



Stratégie d'échantillonnage optimisée pour le fond pédo-géochimique de territoires hétérogènes

Cécile Le Guern, Vivien Baudouin, Blandine Clozel, Pierre Conil, Hélène
Roussel

► To cite this version:

Cécile Le Guern, Vivien Baudouin, Blandine Clozel, Pierre Conil, Hélène Roussel. Stratégie d'échantillonnage optimisée pour le fond pédo-géochimique de territoires hétérogènes. 4es rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués, Nov 2019, PARIS, France. hal-02362148

HAL Id: hal-02362148

<https://brgm.hal.science/hal-02362148>

Submitted on 13 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Quatrièmes Rencontres nationales de la **Recherche sur les sites et sols pollués**

26 et 27 novembre 2019, Le Beffroi de Montrouge
(Portes de Paris)

Candidature pour :

☒ Communication orale

☐ Communication poster

☐ Vidéo de 180s

☐ Communication poster
avec présentation d'outil

Stratégie d'échantillonnage optimisée pour le fond pédo-géochimique de territoires hétérogènes

Cécile LE GUERN^{1*}, Vivien BAUDOUIN¹, Blandine CLOZEL¹, Pierre CONIL¹, Hélène ROUSSEL²

¹ : BRGM, DAT/NAN et DAT/LYO, 1 rue des Saumonières, 44000 NANTES, c.leguern@brgm.fr

² : ADEME, 20 Avenue du Grésillé, 49004 Angers cedex 01, helene.rousseau@ademe.fr

Résumé

Dans le cadre de l'établissement de référentiels de fond géochimique, une difficulté réside dans les variations spatiales de la géochimie des milieux, et en particulier des sols. En vue d'optimiser la stratégie d'échantillonnage lors de l'établissement de tels référentiels, il est proposé de découper le territoire en entités géochimiques cohérentes et d'adapter la densité du maillage au degré d'hétérogénéité des entités.

Ce principe a été testé dans un premier temps sur les sols développés sur roches de socle du département de Loire-Atlantique. 85 % des sols présentent des teneurs usuelles. Les autres teneurs constatées correspondent à des anomalies plus ou moins fortes. L'utilisation de données complémentaires issues d'autres sources montre une influence forte du sur-échantillonnage d'anomalies.

La méthodologie de découpage en entités géochimiques cohérentes est intégrée au guide de détermination des valeurs de fond pédo-géochimique à l'échelle territoriale. A défaut d'échantillonnage dédié pour l'établissement de référentiels locaux, le principe du maillage variant selon l'hétérogénéité des entités peut être utilisé pour ré-échantillonner des données collectées, acquises à d'autres fins.

Introduction

Dans le cadre de l'élaboration des référentiels de fond pédo-géochimique, les stratégies d'échantillonnage les plus courantes s'appuient sur un maillage régulier du territoire. C'est le cas par exemple au Royaume-Uni (G-Base), en France (RMQS), aux Etats-Unis, où des services Web permettent de consulter les cartographies détaillées issues des données bancarisées en base de données géoréférencées. Si ces maillages sont adaptés à l'échelle du territoire national, ils peuvent s'avérer insuffisants à une échelle territoriale plus fine. En effet, la géochimie des sols naturels ou pseudo-naturels est fortement liée à la nature du substrat rocheux sur lequel ils se sont développés. Un maillage régulier ne permet ainsi pas toujours de prendre en compte les variations spatiales liées à la diversité des substrats. En outre, un maillage plus serré est rarement envisageable pour des raisons économiques. Face à ce constat, il ressort le besoin d'une méthodologie pour optimiser la stratégie d'échantillonnage dans des contextes de variation géochimique spatiale. Le principe proposé est de découper le territoire en entités géochimiques cohérentes et d'adapter la densité du maillage au degré d'hétérogénéité des entités. Les résultats des premiers développements réalisés sur le territoire test du département de la Loire-Atlantique [1](Le Guern et al, 2013) sont présentés ci-après. Ils concernent plus particulièrement les sols développés sur les roches de socle du Massif Armoricaïn.

