

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

Rapport intermédiaire

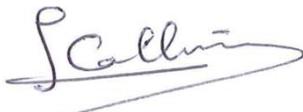
BRGM/RP-66496-FR
décembre 2016

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

J.F. Brunet
Avec la collaboration de
E. Taffoureau, C. Blanc, A. Coftier, C. Le Guern, C. Mirgon, N. Aubert et L. Sancho

Vérificateur :

Nom : L. Callier
Fonction : Responsable scientifique de
Programme
Date : 04/01/2017
Signature :



Approbateur :

Nom : H. Léprond
Fonction : Responsable d'unité Sites, Sols et
Sédiments Pollués
Date : 19/05/2017
Signature :



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



Mots-clés : Fond pédogéochimique 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., avec la collaboration de **Taffoureau E., Blanc C., Coftier A., Le Guern C., Mirgon C., Aubert N. et Sancho L.** (2016) - Établissement de fonds pédogéochimiques urbains en parallèle à l'Opération ETS du Ministère de l'Écologie. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-66496-FR, 58 p., 12 fig., 1 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 FGU, du 12 septembre 2014 au 12 septembre 2017. Les travaux consistent à poursuivre et compléter les tâches entamées au cours de la 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 pédogéochimique anthropisé pour les différents paramètres analysés dans les principales agglomérations françaises.

L'objectif 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 en février 2007 (révision à paraître début 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 pédogéochimique. En milieu rural, les fonds pédogéochimiques 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 aux activités humaines des villes et des industries. Le projet FGU consiste à déterminer les fonds pédogéochimiques anthropisés spécifiques aux différentes agglomérations urbaines en France. Les connaissances ainsi acquises sur la qualité des sols urbains pourront servir, entre autre, à la mise en œuvre de la démarche de gestion des terres excavées (après adaptation et compléments). 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 rappelle rapidement le fonctionnement du projet et décrit les différentes tâches en cours ou réalisées. En octobre 2016, la base de données FGU compte 73 078 résultats d'analyses correspondant à 632 échantillons de sols « témoins » obtenus dans le cadre du projet ETS. Un protocole de traitement statistique a été élaboré dans le cadre d'un stage de fin d'étude d'ingénieur qui a donné lieu à un rapport dédié. L'exploitation 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 statistiques mises en œuvre aux spécificités et au contexte des données FGU, va permettre une valorisation plus affinée des résultats.

L'alimentation de la base de données avec des analyses complémentaires reste cependant nécessaire pour atteindre les objectifs fixés. La deuxième convention ADEME-BRGM (2014-2017) prévoit donc la refonte de la base de données et du protocole permettant son alimentation. Il s'agit de bancariser des analyses de sols et leurs métadonnées dans le cadre de projets hors ETS. Ces données pourront être obtenues selon des protocoles de prélèvement et d'analyse variés et notamment, concerner des sols profonds. Cette nouvelle base à vocation nationale est appelée Base de données des analyses de Sols Urbains (BDSolU). Elle 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 au moyen des données recueillies localement par certaines collectivités urbaines est également une solution pour laquelle le BRGM recherche des partenariats.

À cette occasion 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 a participé à la consultation sur la norme ISO 19258 et aux travaux du Groupe de travail « Valeurs de fond » conduit par l'ADEME. Il contribue ainsi à la réflexion en cours sur l'ensemble des questions méthodologiques posées par la détermination des fonds pédogéochimiques 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 SLU PRÉLEVÉS DANS LES ESPACES VERTS	17
2.4. ÉCHANTILLONS SLE PRÉLEVÉS DANS LES ÉTABLISSEMENTS	18
2.4.1. Valorisation de populations mixtes SLU et SLE	18
2.4.2. Valorisation des échantillons SLE au titre de SLU	19
2.4.3. Sélection des échantillons SLE valorisables	19
2.5. PROBLÈME DES ANALYSES DE FRACTIONS D'HYDROCARBURES	21
3. Traitement statistique des données.....	23
4. Refonte de la base de données	25
4.1. CONTEXTE	25
4.2. DESCRIPTION	25
4.2.1. Principe de fonctionnement	26
4.2.2. Construction	29
4.2.3. Codes SANDRE	29
4.3. ALIMENTATION DE BDSOLU.....	33
4.4. OBJECTIF DE BDSOLU.....	35
4.4.1. Cas des sites où des travaux de dépollution seraient entrepris	36
5. Norme NF EN ISO 19258	37
5.1. DÉFINITIONS.....	38
5.1.1. Valeur de fond.....	38
5.1.2. Contaminant.....	38
5.1.3. Apport dû à une source diffuse.....	38
5.1.4. Fond.....	38

5.2. MÉTHODE.....	39
5.2.1. Zone d'étude	39
5.2.2. Nombre d'échantillons	39
5.2.3. Qualité des données	40
5.2.4. Traitement statistique	40
6. Communication	41
6.1. AQUACONSOIL 2015	41
6.2. ARTICLE DANS SOLSCOPEMAG	41
6.3. 13 ^{ÈME} JOURNÉES TECHNIQUES SUR LE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA GESTION DES SITES ET SOLS POLLUÉS.....	41
6.4. PRÉSENTATION DU PROJET SUR LE STAND BRGM DU SALON POLLUTEC.....	41
6.5. ARTICLE DANS ENVIRONNEMENT & TECHNIQUES	42
7. Conclusions.....	43
8. Bibliographie	45

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.	18
Figure 5 - Exemples de points de prélèvements au sein des établissements scolaires (© photographies du projet ETS).	20
Figure 6 - Schéma des relations entre tables et lexiques de la première base de données sous Access®/Oracle®.....	26
Figure 7 - 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 par rapport à l'ancienne.	27
Figure 8 - Schéma décrivant l'alimentation de la base de données BDSolU.....	28
Figure 9 - Liste des méthodes d'analyse employées par les laboratoires impliqués dans les projets ETS/FGU.	31
Figure 10 - Liste des méthodes de préparation et d'analyse employées par les laboratoires des projets ETS/FGU.	32
Figure 11 - Extrait de la liste des 412 méthodes disponibles dans le lexique des méthodes d'analyse BDSolU (Les codes indiqués en colonne de gauche sont des codes SANDRE ou des codes créés spécifiquement pour les méthodes ajoutées (numéro > 9 000))......	33

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.35

Liste des annexes

Annexe 1 - Communications47

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 concernant la qualité géochimique à respecter pour ce type de sols. En cas de suspicion de pollution, la démarche française privilégie la comparaison de l'état du sol considéré à celui des sols « sains » voisins de la zone d'investigation. 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 de gestion des terres excavées considère qu'une terre est exempte de pollution dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le **fond géochimique naturel local**. Un sol peut être considéré sans danger pour les populations lorsqu'il est conforme à son état naturel initial, et lorsqu'il est conforme à l'état d'un sol dont il est admis qu'il ne pose pas de problème particulier pour l'usage envisagé (2).

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 pédogéochimique 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 pédogéochimique 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 pédogéochimique naturel : le Fond Pédogéochimique Anthropisé (FPGA).

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

- du BRGM disponible 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 pédogéochimique 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 pédogéochimique 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 » est réalisé dans le cadre de la 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 fait suite à une première convention FGU n° 1072C0046 (2010-2014) (5). Ces deux conventions ont pour premier objectif l'établissement de fonds pédogéochimiques anthropisés dans les principales agglomérations françaises. La constitution de ces fonds pédogéochimiques anthropisés urbains s'appuie, dans un premier temps, sur le recueil 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 « Etablissements 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 ». Les diagnostics ETS font appel à plusieurs prélèvements dits « témoins » réalisés sur des lieux voisins à priori non influencés par d'anciennes activités industrielles, pour comparer les résultats des analyses de sols obtenues au droit des établissements. Le projet FGU exploite les analyses de ces prélèvements.

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 pédogéochimique naturel local n'a plus d'influence.

Toutefois, avec une moyenne de 6 établissements concernés par ville, on constate que le nombre de prélèvements disponibles pour FGU dans chaque agglomération sera le plus souvent trop faible pour une exploitation statistique fiable (Figure 2 - voir aussi le paragraphe 1.2.3.).

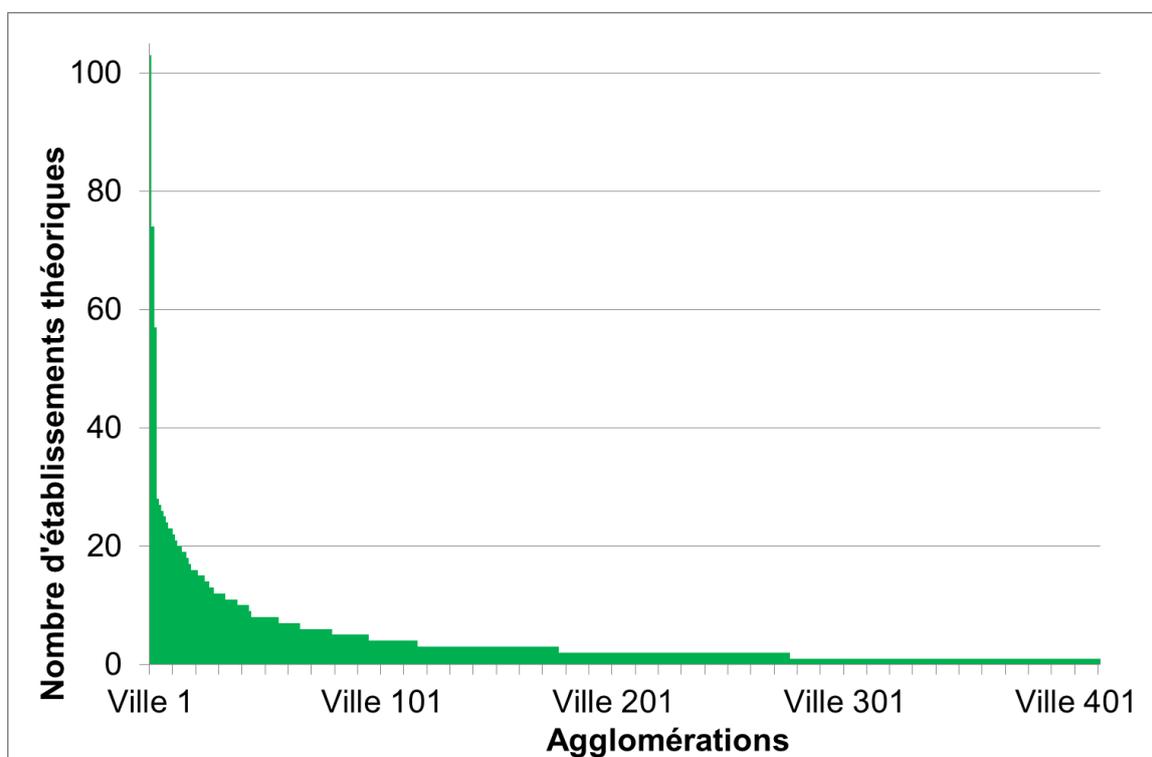


Figure 1 - Répartition des établissements initialement identifiés comme concernés par l'opération ETS dans les agglomérations françaises⁴.

