62 | Conventionnel | 3.62 | 1.55 | 6.64 | 7.06 | 15.81 | 8.30 |
| Diox,Fur,OMS98 (valeurs < LQ = LQ) | TEQ/kg | 132 | sans objet | sans objet | 0.00 | 1.096 | 49.64 | Conventionnel | 6.24 | 4.16 | 7.23 | 9.04 | 18.48 | 9.79 |
| Diox,Fur,OMS05 (valeurs < LQ = LQ) | TEQ/kg | 132 | sans objet | sans objet | 0.00 | 1.016 | 42.77 | Conventionnel | 5.62 | 3.80 | 6.26 | 8.28 | 16.51 | 11.90 |
| PCB i n028 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.02 | 99.7 | 0.001 | 0.02 | NON FIA | 0.008 | 0.010 | 0.006 | 0.014 | 0.020 | 0.020 |
| PCB i n052 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.02 | 96.7 | 0.001 | 0.04 | NON FIA | 0.008 | 0.010 | 0.006 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| PCB i n0101 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.02 | 91.5 | 0.001 | 0.11 | NON FIA | 0.008 | 0.010 | 0.008 | 0.020 | 0.020 | 0.021 |
| PCB i n0118 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.02 | 87.9 | 0.001 | 0.11 | NON FIA | 0.008 | 0.010 | 0.008 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| PCB i n0138 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.02 | 77.2 | 0.001 | 0.11 | MLE | 0.003 | 0.001 | 0.007 | 0.015 | 0.018 | 0.022 |
| PCB i n0153 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.02 | 76.9 | 0.001 | 0.07 | MLE | 0.003 | 0.001 | 0.006 | 0.013 | 0.015 | 0.021 |
| PCB i n0180 | mg/kg | 307 | 0.001 | 0.023 | 84,4 | 0.001 | 0.03 | NON FIA | 0.008 | 0.010 | 0.006 | 0.020 | 0.020 | 0.022 |

Figure 6. Tableau de résultats des calculs des statistiques descriptives pour la France entière.

a) Interprétation du contenu du tableau

Coupes hydrocarbures : aucune statistique de base n'a été calculée en raison d'un trop faible effectif des populations.

LQ min. ou max. : limite de quantification analytique minimum ou maximum observée. Le jeu de données utilisé contient les résultats de plusieurs laboratoires, donc de plusieurs méthodes d'analyses présentant des LQ différentes.

% < LQ : pourcentage de résultats d'analyse pour lesquels le laboratoire a indiqué qu'ils sont inférieurs à la limite de quantification analytique.

Min - Max : valeurs minimale et maximale observée dans la population pour un paramètre donné.

Traitement : cette colonne indique la méthode statistique mise en œuvre pour chaque paramètre. L'indication « Conventionnel » indique que les statistiques descriptives sont calculées en substituant les valeurs inférieures à la Limite de Quantification (LQ) par la LQ. Cette méthode peut être appliquée car les caractéristiques de la population n'influencent pas significativement les résultats.

Quand le taux de ces valeurs est élevé, le traitement fait appel à des méthodes alternatives : méthodes non paramétriques dont Kaplan-Meier, MLE (Maximum Likelihood Estimation).

L'indication NON FIA (non fiable) indique qu'aucune des solutions alternatives de calcul n'a pu s'appliquer en raison d'un taux de censure élevé, d'un effectif trop faible ou de la nécessité de faire appel à une méthode ordinale (pas encore développée dans le script R).

Dans certains cas une méthode alternative est mentionné, mais le lecteur est invité à considérer ces résultats comme non fiables dans la mesure où le jeu de données présente une répartition bimodale ou multimodale (souvent associée à un taux de censure élevé). C'est-à-dire qu'il est constitué de deux ou plusieurs populations (visibles sur les graphiques de répartition des données). Dans la majorité des cas du présent tableau, cette situation est due à la présence de plusieurs limites de quantifications (les données proviennent de plusieurs laboratoires et/ou un même laboratoire a calculé des limites de quantification propres à chaque contexte d'analyse).

Quand le traitement est dit « NON FIA ou que la population présente une bimodalité, les résultats indiqués par défaut sont ceux calculés selon la méthode conventionnelle à titre indicatif. Ils sont inscrits en rouge.

Q90, Q95 : quantile 90 ou quantile 95.

UBL : Upper Box Limit. Limite supérieure interne définie comme la première valeur réelle trouvée sous la vibrisse supérieure interne de Tukey, elle-même calculée obtenue par $VS15=Q3+1,5(Q3-Q1)$ ou $Q1$ et $Q3$ sont les 1^{er} et 3^e quartiles de la population.

Calcul des sommes des concentrations pour les HAP, les dioxines et les furanes : même quand le taux de valeurs inférieures à la LQ est élevé (exemple acénaphthène, naphthalène, fluorène) toutes les substances d'une famille ont été prises en compte.

Les sommes ont été calculées pour chaque échantillon et substance selon deux méthodes :

- a. Somme de l'ensemble des valeurs supérieures à la LQ en ignorant les valeurs inférieures à la LQ. Dans ce cas ces substances sont considérées comme « non analysées » au moment de la mise en œuvre du script sous R sur les résultats des sommes pour chacun des échantillons. Les lignes correspondant à ces résultats sont indiquées par le nom de la substance suivi de (valeurs < LQ = NA).
- b. Somme de l'ensemble des valeurs disponibles : les résultats inférieurs à la limite de quantification (LQ) sont substitués par la LQ. Les lignes correspondant à ces résultats sont indiquées par le nom de la substance suivi de (valeurs < LQ = LQ).

b) Cas des calculs de sommes en quantité équivalente toxique (TEQ)

Les résultats des sommes sont fournis en TEQ/kg, selon les deux méthodes de calcul précédentes et en faisant appel aux coefficients établis par l'OMS en 1998 ou en 2005.

5. Refonte de la base de données

5.1. CONTEXTE

Une base de données dite « FGU » a été créée pour les besoins de la première convention ADEME-BRGM (2010-2014) afin de bancariser les données obtenues au cours du projet ETS. Cette base de données répond aux besoins simples de la bancarisation des données du projet ETS toujours acquises selon les mêmes protocoles. Il est toutefois apparu très tôt que :

- le nombre d'échantillons recueillis dans le cadre du projet ETS serait, par construction, insuffisant pour élaborer des fonds pédo-géochimiques anthropisés dans l'ensemble des agglomérations françaises (5) (voir § 1.2.3). À terme, seulement quatre à cinq agglomérations devraient disposer de plus de 30 échantillons dans la base. Cette valeur est considérée comme une limite inférieure pour « *dresser un histogramme représentatif ou pour calculer un percentile représentatif* » (11) ;
- les attentes des parties impliquées dans le domaine des sols urbains s'étendent au-delà de l'objectif de la première convention ADEME-BRGM et la détermination du fond pédo-géochimique anthropisé. Elles comprennent la connaissance complète de la qualité pédo-géochimique des sols de leur territoire en surface comme en profondeur (notamment pour la gestion des terres excavées).

Dans un premier temps, et toujours dans le cadre des diagnostics ETS, la base de données FGU a pu bancariser les analyses des échantillons prélevés dans les espaces verts et au droit des établissements scolaires. Pour aller plus loin dans cette démarche, la seconde convention ADEME-BRGM (2014-2017) a prévu la refonte totale de la base de données FGU. Il s'agit de bancariser aussi les analyses provenant de projets divers obtenues selon des protocoles différents de celui du projet ETS. La nouvelle base contiendra donc un nombre plus élevé de données descriptives de l'échantillon, du point de prélèvement, des analyses et des intervenants (préleveurs, laboratoires, etc.).

5.2. DESCRIPTION

Cette refonte de la base, désormais appelée BDSolU (Base de données des analyses de Sols Urbains), est aussi une opportunité pour :

- développer la base sous le langage PostGreSQL et mettre en place son alimentation via un site internet dédié qui permettra une première vérification automatisée des fichiers postés par les fournisseurs de données (tâche assurée actuellement entièrement manuellement et très chronophage) ;
- adosser les informations bancarisées à des références reconnues (lexiques SANDRE⁸, Corine Land Cover, BASIAS, INSEE,...) et rendre la base cohérente avec des outils existants (GDM⁹, BSS¹⁰, BASIAS,...) ;
- préparer le système à répondre aux exigences de la Directive INSPIRE.

⁸ SANDRE : Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau.

⁹ GDM : suite logicielle BRGM de traitement géostatistique et visualisation des informations sur le sous-sol en 3D.

¹⁰ BSS : Banque de données du Sous-Sol gérée par le BRGM.

L'ADEME et le BRGM voient dans la création de la nouvelle base BDSolU l'opportunité d'établir une large base de connaissance sur la qualité géochimique des sols urbains sur l'ensemble du territoire national. La base de données sera à terme publique, et les différents producteurs de données pourront y déposer leurs analyses grâce à un outil en ligne. Dans un premier temps BDSolU sera alimentée par les données du projet ETS et celles de plusieurs projets achevés ou en cours, auxquels le BRGM participe dans différentes agglomérations en France. À l'heure actuelle, la base de données BDSolU est créée mais les données de l'ancienne base FGU n'y ont pas encore été déversées.

5.2.1. Objectif de BDSolU

En bancarisant un grand nombre de données, BDSolU a pour objectif d'améliorer la connaissance de la qualité géochimique des sols urbains sur l'ensemble du territoire national. Les connaissances bancarisées permettront de construire des fonds pédo-géochimiques anthropisés urbains dans les principales agglomérations de France. Mais les acteurs urbains du domaine des sites et sols (potentiellement) pollués sont aussi confrontés à différentes situations nécessitant des données de références :

- étude d'impact ;
- état initial pour les sites des ICPE ;
- diagnostic de sols ;
- détermination de seuils de dépollution ;
- gestion des terres excavées ;
- situations post accident ;
- gestion sanitaires des lieux de vie.

À terme, BDSolU pourrait leur proposer ce type de références, adaptées aux différents scénarios d'exposition futurs ou constatés, et représentatives des lieux considérés.

5.2.2. Principe de fonctionnement

La nouvelle base de données aujourd'hui constituée, fait appel à un fichier de huit tableaux à renseigner sous le tableur Excel® pour décrire les prélèvements effectués (voir mode d'emploi du fichier de saisie en Annexe 2). Ce fichier peut être ensuite déposé sur la plateforme de dépôt en ligne du site internet <http://www.bdsolu.fr>. Il sera nécessaire de disposer d'un compte d'identification pour être autorisé à déposer des données sur le site.

Le dépôt du fichier est assuré via une application développée en langage DotNET™ qui effectue une série de vérifications automatisées. À l'issue de ces vérifications, l'application peut refuser le fichier en raison de lacunes ou d'erreurs dont la liste est transmise au fournisseur de données. Les fichiers acceptés alimentent la base de données BDSolU au format PostgreSQL® (Figure 8). La Figure 7 décrit l'ensemble de cette procédure.

À terme, la saisie des données en ligne, sans faire appel à un fichier Excel®, permettrait de présenter un outil interactif et plus convivial. Cette solution est à l'étude mais n'est pas retenue pour l'instant car le développement informatique d'un outil de saisie en ligne représente un investissement trop important pour le projet (en l'état). De plus la saisie des données dans un fichier Excel® avant le dépôt en ligne permet aux utilisateurs :

- de renseigner le fichier progressivement au cours des différentes étapes de l'acquisition des données, lesquelles peuvent être séparées de plusieurs semaines : prélèvement sur le terrain, bilan au retour en bureau, livraison des résultats d'analyses ;
- d'éviter les problèmes de coupure de réseau au cours d'une saisie en ligne dans des délais trop longs ;
- de réutiliser facilement les tableaux produits pour les insérer dans un rapport par exemple ;
- d'automatiser la saisie des résultats d'analyse (voir ci-après).

5.2.3. Construction

Le nouveau fichier Excel® a été développé en tenant compte :

- du retour d'expérience de la première convention ADEME-BRGM (2010-2014) ;
- des travaux de bancarisation de données réalisés par les Directions régionales du BRGM en Pays-de-la-Loire, en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Lorraine ;
- des références standards ;
- de la littérature.

Il comprend plusieurs tableaux qui permettent de décrire :

- le site investigué ;
- les liens éventuels de ce site avec des bases de données nationales existantes (BASIAS, BSS) ;
- l'usage actuel (et éventuellement les usages passés) de ce site ;
- les sondages réalisés sur le site ;
- les différents niveaux (strates) identifiés au cours des sondages ;
- les matériaux rencontrés dans chacun des niveaux ;
- les échantillons prélevés ;
- les analyses effectuées.

Quand cela est possible, la saisie est assistée par une liste déroulante des différents choix disponibles. L'élaboration de ces listes déroulantes s'est attachée à :

- employer, quand cela était réalisable, des listes courtes, et des termes compréhensibles par des agents n'étant pas spécialisés dans l'ensemble des disciplines abordées (chimie, géologie, pédologie, environnement, etc.) ;
- faire au maximum appel à des références existantes et reconnues, éventuellement complétée par des items techniques ou pratiques si nécessaire.

La saisie est obligatoire pour une grande partie des champs de façon à assurer la distinction entre les données obtenues dans des conditions, et selon des protocoles, différents. Il s'agit d'assurer au mieux l'homogénéité des données et donc la fiabilité des traitements statistiques et géostatistiques ultérieurs.

Le dernier tableau doit contenir les résultats des analyses. Il peut être renseigné par saisie manuelle. Mais une saisie automatique est également possible au moyen d'une requête spécifique des LIMS en cours de mise au point par certains laboratoires.

5.2.4. Codes SANDRE

Le SANDRE est le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau.

« Le SANDRE a pour mission, d'établir et de mettre à disposition le référentiel des données sur l'eau du Système d'Information sur l'Eau (SIE). Ce référentiel, composé de spécifications techniques et de listes de codes libres d'utilisation, décrit les modalités d'échange des données sur l'eau à l'échelle de la France. D'un point de vue informatique, le Sandre garantit l'interopérabilité des systèmes d'information relatifs à l'eau. » (Source Site www.sandre.eaufrance.fr).

Dans ce cadre, le SANDRE a développé plusieurs lexiques (Codes SANDRE) qui permettent, entre autres :

- l'échange de données sur l'eau et les sédiments ;
- l'alimentation de la base de données sur les eaux souterraines ADES (Accès Aux Données sur les Eaux Souterraines www.ades.eaufrance.fr).

Dans BDSolU, les codes SANDRE remplacent les lexiques utilisés dans la première base de données du projet FGU pour les substances analysées et les unités de concentration des résultats d'analyse. La nouvelle base de données fait aussi appel aux codes SANDRE pour identifier le lieu où sont effectuées les analyses (laboratoire ou sur site par exemple), les méthodes de préparation et d'analyse des échantillons et les remarques sur les résultats d'analyses (notamment leur statut par rapport aux LQ). Ces codes s'adaptent plutôt facilement à la description des analyses de sols car :

- les substances recherchées dans les sols sont aussi analysées dans les eaux et les sédiments, notamment pour les besoins d'ADES. Quelques substances complémentaires, dont la liste peut être transmise aux administrateurs du SANDRE, sont cependant nécessaires ;
- l'analyse des sols en laboratoire se traduit le plus souvent par l'analyse d'une phase liquide après minéralisation ou extraction solide-liquide. Ces méthodes sont similaires à celles employées pour les eaux et bien entendu pour les sédiments.

• Cas des méthodes d'analyse

En 2015, le Groupe de travail « Laboratoire » conduit par le BRGM a établi des recommandations en matière d'analyse des sols (12). Ces recommandations comprennent une liste de méthodes d'analyse testées et adaptées au contexte spécifique des sites et sols (potentiellement) pollués. Cependant la base de données BDSolU est conçue pour recueillir tout type de données, notamment celles pouvant provenir d'investigations anciennes et ne répondant pas nécessairement aux standards en vigueur actuellement. Le lexique des méthodes d'analyse utilisé par BDSolU devait donc être particulièrement complet.

Dans un premier temps, les méthodes employées par les laboratoires intervenant dans le cadre des projets ETS/FGU ont été inventoriées et comparées. Comme le montre la Figure 9 et la Figure 10 :

- pour une substance donnée, les laboratoires n'utilisent pas tous la même méthode ;
- les méthodes employées ne figurent pas toutes dans la liste des codes SANDRE ;
- les laboratoires utilisent des méthodes internes dites « conformes » aux méthodes standards ou dérivées ;
- un laboratoire peut utiliser une méthode pour une liste de substances de même famille (métaux) et préférer une autre méthode pour un métal précis (cadmium par exemple) ; alors qu'un autre laboratoire utilisera la première méthode pour l'ensemble des métaux ;
- la méthode utilisée n'est pas toujours mentionnée.

| Paramètre | Laboratoire 1 | Laboratoire 2 | Laboratoire 3 | Laboratoire 4 | Laboratoire 5 |
|-------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Minéralisation | EN 13657 | | | NF EN 13346 | Méthode interne selon ISO 11466 |
| Refus 2 mm | | | | NF ISO 11464 | |
| Séchage 40°C | | | | NF ISO 11464 | |
| MES | ISO 11465 - EN 12880 | Équivalent ISO 11465 | NF EN ISO 11465 | NF ISO 11465 | NF ISO 11465 |
| Cyanures | ISO 17380 | Conforme NEN - ISO 17380 | NF EN ISO 14403 | NF ISO 11262 + NF EN ISO 14403 | Méthode interne selon ISO 17380(A) |
| Indice Phénol | ISO 14402 | Méthode interne conforme ISO 14402 | NF EN ISO 14402 | | DIN 38409 H16-2 mod. (A) |
| Métaux | ISO 11885 | Conforme ISO 22036 | NF EN SISO 13346 - NF EN ISO 11885 | NF EN ISO 11885 | ISO 17294-2(A) |
| Cadmium | ISO 11885 | Conforme ISO 22036 | NF EN ISO 17294-2 | NF EN ISO 11885 | ISO 17294-2(A) |
| Mercur | ISO 16772 | Conforme NEN 16772 | NF EN 1483 | NF EN ISO 16772 | |
| HAP | ISO 13877 | Méthode interne | NF X33-012 | XP X 33-012 | ISO 18287(A) |
| TPH | MADEP | | Méthode interne | Méthode interne | |
| PCB | ISO 10382 | Méthode interne | NF X 33-012 | XP X 33-012 | Méthode interne selon ISO 10382(A) |
| Dioxines | Méthode interne conforme EN 1948 | Sous traitée | | | DIN 38414 S24 |
| Furanes | | Sous traitée | | | DIN 38414 S24 |
| Indice HC C10-C40 | | | Méthode interne | Méthode interne | ISO 16703(A) |
| BTEX | | | | NF ISO 22155 | |

Figure 9. Liste des méthodes d'analyse employées par les laboratoires impliqués dans les projets ETS/FGU.