Matériel et méthodes

La première étape a consisté en une analyse fine de la géologie (Figure 1) pour cartographier les entités géochimiquement cohérentes (EGC). Pour cela, on s'est appuyé sur la carte géologique harmonisée à 1/50 000 [2](Béchenec, 2007)) et sur les données de prospection minières anciennes (Inventaire minier national-IMN), disponibles sur une partie du territoire et triées pour éliminer les anomalies liées à des activités

anthropiques. L'évaluation du degré d'hétérogénéité géochimique s'est appuyé sur les données de l'IMN, de gites et indices miniers et sur des recherches bibliographiques.

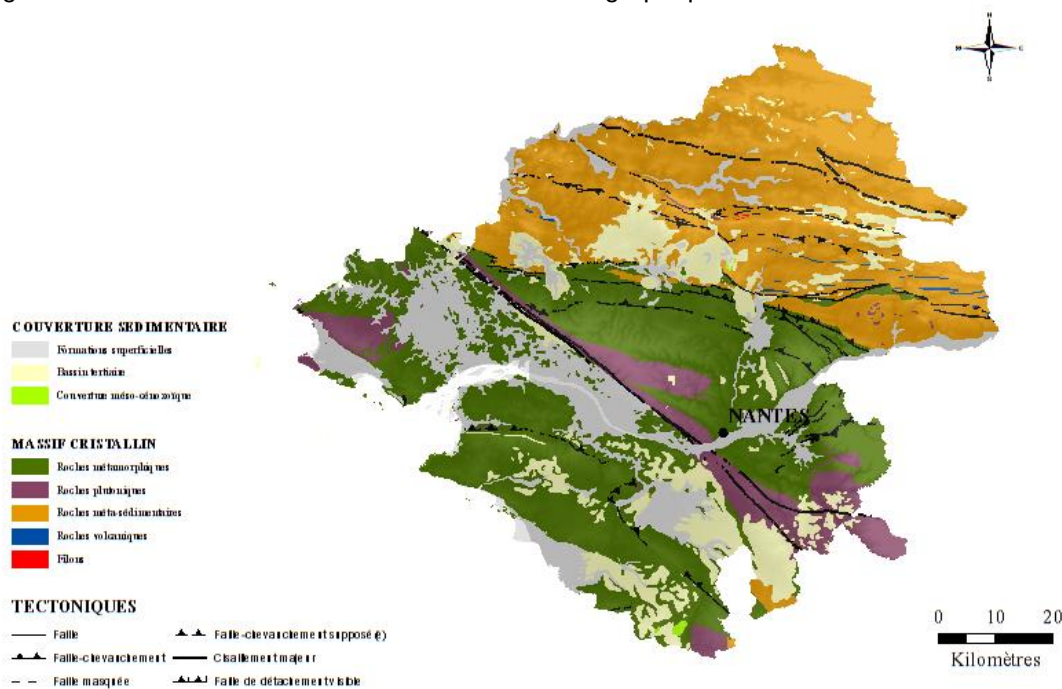


Figure 1 : Schéma géologique du département de Loire-Atlantique (France) (d'après la carte géologique harmonisée à 1/ 50 000, [2] Béchenec, 2007)(en violet : roches plutoniques, en vert : roches métamorphiques, en jaune : roches infra-sédimentaires). Ligne noire orientée NO-SE près de Nantes : cisaillement sud-armoricain