Les informations recueillies doivent donc être complétées et l'ensemble bancarisé de façon appropriée. Les objectifs de la convention en cours 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 pour permettre la bancarisation de données obtenues dans le cadre de projets divers et selon des protocoles de prélèvement et d'analyse différents. La 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 les fonds pédogéochimiques 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 aussi au cours de cette deuxième étape 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 pédogéochimiques 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 codés SLU (Sols Urbains). Les espaces verts, et préférentiellement les jardins publics, 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 SLU sont systématiquement prélevés. 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. Ces échantillons SLU 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.

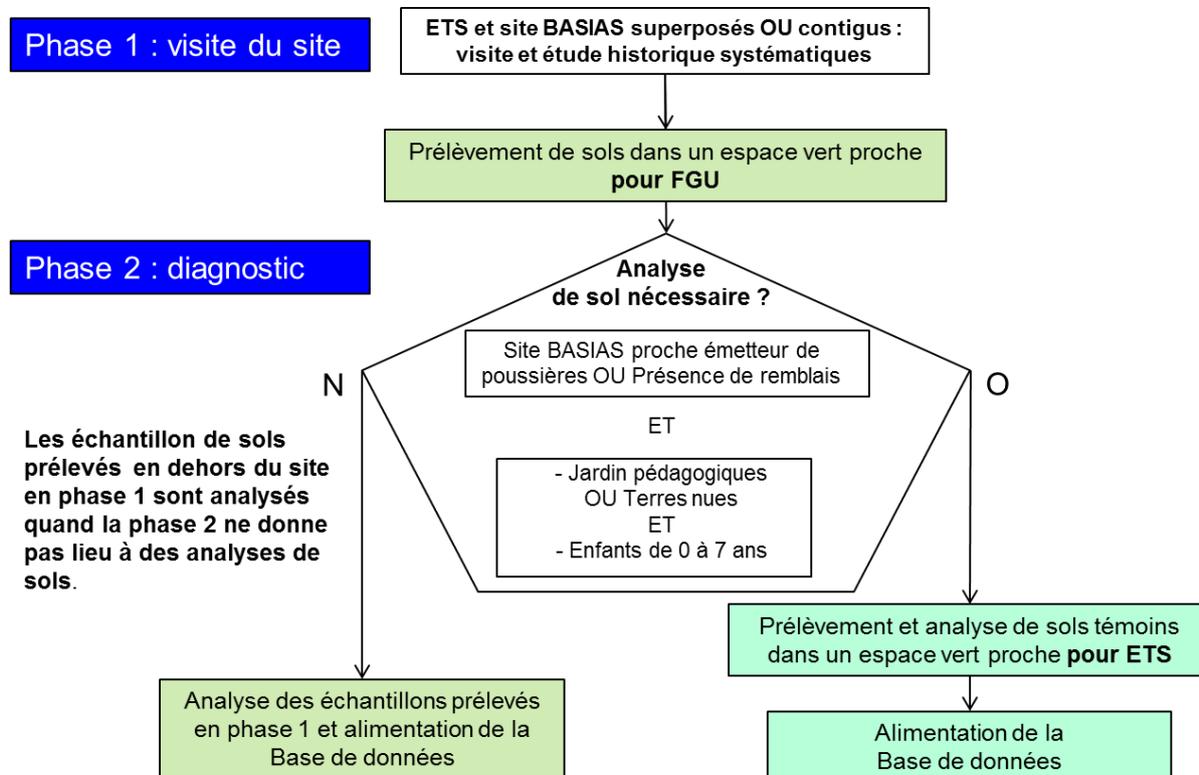


Figure 2 - Organigramme de sélection des échantillons SLU dans le cadre des diagnostics ETS.

En phase 2, les diagnostics ETS conduisent dans certains cas à des prélèvements d'échantillons « témoins » SLU et à des prélèvements dans les établissements. Ces derniers sont codés SLE (Sol des Établissements). Pour compléter la connaissance de la qualité des sols en milieu urbain, les analyses de ces échantillons sont également bancarisées dans la base de données. 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 SLU retenus dans la base de données provient de villes de plus de 5 000 habitants. Les effets dits « pépites » sont minimisés par des échantillonnages composites réalisés par 5 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 SLE 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 2 premières phases qui couvrent 1 400 établissements. Dans le cadre des deux conventions ADEME-BRGM (2010-2014 et 2014-2017), le projet FGU, adossé au projet ETS, s'intéresse donc aux 1 400 diagnostics qui y sont associés.

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

En phase 2, 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 pédogéochimique 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 une partie des prélèvements réalisés en dehors des consignes prescrites sont inexploitable. Certains de ces prélèvements sont découverts avant analyse (phase 1 du diagnostic), d'autres après analyse lors des phases 2 des diagnostics. Dans ce dernier cas, les analyses sont bancarisées dans la base de données mais les échantillons SLU sont rebaptisés SLE ou refusés.

Au final on estime à moins de 1 000 le nombre d'échantillons « témoins » dont les analyses seront bancarisées à l'issue des 2 conventions FGU entre l'ADEME et le BRGM (5). Dans ces conditions, en France métropolitaine, à terme (Figure 1) :

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

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.

2. Bilan de la collecte de données

2.1. BILAN GLOBAL

Au 13 octobre 2016, la base de données FGU compte 1 554 échantillons de sols (les SLU, les SLE et les « refusés »). Ces échantillons ont été prélevés à proximité ou au droit de 839 établissements implantés dans 293 villes métropolitaines réparties dans les 20 régions concernées par la première et la seconde tranche de l'opération ETS. Le nombre de résultats d'analyse bancarisés s'élève à 73 078. Les 1 554 échantillons se répartissent comme suit :

- 632 échantillons prélevés dans des espaces verts, dits SLU (sols urbains) et représentatifs du fond pédogéochimique anthropisé urbain au sens de la convention FGU ADEME-BRGM. Ils correspondent à 30 635 résultats d'analyse ;
- 877 échantillons prélevés au droit des établissements scolaires, dits SLE (sols des établissements) et donc potentiellement contaminés par les activités liées à la présence d'un ancien site inventorié dans BASIAS. Ils correspondent à 40 437 résultats d'analyse ;
- 45 échantillons dits « refusés », impropres à une valorisation pour absence de respect des consignes de prélèvements (mais dont les analyses sont malgré tout bancarisées).

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

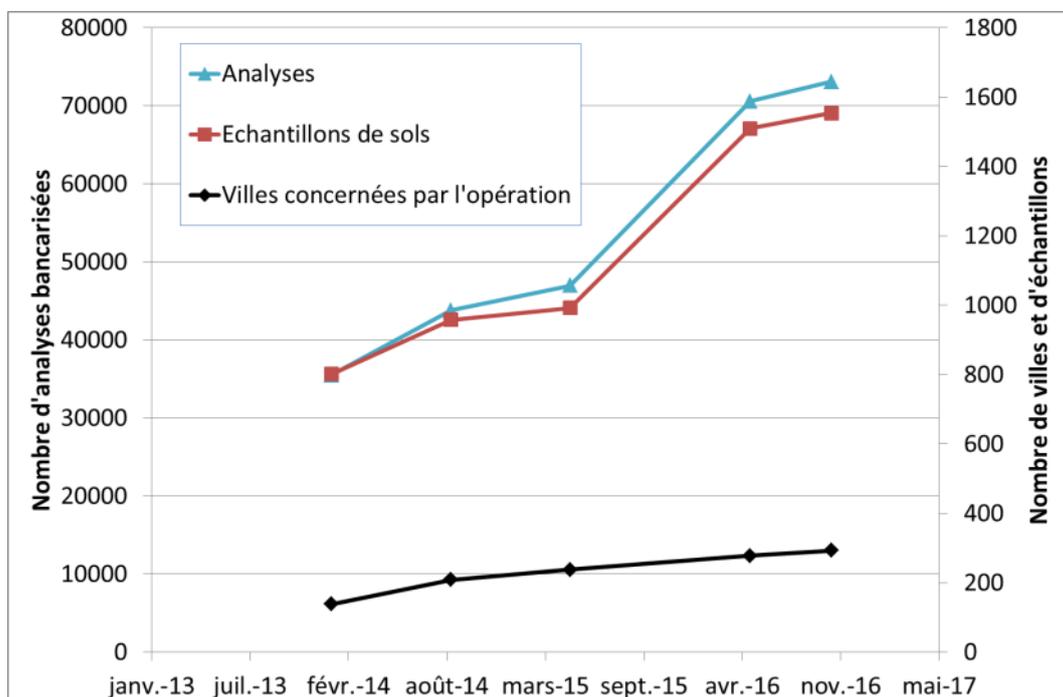


Figure 3 - Évolution du nombre d'analyses bancarisées, du nombre d'échantillons et de villes associés.

2.2. LES ESPACES VERTS

Les consignes fournies aux bureaux d'études intervenant dans le projet ETS 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 proches d'un tronçon routier très fréquentés par exemple.

Les lieux retenus, appelés par commodité « espaces verts », sont librement accessibles⁵ et a priori représentatifs du fond pédogéochimique 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 effectifs : 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 inutilisés disponibles.

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 ;

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.

- 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 ;
- berge 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. *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 prélèvement⁶.

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 d'un site témoin le plus similaire possible au sol étudié, à l'exception de l'exposition aux activités du site. 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.

2.3. ÉCHANTILLONS SLU PRÉLEVÉS DANS LES ESPACES VERTS

Le projet FGU a pour première vocation la bancarisation d'analyses de sols « témoins » prélevés dans les espaces verts à l'extérieur des établissements diagnostiqués par le projet ETS. Ces échantillons « témoins », dits SLU, sont prélevés entre 0 et 5 cm de profondeur et sont des composites de 5 échantillons prélevés dans un carré de 3 m de côté.