NB : les méthodes en gras appartiennent à la liste des codes SANDRE.

| Méthode | Sandre | Paramètre mesuré ou analysé | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
|--------------------------|--------|--|----|----|----|----|----|
| NF EN 12457-2 | P | Test de lixiviation : Refus tamisage à 4 mm - prise d'essai - volume lixiviant - centrifugation - calcul - taux humidité - température | | | o | | |
| EN 5709 | A | Homogénéisation mécanique | o | | | | |
| NF ISO 11464 | A | Humidité résiduelle | | | o | | |
| NF ISO 11464 | A | Refus tamisage à 2 mm | | | o | o | |
| NF ISO 11464 | A | Séchage 40 °C | | | o | o | |
| NF EN 13040 | A | Séchage, tamisage, broyage | | | o | | |
| NF EN 13650 | A | Séchage, tamisage, broyage | | | o | | |
| NF ISO 11465 | P | Matière sèche | o | o | o | o | oa |
| EN 12880 | P | Matière sèche | o | | | | |
| EN 13657 | A | Minéralisation à l'eau régale | o | | | | |
| NF ISO 11466 | P | Minéralisation à l'eau régale | | oa | | | |
| NF EN 13346 (X 33-010) B | P | Minéralisation eau régale - bloc chauffant | | | oa | o | |
| NF ISO 11262 | A | Extraction basique | | | | o | |
| ISO 22036 | A | As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn | | | | | oa |
| EN-ISO 11885 | P | As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn | o | | | o | |
| EN-ISO 11885 | P | As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn | | | oa | | |
| EN 17294-2 | P | Cd | | | oa | | |
| NF EN ISO 17294-2 | P | Métaux | | oa | | | |
| NF ISO 16772 | P | Hg | o | | | o | oa |
| NF EN 1483 | P | Hg | | | o | | |
| NF ISO 22155 | A | BTEX - MTBE | | | | o | |
| ISO 17380 | A | Cyanures | o | oa | | | oa |
| NF EN ISO 14403 | P | Cyanures totaux lixiviables | | | o | o | |
| NF EN ISO 16703 | P | Indice HC C10-C40 | | o | | | |
| MADEP | A | Fraction HC - TPH | o | | | | |
| Méth. Interne | A | Fraction HC aromatiques | | o | o | o | o |
| Méth. Interne | A | Fractions HC aliphatique | | | o | o | |
| Méth. Interne | A | HC Totaux - TPH Split Aromatiques/Aliphatiques | | | | o | |
| XP X 33-012 | P | Extraction hexane acétone pour HAP (16) | | | o | o | |
| Méth. Interne | A | HAP (16) | | | | | o |
| ISO 13877 | A | HAP (16) | oa | | | | |
| NF ISO 18287 | P | HAP (16) | | o | | | |
| DIN 38409 H16-2 | A | Indice Phénol | | oa | | | |
| EN-ISO 14402 | P | Indice phénol | o | | o | o | oa |
| XP X 33-012 | P | Extraction hexane acétone pour PCB | | | o | o | |
| Méth. Interne | A | PCB | | | | | o |
| ISO 10382 | P | PCB | oa | oa | | | |
| DIN 38414 S24 | A | Dioxines et furanes dans le sol + valeurs calculées | | oa | | | |
| US EPA 1613 | P | Dioxines et furanes | | | | | oa |

Figure 10. Liste des méthodes de préparation et d'analyse employées par les laboratoires des projets ETS/FGU.

Légende : MADEP : Massachusetts Department of Environmental Protection
P : Présent - A : Absent - o : Oui - oa : oui mais adaptation ou équivalent.

Le lexique des méthodes de préparation et d'analyse de BDSolU ne peut donc être constitué de la liste des seules méthodes préconisées par le Groupe de travail « laboratoire ». C'est pourquoi le lexique a été développé à partir de la liste des méthodes répertoriées par le SANDRE, complétée par les méthodes les plus couramment utilisées par les laboratoires d'analyse de sols (potentiellement) pollués. Le lexique BDSolU des méthodes de préparation et d'analyse liste respectivement 25 références (dont 5 hors SANDRE) et 412 références (dont 16 hors SANDRE) (version 2017 du fichier de saisie) (Figure 11).

Le fichier de saisie BDSolU comprendra aussi un champ libre permettant au laboratoire de renseigner une méthode spécifique si elle est absente du lexique. Occasionnellement, le gestionnaire de la base de données pourra compléter la liste fixe si une méthode apparaît régulièrement dans le champ libre.

| Code | Méthode |
|------|---|
| 557 | Qualité du sol - Dosage du carbone organique et du carbone total après combustion sèche (analyse élémentaire) NF ISO 10694 Juin 1995 |
| 603 | Qualité du sol - Dosage des pesticides organochlorés et des biphenyles polychlorés - Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par capture d'électrons (NF ISO 10382 Mars 2003) |
| 571 | ISO 16703:2004 - Novembre 2004 - Qualité du sédiment - Dosage des hydrocarbures de C10 à C40 - Méthode par chromatographie en phase gazeuse |
| 546 | Qualité des sols - Détermination des cations Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , K ⁺ , Na ⁺ extractibles par l'acétate d'ammonium - Méthode par agitation / NF X31-108 (Septembre 2002) |
| 9000 | NF ISO 11262 - Cyanures |
| 9001 | NF EN ISO 17380 - Cyanures aisément libérables ; Cyanures totaux |
| 9002 | ISO 22036 - Métaux |
| 9008 | PR NF EN ISO 16558-1 - HCT C10-C40 |
| 9009 | XP CEN/TS 16190 - Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF), PCB coplanaires |
| 9010 | NF ISO 15192 - Chrome VI |
| 9011 | NF EN 16167 - PCB _i |
| 9012 | DIN 38405 - Méthodes normalisées allemandes pour l'analyse des eaux, des eaux résiduaires et des boues - anions (groupe D) - dosage d'ions chlorure (D 1) |
| 9013 | DIN 38414 S24 - Dioxines, furanes |
| 9014 | USGS-NWQL: O-5130-95 : extraction par Soxhlet au dichlorométhane et analyse par GC/MS - Dibenzothiophène |

Figure 11. Extrait de la liste des 412 méthodes disponibles dans le lexique des méthodes d'analyse BDSolU. Version 2017 du fichier de saisie BDSolU.

NB : Les codes indiqués en colonne de gauche sont des codes SANDRE ou des codes créés spécifiquement pour les méthodes ajoutées (numéro > 9000).

5.3. ALIMENTATION DE BDSOLU

5.3.1. Données du projet ETS

L'ensemble des analyses recueillies dans le cadre du projet ETS, et bancarisées dans la première base de données FGU, va être transféré vers BDSolU. Plusieurs nouveaux champs, dont certains obligatoires, devront alors être complétés. Cette tâche est assez lourde et exigera de revoir certains documents du projet ETS et notamment les rapports de diagnostics rédigés par les bureaux d'études qui contiennent les bordereaux d'analyses des laboratoires.

5.3.2. Données des autres projets conduits par le BRGM

Le BRGM prévoit aussi d'alimenter BDSolU avec les analyses recueillies au cours de plusieurs projets R&D dans lesquels il est impliqué (aménagement de quartiers, gestion de terres excavées, élaboration de fond pédo-géochimiques locaux). Les sources de données actuellement recensées sont les suivantes :

- les travaux d'aménagement d'un quartier de Marseille auquel participe le BRGM régional PACA. Une des premières versions de BDSolU a été utilisée pour la gestion des analyses du projet et des données associées. Le retour d'expérience du bureau d'étude en charge du projet d'aménagement a permis de poursuivre la mise au point de BDSolU. Les deux bases sont donc semblables sur plusieurs points mais les modifications apportées à BDSolU depuis cette collaboration impliqueront certainement un transfert, en partie manuel, des données ;
- les travaux d'aménagement de l'Île de Nantes (Loire-Atlantique), pour lesquels le BRGM régional a bancarisé les analyses des prélèvements réalisés en surface et au cours des sondages en profondeur. Ces travaux ont aussi contribué à la mise au point de BDSolU, toutefois les structures des deux bases de données ont évolué différemment pour répondre aux besoins des deux projets. Le transfert des données de la base de données du projet « Île de Nantes » vers BDSolU nécessitera donc un travail de mise en cohérence et probablement une intervention manuelle ;
- la bancarisation des analyses de sols des jardins potagers à Nantes par le BRGM implanté en Pays-de-la-Loire. Ces analyses, réalisées *in situ* par fluorescence X (appareil Niton®), devront sans doute être saisies manuellement ;
- les travaux d'optimisation de gestion des terres excavées d'un méga-site en Lorraine, pour lequel le BRGM régional a mis en place une base de données locale inspirée de la base BDSolU alors en cours de construction. Le transfert des données recueillies pourra bénéficier d'une bonne cohérence entre les deux bases, mais cette opération nécessitera sans doute une intervention manuelle, car BDSolU a évolué depuis cette collaboration.

Le transfert manuel de ce type de données dans BDSolU n'est pas couvert par la convention ADEME-BRGM 2014-2018, sauf pour les données du projet « Île de Nantes ». Toutefois, une première analyse conduite en 2015 avec le responsable de la base de données « Îles de Nantes » a conclu que le transfert des données « Île de Nantes » ne pourrait être automatisé, comme cela était initialement prévu.

On remarque que toutes ces investigations sont limitées géographiquement à un secteur de l'agglomération. Bien que permettant d'augmenter le nombre d'analyses au sein de BDSolU, elles n'apporteront donc pas une information répartie sur l'ensemble de la ville considérée. De plus, à l'exception des jardins potagers à Nantes, les sites considérés ont tous hébergé une activité industrielle. Selon le classement adopté par la convention ADEME-BRGM, la plupart des prélèvements de sols de surface réalisés sur ces sites est donc de type SLE et non SLU : ces prélèvements renseignent sur la qualité géochimique des sols urbains mais ne peuvent être utilisés pour la constitution du fond pédo-géochimique anthropisé¹¹. Il convient donc de rechercher d'autres sources d'analyses de sols urbains jugés exempts de pollution autre que diffuse, pour compléter BDSolU.

¹¹ On pourra toutefois considérer, en fonction du contexte, que certains prélèvements réalisés en profondeur sont représentatifs du fond pédogéochimique naturel ou du fond géochimique.

5.3.3. Données des collectivités

De nombreuses agglomérations ou collectivités locales, intéressées par la connaissance de la qualité géochimique de leur territoire, ont constitué ou souhaitent développer une base de données des analyses de leurs sols. Depuis 2015, le BRGM leur propose de déposer ces informations dans BDSolU (Figure 12). Il s'agit de déverser dans la base, les données existantes ou à venir, obtenues au cours de projets d'aménagement (diagnostic, gestion de terres excavées...). En contrepartie, et en fonction de modalités à convenir entre les parties (établis sous contrat ou convention), les fournisseurs de données peuvent bénéficier :

- du modèle de gestion des données développé pour BDSolU par le BRGM ;
- de l'expérience du BRGM et de protocoles mis au point et validés au niveau national par les membres du Groupe de Travail « Valeurs de fond » de l'ADEME ;
- d'un appui du BRGM pour la collecte, l'homogénéisation (dans les limites imposées par les différents protocoles de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse mis en œuvre), l'analyse critique et le traitement de leurs données.

Les études conduites par ces agglomérations suivent la méthodologie nationale de gestion des sites (potentiellement) pollués. Elles donnent lieu à la fois à des prélèvements au droit de sites potentiellement pollués et de sites témoins. La collecte de ces derniers devrait permettre de compléter BDSolU en vue de constituer des fonds pédo-géochimiques anthropisés urbains.



Figure 12. Plaquette BRGM présentée aux collectivités locales pour promouvoir l'alimentation de BDSolU avec les données recueillies par les agglomérations au cours de leurs travaux d'aménagement.

5.3.4. Données du projet GeoBaPa

Outre ses apports méthodologiques déjà mentionnés en 3.3, le projet GéoBaPa prévoit le déversement de ses données dans BDSolU. Il s'agit des données :

- recueillies par le projet auprès des différents détenteurs de données concernés, notamment des collectivités (sous réserve des clauses des conventions passées) ;
- acquises par le projet au cours de campagnes de sondages et de prélèvements réalisées dans les région Île-de-France et Normandie.

Les prélèvements peuvent avoir été réalisés en milieu urbain ou rural, dans des lieux représentatifs ou non du FPGA. Un important travail de recueil et d'adaptation des données au format BDSolU sera donc nécessaire (notamment pour la première catégorie de données). Cette tâche est indispensable à une exploitation ultérieure tenant compte de la variété des origines et des modes d'obtention des analyses.

6. Communication

Au-delà des opérations de communication via la plaquette présentée en Figure 12, les travaux réalisés pendant la seconde convention ADEME-BRGM (2014-2018), sont, ou seront, présentés dans la presse spécialisée et dans le cadre de manifestations nationales et internationales

6.1. AQUACONSOIL 2015 ET 2017

AquaConSoil est une conférence internationale qui réunit les spécialistes des ressources en eaux, des sédiments et des sols. (voir Annexe 1).

En juin 2015, la 13^e édition de cette manifestation était organisée à Copenhague au Danemark. Le BRGM a présenté le projet FGU dans le cadre d'un poster sur le projet ETS et d'une présentation orale.

En juillet 2017, la 14^e édition était organisée à Lyon (France), le BRGM a présenté la base de données BDSolU au cours d'une présentation orale.

6.2. ARTICLE DANS SOLSCOPEMAG

Solscope le mag' est une revue française consacrée à la géotechnique, aux forages et aux fondations. Elle est publiée deux fois par an à 5 000 exemplaires « papier » et 5 000 envois au format numérique. Son lectorat est composé d'entreprises de fondations et de forages, d'experts judiciaires, de bureaux d'études, géotechniciens, des bureaux de contrôle pour la construction, des services techniques de voirie, d'urbanisme et d'environnement.

Un article d'une page paru dans le numéro 5 d'avril 2016 présente le projet FGU, son contexte et ses principaux objectifs.

6.3. 13^E ET 14^E JOURNÉES TECHNIQUES SUR LE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA GESTION DES SITES ET SOLS POLLUÉS

Les Journées techniques sur le retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués ont été initiées par le ministère en charge de l'environnement en 2008. Elles ont pour objectifs d'accompagner la mise en œuvre de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués parue en 2007 et d'informer le public concerné. Organisées successivement par le BRGM et l'INERIS en concertation avec le ministère de l'environnement, elles réunissent 300 à 400 personnes provenant des services déconcentrés de l'administration, de bureaux d'études, de sociétés industrielles, de collectivités locales, d'organismes de recherche...

Le projet FGU et la base de données BDSolU ont été présentés à Paris, au cours de deux interventions du BRGM dans le cadre des sessions intitulées :

- « Évaluation de la qualité des sols : avancement des travaux » lors de la Journée du 15 novembre 2016 ;
- « Valeurs de fonds pédo-géochimiques » lors de la Journée du 30 novembre 2017.

Les diaporamas de cette présentation sont disponibles sur le site du ministère et sur www.bdsolu.fr.

6.4. PRÉSENTATION DU PROJET SUR LE STAND BRGM DU SALON POLLUTEC

Le salon Pollutec est un salon international de présentation des équipements, des technologies et des services de l'environnement. Son édition 2016 à Lyon du 29 novembre au 2 décembre 2016 a été l'occasion de présenter le projet FGU aux visiteurs du stand BRGM.

6.5. ARTICLE DANS ENVIRONNEMENT & TECHNIQUES

Environnement & techniques est un magazine mensuel français de presse professionnel sur le management et les techniques de l'environnement. Un article cosigné par l'ADEME et le BRGM et intitulé « À la recherche des teneurs habituelles des principales substances minérales et organiques présentes dans les sols urbains » est paru dans le numéro 365 du magazine en janvier 2017.

6.6. COLLOQUE ADEME « SITES ET SOLS POLLUÉS »

L'ADEME a organisé les 10 et 11 mai 2017 à Paris, un colloque « Sites et sols pollués » intitulé « Quelles innovations pour les outils et méthodes de diagnostic des sites et sols pollués ».

Au cours de cette manifestation, le BRGM a présenté le projet FGU et la base de données BDSolU. Le diaporama est disponible sur le site www.bdsolu.fr.

6.7. LE MAG « ADEME & VOUS »

L'ADEME publie un magazine - Le Mag « Ademe & Vous », dont le numéro de juin 2018 comportera un article intitulé « Nouveaux horizons pour BDSolU ».

6.8. SITE INTERNET BDSOLU.FR

Un site dédié au projet a été mis en ligne le 21 mars 2017. Il présente les objectifs et les résultats des deux conventions FGU entre l'Ademe et le BRGM. Il est focalisé sur BDSolU et constitue la plateforme d'alimentation de la base de données.

7. Conclusions

La seconde convention FGU ADEME-BRGM (2014-2018) a poursuivi les tâches entamées lors de la convention précédente (2010-2014) :

- recherche de réponses aux questions méthodologiques sur la détermination des fonds pédo-géochimiques dans le cadre d'une participation aux travaux du Groupe de Travail « Valeurs de fond » (voir le « Guide de bonnes pratiques pour la détermination de fonds pédo-géochimiques anthropisés pour la gestion d'un site pollué en milieu urbain, rural ou industriel » à paraître) ;
- étude bibliographique sur les méthodes de traitement statistique des données et mise au point d'un arbre décisionnel transcrit dans un outil de calcul sous R lors d'un stage de fin d'études (7) ;
- bancarisation des données produites par le projet ETS ;
- contribution à la révision de la norme NF EN ISO 19258 développée dans un rapport intermédiaire du projet (14).

En janvier 2018, la bancarisation des données ETS permet de compter plus de 38 000 analyses de 767 échantillons prélevés en dehors des établissements dans la base de données du projet. Les données bancarisées ont fait l'objet d'une validation et d'un tri en tenant compte de consignes de prélèvement et des contraintes techniques et pratiques rencontrées sur le terrain par les préleveurs : certains espaces verts qui ne répondaient pas aux critères de sélection initiaux ont pu se voir finalement retenus, au contraire certains échantillons, attendus comme représentatifs du FPGA ont pu être refusés. Ainsi, on considère que seulement 475 échantillons (soit 24 049 analyses) répondent strictement aux consignes de prélèvements initialement spécifiées dans la convention ADEME-BRGM (données exploitables à l'heure actuelle).

Des statistiques descriptives ont pu être calculées avec les données pertinentes d'un lot de 308 échantillons, à titre indicatif, pour tout le territoire français. L'ensemble des résultats bancarisés pourra être valorisé de façon plus nuancée quand les données auront été complétées en vue de leur transfert de l'ancienne base de données FGU vers la BDSolU.

La structure de la base créée au cours de la première convention et son mode d'alimentation ont été totalement refondus. La nouvelle base de données des analyses de sols urbains BDSolU permet la bancarisation d'un plus grand nombre d'informations. BDSolU s'appuie le plus possible sur des standards reconnus (ex. : Code SANDRE) pour décrire les données recueillies. BDSolU sera prochainement remplie avec les analyses du projet « Établissements Sensibles » actuellement dans la base FGU. Suite à quelques constats de lacunes, la nouvelle base sera complétée avec les résultats d'une partie des analyses des fractions hydrocarbures TPH. Mais les valeurs manquantes sont pour la plupart inférieures aux limites de quantification et donc peu exploitables.