Les 350 points d'échantillonnage ont été positionnés selon un maillage plus serré sur les entités les plus hétérogènes que sur les entités les plus homogènes (mailles 3 fois plus petites). Les prélèvements à la tarière à main, réalisés en priorité dans des zones boisées sous la couche d'humus (25 cm), visent à accéder à des sols les moins impactés possibles par l'activité anthropique. L'absence d'activité potentiellement polluante a été vérifiée au préalable au bureau à l'aide de Basias et de photos aériennes actuelles et anciennes puis sur le terrain en s'appuyant notamment sur l'observation de la topographie et des matériaux d'origine anthropique (artéfacts). Les analyses (As, Cu, Pb, Zn) ont été réalisées au laboratoire par fluorescence X portable sur la fraction fine (<2mm) des échantillons composites préalablement homogénéisés et séchés, et calibrées par un lot d'analyses par ICP. Les résultats ont été rattachés aux entités géochimiques cohérentes. Les entités plus hétérogènes que prévu ont bénéficié d'un échantillonnage complémentaire (50 points). L'interprétation des résultats s'est appuyé sur une analyse exploratoire des données, des tests statistiques sur les entités suffisamment renseignées et des représentations cartographiques.

Résultats et discussion

Entités géochimiquement cohérentes et stratégie d'échantillonnage

La carte géologique harmonisée vectorisée de Loire-Atlantique 1/50 000 [2](Béchenec, 2007) contient plus de 9000 polygones correspondant à 324 formations géologiques et 98 lithologies différentes. La prise en compte de la lithologie seule ne fournit pas un découpage satisfaisant sur le plan géochimique. Le regroupement des lithologies en fonction des modes de mise en place (diagénèse, métamorphisme) aboutit à 13 groupes sans cohérence géochimique. Le croisement de ces 13 groupes avec les unités géologiques (fonctions de l'âge des ensembles) montre en revanche une cohérence de la géochimie issue des données de prospection minière. Cette méthode de croisement est ainsi retenue pour définir les entités géologiques géochimiquement cohérentes.

Le positionnement des prélèvements s'appuyant sur le maillage défini à partir de l'évaluation du degré d'hétérogénéité géochimique de ces entités est illustré en Figure 2.

Quatrièmes Rencontres nationales de la **Recherche sur les sites et sols pollués**

26 et 27 novembre 2019, Le Beffroi de Montrouge
 (Portes de Paris)

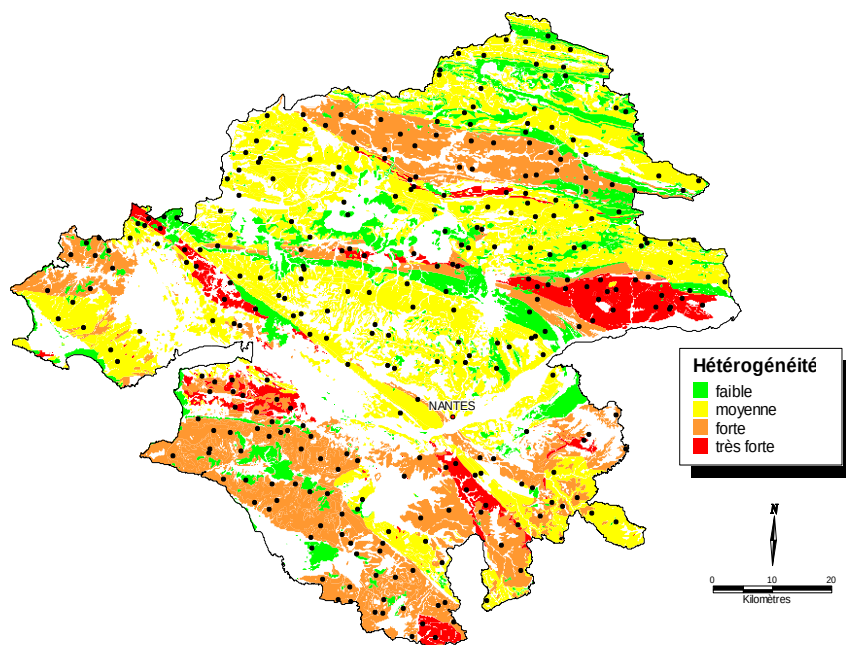


Figure 2 : Positionnement des 350 points de prélèvements initiaux selon l'hétérogénéité géochimique des entités géochimiquement cohérentes

Fond géochimique et potentiel d'anomalie

Les échantillons de sol prélevés dans le cadre du programme METOTRASS montrent des teneurs en éléments traces s'étendant de 9 à 318 mg/kg pour As, de moins de 11 mg/kg à 108 mg/kg pour Pb. Les teneurs en Zn vont de 18 à 163 mg/kg, et celles de Cu de moins de 18 à 185 mg/kg.