On dénombre donc 632 échantillons SLU prélevés dans 293 villes soit une moyenne de 2,1 échantillons par ville. Ce résultat confirme les réserves exprimées en § 1.2.3. Outre les raisons liées à la construction même du projet, ces faibles effectifs sont aussi dus au refus de certains échantillons :

- les informations relatives aux échantillons SLU prélevés en phase 1 sont transmises par les bureaux d'études 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

⁶ Cependant il pourrait être justifié de prélever dans les allées où marche et court le public (jogging) 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.

aériennes anciennes mises en ligne sur les sites du Géoportail® et de l'IGN apportent un appui précieux (Figure 4).

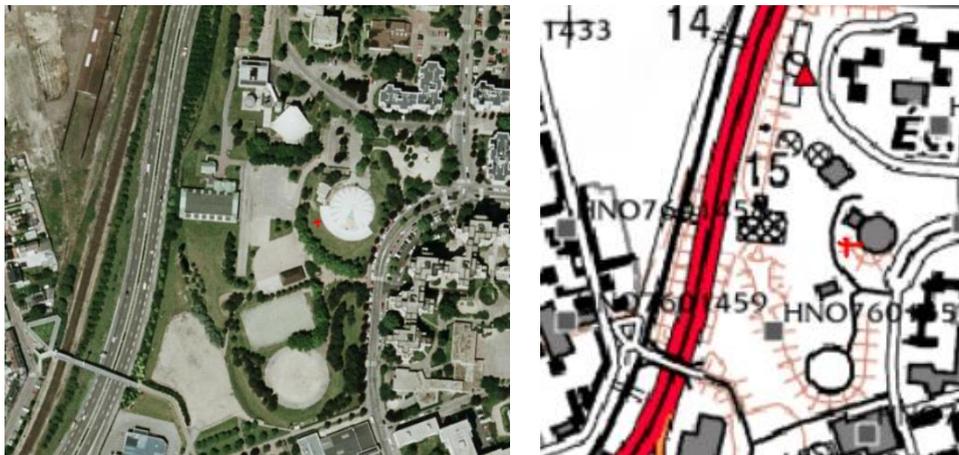


Figure 4 - Exemple d'un prélèvement sur un espace vert construit sur une ancienne raffinerie.

Malgré ces précautions, ce sont parfois des résultats d'analyses « anormalement » élevés qui conduisent à une vérification *a posteriori* et révèlent la présence d'une source de contamination proche et donc, un prélèvement irrecevable.

- les informations relatives aux échantillons SLU prélevés en phase 2 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. Les analyses ont été bancarisées mais le statut des échantillons a ensuite été modifié :
 - les échantillons prélevés au droit d'un ancien site industriel en respectant les consignes de prélèvement ont reçu le statut SLE,
 - les échantillons dont le prélèvement n'a pas respecté ces consignes ont reçu le statut REFUSE.

Ces résultats d'analyses pourraient, pour certains, être exploités à terme et contribuer à la connaissance de la qualité géochimique des sols urbains. Il conviendra d'assurer au préalable la reprise de ces données et leur vérification pour assurer une valorisation pertinente. Cette tâche n'est pas prévue dans le cadre de la convention ADEME-BRGM en cours.

2.4. ÉCHANTILLONS SLE PRÉLEVÉS DANS LES ÉTABLISSEMENTS

Dans le cadre du projet FGU, il a été décidé de bancariser aussi les analyses des échantillons prélevés pour les besoins des diagnostics, dans les établissements, au droit ou à proximité d'un site recensé dans BASIAS. Les analyses de ces échantillons, notés SLE, pourraient être valorisées dans plusieurs cas, sous réserve d'un tri et/ou d'une sélection préalable des échantillons SLE garantissant leur représentativité.

2.4.1. Valorisation de populations mixtes SLU et SLE

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 pédogéochimique naturel, fond pédogéochimique

anthropisé, anomalie anthropique. Dans ce cas, chaque population doit être représentée par un effectif important d'analyses permettant des tracés plus précis.

Quand ces méthodes sont mises en œuvre elles valorisent à la fois des résultats d'analyse des échantillons SLU (plutôt représentatifs du fond pédogéochimique anthropisé) et des échantillons SLE (potentiellement représentatifs d'une anomalie anthropique). Cette approche est décrite dans le rapport sur le traitement statistique des données (7).

2.4.2. Valorisation des échantillons SLE au titre de SLU

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 SLE des établissements classés A sont comme les échantillons SLU, représentatives du Fond pédogéochimique anthropisés. 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.

On pourrait même envisager que les résultats d'analyses des échantillons SLE des établissements classés B ou C, puissent également être valorisés au titre d'échantillons similaires à des SLU après identification des substances ne posant pas problème.

2.4.3. Sélection des échantillons SLE valorisables

Pour que les échantillons SLE soient exploitables selon les principes précédemment évoqués, ils devraient être :

- prélevés à la même profondeur que les SLU, soit 5 cm. Or, ce n'est pas toujours le cas, puisqu'en présence d'un potager, donc potentiellement de légumes dits « racines », les prélèvements SLE 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 exploiter les analyses des échantillons SLE. Un travail similaire devra être accompli pour différencier et exploiter

l'ensemble des analyses des échantillons SLE dans le cadre de la détermination de la qualité des sols urbains. Ces tâches ne sont pas prévues dans le cadre de la convention ADEME-BRGM en cours. Elles devront tenir compte des normes du domaine et des recommandations du guide que fera paraître le Groupe de Travail « BdF » de l'ADEME.



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 5 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 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 pédogéochimique 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. 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^{ème} 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.

En outre, cette étude confirme la nécessité de faire appel à des méthodes adaptées aux spécificités des données de départ, au contexte de l'étude et aux besoins exprimés. 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, dans ces contextes cette méthode doit être affinée, notamment dans le cas de substances peu présentes dans l'environnement, ou de LQ particulièrement élevées.

4. Refonte de la base de données

4.1. CONTEXTE

Une base de données 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 pédogéochimiques 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 pédogéochimique anthropisé. Elles comprennent la connaissance complète de la qualité pédogéochimique 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 a pu bancariser, en plus des analyses d'échantillons témoins (SLU), les analyses des échantillons prélevés au droit des établissements scolaires (SLE). Dans certaines conditions, et en fonction du classement des établissements à l'issue des diagnostics ETS, ces échantillons pourraient répondre aux deux besoins identifiés ci-dessus⁷ (voir 2.4.).

Pour aller plus loin dans cette démarche, la seconde convention ADEME-BRGM (2014-2017) a prévu la refonte totale de la base de données. 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 (méta données) de l'échantillon, du point de prélèvement, des analyses et des intervenants (préleveurs, laboratoires, etc.).

4.2. 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,...).

⁷ Les établissements scolaires ont déjà été pris en compte dans d'autres projets comme G-BASE et GSUE au Royaume-Uni (6).

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 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. De plus, le BRGM propose aux collectivités concernées par cette thématique un accompagnement basé sur l'échange de données collectées et de services.

4.2.1. Principe de fonctionnement

Rappel du fonctionnement actuel

La première base de données est alimentée via un fichier constitué de trois tableaux réalisés sous le tableur Excel®. Le premier tableau permet la saisie des informations concernant les échantillons, c'est-à-dire essentiellement : distinction entre échantillons SLU et SLE, nom, localisation, profondeur. Le deuxième tableau permet d'associer l'échantillon à l'établissement diagnostiqué par le projet ETS. Ces deux tableaux constituent les métadonnées des données analytiques contenues dans le troisième tableau. Pour éviter la saisie des noms des substances et des unités sous des formes multiples (ex : mg/kg et milligrammes par kilogrammes), des lexiques ont été créés :

- pour les substances (ex : COMP001 correspond à l'arsenic) ;
- pour les unités (ex : UNI001 correspond à mg/kg de matière sèche).

Les deux premiers tableaux sont renseignés manuellement par les bureaux d'études. Le tableau des résultats d'analyse peut être renseigné manuellement ou de façon automatique par les laboratoires. Ceux-ci ont en effet mis en place une application automatisée qui permet d'y transcrire directement les résultats inscrits dans leur système informatisé de gestion des données de laboratoire (LIMS - Laboratory Information Management System) en respectant les lexiques ci-dessus. Le fichier Excel® est alors transmis au BRGM qui, après vérification, le dépose dans la base de données Oracle® via une application Access® (Figure 6).

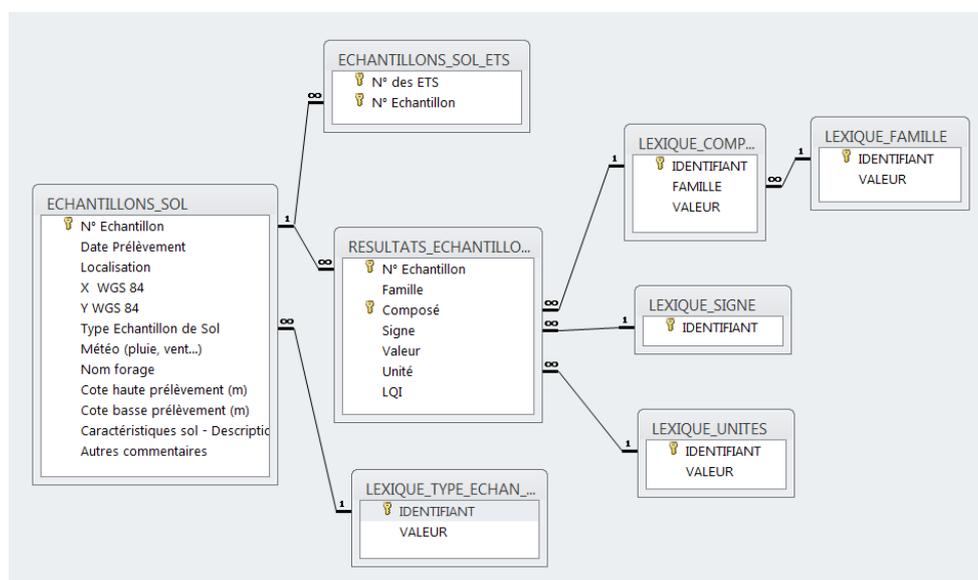


Figure 6 - Schéma des relations entre tables et lexiques de la première base de données sous Access®/Oracle®.