BDSolU permettra à terme la bancarisation des données recueillies par d'autres projets. Certains d'entre eux, conduits avec ou par le BRGM, sont déjà identifiés et des partenariats avec des collectivités urbaines détentrices de données sont également à l'étude.

L'ensemble de ces travaux doit permettre la détermination de fonds pédo-géochimiques anthropisés dans plusieurs agglomérations françaises. Ils contribueront également à l'amélioration de la connaissance générale de la qualité géochimique des sols en milieu urbain. Ainsi, à terme, BDSolU devrait fournir des données de référence adaptées aux différents besoins des acteurs urbains qu'il s'agisse d'études d'impact, de diagnostic de sols, de détermination de seuils de dépollution, de gestion de terres excavées ou d'études sanitaires...

8. Bibliographie

1. **MEDDE**. Note du 8 février 2007. *Site internet du MEDDE*. [En ligne] 2007. www.developpement-durable.gouv.fr/Note-du-8-fevrier-2007-Sites-et.html.
2. **MTes**. *Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement*. 2017. Guide . Version de novembre 2017.
3. **BAIZE, Denis**. *Petit Lexique de Pédologie*. s.l. : INRA, Paris, 2004. ISBN : 2-7380-1114-4 - ISSN : 1159-5663.
4. **MEDDE**. Bases de données relatives à la qualité des sols : contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols pollués. [En ligne] Avril 2008. [Citation : 23 Juin 2015.] www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=19946.
5. **BRUNET, Jean-François**. *Établissement de fonds pédo-géochimiques urbains et industriels en parallèle à l'Opération ETS du Ministère du Développement durable*. BRGM. 2015. Rapport final. BRGM/RP-64845-FR.
6. **JARZABEK, M**. *Rapport bibliographique : retour d'expérience sur les fonds pédogéochimiques de sols urbains – Pratiques à l'étranger*. s.l. : BRGM, 2014.
7. **SANCHO, L**. *Protocole d'Analyse Statistique pour la Construction d'un Fond Pédo-Géochimique Anthropisé des Sols Urbains*. s.l. : BRGM, 2016. BRGM - RP-66501-FR.
8. **BRUNET, Jean-François**. *Établissement de fonds pédogéochimiques urbains en parallèle à l'Opération ETS du Ministère de l'Ecologie*. s.l. : BRGM, Octobre 2016. BRGM/RP-66306-FR.
9. **REIMANN C., FILZMOSER P., DUTTER R**. *Statistical Data Analysis Explained : Applied Environmental Statistics with R*. s.l. : John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
10. **HELSEL, D.R**. *Statistics for censored environmental data using Minitab and R*. Denver, Colorado : John Wiley & Sons, Inc., 2012.
11. **SAUVAGET, B**. Constitution de référentiels géochimiques locaux pour les sols et proches sous-sols urbains : de la base de données à l'interprétation géostatistique. 2016.
12. Guides pour la détermination des valeurs de bruit de fond. *Norme Européenne - Norme Française - Qualité du sol*. 2011. NF EN ISO 19258. X 31-606.
13. **AMALRIC.L., AUBERT.N., GHESTEM.J.P., LEPROND.H**. *Analyse des sols dans le domaine des sites et sols pollués - Synthèse des réunions du Groupe de Travail sur les Laboratoires. Rapport final*. s.l. : BRGM, 2015. BRGM/RP-64749-FR.
14. **BRUNET, JF**. *Établissement de fonds pédogéochimiques urbains en parallèle à l'Opération ETS du Ministère de l'Environnement*. s.l. : BRGM, 2016. BRGM/RP-66496-FR.
15. **BLANC, Céline**. Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement. *Site du Ministère du Développement durable*. [En ligne] 2012. www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=doc&id_article=27486.
16. **BAIZE, Denis, et al**. *Référentiel Pédologique*. s.l. : Edition Quae, 2008. ISBN 978-2-7592-0186-0 ISSN 1952-1251.
17. **ROBERT, Samuel et AUTRAN, Jacques**. *Décrire à grande échelle l'occupation des sols urbains par photo-interprétation. Réflexion méthodologique et expérimentation en Provence*.s.l. : Sud-Ouest Européen - Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 2012, Vol. 33.
18. **DELAUNOIS, Antoine**. *Guide simplifié pour la description des sols*. s.l. : Chambre d'agriculture du Tarn, 2006.

19. **ROUX, Cécile et AUITRAN, Jacques.** Fiche résumée - Groupe de Travail Nomenclature Urbaine "Occupation du sol grande échelle" - Activité 2006-2007. s.l. : ENSA - Marseille - CRIGE PACA, 2008.
20. **REIMANN C., GARETT R.G.** *Geochemical background - concept and reality.* 1-3, s.l. : Elsevier - Science of The Total Environment, 2005, Vol. 350. pages 12-27.
21. **REIMANN C., FILZMOSE P., GARRETT R.G.** *Background and threshold: critical comparison of method of determination.* Page 1-16, s.l. : Elsevier - Science of Total Environment, 2005, Vol. 346.
22. **SANDRE** - Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau. *Eau-France - Portail national d'accès aux référentiels sur l'eau.* [En ligne] ONEMA - Office International de l'Eau. <http://www.sandre.eaufrance.fr/>.
23. **INSEE** - *Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.* [En ligne] www.insee.fr/.
24. **CORINE Land cover** - Part 2: Nomenclature . *European Environment Agency.* [En ligne] European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part2>.
25. **BASIAS.** *Inventaire Historique de sites industriels et activités de service.* [En ligne] BRGM. <http://basias.brgm.fr>.
26. **Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.** WRB-World Reference Base. *Portail d'information sur les sols.* [En ligne] <http://www.fao.org/soils-portal/etude-des-sols/classification-des-sols/base-de-referance-mondiale/fr/>.
27. **Internation Standard Organization.** Norme ISO/FDIS 18400-107 – Soil Quality – Sampling – Part 107 : Recording and Reporting,. s.l. : ISO -, 2015. 18400-107.
28. **AFNOR - Association Française de Normalisation,** 2003. Norme NF ISO 10381-5 – Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 1 (2003) : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage. s.l. : 10381-5 - Partie 1.
29. **AFNOR - Association Française de Normalisation,** 2005. Norme NF ISO 10381-5 – Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 5 (2005) Lignes directrices pour la procédure d'investigation des sols pollués en sites urbains et industriels . s.l. : 10381-5 - Partie 5.
30. **WAVRER, Philippe.** *Échantillonnage - Théorie et application.* [Diaporama] s.l. : BRGM, 2013.
31. **IGN** - *Le portail IGN.* [En ligne] IGN - Institut Géographique National. <http://www.ign.fr>.

Annexe 1

Communications

AquaConSoil 2015 - Copenhague (Danemark)

Poster présenté au cours du congrès - A. Coftier (BRGM)

Diaporama de présentation orale - C. Blanc (BRGM)



National campaign on schools located on former industrial sites

What do we learn after 1150 diagnosis, 1200 soil samples, 3600 soil gas and indoor air samples?

The French Ministry of Environment required that systematic preliminary risk assessments be carried at nurseries, schools, colleges and specialized institutes for children that are located on or near former industrial sites (called *ETS* project) providing initial assessment of children exposure. The assessments campaign started in the summer 2010. Out of the 2450 sites to assess, more than 1150 sites have been looked at so far. Intrusive investigations are sometimes necessary to refine the risk assessments, leading to thousands of site specific data retrieved on the entire country for various media (soil, water, indoor air and soil gas). The French geological survey, BRGM, has used these results in various works and research studies.

Development of Urban Geochemical Background references

As part of *ETS* project, surface soil samples are collected from urban green spaces in the vicinity of each establishment.

All these data are collected in a database in order to estimate urban background values (see oral presentation "Urban Geochemical Backgrounds for Excavated Soil Reuse").

At the end of 2014:

- > 457 urban soil samplings
- > 54 inorganic and organic pollutants (8 metals, Total hydrocarbons, PCB, PHAs, PCDD...)
- > More than 17 100 results

Fig. 1: illustration of urban geochemical background meaning

The Urban Geochemical database is expected to evolve in future. One of the aims is to develop a National Urban Background database and to add new compounds.

Contact: brunet@brgm.fr

Harmonization and improvement of contaminated land assessment practice and protocols

Lessons learnt
Heterogeneity in laboratory analytical methods and in soil gas and indoor air protocols

New laboratory's analytical methods

- > Selection of analytical standards (no more intern methods) on more than 80 compounds (for soils)
- > Selection of quantification limit
- > Selection of the aqua regia
- > Work done for soil samplings and in progress for soil gas and indoor air
- > Working Group led by BRGM and gathering:
 - 7 laboratories,
 - one accreditation committee (Cofrac),
 - patronal and professional organizations,
 - other public institutes,
 - the French Ministry of Environment

New guidelines for air and soil gas sampling

Guidelines on good practices for soil gas and indoor air assessments covering:

- > pollutants behavior (specific sorbent tubes or impregnations filters...)
- > transfer processes (sampling flows, humidity...)
- > sampling protocols (airtightness...)
- > reporting templates

BRGM is leading the revision of standards ISO 10381-7 into new standards: 18400-204 « Soil quality – sampling – Part 204: Guidance on sampling of soil gas ». The draft was approved in February 2015 and the final version is planned to be adopted during the second quarter of 2015.

Contact: n.aubert@brgm.fr

A new matrix crossing industrial activities and contaminants

BRGM crossed referencing data from 4 various databases (Fig 2.) to develop a matrix which contain 264 activities and a list of 2659 compounds.

This matrix assesses the potential for the presence of compounds linked with a specific activity for various media: soil, ground water, and soil gas (a matrix was previously built using bibliographical soil data).

BASIAS
Database of former industrial sites or services activities
± 350 000 data (sites)

Sensitive Establishment project
± 900 sites*

Excels matrix linking activities and the pollutants most likely to be present

BASOL
Database of industrial sites which need a state intervention
± 6 000 data (sites)

ADES
Data concerning French groundwater monitoring
± 72 000 sampling points

* ± 5000 sampling points currently

Fig. 2 : 4 databases within the industry – pollutants matrix – available in 2015

Analytical data gathered from the project campaigns has been for one of the databases (800 schools). It covers 20 pollutants (or group of pollutants) analyzed for different media for the establishments built on or close to a former industrial site: surface soil, tap water, and especially **soil gas, air in underfloor space and indoor air** (contrary to the other databases)

Fig. 3: example of likely presence of contaminants for former Manufacture of made-up textile articles industry

Contact: n.aubert@brgm.fr

Prediction of indoor air concentration for risk assessment

The *ETS* project has defined the following protocol for indoor air risk assessment and sampling requirements:

Phase 1 → determination of the potential contaminants on site

Step a

If volatile compounds

Sampling of soil gas and air in underfloor space

Step b

If predicted concentration in indoor air > project reference value

sampling of indoor air quality

Step c

Soil gas and air in underfloor space (3200 samplings), indoor air data (450 samplings) have been saved into a specific database. Statistical treatment is currently carried out using this data. Attenuation ratio (indoor air/soil gas) are derived from these treatments. Along with soil and buildings characteristics these ratio are used to predict indoor air concentration (step b to step c shown above).

Contact: h.leprond@brgm.fr

Conclusion and perspectives

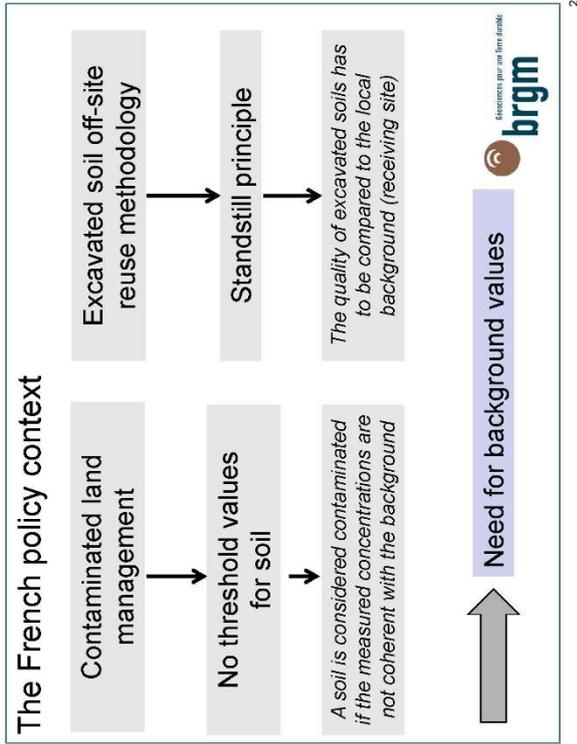
The *ETS* project is still on going and a priority for the French Ministry of Environment. Thanks to the huge amount of data gathered during the investigation, guidance and new tools have been developed to improve contaminated land management in France. BRGM is planning to develop new analytical methods for some parameters, develop new field equipment for soil gas sampling and study specific new problematics (perchlorates in ground water, measurements of mercury : soil and soil gas).

Authors

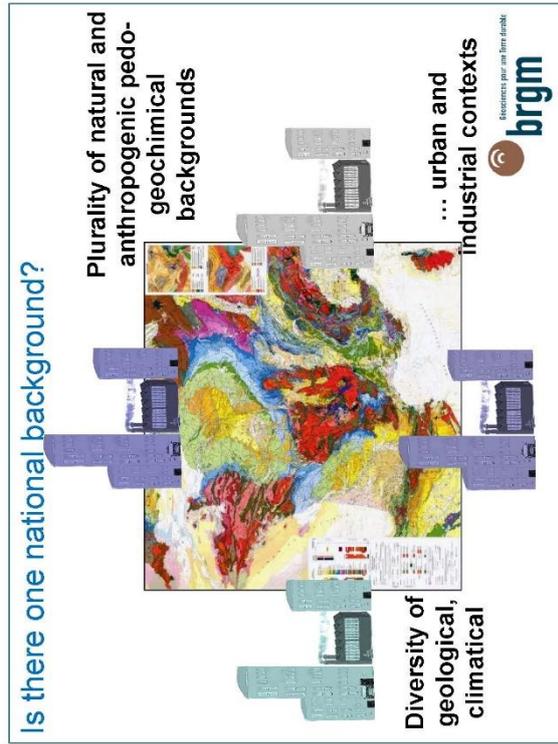
BRGM: LEPROND H¹, COFTIER A¹, CAZAUBON J¹, GIRARDEAU I¹, ZORNIG C¹, AUBERT A¹, BRUNET J.F¹
MEDDE: GILBERT D².

¹ Water, Environment and Ecotechnologies Division geo-geo@brgm.fr, BRGM, 3 avenue Claude Guillemin – BP 36009, 45060 Orléans Cédex 2, France
² MEDDE, Grande arche Parol Nord, 92355 La Défense Cedex, dominique.GILBERT@developpement-durable.gouv.fr

www.brgm.fr



2

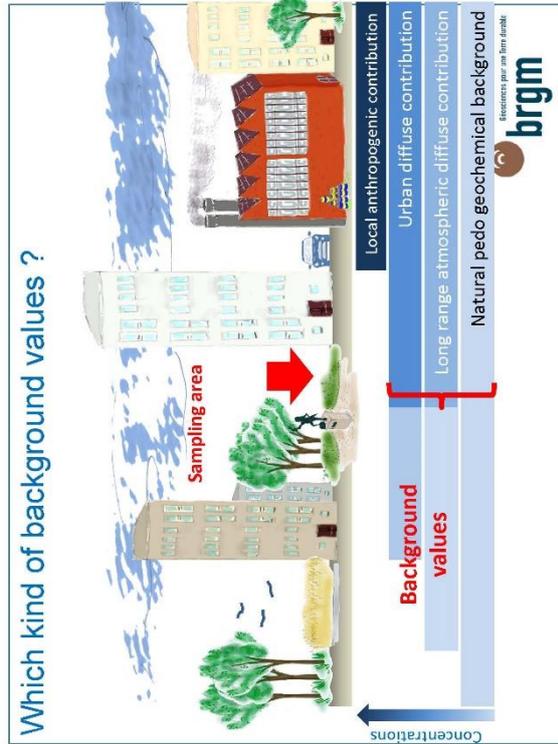


Urban Geochemical Backgrounds for excavated soil reuse

Aquaconsoil 2016

Brunet J.F.¹, Blanc C.¹, Guiet F.¹, Herriot P.¹, Leynet A.¹, Jarzabek M.¹, Balon P.¹, Roussel H.²,
¹ BRGM – 2 avenue Claude Guillemin – BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 02, FRANCE
² ADEME – 20, avenue du Grésillé – BP 90406 – 49004 Angers Cedex 01, FRANCE

brgm



3

The methodology

Site soil sample → **control sample**

Diagnoses of the soils in the places hosting children or teenagers

Soil sampling and analysis

Step 1. Site visit
Step 2. Investigations

Data base UGB

5

Inorganic and organic compounds

> **Trace elements** :
arsenic, copper, chromium, lead, zinc, nickel, cadmium, mercury

> **Organic compounds** :
Total cyanides
PAH (16)
Total phenol
Hydrocarbons C10-C40
PCB (7)
Dioxins and furans

7

The methodology

Urban cities of more than 5 000 inhabitants
Parks, recreational areas, gardens
Close to road with very high traffic, deposit area, river bank, industry or service activity, contaminated site

- ✓ 0 - 5 cm depth
- ✓ Composite sample
- ✗ Coarse elements, plants
- ✓ sieving 2 mm, grinding 80 µm
- ✓ Aqua regia digestion (HCl + HNO₃)

6

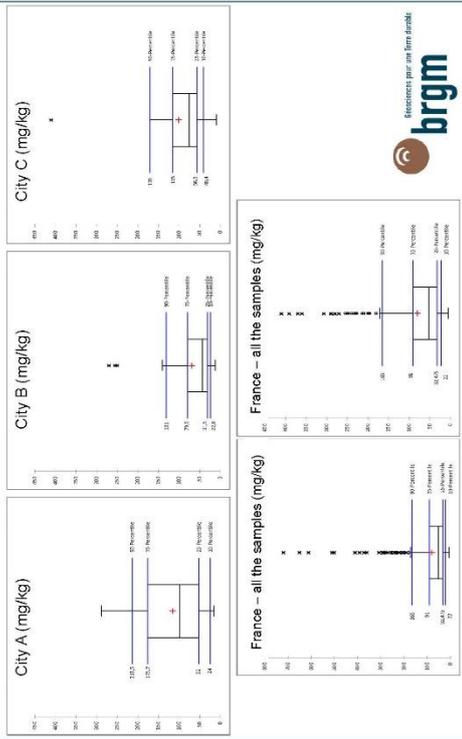
First results

> **May 2015**

- 238 cities
- 457 samples from parks, recreational area, gardens
- 17 101 analytical results