Plus de 85% des échantillons des sols prélevés présentent des teneurs inférieures aux teneurs usuelles dans les sols français [3][4][5](Baize, 2000, 2004, Baize *et al.*, 2008) : As (< 25 mg/kg), Pb (< 60 mg/kg) et Zn (< 100 mg/kg). Il semble ainsi que les roches de socle sur lesquelles se sont développés les sols ont généralement des concentrations faibles dans ces éléments traces, sauf localement où elles sont affectées par des anomalies. La fréquence d'anomalies fortes à très fortes est plus marquée pour As : 3 % des échantillons présentent une anomalie forte (50-100 mg/kg), 1,3 % une anomalie très forte (> 100 mg/kg) (Figure 3). La probabilité d'anomalie forte en Pb (100- 500 mg/kg) s'élève à 0.5% sur l'ensemble du territoire étudié. La représentation cartographique (Figure 3) montre que les anomalies en As dans les sols sont principalement liées à la présence filons minéralisés ou d'accidents tectoniques. Un tiers des sols du département développés sur roches de socle sont ainsi susceptibles (probabilité moyenne de 10 à 25 %) de présenter des anomalies fortes (50-100 mg/kg) en As.

La prise en compte de données complémentaires issues d'autres jeux de données [6](Le Guern *et al.*, 2007 ; RMQS, ANADEME,...) modifie sensiblement les proportions d'anomalie et de fait la cartographie. Si ces données semblent intéressantes à utiliser pour cartographier le fond géochimique, une attention particulière doit être portée sur les sur-échantillonnages possibles d'anomalies.