La Figure 8 décrit l'ensemble de cette procédure.

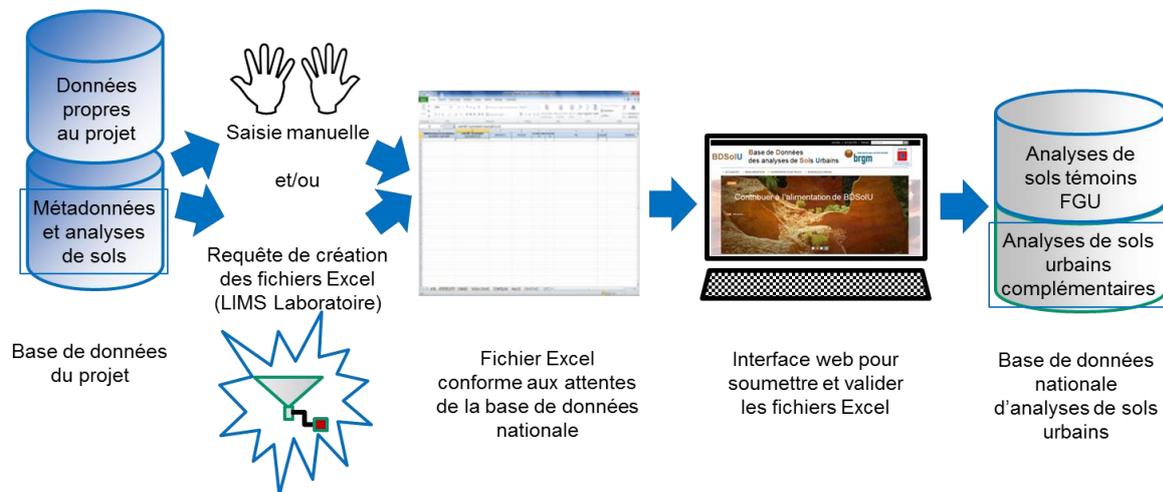


Figure 8 - Schéma décrivant l'alimentation de la base de données BDSolU.

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 :

- 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 depuis le LIMS des laboratoires.

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

- assurer une bonne cohérence avec les bases de données de références :
 - 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) 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.

4.2.2. 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 recueillir les données attendues sur le site, le lieu de prélèvement, le sondage, les échantillons et les analyses.

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.

4.2.3. 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 (26). Ces recommandations comprennent une liste de méthodes d'analyse testées et adaptées aux contextes spécifiques 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	Equivalent 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)
Mercurure	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) (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 biphényles 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)
9 000	NF ISO 11262 - Cyanures
9 001	NF EN ISO 17380 - Cyanures aisément libérables ; Cyanures totaux
9 002	ISO 22036 - Métaux
9 008	PR NF EN ISO 16558-1 - HCT C10-C40
9 009	XP GEN/TS 16190 - Dioxines, Furanes (PCDD, PCDF), PCB coplanaires
9 010	NF ISO 15192 - Chrome VI
9 011	NF EN 16167 - PCB _i
9 012	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)
9 013	DIN 38414 S24 - Dioxines, furanes
9 014	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 (Les codes indiqués en colonne de gauche sont des codes SANDRE ou des codes créés spécifiquement pour les méthodes ajoutées (numéro > 9 000)).

4.3. ALIMENTATION DE BDSOLU

Données du projet ETS

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

Données des autres projets conduits par le BRGM

Le BRGM prévoit aussi d'alimenter BDSolU avec les analyses recueillies au cours de plusieurs de ses projets (aménagement de quartiers, gestion de terres excavées, élaboration de fond pédogéochimiques 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 et des métadonnées du projet. 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 ces données dans BDSolU n'est pas couvert par l'actuelle convention ADEME-BRGM, sauf pour les données du projet « Île de Nantes ». Toutefois, une première analyse conduite en 2015 avec le responsable de la base de données « Île 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. 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 pédogéochimique anthropisé¹¹. Il convient donc de rechercher d'autres sources d'analyses de sols urbains jugés exempts de pollution autre que diffuse, pour compléter BDSolU.

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 (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 « BdF » 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.

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.

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 de type SLE au droit des sites étudiés, et SLU dans les espaces verts témoins. Cette collecte devrait permettre de compléter BDSolU en vue de constituer des fonds pédogéochimiques 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.

4.4. OBJECTIF DE BDSOLU

En bancarisant un grand nombre de données et de métadonnées associées, 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.

4.4.1. Cas des sites où des travaux de dépollution seraient entrepris

La nouvelle base de données BDSolU recueillera des analyses provenant de tous types de site, dont certains (potentiellement) pollués (exemple : sites ou friches industriels). Parfois, ces sites pourront être ultérieurement l'objet de travaux de dépollution. Par conséquent, les sols de ces sites pourraient :

- voir la concentration de certaines substances diminuer (traitement *in situ*) ;
- être déplacés (excavation, traitement sur ou hors site).

Cette situation conduit à envisager plusieurs modes de gestion de la base de données :

1. prendre en compte la présence de valeurs de concentrations obsolètes et surestimées pour une partie des analyses de sols recueillies dans la base de données. Il conviendrait d'identifier ces valeurs et d'émettre des réserves sur leur utilisation, ou de les corriger, notamment au moment de les valoriser, par exemple, pour le besoin d'études sanitaires.
2. mettre systématiquement à jour la base de données pour les sols concernés. Comme dans le cas précédent, il conviendrait alors de tenir compte de la présence de ces valeurs réelles, mais inexploitable car « sous-estimées » en cas de valorisation pour l'élaboration de cartes faisant appel à des calculs géostatistiques par exemple.
3. éviter la bancarisation des résultats concernant les sols qui subiront des travaux de dépollution. Cette solution demandera un suivi particulier de la part des fournisseurs de données car il sera parfois nécessaire d'attendre plusieurs mois la décision du lancement d'un chantier de dépollution pour alimenter la base avec les données pertinentes.
4. conserver dans la base les anciennes et les nouvelles valeurs serait une solution idéale. Elle aurait notamment l'avantage d'anticiper la question de la révision des données à intervalles de temps régulier (10 ans, 20 ans) pour tenir compte de l'évolution des villes et des activités urbaines (potentiellement) polluantes.

Chacune de ces solutions représente actuellement une forte contrainte technique et budgétaire pour les fournisseurs de données comme pour les gestionnaires de la base. Néanmoins, dans un premier temps, la solution 3 pourrait être retenue, notamment parce qu'elle tend à diminuer le volume des opérations de saisies dans la base de données.

5. Norme NF EN ISO 19258

La norme NF EN ISO 19258 de septembre 2011 « Guides pour la détermination des valeurs de bruit de fond » (11) (indice de classement X 31-606) reproduit intégralement la norme internationale ISO 19258:2005 « Guidance on the determination of background values ». Elle fait partie des normes internationales qui font l'objet d'un examen systématique tous les trois ans. Suite à une enquête publique conduite en 2009, un processus de révision a été entamé en 2014.

Dans notre pays, cette révision a été conduite par le BRGM (nommé chef de projet pour la France) avec l'IRD et l'INRA. En 2015 le Committee Draft a émis un vote positif pour engager les révisions en tenant compte des remarques des différents pays. Une enquête publique a été conduite de mai à juin 2016. Le dépouillement final globalisé pour l'ensemble des pays a eu lieu fin octobre 2016 et la nouvelle version de la norme devrait paraître en 2017. La révision de cette norme était une opportunité pour :

- tenir compte des contraintes liées au contexte urbain ;
- clarifier certaines définitions spécifiques à la norme NF EN ISO 19258 (cependant la plupart des définitions se trouvent dans la norme NF EN ISO 11074) ;
- prendre en compte les contraintes liées à la détermination d'un fond pédogéochimique anthropisé pour les molécules organiques, dont certaines ne sont pas présentes naturellement dans l'environnement ;
- mettre à jour les références bibliographiques de la norme.

Les lignes directrices retenues dans la révision de la norme sont :

- la détermination de valeurs de « bruit de fond » selon les principales méthodes relatives aux substances minérales et organiques présentes dans les sols, aux échelles locale et régionale ;
- l'identification des méthodes d'échantillonnage et des stratégies d'échantillonnage ;
- la prise en compte des méthodes d'échantillonnage ;
- la prise en compte des méthodes de traitement des données.

En revanche, la norme ne concerne pas la détermination de valeurs de bruit de fond :

- à l'échelle du site ;
- des eaux souterraines et des sédiments.

En France l'enquête publique a recueilli trois réponses en provenance de l'UPDS, du BRGM et d'un anonyme. Les principaux commentaires concernent :

- la traduction de la version anglaise en français. Il s'agit essentiellement de points relatifs à la norme NF EN ISO 11074 dite « Vocabulaire » dont la révision est prévue annuellement mais qui doit faire l'objet d'un consensus entre 10 pays ;
- des demandes pour détailler les méthodes d'exploitation des données. Une norme « ISO/DIS 18400-104 Soil quality - Sampling - Part 104: Strategies », est en cours de rédaction sur la stratégie et les statistiques mais il n'existe pas actuellement de version stabilisée ;
- des besoins de clarifications divers.

La réponse BRGM correspond à la relecture critique de la proposition de norme révisée dans le cadre du projet FGU. Les principales remarques sont réunies ci-après.

5.1. DÉFINITIONS

5.1.1. Valeur de fond

La proposition de norme définit la « valeur de fond » comme une caractéristique statistique de la « concentration de fond » pour une substance dans les sols. Elle précise qu'elle est communément exprimée en termes de « moyenne, type, médiane, une gamme de valeurs ou une valeur de fond » (ligne 115-118 version anglaise).

Le BRGM comprend qu'il s'agit ici d'exprimer le fond pédogéochimique non pas par une valeur unique, correspondant à une concentration, mais au moyen des caractéristiques statistiques d'une population (approche soutenue par Reimann (27)) : médiane, moyenne, écart-type, centiles, distances interquartiles. Le BRGM suggère que ces valeurs soient complétées par les vibrisses inférieures et supérieures fournies par la boîte à moustaches décrite par Tukey (28).

5.1.2. Contaminant

La proposition de norme définit un contaminant comme une substance ou agent présent dans le sol du fait de l'activité humaine. Il est précisé que cette définition ne présuppose pas l'existence d'un danger dû à la présence du contaminant (lignes 120-123 - version anglaise).