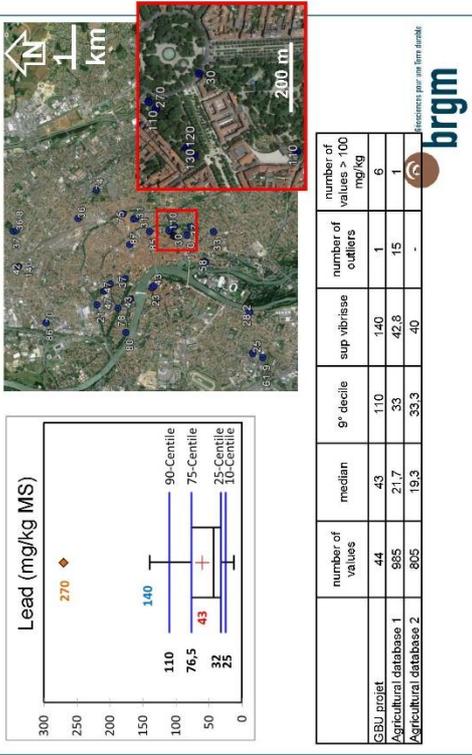
8

First results - Lead



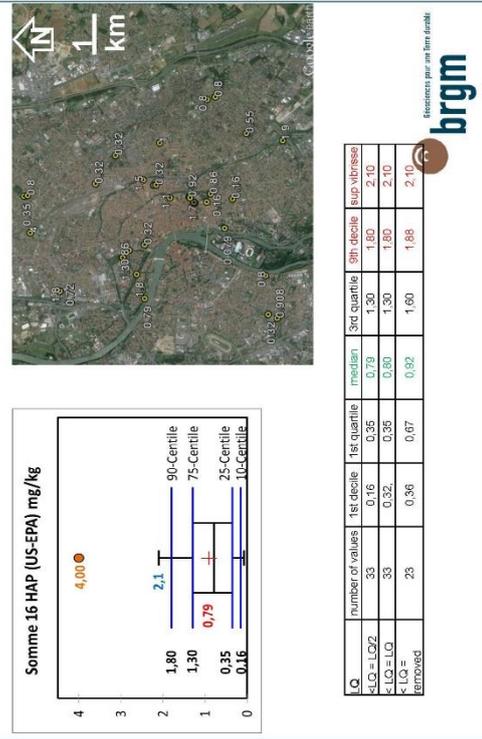
11

First results



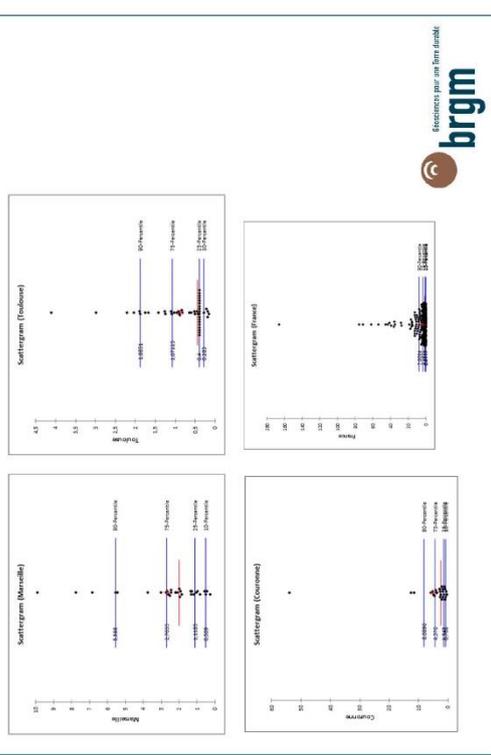
9

First results



12

First results - PAH (16)



14

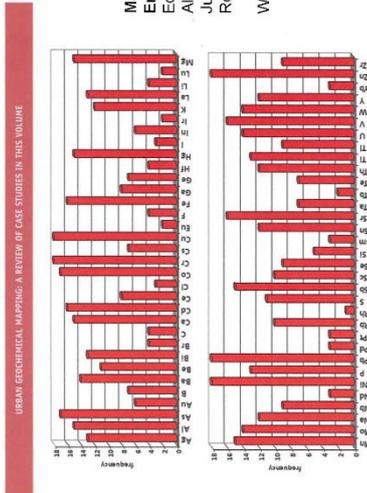
Is this methodology compatible for the comparison of the standstill principle in excavated soil reuse ?

- > Surface sampling vs deep sampling
- > Risk assessment vs quality comparison
- > => can we still speak about geochemical background or do we speak about soil quality?

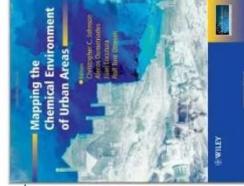


15

Prospects : refine the list of compounds
> Based on international feedback?



Summary of frequency of chemical elements reported as being determined on soil or overburden samples in case studies (urban geochemical mapping)



Mapping the Chemical Environment of Urban Areas
Ed. Christopher C. Johnson
Juan Locutura
Rolf Tore Ottessen
WILEY-BLACKWELL



17

Prospects : refine the list of compounds
> Based on toxicity issues?

| | Sb | Co | Sn | V | Se | Mo | Ba | Be | Bi | B | U |
|---|--|--|--|------------------------------|---|---|----------------------------------|-------------------------------|---------|--|---------|
| Threshold chronic HHTV | 4 x 10 ⁻⁴ mg/kg-day (USEPA, 1991) | 0.01 mg/kg-day (ATSDR - intermediate oral MRL) | 0.3 mg/kg-day (intermediate) (ATSDR, 2005) | 0.01 mg/kg-day (ATSDR, 2012) | 5-10 ⁻³ mg/kg-day (US EPA, 2005) | 5-10 ⁻³ mg/kg-day (US EPA, 2005) | 0.2 mg/kg-day (US EPA, oral RFD) | 0.002 mg/kg-day (ATSDR, 2005) | no HHTV | 2-10 ⁻¹ mg/kg-day (USEPA, 2004) | no HHTV |
| Reference of taking into account the health risk (taking from 1 to 8, with 1 the more relevant) | 4 | 1 | 5 | 1 | 3 | 3 | 7 | 2 | 8 | 7 | 8 |
| Threshold chronic HHTV | 1,4-10 ⁻¹ mg/kg-day (USEPA, 1995) | no HHTV | 5-10 ⁻³ mg/kg-day (USEPA, 1991) | no HHTV | no HHTV | no HHTV | no HHTV | no HHTV | no HHTV | 6-10 ⁻¹ mg/kg-day (USEPA, 1992) | no HHTV |
| A - pertinence de la norme : risque sanitaire (notation de 1 à 8 avec 1 : le plus pertinent) | 6 | 8 | 3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 |



16

Prospects : refine the list of compounds
> Based on the matrix crossing activities and contaminants?

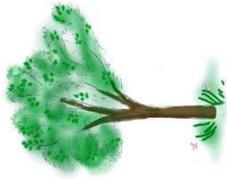
| | Sb | Co | Sn | V | Se | Mo | Ba | Be | Bi | B | U |
|--|----|----|----|----|----|----|------------------|----|------------------|----|---|
| matrice activités polluantes : total 1 | 71 | 53 | 78 | 16 | 28 | 32 | 48 | 28 | Information | 44 | 9 |
| matrice activités polluantes : total 2 | 25 | 36 | 54 | 24 | 23 | 26 | 77 | 6 | Information | 52 | 9 |
| C - pertinence de la norme : fréquence de la notation de 1 à 8 (le plus pertinent) | 3 | 4 | 2 | 6 | 5 | 5 | 2 | 7 | | | |
| matrice activités polluantes : total 1 | Mn | Tl | Ag | Ce | Cd | Ga | Nb | Rb | Sc | Sr | |
| matrice activités polluantes : total 2 | 42 | 23 | 15 | 3 | 1 | 3 | pas dans matrice | 2 | pas dans matrice | 11 | |
| REX-audits tout géochimique Europe | 88 | 10 | 11 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | 21 | |
| C - pertinence de la norme : fréquence de la notation de 1 à 8 (le plus pertinent) | 1 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 7 | |



18

Thank you for your attention !

Illustrations : Delphine BRUNET



Prospects

- > Technical and political choices of data treatment
- > Dissemination of the results and guidance for use (which scale : neighborhoods? Cities? Areas?)
- > In parallel, revision of the ISO standard 19258 « Soil quality — Guidance on the determination of background values »



19

AquaConSoil 2017 - Lyon (France)

Diaporama de présentation orale – C. Le Guern (BRGM)



Urban Geochemical Background (UGB project) and the French database for urban soils analyses (BDSOIL)

J.F. Brunet¹, H. Roussel², E. Taffoureaux¹, L. Sancho¹, C. Le Guern¹,
¹ BRGM – 2, avenue Claude Guillemin – BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 02, FRANCE
² ADEME – 20, avenue du Grésille – BP 90406 – 49004 Angers Cedex 01, FRANCE



ADEME
Agence de l'Environnement
et de la Transition de l'Énergie



brgm
Géosciences pour un territoire durable

Water, Environment & Ecotechnology Division
mercredi 3 avril 2019

Context

- > **Urban soils: poorly known**
- > **No soil guidance values in France**
- > **Compare (potentially) contaminated soils**
 - to uncontaminated neighbour soils
 - to the geochemical background.
- > **Need of data to determine geochemical background**



ADEME
Agence de l'Environnement
et de la Transition de l'Énergie



brgm
Géosciences pour un territoire durable

Nom du service émetteur
mercredi 3 avril 2019

Determination of Urban and Industrial pedo-geochemical backgrounds (UGB project)



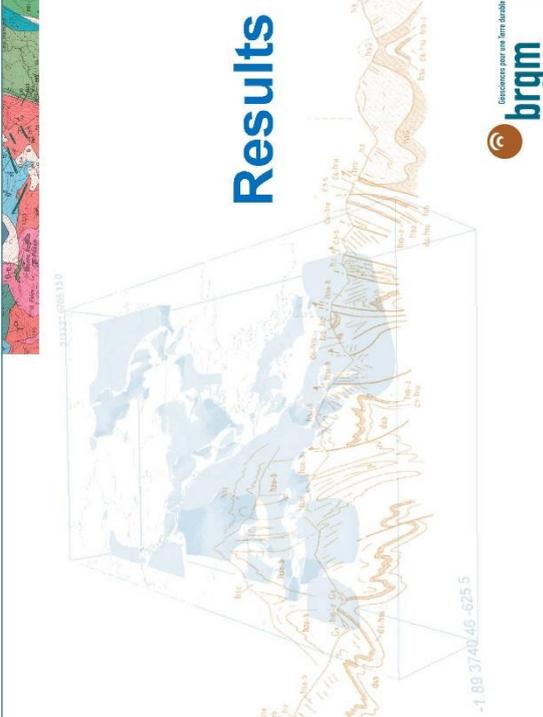
ADEME
Agence de l'Environnement
et de la Transition de l'Énergie



brgm
Géosciences pour un territoire durable

- > **2 agreements ADEME-BRGM**
- > **2010-2014**
 - Determination of anthropic pedo-geochemical background in the main French urban areas
 - based on data collected during the national campaign of soil diagnoses on schools located on former industrial sites
 - Driver : Management of (potentially) contaminated sites
- > **2014-2017**
 - Extended objectives: Assessment of urban soil and subsoil geochemical quality to meet also other stakeholders needs, mainly to enhance excavated soil reuse
 - Development of the Urban Soil Analyses Database: **BDSOIL**

Results



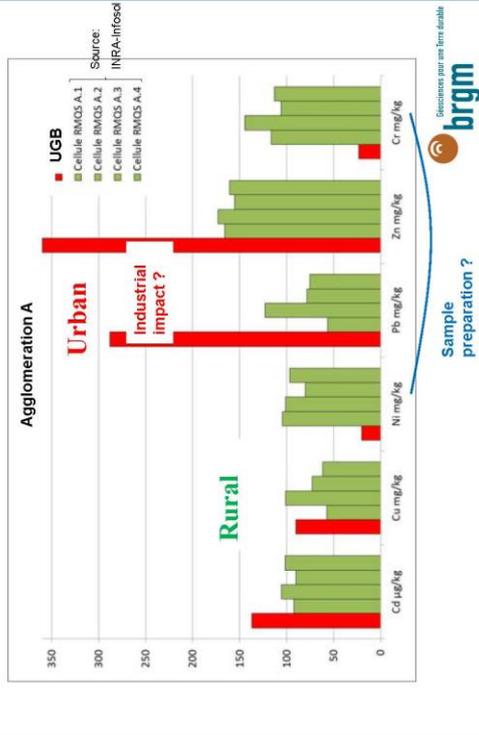


ADEME
Agence de l'Environnement
et de la Transition de l'Énergie



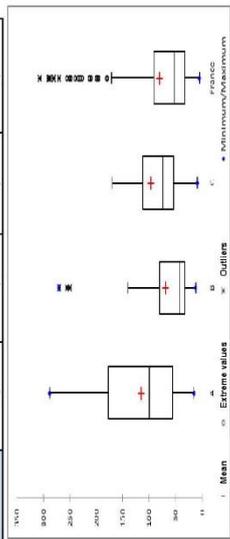
brgm
Géosciences pour un territoire durable

Urban vs rural data



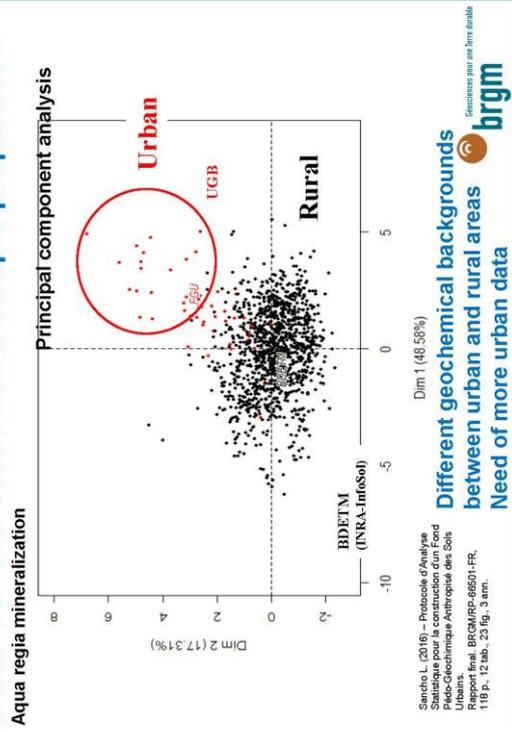
The example of lead for 3 urban areas

| Pb mg/kg | A | B | C | France |
|----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Available results | 30 | 49 | 28 | 425 |
| Maximum | 288,1 | 270,0 | 410,0 | 720,0 |
| Upper whisker | 288,1 | 140,0 | 170,0 | 171,4 |
| 90 ^e percentile | 213,5 | 131,0 | 170,0 | 165,0 |
| Median | 99,0 | 43,0 | 73,0 | 52,0 |
| Mean | 115,1 | 66,8 | 95,6 | 79,8 |
| 10 ^e percentile | 24,0 | 22,8 | 40,4 | 22,0 |
| Minimum | 15,3 | 12,0 | 8,7 | 5,0 |



Local backgrounds more relevant than a national one

Urban vs rural data : same sample preparation



BDSoIU: metadata about

- Sampling location
- Sampling method/depth
- Sample
 - Unique/composite
- Sample preparation and analytical method
- Stakeholders

In addition to analytical results

www.bdsoliu.fr

BDSoIU

- Uses known standards
 - ISO/IEC 19000:2015 - Soil quality - Sampling Part 107: Recording and Reporting
 - European Environment Agency
 - IGN
 - SANDRIE
- Ensures consistency with existing database
 - brgm
 - Basias
 - Inspection des installations classées ICI
- Allows data interpretation with 3D GDM software
 - brgm
 - GDM
- Will follow the INSPIRE Directive requirements (formalization, interoperability, diffusion)
 - brgm

Feeding BDSoIU

- A dedicated website presents
 - UGB project framework
 - the « Geochemical Background » ADEME Working Group,
- www.BDSoIU.fr (in french only)
- Spreadsheets containing soil analyses are uploaded by data owners

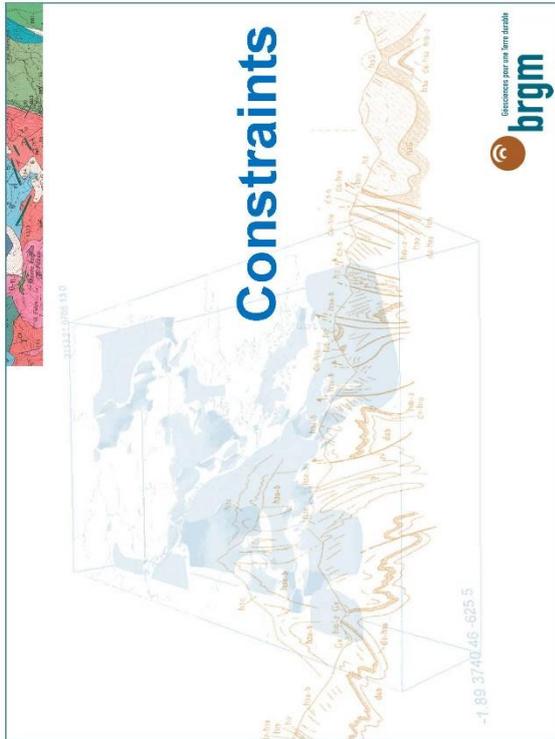
www.bdsoliu.fr

BDSoIU goals

BDSoIU aims to offer a better knowledge of soil (and subsoil) quality in towns in order to help urban stakeholders to deal with:

- Diagnoses of (potentially) contaminated soils
- Excavated soils management
- Urban planning
- Health protection
- Impact studies
- State of play
- Post-accident reviews

www.bdsoliu.fr



Technical constraints

- Industrial waste fillings (potentially) containing metals, hydrocarbons are often found in urban soils
- Important spatial variability of concentration over short distances
- Heterogeneous data originating from several suppliers or studies complicate interpretation



Technical constraints

Statistical treatment should be adapted to:

- A small number of available analyses according to the spatial scale chosen
- High rate of values below quantification limits

| Compounds Family | Rate of values below quantification limit (%) | | |
|-----------------------------|---|-----|--|
| | Min | Max | |
| Metals/metalloid | 0 | /10 | |
| HAP | 8 | 88 | |
| PCDD/PCDF | 4 | 95 | |
| PCB | 75 | 99 | |
| Aliphatic hydrocarbons TPHW | 93 | 100 | |
| Aromatic hydrocarbons TPHW | 95 | 100 | |

Stechel L. (2016) – Dechets d'activités Statistique pour la construction d'un Fond Pédo-Géochimique Antroposé des Sols Urbains.
 Rapport final BRGM/RP-67130-FR.
 118 p., 12 tab., 23 fig., 3 ann.

| Compounds Family | Substance | Population | Rate of values below quantification limit (%) |
|------------------|-------------------|------------|---|
| Metals/metalloid | As(III) | 30 | 10 |
| Metals/metalloid | Lead | 30 | 30 |
| Metals/metalloid | Cadmium | 30 | 50 |
| HAP | Ac(1,2,3,4) | 30 | 70 |
| PCB | PCB#138 | 30 | 70 |
| PCDD | 1,2,3,7,8,9-HxCDD | 12 | 42 |
| PCDF | 2,3,7,8-TCDF | 12 | 33 |
| PCDF | OCDF | 12 | 17 |

Engaging partnerships

Adapted agreements have to be proposed to each data owner wishing to contribute to BDSoLU.