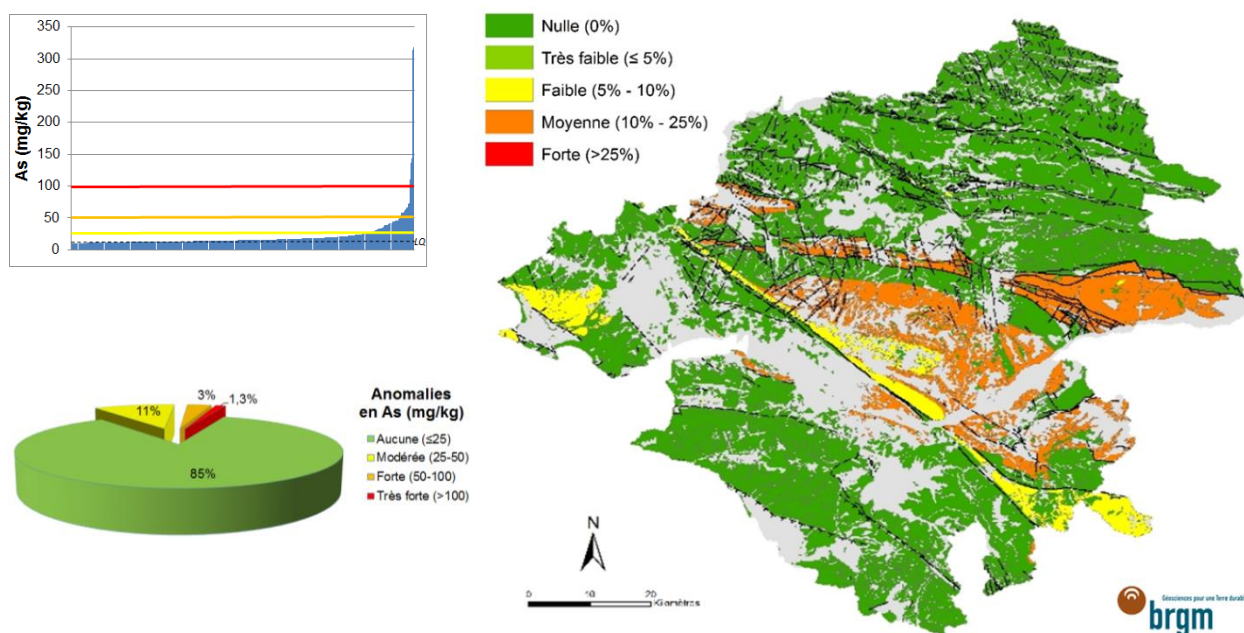


Figure 3 : Distribution des teneurs (histogramme) en arsenic et proportions par gamme de teneurs (camembert) comparées à la spatialisation (carte) des proportions de teneurs dans la gamme 50-100 mg/kg dans les sols de surface développés sur roches de socle selon les entités géochimiquement cohérentes définies à partir de la géologie

Conclusions et perspectives

Le test méthodologique de découpage du territoire en entités géochimiques cohérentes et d'adaptation de la densité du maillage au degré d'hétérogénéité des entités s'est avéré concluant sur les sols du département de la Loire-Atlantique développés sur roches de socle.

La méthodologie de découpage en entités géochimiques cohérentes a été utilisée à différentes échelles et dans différents contextes (urbain : agglomération, quartier ; région). Elle est intégrée au guide de détermination des valeurs de fond pédo-géochimique à l'échelle territoriale, dont une des applications est la valorisation des terres excavées.

La stratégie d'échantillonnage par maillage selon le degré d'hétérogénéité des entités n'a pas été mise en œuvre pour le moment, notamment en milieu urbain, faute de campagnes d'acquisition du fond géochimique dédiées. Le principe peut néanmoins être réutilisé pour effectuer un ré-échantillonnage des données collectées.

Références

- [1] Le Guern, C., Baudouin, V., Conil, P., Courtais, B., with the collaboration of Houel, M., Coffinet, A., Latourte, C., & Gourmelen, F. (2013). METOTRASS: méthodologie optimisée pour l'évaluation des teneurs en éléments trace (As, Pb, Cu, Zn) dans les sols en domaine de socle : test sur le département de la Loire-Atlantique. Rapport final. ADEME. Angers, France, Convention 0972C0030, rapport BRGM RP-63998-FR.
- [2] Béchenec, F. (2007). Carte géologique harmonisée du département de Loire-Atlantique. Rapport BRGM/RP-55703-FR, 369 p.
- [3] Baize, D. (2000). Teneurs Totales en " Métaux Lourds " Dans les Sols Français : Résultats Généraux du Programme ASPITET, INRA éditions, Orléans (France), 17p.
- [4] Baize, D. (2004). Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français. Courrier de l'environnement de l'INRA n°39. <http://www.inra.fr/dpenv/baizec39.htm>
- [5] Baize, D., Deslais, W. et Saby, N. (2008). Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France. Résultats d'une collecte de données à l'échelon national. Rapport final. ADEME. Angers, Convention 0375 C0035.
- [6] Le Guern, C., Javanaud, T., Baudouin, V. et Conil, P. avec la collaboration de Béchenec, F. et Clozel, B. (2007). Cartographie des teneurs en arsenic et plomb des sols d'un ensemble de communes de Loire-Atlantique, Rapport BRGM/RP-55696-FR, 146 p., 39 illustrations, 5 annexes.
- [7] ADEME (2018). Méthodologie de détermination des valeurs de fonds dans les sols : Echelle territoriale. Groupe de travail sur les valeurs de fonds. 112 p.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ADEME (convention 0972C0030) et l'ARS pour leur soutien financier, ainsi que tous les collègues ayant contribué à l'étude.