Le BRGM fait remarquer que cette définition ne semble pas pertinente dans le cas d'une substance présente dans les sols à la fois naturellement et du fait d'activités humaines (par exemple minières). Il suggère que la notion de contaminant soit plus attachée à ses caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques qu'à son origine.

Cette définition relève de la norme ISO 11074:2015 et le commentaire BRGM ne sera pas pris en compte dans le cadre de la révision de la norme ISO 19258.

5.1.3. Apport dû à une source diffuse

Le texte en cours de révision rappelle la définition de la norme ISO 11074:2015 sur l'apport dû à une source diffuse : apport d'une substance émise par des sources mobiles, des sources de grande étendue ou par plusieurs sources. Une note à l'article indique : Les sources peuvent être des automobiles, des substances épandues par des pratiques agricoles, des émissions venant d'une ville ou d'une région, ou encore un dépôt de sédiments par débordement d'une rivière.

Le BRGM fait remarquer qu'il est préférable de définir une contamination et/ou une pollution diffuse(s) plutôt qu'une source. La définition décrit les sources sur la base de leur répartition spatiale et non le comportement des substances émises. Cette définition semble écarter la possibilité pour une source de pollution concentrée d'être à l'origine d'une pollution diffuse après transfert ou déplacement des substances.

5.1.4. Fond

Le BRGM suggère que la norme révisée reprenne les définitions en cours d'élaboration dans le cadre du Groupe de Travail de l'ADEME. Il s'agit alors des premières définitions proposées au cours de la réunion du Groupe de Travail du 22 septembre 2015 qui font appel à la notion de « fond pédogéochimique et anthropique ».

Mais ces travaux ne pourront être pris en compte car la date de fin de la consultation sur la norme (24 juin 2016) ne correspond pas au calendrier du Groupe de travail.

Le BRGM propose de revoir la légende du schéma proposé par la norme (lignes 184 à 186 version anglaise) comme suit :

1. Fond pédogéochimique et anthropique ;
2. Valeurs croissantes de concentration ;
3. Apport anthropique ponctuel ;
4. Apport diffus de la zone urbaine étudiée ;
5. Apports diffus extérieurs à la ville : sources rurales et sources urbaines éloignées, voire transfrontalières.

Ligne 207, la version anglaise de la norme révisée indique « *Pour de nombreuses substances inorganiques, la concentration de fond est dominée par la concentration pédogéochimique et, par conséquent, par la composition minéralogique de la roche mère des sols* ».

Le BRGM suggère que cette affirmation soit nuancée en milieu urbain où le sol est « déconnecté » de la roche mère puisque parfois séparé d'elle par plusieurs mètres de remblais accumulés au fil des siècles et/ou récemment déposés.

5.2. MÉTHODE

5.2.1. Zone d'étude

À la ligne 315 de la version anglaise de la norme en révision, on peut lire qu'il n'est pas recommandé d'échantillonner à proximité des points chauds de contamination pour déterminer les valeurs de fond (routes, industries, ...).

Le BRGM signale que cette remarque peut être considérée de deux façons :

- soit l'on considère qu'une route ou une industrie sont des points chauds. Dans ce cas, il convient en effet de ne pas tenir compte de ces lieux pour la détermination du fond (lequel est par définition diffus). Il faut donc aussi déterminer à quelle distance d'une route ou d'une industrie on est en droit de prélever pour la détermination des valeurs de fond. Il s'agit de définir ou déterminer les critères à partir desquels une émission de substance devient diffuse. En outre il faut considérer la mise en œuvre de moyens de gestion adaptés pour ces sources de pollution.... ;
- soit l'on considère qu'une route ou une industrie sont des sources de contamination diffuse acceptables, et donc il faut en tenir compte dans la détermination du fond global de la ville considérée. Dans ce cas il faut compléter le paragraphe de la norme en indiquant qu'il faut aussi tenir compte de l'objectif de l'opération : s'il s'agit de déterminer le fond dans les zones peu impactées par la contamination diffuse globale, il faut en effet s'éloigner des routes et des industries.

5.2.2. Nombre d'échantillons

À la ligne 518 de la version anglaise de la norme, il est indiqué qu'un nombre 30 échantillons est le minimum recommandé.

Le BRGM fait remarquer que ce paragraphe ne tient pas compte des paragraphes précédents concernant le choix d'un prélèvement systématique ou typologique. En effet, il convient de tenir compte de la distribution spatiale des points de prélèvement des 30 échantillons.

En cas de prélèvement systématique, c'est-à-dire selon une maille régulière sur l'ensemble du territoire considéré, le nombre d'échantillons minimum indiqué est sans doute correct. Mais en cas de prélèvement typologique avec une répartition des points irrégulière, le nombre d'échantillons nécessaires pourrait être supérieur à celui indiqué. Ainsi, en exagérant si l'on dispose de 25 échantillons dans un espace vert au nord de la ville et 5 autres échantillons dans 5 autres espaces verts ailleurs dans la même ville, on aura bien au final 30 échantillons mais l'espace vert au nord de la ville sera surreprésenté¹². Par ailleurs, considérer que les 25 échantillons relèvent de points de prélèvement très proches les uns des autres et sont représentatifs d'un même espace vert pourrait être équivalent à la prise en compte de seulement 6 points de prélèvement au total. Ces points ne seront peut-être pas représentatifs du fond pédogéochimique anthropisé et leur nombre pourraient être insuffisant pour un traitement statistique fiable.

5.2.3. Qualité des données

La proposition de norme mentionne plusieurs critères pour garantir la qualité des données à la ligne 716. Le retour d'expérience du projet FGU et les difficultés rencontrées montrent que ces critères doivent être complétés (voir les difficultés rencontrées dans le rapport final de 2015 (5)).

5.2.4. Traitement statistique

La proposition de révision de la norme ne développe pas encore les méthodes de traitement statistiques des données. Celles-ci font l'objet d'une norme spécifique en cours de rédaction.

Le BRGM fait remarquer que les travaux de Reimann, Helsel (29) ou Demetriades (6) par exemple, auraient pu être mentionnés au titre que les méthodes qui y sont développées s'adaptent particulièrement au contexte de la détermination des fonds pédogéochimiques, particulièrement en milieux urbains.

¹² Ces considérations sont à minimiser si les concentrations du FPGA relevées dans les différents quartiers d'une même agglomération sont sensiblement identiques. Au contraire elles peuvent prendre de l'importance si l'on identifie des variations de concentration du FPGA élevées d'un quartier à l'autre de la ville (du fait d'une variation naturelle du fond pédogéochimique ou du fond géochimique (géologie) par exemple) et que l'on souhaite établir un FPGA à l'échelle de ces quartiers, notamment parce que certains quartiers sont plus industrialisés que d'autres.

6. Communication

Au-delà des opérations de communication via la plaquette présentée en Figure 12, les travaux réalisés pendant la seconde convention ADEME-BRGM (2014-2017), sont, ou seront, présentés dans la presse spécialisée et dans le cadre de manifestations nationales et internationales.

6.1. AQUACONSOIL 2015

AquaConSoil est une conférence internationale qui réunit les spécialistes des ressources en eaux, des sédiments et des sols. En juin 2015, la 13^{ème} édition de cette manifestation a été 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 (Annexe 1).

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^{ÈME} 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 au cours d'une intervention du BRGM dans le cadre d'une session intitulée « Évaluation de la qualité des sols : avancement des travaux » de la Journée du 15 novembre 2016 à Paris.

Le diaporama de cette présentation est disponible sur le site du ministère.

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 02 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 », actuellement sous presse, doit paraître en janvier 2017.

7. Conclusions

La seconde convention FGU ADEME-BRGM (2014-2017) poursuit les tâches entamées lors de la convention précédente (2010-2014) :

- étude bibliographique et recherche de réponses aux questions méthodologiques dans le cadre d'une participation aux travaux du Groupe de Travail « Valeurs de fond » et d'un stage relatif au traitement statistique des données ;
- bancarisation des données produites par le projet ETS ;
- contribution à la révision de la norme NF EN ISO 19258.

Le stage de fin d'étude d'ingénieur réalisé pour le projet FGU sur les méthodes de traitement statistique des données repose sur une étude bibliographique approfondie et fait l'objet d'un rapport spécifique.

En octobre 2016, la bancarisation des données ETS permet de compter plus de 30 000 analyses de 632 échantillons témoins dans la base de données du projet. Suite à quelques constats de lacunes, la base devra être complétée ultérieurement 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.

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 SLU dont les analyses avaient été bancarisées ont pu être reclassés au statut SLE ou refusés. Les résultats bancarisés pourraient être valorisés de façon nuancée en exploitant des métadonnées informant sur la nature et les conditions de prélèvement.

La nouvelle base de données des analyses de sols urbains BDSoLU, entièrement développée au cours du projet, va dans ce sens en prévoyant l'enregistrement d'un plus grand nombre de métadonnées. La structure de la base créée au cours de la première convention et son mode d'alimentation ont été totalement refondus. BDSoLU s'appuie le plus possible sur des standards nationaux et internationaux reconnus (ex. : Code SANDRE, Corine Land Cover) pour décrire les données recueillies. BDSoLU permettra la bancarisation des analyses du projet « Établissements Sensibles » et celles d'autres projets. Certains d'entre eux, conduits 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 pédogéochimiques 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. **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.
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. 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.
12. **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.
13. *Geochemical background - concept and reality*. **REIMANN C., GARRETT R.G.**, 1-3, s.l. : Elsevier - Science of The Total Environment, (2005), Vol. 350. pages 12-27.
14. *Background and threshold: critical comparison of method of determination*. **REIMANN C., FILZMOSER P., GARRETT R.G**. Page 1-16, s.l. : Elsevier - Science of Total Environment, (2005), Vol. 346.
15. **SANCHO L**. *Protocole d'analyse statistique pour la construction d'un fond pédo-géochimique anthropisé des sols urbains*. s.l. : Rapport de fin d'étude - UPMC - Polytech' Paris , (2016).

16. **BAIZE, Denis, et al.,** *Référentiel Pédologique*. s.l. : Edition Quae, (2008). ISBN 978-2-7592-0186-0 ISSN 1952-1251.

17. *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.

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. **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/>.

21. **INSEE** - *Institut National de la Statistique et des Études Économiques*. [En ligne] www.insee.fr/.

22. **CORINE Land cover** - Part 2: Nomenclature . *European Environment Agency*. [En ligne] European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part2>.