Detailed rules must be found for:

- the feeding of BDSoLU (duration, data volume and nature...)
- Data use and dissemination

Perspectives

Géosciences pour un autre territoire
brgm

Perspectives for BDSoIU feeding

- Data from (re)development of neighborhoods and local geochemical backgrounds determination with the help of BRGM
- Implementation of the methods advocated by the WG in a test city (Toulouse) with the support of the Ministry for ecological and solidarity Transition
- Participation to national projects GEOBAPA and MATRICE
- Partnerships with public data owners: e.g. municipalities/agglomerations

Géosciences pour un autre territoire
brgm

Perspectives for BDSoIU development

- Dissemination of public data online
- Valuation of data with GIS and statistical/geostatistical treatment
- Development of an interactive online interface for querying database

Géosciences pour un autre territoire
brgm

Thank you for your attention
BDSoIU@brgm.fr

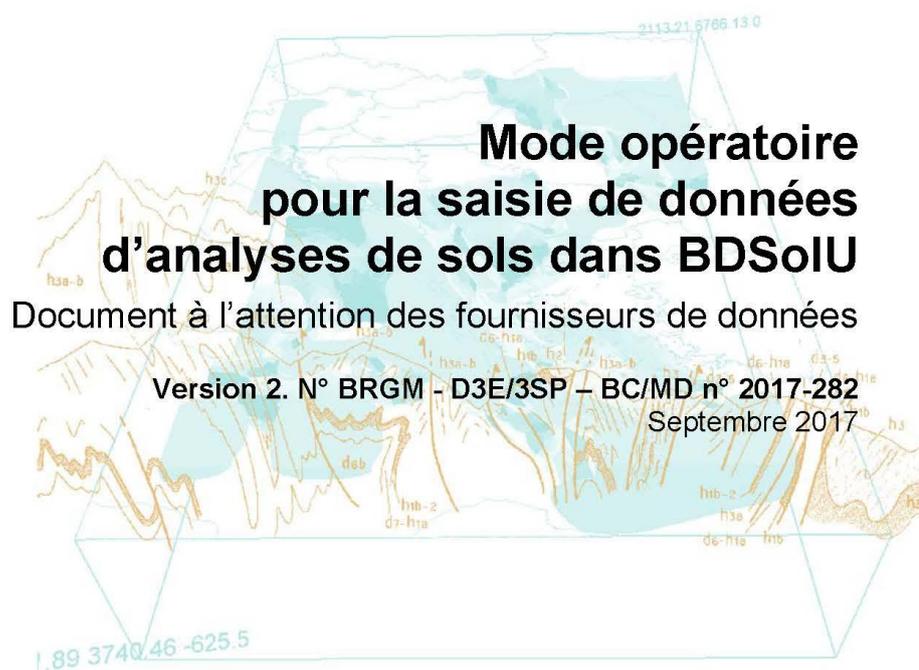
Géosciences pour un autre territoire
brgm

AquaConSoil
Lyon 2017

26-30 June 2017 | Lyon, France | www.aquaconsoil.org

Annexe 2

Mode opératoire du fichier de saisie BDSolU Version 2 - Septembre 2017



Document confidentiel

Mode opératoire pour la saisie de données d'analyses de sols dans BDSolU

Document à l'attention des fournisseurs de données

Version 2. N° BRGM - D3E/3SP – BC/MD n° 2017-282
Septembre 2017

Document réalisé dans le cadre de la Convention ADEME-BRGM 1372C0006
Établissement de fonds pédo-géochimiques industriels et urbains

JF. Brunet
Avec la collaboration de
E. Taffureau



Avertissement

Le présent document est confidentiel et mis à disposition des fournisseurs de données ayant signé un accord de confidentialité dans le cadre d'une convention avec le BRGM.

Les indications contenues dans ce document sont sujettes à modification en fonction de l'évolution de la base de données BDSolU.

La Base de Données des analyses de Sols Urbains (BDSolU) est une copropriété de l'ADEME et du BRGM.

Mots-clés :

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

Brunet JF. (2017) – Mode opératoire pour la saisie de données d'analyses de sols dans BDSolU Document à l'attention des fournisseurs de données Version 2. N° BRGM - D3E/3SP – BC/MD n° 2017-282 - Septembre 2017 58 p., 10 ill., 1 ann.

© BRGM, 2017, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Historique des versions du présent document

| Version | Date | Modifications - Commentaires |
|---------|----------------|--|
| 2 | Septembre 2017 | <ul style="list-style-type: none">- Prise en compte de remarques suite à des retours d'expérience et présentations du fichier- Mise à jour du texte introductif |
| 1 | Avril 2017 | Première version |

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Présentation générale | 9 |
| 1.1. INTRODUCTION | 9 |
| 1.2. FICHIER DE SAISIE | 10 |
| 1.2.1. Aide à la saisie | 10 |
| 1.2.2. Utilisation des Codes SANDRE | 11 |
| 1.3. RECOMMANDATIONS | 13 |
| 2. Onglet « Généralités » | 15 |
| 3. Onglet « Site » | 17 |
| 3.1. NOM DU SITE* | 17 |
| 3.2. IDENTIFIANT UNIQUE DU SITE ATTRIBUE PAR LE PRESTATAIRE RESPONSABLE DE L'ETUDE* | 17 |
| 3.3. CODE SIRET DU RESPONSABLE DU SITE* | 17 |
| 3.4. CODE SIRET DU PRESTATAIRE INTERVENANT SUR LE SITE | 17 |
| 3.5. CONDITION DU SITE | 18 |
| 3.6. OCCUPATION DU SOL | 18 |
| 3.7. NUMERO DE RUE* | 18 |
| 3.8. RUE*18 | |
| 3.9. VILLE* | 18 |
| 3.10. CODE POSTAL* | 19 |
| 3.11. SURFACE DU SITE EN M2 | 19 |
| 3.12. COMMENTAIRE | 19 |
| 4. Onglet « Site Identifiants externes » | 21 |
| 4.1. REFERENTIEL EXTERNE | 21 |
| 4.2. IDENTIFIANT DU SITE DANS LE REFERENTIEL EXTERNE | 21 |
| 5. Onglet « Site utilisations » | 22 |
| 5.1. N° D'ORDRE CHRONOLOGIQUE | 22 |

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

| | |
|---|-----------|
| 5.2. TYPE UTILISATIONS CONNUES* | 22 |
| 5.3. ACTIVITE INDUSTRIELLE | 22 |
| 5.4. DATE DEBUT | 23 |
| 5.5. DATE FIN | 23 |
| 5.6. COMMENTAIRE | 23 |
| 6. Onglet « Sondage » | 25 |
| 6.1. IDENTIFIANT UNIQUE DU SONDRAGE ATTRIBUE PAR LE FOREUR OU LE PRELEVEUR* | 25 |
| 6.2. METHODE DE SONDRAGE* | 25 |
| 6.3. CODE BSS | 25 |
| 6.4. X WGS 84* DEGRE DECIMAL | 26 |
| 6.5. Y WGS 84* DEGRE DECIMAL | 26 |
| 6.6. Z EN METRES* ALTITUDE DE LA SURFACE TOPOGRAPHIQUE | 26 |
| 6.7. REFERENTIEL ALTIMETRIQUE* | 26 |
| 6.8. PROFONDEUR DEBUT SONDRAGE EN METRES* | 26 |
| 6.9. PROFONDEUR DU SONDRAGE EN METRES* | 27 |
| 6.10. TYPE DE SURFACE* | 27 |
| 6.11. COMMENTAIRES | 27 |
| 7. Onglet « Sondage Niveaux » | 29 |
| 7.1. IDENTIFIANT DU SONDRAGE* | 29 |
| 7.2. PROFONDEUR DEBUT EN METRES* | 29 |
| 7.3. PROFONDEUR FIN EN METRES* | 29 |
| 7.4. COMMENTAIRE | 29 |
| 8. Onglet « Sondage Niveaux Matériaux » | 31 |
| 8.1. IDENTIFIANT DU NIVEAU DANS LE SONDRAGE* | 31 |
| 8.2. TYPE MATERIAU* | 31 |
| 8.3. GRANULOMETRIE MATERIAU* | 32 |
| 8.4. COMMENTAIRE | 33 |

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

| | |
|--|-----------|
| 9. Onglet « Echantillons » | 35 |
| 9.1. IDENTIFIANT DU SONDAGE* | 35 |
| 9.2. CODE SIRET DU PRELEVEUR* | 35 |
| 9.3. IDENTIFIANT UNIQUE DE L'ECHANTILLON ATTRIBUE PAR LE PRELEVEUR* | 35 |
| 35 | |
| 9.4. DATE ET HEURE DE PRELEVEMENT* | 35 |
| 9.5. PROFONDEUR DEBUT ECHANTILLON (M)* | 36 |
| 9.6. PROFONDEUR FIN ECHANTILLON (M)* | 36 |
| 9.7. MODE PRELEVEMENT* | 36 |
| 9.8. NOMBRE D'ECHANTILLON | 36 |
| 9.9. LARGEUR (M) | 36 |
| 9.10. MASSE PRISE UNITAIRE (KG) | 37 |
| 9.11. PREPARATION DE L'ECHANTILLON SUR SITE* | 37 |
| 9.12. COULEUR DE L'ECHANTILLON* | 37 |
| 9.13. ODEUR DE L'ECHANTILLON* | 37 |
| 9.14. TEXTURE DE L'ECHANTILLON* | 38 |
| 9.15. CONDITIONNEMENT* | 38 |
| 9.16. NOM OPERATEUR PRELEVEMENT | 38 |
| 9.17. COMMENTAIRE | 38 |
| 10. Onglet « Analyses » | 39 |
| 10.1. IDENTIFIANT DE L'ECHANTILLON* | 39 |
| 10.2. CODE SIRET DU LABORATOIRE* | 39 |
| 10.3. IDENTIFIANT UNIQUE DE L'ANALYSE ATTRIBUE PAR LE LABORATOIRE EFFECTUANT L'ANALYSE* | 40 |
| 10.4. DATE D'EDITION DU RAPPORT D'ANALYSE* | 40 |
| 10.5. CODE PARAMETRE* | 39 |
| 10.6. LIEU D'ANALYSE* | 40 |
| 10.7. METHODE DE PREPARATION OU D'ANALYSE 1* | 40 |

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

| | | |
|------------|---|-----------|
| 10.8. | METHODE DE PREPARATION OU D'ANALYSE 2 | 41 |
| 10.9. | NOM DE LA OU DES METHODE(S) DE PREPARATION OU D'ANALYSE 41 | |
| 10.10. | FRACTION ANALYSEE* | 41 |
| 10.11. | CODE REMARQUE* | 41 |
| 10.12. | RESULTAT* | 42 |
| 10.13. | LQI | 42 |
| 10.14. | UNITE RESULTAT* | 42 |
| 10.15. | COMMENTAIRE | 42 |
| 11. | Onglet « Paramétrages » | 43 |
| 12. | Poster un fichier de saisie sur la plateforme BDSolU.fr..... | 45 |
| 12.1. | ALLER SUR LA PATEFORME DE DEPOT ET SUR LA RUBRIQUE DE DEPOT 45 | |
| 13. | Bibliographie | 51 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Illustration 1 - Schéma d'alimentation de la base de données BDSolU | 9 |
| Illustration 2 - Tableau récapitulatif des renseignements à saisir. | 13 |
| Illustration 3 - Page d'accueil du site www.BDSolU.fr. | 45 |
| Illustration 4 - Accès au dépôt d'un fichier excel sur le site www.BDSolU.fr. | 46 |
| Illustration 5 - Saisie des identifiant et mot de passe sur la zone de dépôt. | 47 |
| Illustration 6 - Etape 1 du dépôt : choix du projet concerné. | 47 |
| Illustration 7 - Etape 2 du dépôt : sélection du fichier excel préalablement renseigné. | 48 |
| Illustration 8 - Etape 3 du dépôt : lancement de l'import du fichier. | 48 |
| Illustration 9 - Etape 4 du dépôt : Rapport en cas d'erreur..... | 49 |
| Illustration 10 - Etape 4 du dépôt : Rapport en cas d'import réussi. | 49 |

Liste des annexes

| | |
|--|----|
| Annexe 1 Mesure des profondeurs | 53 |
| Annexe 2 Exemples de combinaisons de niveaux, matériaux et échantillons pour un sondage..... | 57 |

1. Présentation générale

1.1. INTRODUCTION

La qualité des sols est devenue un enjeu important pour les acteurs en charge de l'aménagement urbain et de la gestion des sites et sols (potentiellement) pollués. Connaître la qualité géochimique des sols ou déterminer les fonds pédo-géochimiques en milieu urbain sont des étapes indispensables aux études visant le diagnostic des sols, la réutilisation de terres excavées, la surveillance sanitaire, un bilan post accident, un état des lieux, ...

Dans ce contexte, l'ADEME et le BRGM mettent en place une base de données chargée de bancariser les analyses de sols urbains et industriels sur l'ensemble du territoire national : BDSolU. BDSolU a pour vocation la bancarisation des analyses de sols prélevés en milieu urbain dans le cadre de projets d'aménagement, de diagnostic de sol ou de recherche, passés ou à venir. L'objectif est de fournir aux parties prenantes et au public un outil permettant de mieux connaître l'état des sols des agglomérations françaises.

L'alimentation de BDSolU débute par la saisie de renseignements sur le lieu et les conditions de prélèvement ainsi que les résultats des analyses de sols dans un fichier développé par le BRGM sous tableur Excel®. Ce fichier est ensuite déposé sur une plateforme internet dédiée (www.BDSolU.fr) qui effectue automatiquement un certain nombre de vérifications avant d'accepter le dépôt d'information et d'alimenter la base de données BDSolU (Illustration 1) (après validation par le gestionnaire de la base).



Illustration 1 - Schéma d'alimentation de la base de données BDSolU.

Le fichier de saisie et les identifiants et mot de passe permettant les dépôts sur la plateforme internet sont attribués uniquement aux fournisseurs de données signataires d'une convention avec le BRGM.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoLU - Document à l'attention des fournisseurs de données

1.2. FICHER DE SAISIE

La base de données BDSoLU a été développée de façon à :

- assurer une bonne cohérence avec les bases de données de référence :
 - Banque de données du Sol et du Sous-sol (BSS) gérée et hébergée par le BRGM ;
 - Inventaire historique des sites industriels et activités de service (BASIAS) (1) gérée et hébergée par le BRGM ;
 - Base de données S3IC de l'inspection des Installations Classées, gérée par le Ministère de l'Environnement.
- permettre une exploitation des données avec la suite logicielle GDM développée par le BRGM (traitement géostatistique, représentation 3D).
- répondre à terme aux recommandations de la Directive INSPIRE sur la formalisation, l'interopérabilité et la diffusion des données.

Le fichier de saisie comprend huit onglets qui permettent de recueillir les données attendues sur :

- le site : identifiant, responsable, prestataire, activité, localisation ;
- les liens éventuels avec des bases de données existantes (ex. : BASIAS) ;
- activités du site ;
- le lieu de prélèvement : identifiant, méthode de sondage, localisation, profondeur, type de surface ;
- les strates identifiées au cours du sondage ;
- les matériaux rencontrés dans les différentes strates ;
- les échantillons : identifiant, date de prélèvement, profondeur, mode de prélèvement, caractéristiques des échantillons ;
- les analyses : identifiant, laboratoire, date d'analyse, résultats.

L'onglet analyse peut être renseigné manuellement ou automatiquement dans la mesure où les laboratoires auront développé une application informatique permettant le transfert des données depuis leur LIMS (Laboratory Information Management System).

La saisie est obligatoire pour une grande partie des champs de façon à assurer la distinction entre les données obtenues dans des conditions et selon des protocoles différents. Il s'agit d'assurer au mieux l'homogénéité des données et donc la fiabilité des traitements statistiques et géostatistiques ultérieurs. Les champs obligatoires sont marqués d'un astérisque (*).

Voir le détail dans le tableau de l'illustration 2.

1.2.1. Aide à la saisie

Aide à la saisie

Chaque champ est accompagné d'un commentaire qui s'affiche au passage du pointeur. Cette aide décrit rapidement le champ à saisir et apporte si besoin des exemples ou une aide à la saisie.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Listes déroulantes

Quand cela est possible la saisie est assistée par une liste déroulante des différents choix possibles. L'élaboration de ces listes déroulantes ou lexiques, s'est attachée à :

- employer, quand cela était réalisable, des listes courtes, et des termes compréhensibles par des agents n'étant pas spécialisés dans l'ensemble des disciplines abordées (chimie, géologie, pédologie, environnement, géotechnique, etc...);
- faire au maximum appel à des références existantes et reconnues, éventuellement complétée par des items techniques ou pratiques si nécessaire :
 - lexiques : SANDRE (2), INSEE (3), IGN (4), Corine Land-Cover (5), BASIAS (1);
 - normes : ISO/FDIS 18400-107 (6), NF ISO 10381-5- Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 1 (2003) (7) et Partie 5 (2005) (8)
 - bibliographiques : référentiel pédologique AFES 2008 (9), Travaux divers pour la description de l'occupation des sols (10) (11), Guide simplifié pour la description des sols (12), WRB-World Reference Base (13), Cours sur l'échantillonnage des solides (14).

Au clic du pointeur :

- certaines cellules affichent une liste déroulante simple ;
- d'autres cellules, associées à des listes déroulantes longues, ouvrent une fenêtre permettant d'affiner la liste en frappant au clavier un code ou une partie d'un mot.

1.2.2. Utilisation des Codes SANDRE

Le SANDRE est le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau.

« Le SANDRE a pour mission, d'établir et de mettre à disposition le référentiel des données sur l'eau du Système d'Information sur l'Eau (SIE). Ce référentiel, composé de spécifications techniques et de listes de codes libres d'utilisation, décrit les modalités d'échange des données sur l'eau à l'échelle de la France. D'un point de vue informatique, le Sandre garantit l'interopérabilité des systèmes d'information relatifs à l'eau. »

(Source Site www.sandre.eaufrance.fr).

Dans ce cadre le SANDRE a développé plusieurs lexiques (Codes SANDRE) qui permettent, entre autres :

- l'échange de données sur l'eau et les sédiments ;
- l'alimentation de la base de données sur les eaux souterraines ADES (Accès Aux Données sur les Eaux Souterraines www.ades.eaufrance.fr).

BDSolU s'appuie largement sur ce référentiel. Toutefois, certains lexiques ont été complétés pour répondre aux besoins du projet FGU.

Établissement de fonds pédo-géochimiques urbains en parallèle à l'opération ETS

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

| Données à saisir (* : obligatoire) | Obligatoire | Liste déroulante |
|---|-------------|------------------|
| Catégorie 1 – Identification du site | | |
| Nom du site | ○ | |
| Identifiant du site attribué par le prestataire responsable de l'étude | ○ | |
| Code SIRET du responsable du site | ○ | |
| Code SIRET du prestataire intervenant sur le site | | |
| Condition du site (ex : en activité) | | ○ |
| Occupation du sol | | ○ |
| Numéro de rue | ○ | |
| Rue | ○ | |
| Ville | ○ | |
| Code postal | ○ | |
| Surface du site | | |
| Commentaire | | |
| Catégorie 2 – Liens éventuel avec des bases de données nationales existantes | | |
| Référentiel externe | | ○ |
| Identifiant du site dans le référentiel externe | | |
| Catégorie 3 – Utilisations du site | | |
| N° d'ordre chronologique | ○ | |
| Type d'utilisations connues | ○ | ○ |
| Activité industrielle | | ○ |
| Date de début | | |
| Date de fin | | |
| Commentaire | | |
| Catégorie 4 - Lieu et mode de prélèvement | | |
| Identifiant unique du sondage attribué par le foreur ou le préleveur | ○ | |
| Méthode de sondage | ○ | ○ |
| Code BSS | | |
| X WGS 84 en degré décimal | ○ | |
| Y WGS 84 en degré décimal | ○ | |
| Z en mètres altitude de la surface topographique | ○ | |
| Référentiel altimétrique | ○ | ○ |
| Profondeur du sondage en mètre | ○ | |
| Type de surface (ex. : surface nue) | ○ | ○ |
| Commentaires | | |
| Catégorie 5 - Niveaux identifiés | | |
| Identifiant du sondage (d'après les renseignements de la catégorie 4) | ○ | ○ |
| Profondeur début en mètres | ○ | |
| Profondeur fin en mètres | ○ | |
| Commentaires | | |
| Catégorie 6 - Matériaux rencontrés | | |
| Identifiant du niveau dans le sondage (d'après les renseignements de la cat.5) | ○ | ○ |
| Type de matériau | ○ | ○ |
| Granulométrie du matériau | ○ | ○ |
| Commentaire | | |
| Catégorie 7 - Echantillons | | |
| Identifiant du sondage | ○ | ○ |
| Code SIRET du préleveur | ○ | |
| Identifiant unique de l'échantillon attribué par le préleveur | ○ | |
| Date et heure de prélèvement | ○ | |
| Profondeur début échantillon (m) | ○ | |
| Profondeur fin échantillon (m) | ○ | |
| Mode de prélèvement | ○ | ○ |
| Nombre d'échantillons | | |
| Largeur (m) | | |
| Masse prise unitaire (kg) | | |
| Préparation de l'échantillon sur site | ○ | ○ |
| Couleur de l'échantillon | ○ | ○ |
| Texture de l'échantillon | ○ | ○ |
| Conditionnement | ○ | ○ |
| Nom opérateur prélèvement | | |

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

| Commentaire | | |
|---|---|---|
| Catégorie 8 - Analyses | | |
| Identifiant de l'échantillon (d'après les renseignements de la cat.7) | ○ | ○ |
| Code paramètre | ○ | ○ |
| Code SIRET du laboratoire | ○ | |
| Identifiant unique de l'analyse attribué par le laboratoire | ○ | |
| Date d'édition du rapport d'analyse | ○ | |
| Lieu d'analyse | ○ | ○ |
| Méthode de préparation | ○ | ○ |
| Nom de la méthode de préparation | | |
| Méthode d'analyse | ○ | ○ |
| Nom de la méthode d'analyse | | |
| Fraction analysée | ○ | ○ |
| Code remarque | ○ | ○ |
| Résultat | ○ | |
| LQI | | |
| Unité résultat | ○ | ○ |
| Commentaire | | |

Illustration 2 - Tableau récapitulatif des renseignements à saisir.

1.3. RECOMMANDATIONS

Il est recommandé de renseigner les champs, notamment ceux correspondant aux identifiants des sondages, et des échantillons, sans utiliser caractères spéciaux (exemples : &, \$, %) et espace.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

2. Onglet « Généralités »

Il s'agit d'un onglet de présentation et de rappel d'instructions pour la saisie.

Il n'y a aucune saisie dans cet onglet.

3. Onglet « Site »

Cet onglet permet de saisir des informations sur le site où sont effectués les prélèvements de sols analysés dans le cadre du projet. Il ne comprend qu'une seule ligne : il convient donc de renseigner un fichier de saisie par site étudié.

3.1. NOM DU SITE*

Le nom du site correspond au nom usuel donné au site.

Exemples : nom de quartier, d'usine, d'espace vert...

Le format du champ est alphanumérique.

3.2. IDENTIFIANT UNIQUE DU SITE ATTRIBUE PAR LE PRESTATAIRE RESPONSABLE DE L'ETUDE*

L'identifiant du site correspond à un identifiant donné par le prestataire responsable de l'étude. Cet identifiant est propre au projet.

Exemple : Site n°1, Lot A

Le format du champ est alphanumérique.

3.3. CODE SIRET DU RESPONSABLE DU SITE*

Le Système d'identification du répertoire des établissements (SIRET) est un code INSEE qui permet d'identifier un établissement ou une entreprise. Le code SIRET comprend 14 chiffres.

Il s'agit ici de saisir le code SIRET du responsable juridique du site : propriétaire, mandataire liquidateur, collectivité...

Exemples du code SIRET du BRGM : 58205614900120

Le format du champ est numérique et doit comprendre 14 caractères. Si le SIRET est introuvable saisir le code suivant (14 fois 0) : 00000000000000

3.4. CODE SIRET DU PRESTATAIRE INTERVENANT SUR LE SITE

Le Système d'identification du répertoire des établissements (SIRET) est un code INSEE qui permet d'identifier un établissement ou une entreprise. Le code SIRET comprend 14 chiffres.

Il s'agit ici de saisir le code SIRET du prestataire responsable de l'étude et qui encadre les travaux donnant lieu aux prélèvements de sol : bureau d'étude, organisme de recherche...

Exemples du code SIRET du BRGM : 58205614900120

Le format du champ est numérique et doit comprendre 14 caractères. Si le SIRET est introuvable saisir le code suivant (14 fois 0) : 00000000000000

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

3.5. CONDITION DU SITE

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est emprunté à la base de données BASIAS.

Il informe sur l'état d'activité du site. Si cette activité n'est pas connue saisir : 9991 – Inconnu.

Exemple : En activité.

3.6. OCCUPATION DU SOL

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante associée à une fenêtre. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique Corine Land Cover décliné au niveau 4 pour le milieu urbain dans le cadre du groupe de travail OCSOLGEU (Occupation du sol à Grande échelle pour l'urbain) défini par le CRIGE en région PACA.

Il informe sur l'occupation du sol au droit du site. Si cette occupation n'est pas connue saisir : 9991 – Inconnu.

La fenêtre de sélection permet d'affiner la liste au moyen du code OCSOLGEU ou d'un mot clé.

Exemple : 1211 | Espaces industriels

3.7. NUMERO DE RUE*

Ce champ correspond au numéro de la rue dans l'adresse postale du site.

Si l'adresse du site ne comprend pas de numéro, on saisira 0.

Exemples : 12, 15bis, 8-10

Le format du champ est alphanumérique.

3.8. RUE*

Ce champ correspond au nom de la rue (chemin, ruelle, avenue, etc.) dans l'adresse postale du site.

Si l'adresse du site ne comprend pas de nom de rue, on saisira « sans ».

Exemple : rue de la Chapelle

Le format du champ est alphanumérique

3.9. VILLE*

Ce champ correspond au nom de la ville (commune) dans l'adresse postale du site

Exemple : Paris

Le format de ce champ est alphanumérique.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

3.10. CODE POSTAL *

Ce champ correspond au code postal de l'adresse du site.

Exemple : 75500

Le format de ce champ est alphanumérique.

3.11. SURFACE DU SITE EN M2

Ce champ correspond à la superficie du site.

Exemple : 6000

Unité : mètres carrés

Le format de ce champ est numérique.

3.12. COMMENTAIRE

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur le site ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoLU - Document à l'attention des fournisseurs de données

4. Onglet « Site Identifiants externes »

Cet onglet permet de lier BDSoLU à une autre base de données si le site concerné dans l'onglet précédent y est répertorié.

4.1. REFERENTIEL EXTERNE

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSoLU.

Le site peut être répertorié dans BASIAS, dans la base de données ETS (projet Etablissements Sensibles) et, ou dans la base S3IC de l'inspection des installations classées.

Exemple : BASIAS

Le site peut être répertorié dans une seule base ou dans plusieurs : une ligne par base de données.

Le format de ce champ est alphanumérique.

4.2. IDENTIFIANT DU SITE DANS LE REFERENTIEL EXTERNE

Ce champ correspond à l'identifiant du site dans la base de données sélectionnée. Exemple : LOR123456

Le format du champ est alphanumérique.

Remarque : il est important de renseigner ce champ sans erreur pour assurer le lien avec les autres bases de données.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoLU - Document à l'attention des fournisseurs de données

5. Onglet « Site utilisations »

Cet onglet permet de saisir des informations sur les usages successifs connus du site au cours du temps.

5.1. N° D'ORDRE CHRONOLOGIQUE*

Ce champ correspond à un numéro associé à chaque activité connue hébergée sur le site par ordre chronologique. Il permet de conserver l'ordre de succession des activités même si leurs dates de début et/ou de fin sont inconnues.

Exemple : 1, 2, 3

5.2. TYPE UTILISATIONS CONNUES*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est emprunté à BASIAS. Il informe sur l'usage du site au cours d'une période donnée.

Si l'utilisation du site n'est pas connue on saisira : 9991 – Inconnu

Si l'utilisation ne se trouve pas dans la liste, on saisira : 9992 – Autre à préciser dans le commentaire.

Exemple : 22 – Friche, Terrain vague

5.3. ACTIVITE INDUSTRIELLE

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante associée à une fenêtre. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique NAF de l'INSEE.

Il permet de préciser l'information du champ précédent en cas d'activité industrielle, artisanale ou agricole.

La fenêtre de sélection permet d'affiner la liste au moyen du code NAF ou d'un mot clé.

Exemples : Ce champ peut être renseigné :

- au niveau 2 : C17 - Industrie du papier et du carton ; édition et imprimerie
- ou plus finement au niveau 3 : C17.2 - Fabrication d'articles en papier ou en carton (papier peint, toilette, emballage, ...)

Si le site n'a pas d'usage industriel, il convient de saisir : 9993 - Aucun

Si l'activité industrielle n'est pas connue ou si ce champ n'a pas d'objet, il convient de saisir : 9991- INCONNU.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

5.4. DATE DEBUT

Ce champ correspond à la date du début de l'activité du champ « Type utilisations connues » selon le modèle JJ/MM/AAAA.

Si la date n'est pas connue ne rien saisir.

Si la seule l'année est connue (ex. : 1905), saisir : 01/01/1905

Exemple : 31/03/1980

Ce champ est au format alphanumérique

5.5. DATE FIN

Ce champ correspond à la date de fin de l'activité du champ « Type utilisations connues » selon le modèle JJ/MM/AAAA.

Si la date n'est pas connue ne rien saisir.

Si la seule l'année est connue (ex. : 1905), saisir : 01/01/1905

Exemple : 31/03/1980

Ce champ est au format alphanumérique

5.6. COMMENTAIRE

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur les usages du site ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

6. Onglet « Sondage »

Cet onglet permet de saisir des informations sur les sondages effectués sur le site en vue de prélèvements et d'analyses de sols.

Par le terme « Sondage » on entend ici le point où a lieu le prélèvement de sol. Il peut s'agir d'un forage, d'une tranchée ou même d'un simple prélèvement de surface.

Cet onglet comprend une ligne par sondage.

6.1. IDENTIFIANT UNIQUE DU SONDAGE ATTRIBUE PAR LE FOREUR OU LE PRELEVEUR*

Ce champ correspond à l'identifiant du sondage décidé par le prestataire de l'étude, le foreur ou le préleveur.

Exemple : Sondage1

Le format du champ est alphanumérique.

6.2. METHODE DE SONDAGE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU.

Il informe sur la méthode employée pour effectuer le sondage.

Si la méthode de sondage n'est pas répertoriée dans la liste, il convient de sélectionner : « 9992 - Autre à préciser dans le commentaire » dans la liste déroulante.

Si la méthode de sondage n'est pas connue, il convient de sélectionner : « 9991 – Inconnu ».

Exemple : 3 - Tarière manuelle

6.3. CODE BSS

Ce champ permet de lier BDSolU et la Banque de données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM. Si le sondage donne lieu à une déclaration dans la BSS, il convient de saisir le code du sondage. Le code BSS correspond au point de sondage au sein de la BSS (Banque du Sous-Sol). Il est constitué de la concaténation de l'indice BSS (10 caractères) et de la désignation BSS (6 caractères maximum). Ces deux champs apparaissent séparés par un "/".

Format : xxxxxxxxxxx/xxxxxxx

Exemple : 1234567890/123456

Ce champ est alphanumérique

Remarque : il est important de renseigner ce champ sans erreur pour assurer le lien avec la Banque de données du Sous-Sol.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

6.4. X WGS 84* DEGRE DECIMAL

Ce champ correspond à la longitude du point où est effectué le sondage.

Format : WGS84 et degré décimal, compris entre -180,000000 et +180,000000.

Exemple : 0,132345

Le format de ce champ est numérique.

6.5. Y WGS 84* DEGRE DECIMAL

Ce champ correspond à la latitude du point où est effectué le sondage.

Format : WGS84 et degré décimal, compris entre -180,000000 et +180,000000.

Exemple : 45,2532

Le format de ce champ est numérique.

6.6. Z EN METRES* ALTITUDE DE LA SURFACE TOPOGRAPHIQUE

Ce champ correspond à l'altitude de la surface topographique au droit du sondage.

Format : mètres

Exemple : 105

Le format de ce champ est numérique.

6.7. REFERENTIEL ALTIMETRIQUE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU. Il informe sur le référentiel utilisé pour mesurer l'altitude indiquée dans le champ précédent. En France métropolitaine, le référentiel utilisé est 3 – IGN 1969.

Si le référentiel est inconnu, il convient de sélectionner « 9991 - Inconnu ».

Exemple : 3 – IGN 1969

6.8. PROFONDEUR DEBUT SONDAGE EN METRES*

Ce champ correspond à la profondeur à laquelle le sondage a débuté par rapport à la surface indiquée à l'altitude Z renseignée précédemment. La profondeur début sera généralement 0 sauf dans le cas où le sondage est lui-même situé dans une tranchée ou une cave déjà existants par exemple (voir Annexe 1).

Exemple : 1,5

Unité : mètres

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Le format de ce champ est numérique.

6.9. HAUTEUR DU SONDAGE EN METRES*

Ce champ correspond à la hauteur totale du sondage par rapport à la profondeur de début renseignée précédemment.

Hauteur sondage = Profondeur fin sondage – Profondeur début sondage. (Voir Annexe 1)

Exemple : 5

Unité : mètres

Le format de ce champ est numérique.

6.10. TYPE DE SURFACE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU.

Il informe sur la nature de la surface au droit du sondage : surface enherbée, sous-bois, surface imperméabilisée, etc.

Si la surface présente un type inconnu, il convient de sélectionner : « 9992 - Autre à préciser dans le commentaire ».

Exemple : S002 – Surface enherbée

Remarque : Le cas « S006 - Surface hors sol : bacs, pots, jardinières » est particulier puisqu'il n'est pas représentatif des sols en place. Il peut néanmoins être utile dans certains cas particuliers d'études sanitaires.

6.11. COMMENTAIRES

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur les sondages effectués ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique.

7. Onglet « Sondage Niveaux »

Cet onglet permet de saisir des informations sur les niveaux identifiés au cours des sondages saisis dans le précédent onglet. Par le terme « Niveaux » on entend les strates identifiées par le préleveur et qu'il souhaite décrire. Elles se différencient par leur aspect (couleur, granulométrie, composition, ...). Les termes « lithologies » ou « horizons » ont délibérément été évités. En effet, ils ne sont pas nécessairement adaptés à la description des cas rencontrés en milieu urbain (remblais, couches techniques...). Cet onglet comprend une ligne par niveau décrit. Un même sondage peut donner lieu à la saisie d'autant de niveaux que nécessaire pour le décrire.

7.1. IDENTIFIANT DU SONDAGE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. La liste associée est construite automatiquement à partir des renseignements saisis dans l'onglet précédent.

Exemple : Sondage : S1

Remarque : Toute modification des informations saisies dans l'onglet précédent intervenant après la saisie des lignes ci-dessous implique leur correction.

7.2. PROFONDEUR DEBUT EN METRES*

Ce champ correspond à la profondeur, mesurée en partant de la surface topographique, à laquelle le niveau est rencontré (voir Annexe 2).

Exemple : 1

Unité : mètres

Le format de ce champ est numérique.

7.3. PROFONDEUR FIN EN METRES*

Ce champ correspond à la profondeur, mesurée en partant de la surface topographique, à laquelle le niveau n'est plus identifié. La valeur saisie obligatoirement supérieure à la valeur saisie pour le champ précédent (voir Annexe 2).

Exemple : 2

Unité : mètres

Le format de ce champ est numérique.

7.4. COMMENTAIRE

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur les niveaux rencontrés ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

8. Onglet « Sondage Niveaux Matériaux »

Cet onglet permet de saisir des informations sur les matériaux rencontrés dans les différents niveaux identifiés dans l'onglet précédent.

Cet onglet comprend une ligne par matériau décrit. Un même niveau peut donner lieu à la saisie d'autant de matériaux que nécessaire pour le décrire (voir Annexe 1. Exemple 3).

8.1. IDENTIFIANT DU NIVEAU DANS LE SONDAGE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. La liste associée est construite automatiquement à partir des renseignements saisis dans les onglets précédents.

Exemple : S1 | Profondeur : 1-2

Remarque : toute modification des informations saisies dans l'onglet précédent intervenant après la saisie des lignes ci-dessous implique leur correction.

8.2. TYPE MATERIAU*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante associée à une fenêtre. Le lexique associé est propre à BDSolU et correspond à certains lexiques de la BSS gérée par le BRGM.

Il permet d'indiquer la présence d'une famille de matériau dans le niveau saisi dans le champ précédent.

La fenêtre de sélection permet d'affiner la liste au moyen d'une catégorie, d'un code ou d'un mot. Les catégories et les familles détaillées sont les suivantes :

Catégorie 1 MILIEU SANS PERTURBATION ANTHROPIQUE MAJEURE APPARENTE

Famille 11 - texture équilibrée : mélange équilibré de cailloux, sable et argile, " une bonne terre "

Famille 12 - texture grossière à très grossière : terre contenant de nombreux cailloux

Famille 13 - texture sableuse : terre de texture proche de celle du sable

Famille 14 - texture type limono-argileuse : terre plus fine que le sable et plutôt compacte une fois sèche

Famille 15 - roche mère : roche naturellement présente dont l'altération a participé à la constitution du sol naturel

Catégorie 2 REMBLAI DE MATERIAUX PRIMAIRES ISSUS DE CARRIERE OU ASSIMILE

Famille 21 - Terre végétale : terre ou terreau rapportés

Famille 22 - Argiles : argiles rapportés

Famille 23 - Limons : limons rapportés

Famille 24 - Sables : sables rapportés

Famille 25 - Graviers : graviers rapportés

Famille 26 - Galets : galets rapportés

Famille 27 - Roches : roches rapportées (granite, calcaire, schiste, pouzzolane, rhyolite, grès, ...)