23. **BASIAS.** *Inventaire Historique de sites industriels et activités de service*. [En ligne] BRGM. <http://basias.brgm.fr>.

24. 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/>.

25. Norme ISO/FDIS 18400-107 - Soil Quality - Sampling - Part 107 : Recording and Reporting,. s.l. : ISO - International Standard Organization, (2015). 18400-107.

26. Norme NF ISO 10381-5 - Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 1 (2003) : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage. s.l. : AFNOR - Association Française de Normalisation, (2003). 10381-5 - Partie 1.

27. Norme NF ISO 10381-5 - Qualité du sol - Échantillonnage – 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.

28. **WAVRER, Philippe.** *Échantillonnage - Théorie et application*. [Diaporama] s.l. : BRGM, (2013).

29. **IGN** - *Le portail IGN*. [En ligne] IGN - Institut Géographique National. <http://www.ign.fr>.

Annexe 1

Communications



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

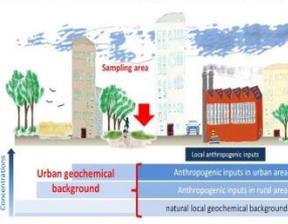


Fig. 1: Illustration of urban geochemical background meaning

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: f.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 digestion
- > 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
± 800 sites*

Excel 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

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, tape water, and especially **soil gas, air in underfloor space and indoor air** (contrary to the other databases)

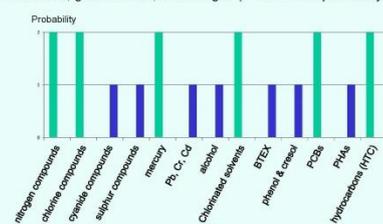


Fig. 3: example of likely presence of contaminants for former Manufacture of made-up textile articles industry

Contact: n.aubert@brgm.fr

* ± 5000 sampling points currently

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

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, CAZAUON J¹, GIRARDEAU I¹, ZORNIG C¹, AUBERT A¹, BRUNET J.F¹

MEDDE: GILBERT D².

¹ Water, Environment and Ecotechnologies Division geo@brgm.fr, BRGM, 3 avenue Claude Guillemin – BP 36009, 45060 Orléans Cédex 2, France

² MEDDE, Grande arche Paroi Nord, 92055 La Défense Cedex, commissaire@brgm.fr

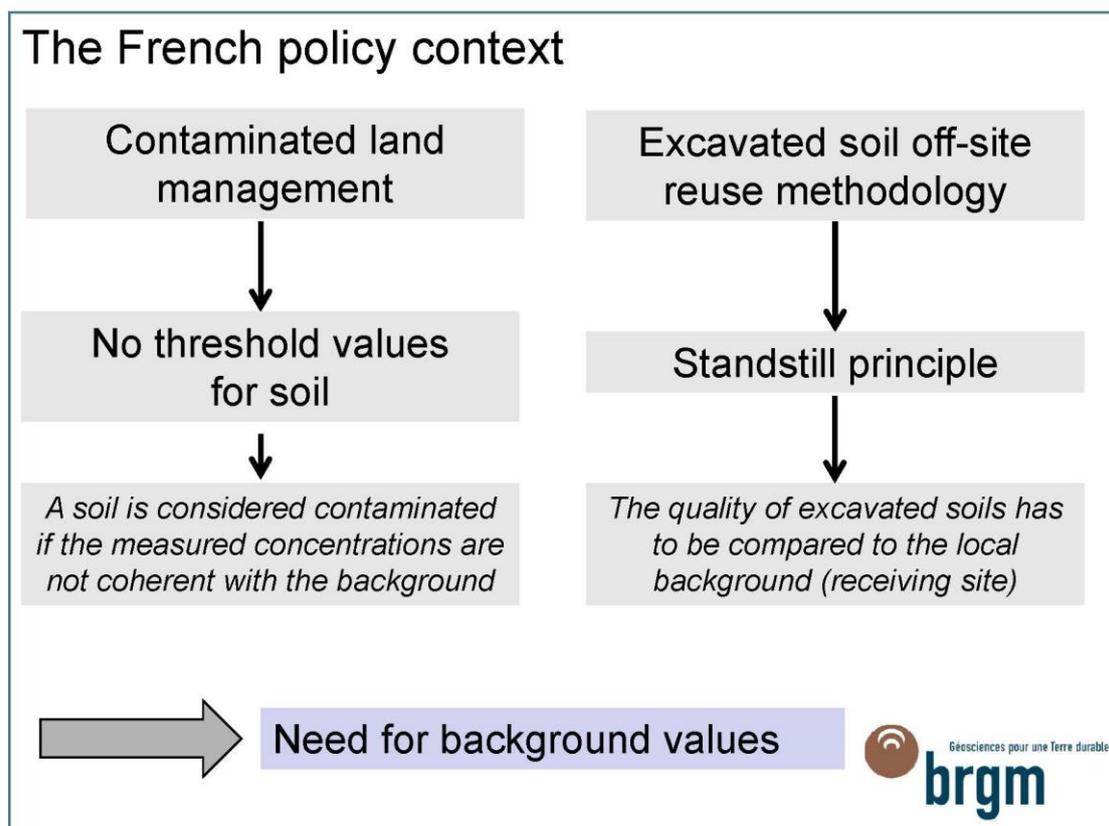


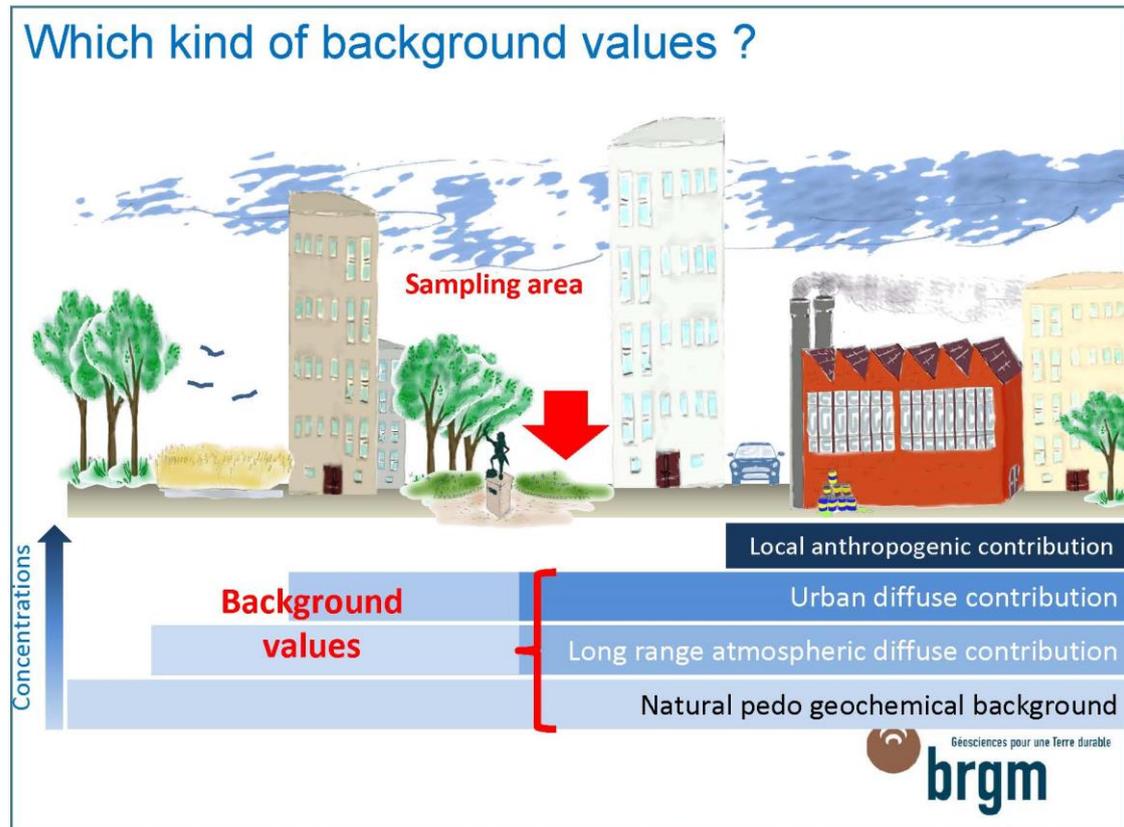
Urban Geochemical Backgrounds for excavated soil reuse

Aquaconsoil 2016

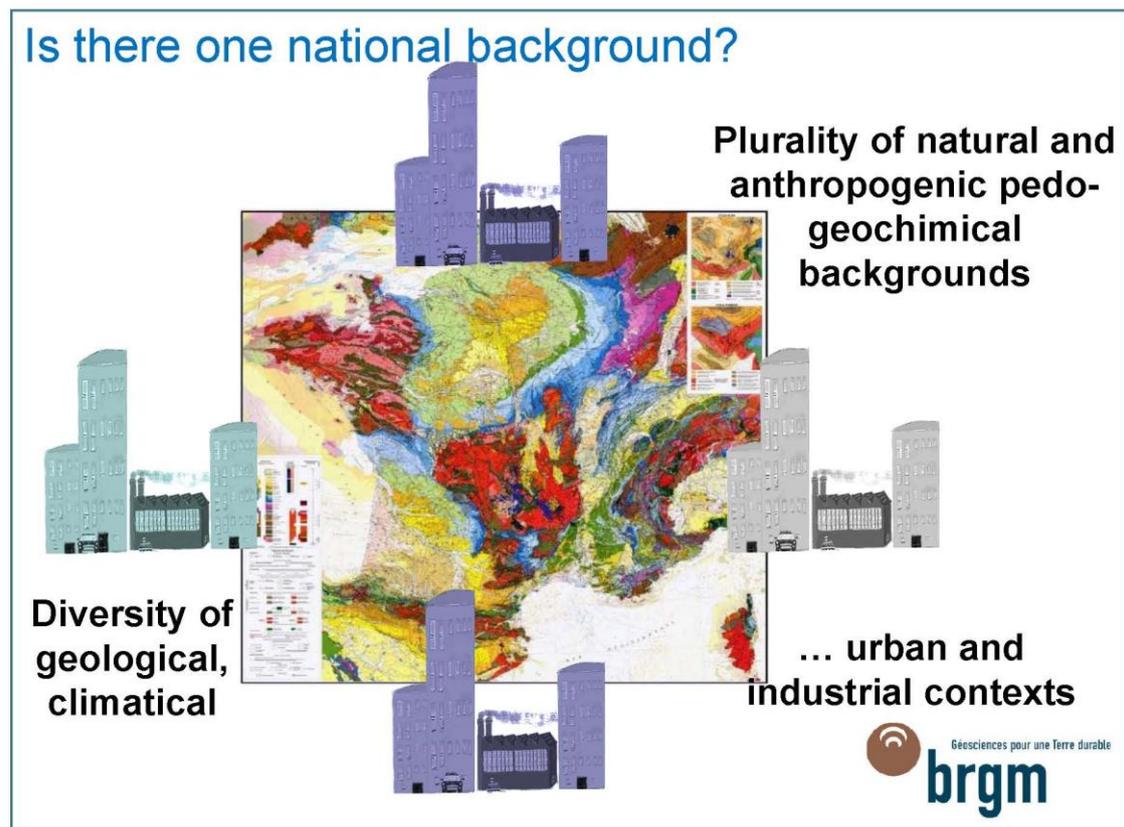
Brunet J.F ¹, Blanc C. ¹, Guiet F. ¹, Herniot P. ¹, Leynet A. ¹, Jarzabek M. ¹, Balon P. ¹, Roussel H.².

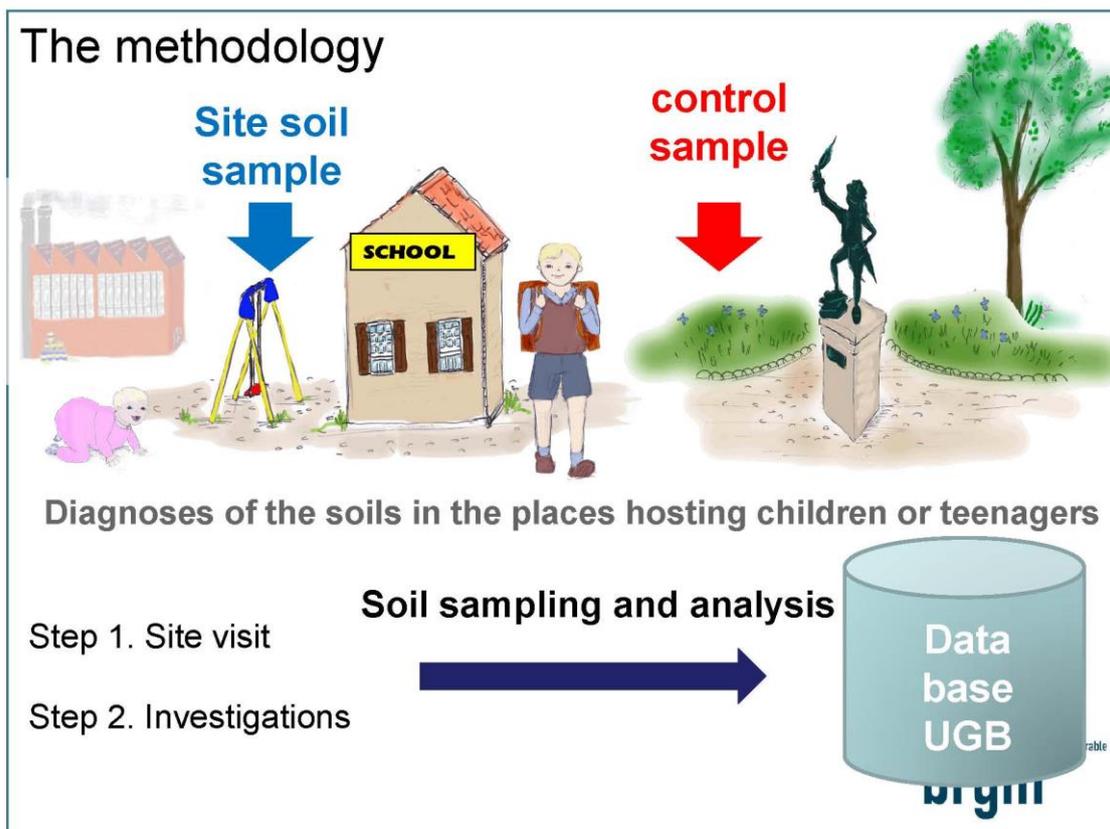
¹ BRGM – 2 avenue Claude Guillemin – BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 02. FRANCE
² ADEME – 20, avenue du Grésillé – BP 90406 – 49004 Angers Cedex 01. FRANCE



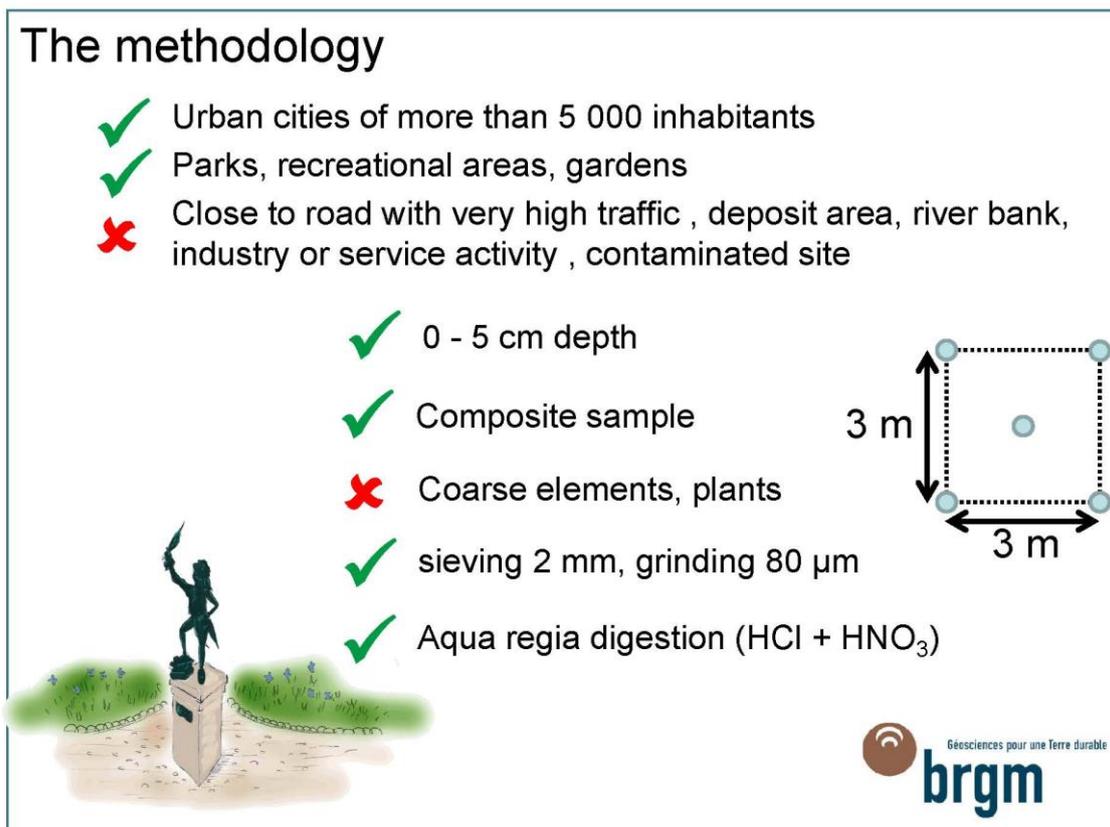


3





5



6

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

First results

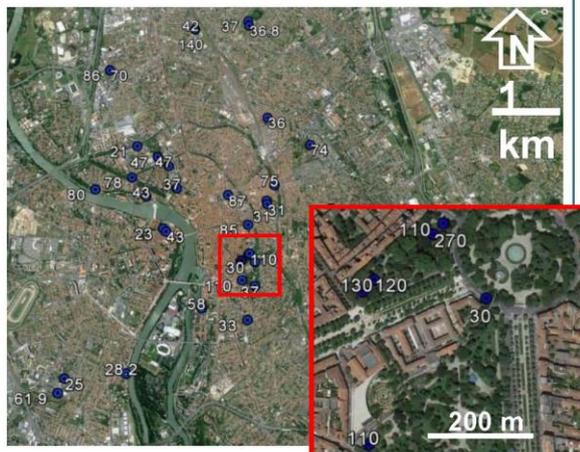
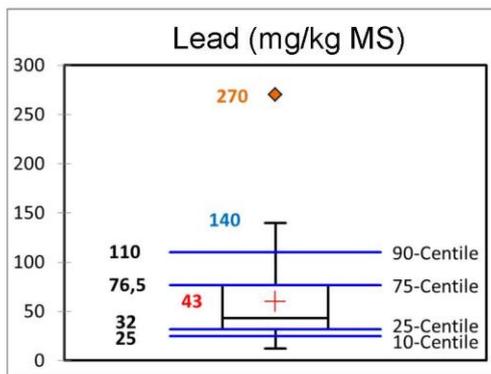
> May 2015

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



8

First results

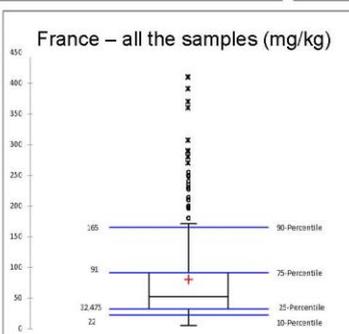
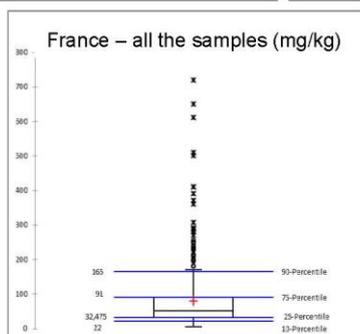
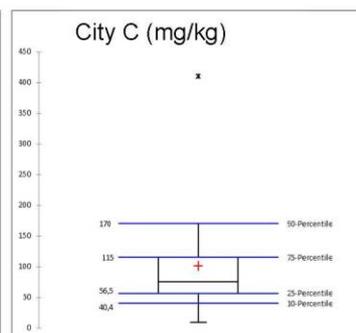
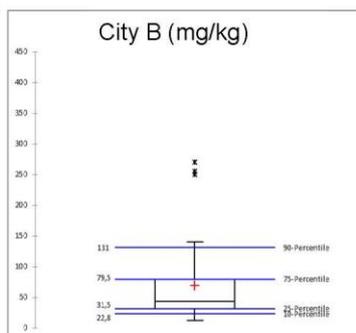
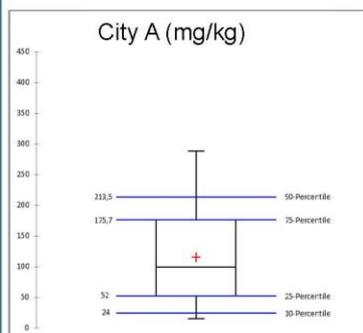


	number of values	median	9° decile	sup vibrisse	number of outliers	number of values > 100 mg/kg
GBU projet	44	43	110	140	1	6
Agricultural database 1	985	21,7	33	42,8	15	1
Agricultural database 2	805	19,3	33,3	40	-	-



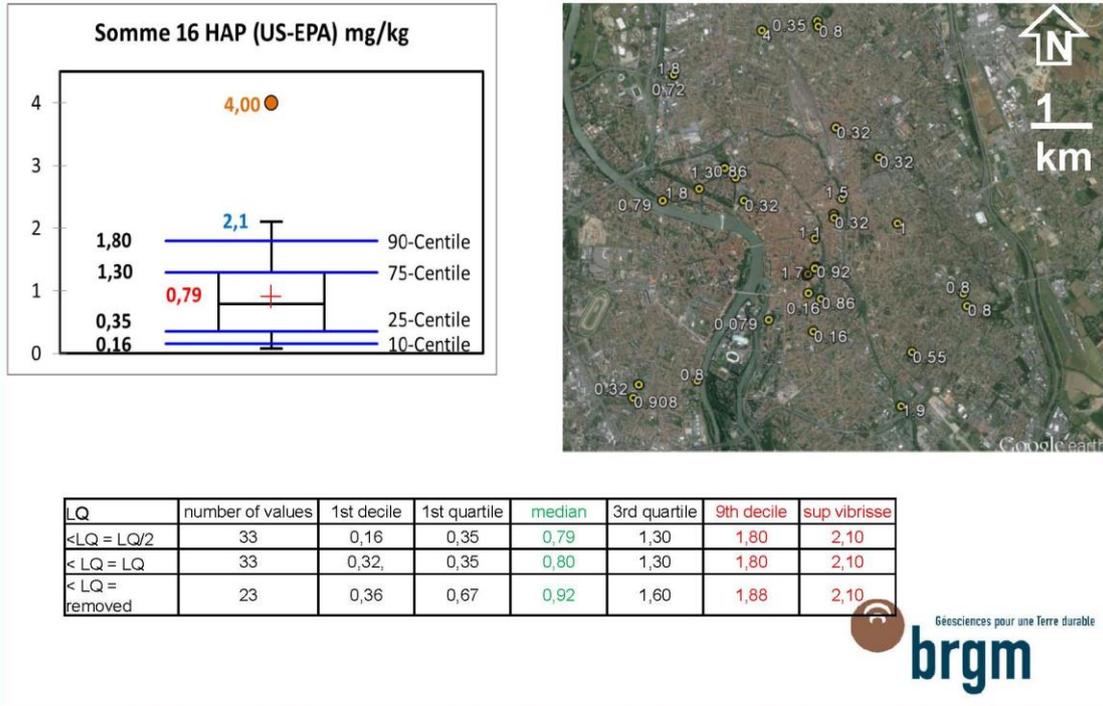
9

First results - Lead



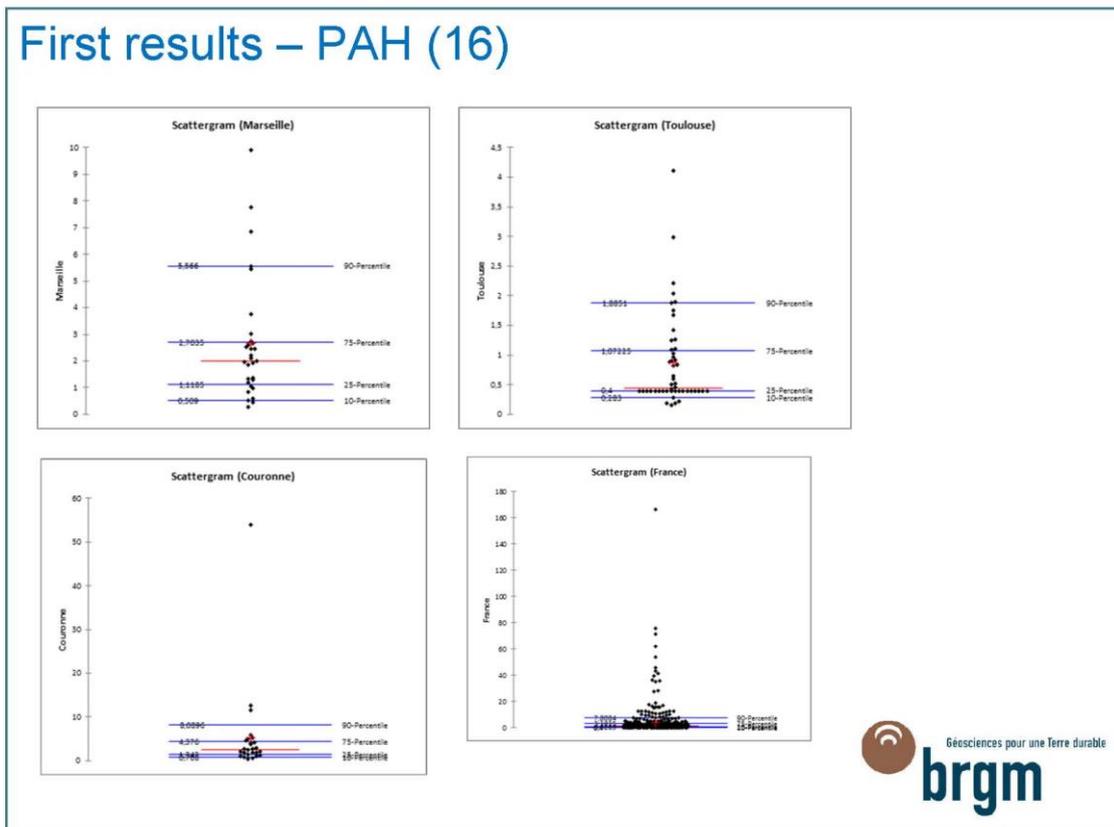
11

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 assesement 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 toxicity issues?

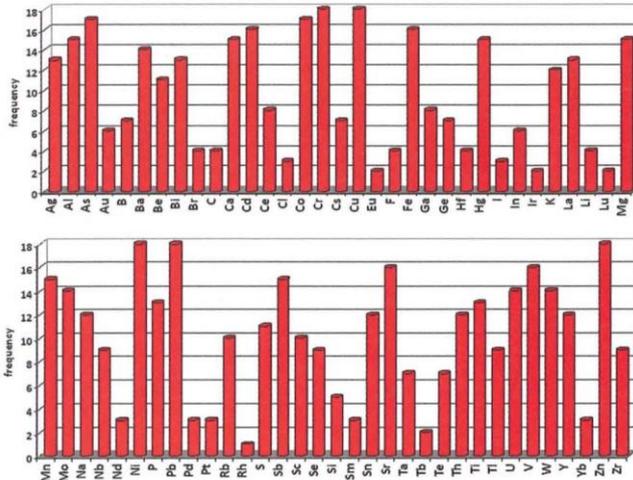
	Sb	Co	Sn	V	Se	Mo	Ba	Be	Bi	B	Li
Threshold chronic HHTV	4 x10 ⁻⁴ mg/kg-day (US EPA) - 1991	0.01 mg/kg/day (ATSDR) - 2004 intermediate oral MRL	0,3 mg/kg/day intermediate oral MRL (ATSDR) - 2005	0,01 mg/kg/day (ATSDR) 2012 0,001 mg/kg/day	5.10-3 mg/kg-day (US EPA, 1991) 0,005 mg/kg/day (ATSDR, 2003)	5.10-3 mg/kg-day (US EPA, 1992)	0,2 mg/kg-day (US EPA, 2005) oral RfD 0,2 mg/kg/day (ATSDR, 2007)	0,002 mg/kg/day (ATSDR, 2002) 2,10-3 mg/kg-day (USEPA, 1998)	no HHTV	2.10-1 mg/kg-day (USEPA, 2004) ATSDR uniquement subchronique	no HHTV
Relevance of taking into account the health risk (rating from 1 to 8, with 1 the more relevant)	4	1	5	1	3	3	7	2	8	7	8
	Mn	Tl	Ag	Ce	Cs	Ga	Nb	Rb	Sc	Sr	
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) ATSDR 2004 : intermediate	
A - pertinence de le retenir : risque sanitaire (notation de 1 à 8 avec 1 : le plus pertinent)	6	8	3	8	8	8	8	8	8	7	



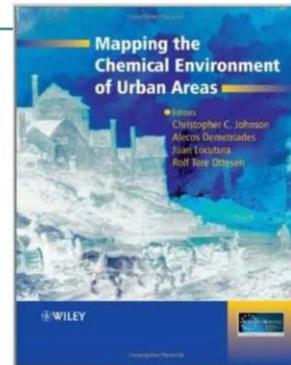
16

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

URBAN GEOCHEMICAL MAPPING: A REVIEW OF CASE STUDIES IN THIS VOLUME



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
 Alec Demetriades
 Juan Locutura
 Rolf Tore Ottesen

WILEY-BLACKWELL



17

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

	Sb	Co	Sn	V	Se	Mo	Ba	Be	Bi	B	Li
matrice activités polluants : total 1	71	53	76	16	28	32	48	26	no information	44	9
matrice activités polluants : total 2	25	36	54	24	23	26	77	6		52	9
C - pertinence de le retenir : fréquence activités (notation de 1 à 8 avec 1 : le plus pertinent)	3	4	2	6	5	5	2	7			
matrice activités polluants : total 1	Mn	Tl	Ag	Ce	Cs	Ga	Nb	Rb	Sc	Sr	
matrice activités polluants : total 2	42	23	15	3	1	3	pas dans matrice	2	pas dans matrice	11	
REX études fond géochimique Europe	86	10	11	0	0	0		1		21	
C - pertinence de le retenir : fréquence activités (notation de 1 à 8 avec 1 : le plus pertinent)	1	-	8	-	-	-		-	-	7	



18

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

Thank you for your attention !

Illustrations : Delphine BRUNET





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