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Catégorie 3 **REMBLAI DE DECHETS**

Famille 31 - Déchets du bâtiment : ardoise, béton, fer à béton, brique, carrelage, ciment, plâtre, canalisation, tôle ondulée, laine de roche/verre, mousse expansée, fibro-ciment, tuile, flocages, gravats, ...

Famille 32 - Déchets industriels : calamine, métal ferreux et non ferreux, cendre, chaux, coke, débris caoutchouteux, charbon, laitier, mâchefer, phosphogypse, résidus de fonderie, scories, suies, soufre, ...

Famille 33 - Déchets verts : tontes de gazon, branchages, feuilles, déchets de taille de végétaux, mousses végétales, ...

Famille 34 - Déchets STEP : boues de station d'épuration

Famille 35 - Déchets ménagers : céramique, papier, carton, plastique, verre, tissus, ...

Famille 36 - Déchets routiers et transports : goudrons, bitumes, pavé, rail, ballast, ...

Catégorie 4 **REVÊTEMENT**

Famille 40 – Bitume

Famille 41 – Asphalte

Famille 42 – Enrobé

Famille 43 – Granulats

Famille 44 – Pavage

Famille 45 – Béton

Famille 46 – Béton armé

Catégorie 5 **ZONE SATURÉE**

Si les principaux matériaux rencontrés ne se trouvent pas dans la liste, saisir : « 9992 – Autre à préciser dans le commentaire ». Si les matériaux en présence ne sont pas connus, saisir : « 9991 – Inconnu ».

Exemple : 32 – Déchets industriels

Remarque : la catégorie 4 permet de tenir compte des couches de revêtement et de :

- leur épaisseur dans le sondage ;
- la présence potentielle de certaines substances (hydrocarbures).

8.3. GRANULOMETRIE MATERIAU*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU mais s'inspire de catégories granulométriques rencontrées dans la littérature.

Il permet d'indiquer la taille des particules du matériau saisi dans le champ précédent.

Pour apprécier « à l'œil » le diamètre D des particules majoritairement présentes on peut se référer au tableau ci-dessous et aux équivalences avec des matériaux connus :

| Code | Taille | Equivalent connu |
|------|---------------------|------------------|
| 1 | 200 mm < D | Blocs |
| 2 | 60 < D < 200 mm | Cailloux |
| 3 | 2 < D < 60 mm | Graves |
| 4 | 0,06 < D < 2 mm | Sables |
| 5 | 0,002 < D < 0,06 mm | Limons |
| 6 | D < 0,002 mm | Argiles |

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Si le paramètre granulométrie ne présente pas de sens pour le matériau considéré, il convient de saisir : 9994 – Sans objet

8.4. COMMENTAIRE

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur les matériaux rencontrés ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique.

9. Onglet « Echantillons »

Cet onglet permet de saisir des informations sur les échantillons prélevés dans les différents sondages identifiés dans l'onglet précédent. Cet onglet comprend une ligne par échantillon décrit. Selon les besoins de l'étude ou le respect des bonnes pratiques, un échantillon peut résulter d'un échantillonnage composite en surface ou en profondeur (Voir Annexe 2. Exemple 3). Dans ce dernier cas et si le préleveur le juge nécessaire, les prélèvements qui formeront l'échantillon composite peuvent être prélevés à des niveaux différents : les profondeurs de prélèvement des échantillons sont indépendantes des profondeurs renseignées pour les niveaux (Voir Annexe 2. Exemple 4).

9.1. IDENTIFIANT DU SONDAGE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. La liste associée est construite automatiquement à partir des renseignements saisis dans les onglets précédents.

Remarque : Toute modification des informations saisies dans l'onglet précédent intervenant après la saisie des lignes ci-dessous implique leur correction.

Exemple : Sondage : S1

9.2. CODE SIRET DU PRELEVEUR*

Le Système d'identification du répertoire des établissements (SIRET) est un code INSEE qui permet d'identifier un établissement ou une entreprise. Le code SIRET comprend 14 chiffres. Il s'agit ici de saisir le code SIRET de l'organisme préleveur.

Exemples du code SIRET du BRGM : 58205614900120

Le format du champ est numérique et doit comprendre 14 caractères. Si le SIRET est introuvable saisir le code suivant (14 fois 0) : 00000000000000

9.3. IDENTIFIANT UNIQUE DE L'ECHANTILLON ATTRIBUE PAR LE PRELEVEUR*

Ce champ correspond à l'identifiant de l'échantillon décidé par le prestataire de l'étude ou le préleveur.

Exemple : Ech1

Le format du champ est alphanumérique.

9.4. DATE ET HEURE DE PRELEVEMENT*

Ce champ permet d'indiquer la date et l'heure auxquelles le prélèvement a eu lieu.

Exemple : 21/03/2016 08:30

Le champ est au format date – heure.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

9.5. PROFONDEUR DEBUT ECHANTILLON (M)*

Ce champ correspond à la profondeur à laquelle le sondage a débuté par rapport à la surface topographique (Voir Annexe 2).

Exemple : 1,5

Unité : mètres

Le format de ce champ est numérique.

9.6. PROFONDEUR FIN ECHANTILLON (M)*

Ce champ correspond à la profondeur à laquelle le prélèvement a débuté par rapport à la surface topographique (Voir Annexe 2).

Exemple : 2

Unité : mètres

Le format de ce champ est numérique.

9.7. MODE PRELEVEMENT*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Les codes et le lexique associés sont propres à BDSolU. Il informe sur les modalités mises en œuvre pour prélever l'échantillon : échantillon ponctuel ou composite horizontal ou vertical. Si la méthode de prélèvement ne figure pas dans la liste il convient de sélectionner « 9992 - Autre à préciser dans le commentaire » et de renseigner le champ « Commentaire ».

Exemple : 2 - Echantillon composite selon une étoile

9.8. NOMBRE D'ECHANTILLON

Ce champ est renseigné si le mode de prélèvement correspond à un échantillon composite. Il indique le nombre d'échantillon ayant servi à la composition de l'échantillon final.

Exemple : 5

Le format de ce champ est numérique.

9.9. LARGEUR (M)

Ce champ est renseigné si le mode de prélèvement correspond à un échantillon composite. Il permet d'indiquer la largeur du carré, de l'étoile ou la distance maximale entre les points de prélèvement de l'échantillon composite.

Exemple : 3

Le format de ce champ est numérique.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

9.10. MASSE PRISE UNITAIRE (KG)

Ce champ correspond à la masse de l'échantillon unitaire ou de chaque échantillon formant l'échantillon composite.

Exemple :

- 0,5 si l'échantillon unitaire pèse 0,5 kg ;
- ou 0,1 si chacun des échantillons formant le composite pèse 0,1 kg.

Le format de ce champ est numérique.

9.11. PREPARATION DE L'ECHANTILLON SUR SITE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Les codes et le lexique associés sont propres à BDSolU.

Il informe sur la préparation de l'échantillon au moment du prélèvement. Si les modalités de préparation du prélèvement sur site ne figurent pas dans la liste il convient de sélectionner « 9992 - Autre à préciser dans le commentaire » et de renseigner le champ « Commentaire ».

Exemple : 4 - Retrait de la végétation et des éléments grossiers

9.12. COULEUR DE L'ECHANTILLON*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est emprunté au « Guide simplifié pour la description des sols » d'Antoine Delaunois, Chambre d'agriculture du Tarn. 2006. Il comprend 34 choix de couleurs permettant de décrire les sols en France.

Ce champ informe sur la couleur de l'échantillon au moment du prélèvement. Cette solution est apparue plus simple à mettre en œuvre sur le terrain, par un intervenant non spécialisé, que celle faisant appel à la Charte de couleurs de sol "Munsell" utilisée par les pédologues.

Exemple : 6 - gris foncé

9.13. ODEUR DE L'ECHANTILLON*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU.

Ce champ informe sur l'odeur de l'échantillon au moment du prélèvement.

Si l'échantillon présente une odeur identifiable mais ne figurant pas dans la liste il convient de sélectionner « 9992 - Autre à préciser dans le commentaire »

Exemple : 3 - Odeur d'hydrocarbures

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

9.14. TEXTURE DE L'ECHANTILLON*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU. Ce champ informe sur la texture de l'échantillon au moment du prélèvement.

Exemple : 2 - Lourde

9.15. CONDITIONNEMENT*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU.

Ce champ informe sur la façon dont le prélèvement est conditionné pour être envoyé au laboratoire. Si le mode de conditionnement ne figure pas dans la liste il convient de sélectionner « 9992 - Autre à préciser dans le commentaire » et de renseigner le champ « Commentaire ».

Exemple : 2 - Flacon polyéthylène

9.16. NOM OPERATEUR PRELEVEMENT

Ce champ correspond au nom de l'agent ayant effectué le prélèvement.

Exemple : P. Dupont

Le format de ce champ est alphanumérique.

9.17. COMMENTAIRE

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur l'échantillon prélevé ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique.

10. Onglet « Analyses »

Cet onglet permet de saisir des informations sur les analyses des échantillons décrits dans l'onglet précédent. Il comprend une ligne par substance analysée.

Cet onglet peut être renseigné manuellement ou automatiquement via une application informatique que les laboratoires mettront en place de façon à transférer les données acquises depuis leur LIMS (Laboratory Information Management System).

10.1. IDENTIFIANT DE L'ECHANTILLON*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. La liste associée est construite automatiquement à partir des renseignements saisis dans les onglets précédents.

Remarque : Toute modification des informations saisies dans l'onglet précédent intervenant après la saisie des lignes ci-dessous implique leur correction.

Ce champ récapitule les identifiants du sondage et de l'échantillon concerné par l'analyse.

Exemple : Sondage : S1 | Echant. : ID echant

10.2. CODE PARAMETRE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante associée à une fenêtre. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique SANDRE.

Il permet d'indiquer le nom de la substance analysée ou du paramètre physico-chimique mesuré.

La fenêtre de sélection permet d'affiner la liste au moyen du code SANDRE, ou du code CAS (Chemical Abstract Service), ou d'un mot.

Si le paramètre souhaité ne se trouve pas dans la liste, il convient de saisir : « 9992 – Autre à préciser dans le commentaire »

Exemples : 1114 | 71-43-2 | Benzène

10.3. CODE SIRET DU LABORATOIRE*

Le Système d'identification du répertoire des établissements (SIRET) est un code INSEE qui permet d'identifier un établissement ou une entreprise. Le code SIRET comprend 14 chiffres. Il s'agit ici de saisir le code SIRET du laboratoire.

Exemples du code SIRET du BRGM : 58205614900120

Le format du champ est numérique et doit comprendre 14 caractères. Si le SIRET est introuvable saisir le code suivant (14 fois 0) : 00000000000000

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

10.4. IDENTIFIANT UNIQUE DE L'ANALYSE ATTRIBUE PAR LE LABORATOIRE EFFECTUANT L'ANALYSE*

Ce champ correspond à l'identifiant ou au code attribué à l'échantillon par le laboratoire.

Exemple : 001

Le format de ce champ est alphanumérique.

10.5. DATE D'EDITION DU RAPPORT D'ANALYSE*

Ce champ correspond à la date d'édition du rapport d'analyse par le laboratoire.

Exemple : 20/03/2017

Ce champ est au format date JJ/MM/AAAA.

10.6. LIEU D'ANALYSE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé est propre à BDSolU.

Ce champ informe sur le lieu de l'analyse et permet de distinguer les analyses réalisées en laboratoire ou sur le terrain.

Exemple : 2 - Laboratoire

10.7. METHODE DE PREPARATION OU D'ANALYSE 1*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante associée à une fenêtre. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique SANDRE. Il est complété par des méthodes ajoutées dans le cadre du projet BDSolU.

Il permet d'indiquer le nom de la méthode de préparation ou d'analyse de l'échantillon.

La fenêtre de sélection permet d'affiner la liste :

- en sélectionnant une catégorie de méthode de préparation ou une catégorie de méthode d'analyse ;
- puis au moyen du code SANDRE, ou d'un mot.

Si la méthode souhaitée ne se trouve pas dans la liste, il convient de saisir : « 9999 - Méthode absente dans cette liste (remplir le champ libre suivant suivant, colonne I) »

Exemples : 687 - Extraction par solvant sous pression à chaud (ASE)

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

10.8. METHODE DE PREPARATION OU D'ANALYSE 2

Les modalités de saisie de ce champ sont identiques à celle du champ précédent. Ce champ permet de compléter les informations fournies sur la préparation ou l'analyse de l'échantillon dans le champ précédent.

Il permet d'indiquer, si besoin une méthode complémentaire de préparation ou d'analyse.

Si la méthode souhaitée ne se trouve pas dans la liste, il convient de saisir : « 9999 - Méthode absente dans cette liste (remplir le champ libre suivant suivant, colonne I) »

Exemple : 881 - Dosage des PCB-Dioxin Like - Méthode par chromatographie phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons

10.9. NOM DE LA OU DES METHODE(S) DE PREPARATION OU D'ANALYSE

Ce champ permet de saisir une méthode de préparation ou d'analyse qui ne figurerait pas dans les listes déroulantes des deux champs précédents.

Exemple : Méthode 05 interne du laboratoire pour la détermination de l'arsenic.

Le format de ce champ est alphanumérique.

10.10. FRACTION ANALYSEE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique SANDRE.

Ce champ permet d'indiquer si l'analyse concerne le solide brut, une fraction tamisée de ce solide ou la solution obtenue après lixiviation de ce solide.

Si ce paramètre est inconnu il convient de saisir : « 9991 – Inconnu »

Exemple : 146 - Matière sèche de particules < 20 µm

10.11. CODE REMARQUE*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante simple. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique SANDRE.

Ce champ permet d'indiquer si le résultat de l'analyse ou de la mesure se trouve dans le domaine de validité de la méthode, en deçà ou au-delà des limites de quantification. Il convient de distinguer :

- le seuil de détection à partir duquel, par exemple, un appareil détecte un signal indiquant la présence qualitative d'une substance ;
- et le seuil de quantification à partir duquel ce signal devient quantifiable.

Le cas échéant ce champ permet aussi d'indiquer que l'analyse ou la mesure demandée n'a pas été réalisée (manque de matière, perte d'échantillon, ...).

Exemple : 1 - Domaine de validité

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

10.12. RESULTAT*

Ce champ correspond au résultat de l'analyse ou de la mesure. Il doit impérativement être cohérent avec les champs « Code remarque » et « LQI ».

Par exemple des champs « Code remarque » et « LQI » indiquant respectivement :

- « 10 - < seuil de quantification »
- et « 5 »

sont incompatibles avec un champ « Résultat » indiquant « 6 ».

Exemple : 12,5

Le format de ce champ est numérique.

10.13. LQI

Ce champ correspond à la Limite de Quantification Inférieure de l'analyse ou de la mesure. Il doit impérativement être cohérent avec les champs « Code remarque » et « Résultat ».

Exemple : 0,1

Le format de ce champ est numérique

10.14. UNITE RESULTAT*

Ce champ est renseigné au moyen d'une liste déroulante associée à une fenêtre. Le lexique associé correspond aux codes et au lexique SANDRE.

Ce champ permet d'indiquer le nom de la méthode de préparation ou d'analyse de l'échantillon. Il est complété par quelques lignes ajoutées dans le cadre du projet BDSolU.

La fenêtre de sélection permet d'affiner la liste :

- en sélectionnant une catégorie d'unité ;
- puis au moyen du code SANDRE, ou, d'au moins, une partie du libellé de l'unité.

Si le paramètre choisi s'exprime sans unité, il convient de saisir « 9994 – Sans objet »

Si l'unité du paramètre n'est pas connue, il convient de saisir « 9991 – Inconnu »

Exemples : 543 - Nanogramme par kilogramme

10.15. COMMENTAIRE

Ce champ est un champ libre pour indiquer un commentaire sur l'analyse ou un complément d'information sur les champs précédents.

Le format de ce champ est alphanumérique.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

11. Onglet « Paramétrages »

Cet onglet permet de connaître la version du fichier de saisie et sa date de parution.

Il n'y a aucune saisie dans cet onglet.

Mais il convient de toujours travailler avec la dernière version du fichier (indiquée sur le site internet) mise à disposition par le BRGM. Dans le cas contraire, le système de dépôt refusera le fichier.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

12. Poster un fichier de saisie sur la plateforme BDSolU.fr

Une fois le fichier de saisie entièrement renseigné, il est possible de déposer sur la plateforme www.BDSolU.fr.

Cette opération se déroule en plusieurs étapes :

12.1. ALLER SUR LA PLATEFORME DE DEPOT ET SUR LA RUBRIQUE DE DEPOT

Ouvrir le site www.bdsolu.fr



Illustration 3 - Page d'accueil du site www.BDSolU.fr.

Établissement de fonds pédéo-géochimiques urbains en parallèle à l'opération ETS

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoIU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Dans le menu principal sélectionner Bancarisation/Déposer un bordereau

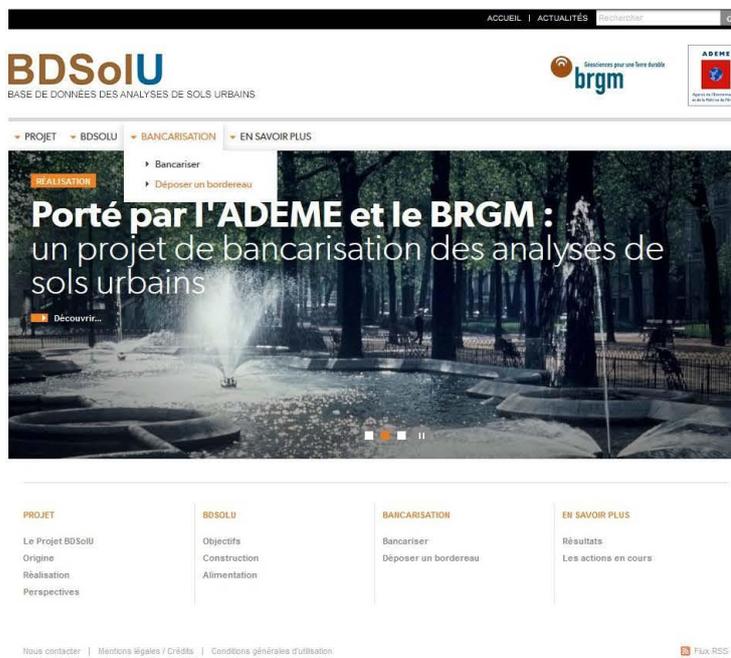


Illustration 4 - Accès au dépôt d'un fichier excel sur le site www.BDSoIU.fr.

Le site s'estompe et une fenêtre d'identification s'ouvre.

Saisir le nom d'utilisateur et le mot de passe fournis par le BRGM.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoLU - Document à l'attention des fournisseurs de données

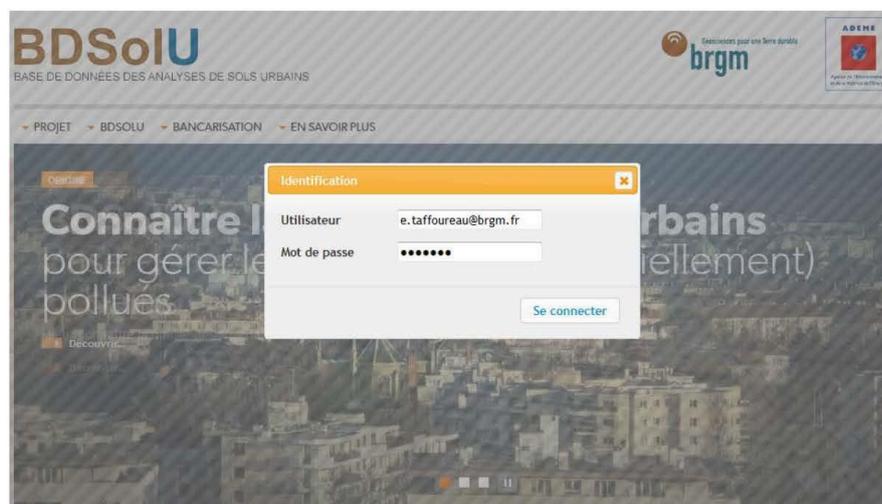


Illustration 5 - Saisie des identifiant et mot de passe sur la zone de dépôt.

Choisir dans la liste déroulante le projet concerné par le dépôt.

Si le projet ne se trouve pas dans la liste joindre bdsolu@brgm.fr

Cliquer sur le bouton « Suivant »



Illustration 6 - Etape 1 du dépôt : choix du projet concerné.

Cliquer sur le bouton « Sélectionner un bordereau Excel » pour rechercher le fichier à déposer sur votre ordinateur.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoU - Document à l'attention des fournisseurs de données

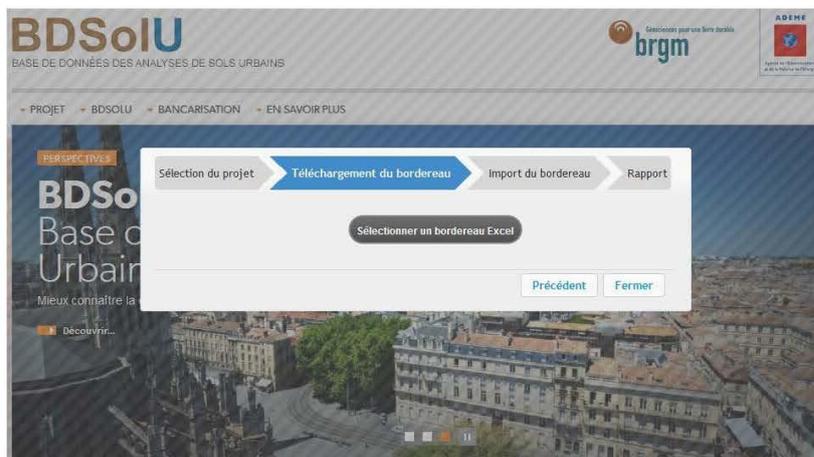


Illustration 7 - Etape 2 du dépôt : sélection du fichier excel préalablement renseigné.

Cliquer sur le bouton « Cliquer pour lancer l'import du bordereau Excel en base de données » pour lancer la procédure de vérification des données saisies.



Illustration 8 - Etape 3 du dépôt : lancement de l'import du fichier.

Si des erreurs de saisie sont relevées elles s'affichent dans un rapport détaillé avec un message explicatif (par exemple, « la valeur entrée n'est pas syntaxiquement correcte »). Le rapport permet également de retrouver la cellule concernée dans le fichier Excel en indiquant l'onglet, la colonne et la ligne correspondante.

Il est possible d'exporter ce rapport au format Excel pour le conserver et en faciliter la lecture.

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoLU - Document à l'attention des fournisseurs de données

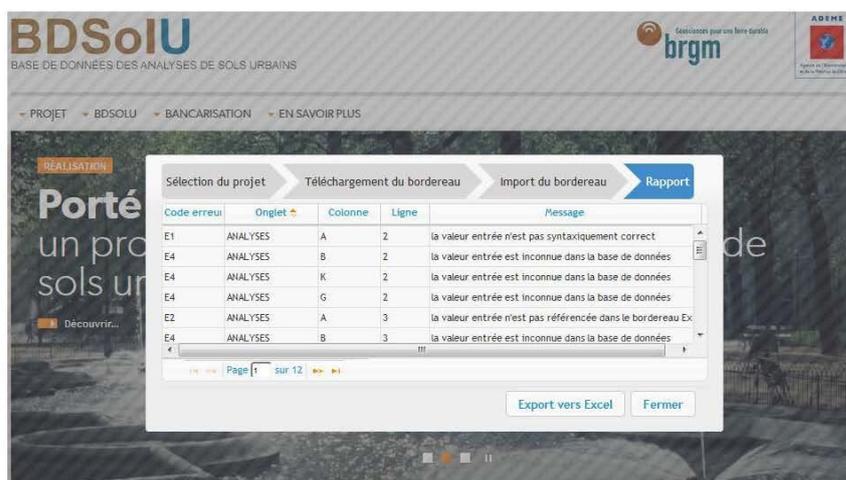


Illustration 9 - Etape 4 du dépôt : Rapport en cas d'erreur.

Si les valeurs saisies sont correctes le message suivant s'affiche :

« Le fichier a été importé avec succès »

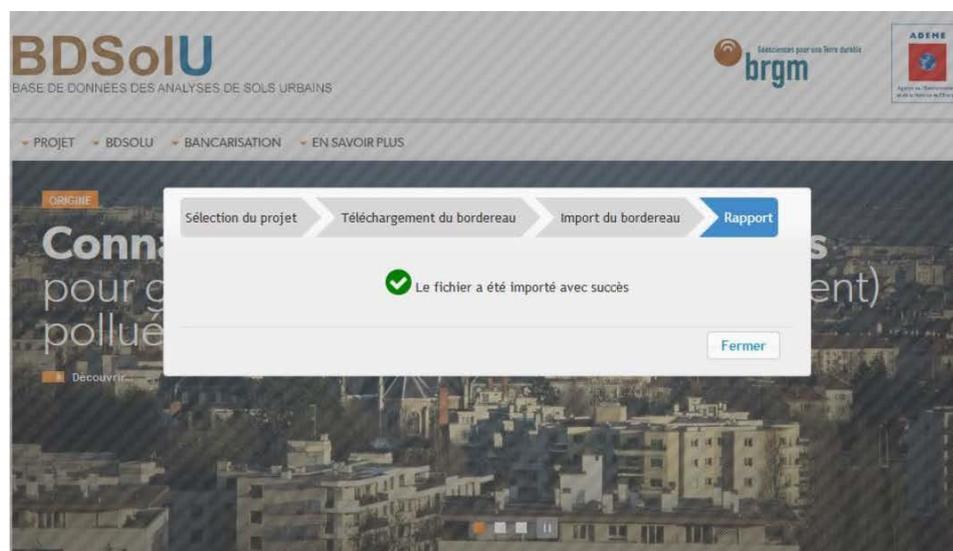


Illustration 10 - Etape 4 du dépôt : Rapport en cas d'import réussi.

13. Bibliographie

1. BASIAS. Inventaire Historique de sites industriels et activités de service. [En ligne] BRGM. <http://basias.brgm.fr>.
2. Sandre - Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau. Eau-France - Portail national d'accès aux référentiels sur l'eau. [En ligne] ONEMA - Office International de l'Eau. <http://www.sandre.eaufrance.fr/>.
3. INSEE - Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. [En ligne] www.insee.fr/.
4. IGN - Le portail IGN. [En ligne] IGN - Institut Géographique National. <http://www.ign.fr>.
5. CORINE Land cover - Part 2: Nomenclature. European Environment Agency. [En ligne] European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part2>.
6. Norme ISO/FDIS 18400-107 – Soil Quality – Sampling – Part 107 : Recording and Reporting,. s.l. : ISO - International Standard Organization, 2015. 18400-107.
7. Norme NF ISO 10381-5 – Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 1 (2003) : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage. s.l. : AFNOR - Association Française de Normalisation, 2003. 10381-5 - Partie 1.
8. Norme NF ISO 10381-5 – Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 5 (2005) Lignes directrices pour la procédure d'investigation des sols pollués en sites urbains et industriels . s.l. : AFNOR - Association Française de Normalisation, 2005. 10381-5 - Partie 5.
9. BAIZE, Denis, et al., et al. Référentiel Pédologique. s.l. : Edition Quae, 2008. ISBN 978-2-7592-0186-0 ISSN 1952-1251.1. Guides pour la détermination des valeurs de bruit de fond. Norme Européenne - Norme Française - Qualité du sol. 2011. NF EN ISO 19258. X 31-606.
10. Décrire à grande échelle l'occupation des sols urbains par photo-interprétation. Réflexion méthodologique et expérimentation en Provence. ROBERT, Samuel et AUTRAN, Jacques. s.l. : Sud-Ouest Européen - Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 2012, Vol. 33.
11. ROUX, Cécile et AUITRAN, Jacques. Fiche résumée - Groupe de Travail Nomenclature Urbaine "Occupation du sol grande échelle" - Activité 2006-2007. s.l. : ENSA - Marseille - CRIGE PACA, 2008.
12. DELAUNOIS, Antoine. Guide simplifié pour la description des sols. s.l. : Chambre d'agriculture du Tarn, 2006.
13. WRB-World Reference Base . Portail d'information sur les sols. [En ligne] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/soils-portal/etude-des-sols/classification-des-sols/base-de-referance-mondiale/fr/>.
14. WAVRER, Philippe. Echantillonnage - Théorie et application. [Diaporama] s.l. : BRGM, 2013.

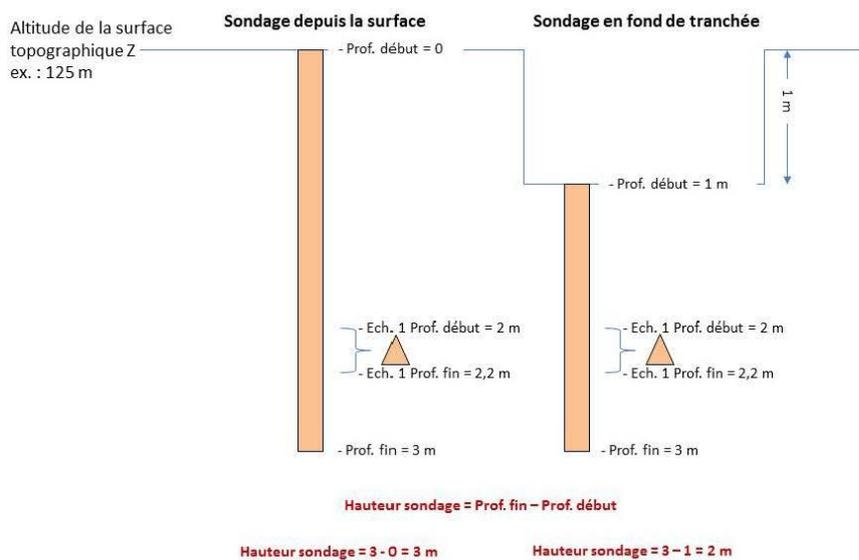
Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Annexe 1

Mesure des profondeurs

Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Exemple : Mesure des profondeurs



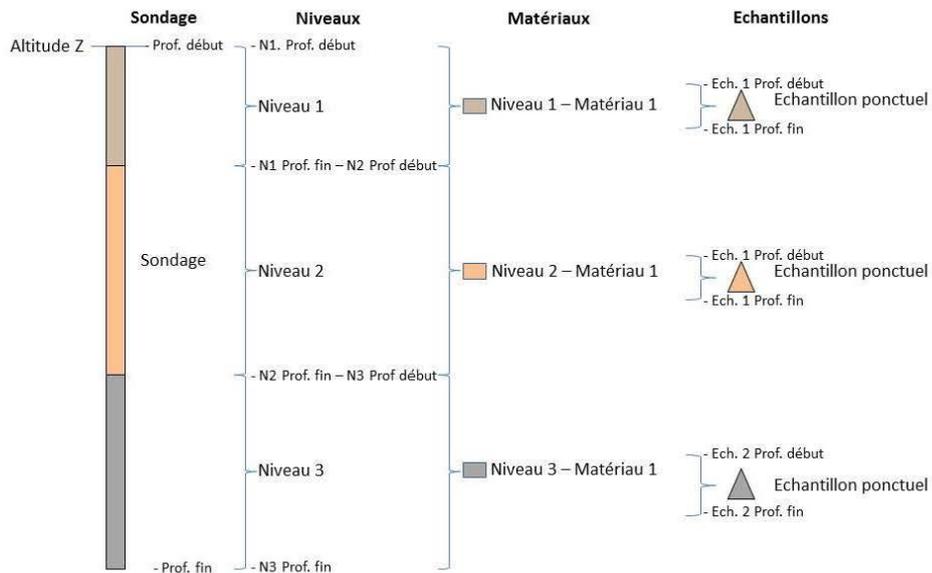
Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Annexe 2

Exemples de combinaisons de niveaux, matériaux et échantillons pour un sondage

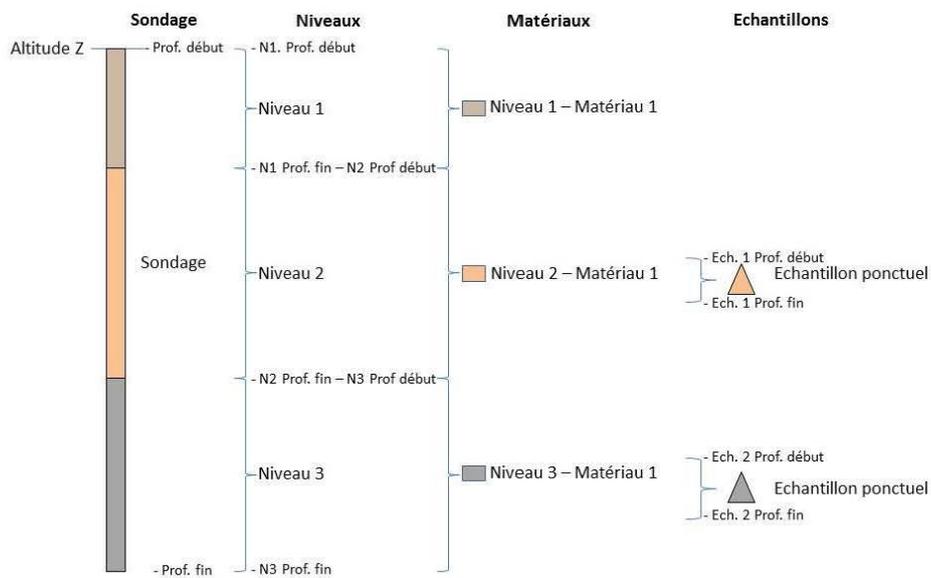
Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Exemple 1 : 1 échantillon ponctuel par niveau



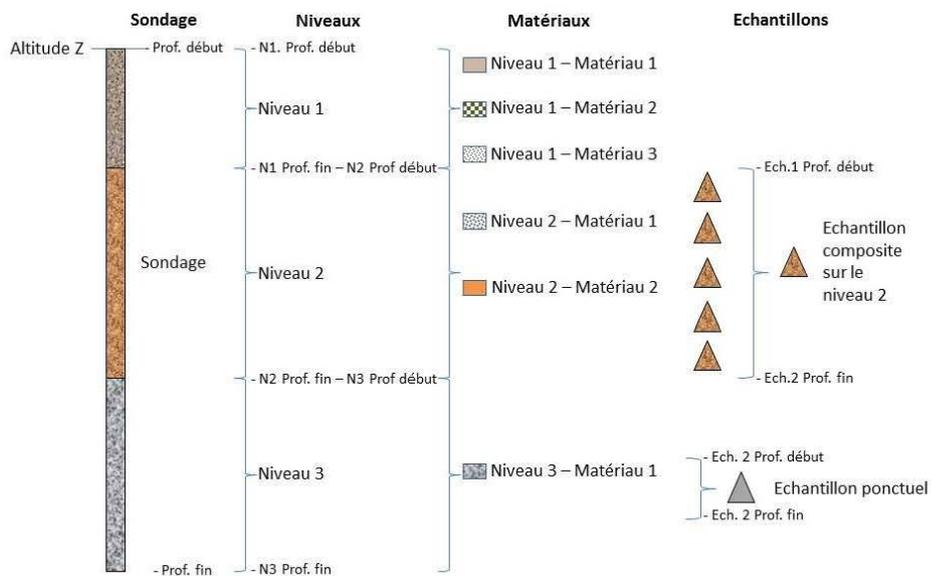
Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSoLU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Exemple 2 : 1 niveau n'est pas échantillonné



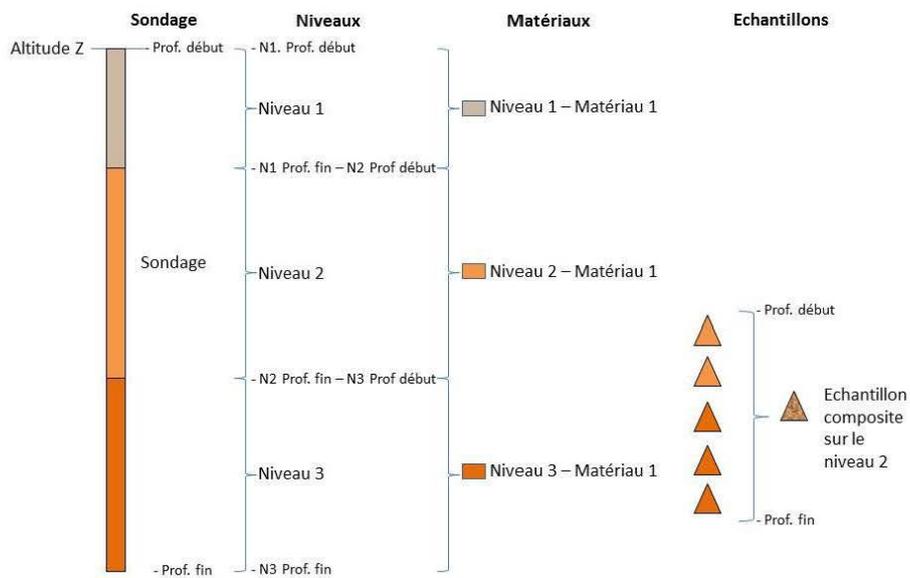
Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Exemple 3 : plusieurs matériaux par niveau, échantillons ponctuel et composite



Mode opératoire pour la saisie de données dans BDSolU - Document à l'attention des fournisseurs de données

Exemple 4 : échantillon composite sur deux niveaux de même nature





Centre scientifique et technique
Direction Eau, Environnement & Écotecnologies
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr