



HAL
open science

Utilisation de la régression par les moindres carrés partiels en cartographie des ETM dans les sols et les sédiments de ruisseaux

Hocine Bourennane, Dominique D. King, Denis Baize, Sophie S. Cornu, Yann Itard, Ignace Salpeteur

► To cite this version:

Hocine Bourennane, Dominique D. King, Denis Baize, Sophie S. Cornu, Yann Itard, et al.. Utilisation de la régression par les moindres carrés partiels en cartographie des ETM dans les sols et les sédiments de ruisseaux. 9. Journées Nationales de l'Etude des Sols, Apr 2007, Angers, France. hal-02756908

HAL Id: hal-02756908

<https://hal.inrae.fr/hal-02756908>

Submitted on 3 Jun 2020

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.

Utilisation de la régression par les moindres carrés partiels en cartographie des ETM dans les sols et les sédiments de ruisseaux

H. Bourennane⁽¹⁾, **D. King**⁽¹⁾, **D. Baize**⁽¹⁾, **S. Cornu**⁽¹⁾, **Y. Itard**⁽²⁾, **I. Salpeteur**⁽²⁾

INRA Unité de Science du Sol, BP 20619 Olivet 45166 Cedex, France

BRGM: 3, avenue Claude Guillemin BP 6009 Orléans 45060 Cedex2, France

Email: Hocine.Bourennane@orleans.inra.fr

Résumé

Il est d'usage courant de vouloir expliquer et prédire le comportement d'une ou plusieurs variables (les variables expliquées ou réponses) par des indicateurs plus faciles à mesurer ou à contrôler (les variables explicatives). Cependant, les variables explicatives présentent souvent un très fort degré de colinéarité (variables redondantes). De plus, lorsqu'il s'agit de modéliser un vecteur de variables réponses à partir d'un grand nombre de variables explicatives, la régression multiple par les moindres carrés ordinaires peut s'avérer peu efficiente, voire inadaptée. Il est alors plus pertinent d'appliquer la régression des moindres carrés partiels (RMCP).

L'objectif de ce travail est de modéliser et de cartographier la signature géochimique globale des éléments traces métalliques (ETM) à partir de variables pédologiques (VP) classiquement mesurées en cartographie. Il s'agit également de mieux comprendre l'origine des ETM et d'établir l'importance des contaminations éventuelles d'origine anthropique.

La zone d'étude couvre une surface de 550 km² et correspond au territoire de la carte IGN de La Châtre à l'échelle du 1/50.000. Situé en limite nord du Massif Central au contact entre terrains métamorphiques et sédimentaires, ce territoire présente une large diversité de matériaux géologiques et des teneurs en ETM localement assez élevées. Il a été choisi comme site pilote pour des études sur le fond pédogéochimique. De ce fait, nous avons disposé d'une information relativement abondante sur les sols et sur les sédiments de ruisseaux, à savoir 114 prélèvements dans les horizons de surface et 101 prélèvements dans les horizons de profondeur. Pour chaque prélèvement 7 ETM (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn) et 14 VP (les 5 fractions granulométriques, le carbone organique, la CEC, le pH et les teneurs totales en Fe, Mn, K, Ca, P, Mg) ont été déterminés. Par ailleurs, nous avons disposé de l'analyse de 9 éléments chimiques (Fe, K, Mn, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn, P) dosés dans 91 sédiments de ruisseaux prélevés aux exutoires des bassins versants déterminés sur la zone d'étude.

Dans une première étape, la modélisation du vecteur ETM *versus* VP a été réalisée par RMCP pour les horizons de surface puis, de façon séparée pour les horizons de profondeur. Dans une seconde étape, le vecteur ETM des horizons de surface a été modélisé par RMCP à partir de l'ensemble de l'information (ETM et VP) des horizons de profondeur afin d'identifier les sources potentielles d'ETM. Enfin, ont été examinés, dans une troisième étape les liens entre les teneurs en ETM des sédiments de ruisseaux et l'ensemble de l'information des horizons de sols (ETM et VP surface et profondeur).

La cartographie de la signature géochimique globale des ETM et des VP a été réalisée par krigeage ordinaire des variables latentes résultant de la RMCP. Cette cartographie a été réalisée pour les différents scénarios évoqués ci-dessus. Ainsi, pour chaque ETM, deux structures spatiales ont été inférées, respectivement, à partir de la signature globale des ETM et de celle des VP.

Pour les horizons de profondeur, les résultats montrent que les éléments majeurs (Fe, Mg, Mn) sont les variables les plus pertinentes parmi les VP dans la modélisation du vecteur

ETM. Cela signifie que les variations du vecteur ETM en profondeur sont principalement gouvernées par la composition minéralogique des sols.

Pour les horizons de surface, les VP les plus pertinentes dans la modélisation du vecteur ETM sont très similaires à celles identifiées dans la modélisation du vecteur ETM en profondeur. En effet, selon les résultats d'une validation croisée, 5 VP (Fe, Mg, Mn, CEC, CaCO₃) sur un total de 7 VP sont jugées significatives. Cela dit, le rôle des variables tels que P et CEC, mesurées en surface n'est pas négligeable. Ces 2 variables sont nettement sous l'influence de l'occupation des sols. Ainsi, pour cette première étape, la différenciation pédogénétique du secteur apparaît faiblement marquée entre les horizons de surface et ceux de profondeur.

Les résultats de la modélisation du vecteur ETM des horizons de surface par RMCP à partir de l'ensemble de l'information ETM et VP des horizons de profondeur indiquent que le vecteur ETM des horizons de surface est lié à l'ensemble des éléments du vecteur ETM des horizons de profondeur. Par contre, seulement 5 VP (sur un total de 14) des horizons de profondeur sont pertinentes (Fe, Mg, Mn, CEC, et pH).

Par ailleurs, dans cette étape la modélisation révèle que certaines VP des horizons de profondeur peuvent être plus pertinentes que les ETM des horizons de profondeur dans la modélisation des ETM des horizons de surface. En effet, le pH et la CEC, qui intègrent et reflètent divers processus pédologiques et anthropiques, sont les plus importantes variables des horizons de profondeur dans la modélisation du Ni, Cd, Cu et Tl des horizons de surface. Tandis que les teneurs en Cr, Zn et Pb des horizons de profondeur, respectivement, restent les variables les plus importantes dans la modélisation de Cr, Zn et Pb en surface.

Pour cette seconde étape, nous constatons aussi que les VP et les ETM des horizons de profondeur considérés conjointement permettent une très bonne prédiction des ETM des horizons de surface. Ceci est particulièrement vrai pour les ETM connus pour leur mobilité tel que Zn. Signalons enfin que la prédiction d'un ETM en surface à partir des valeurs de ce même ETM mesurées dans les horizons de profondeur est très médiocre. Cela montre tout l'intérêt d'une approche vectorielle comme la RMCP.

La cartographie des variables latentes résultant de la RMCP a permis d'inférer deux structures spatiales pour chaque ETM aussi bien en surface qu'en profondeur. Il a ainsi été possible de délimiter spatialement des anomalies géochimiques naturelles sur la zone d'étude. En outre, les résultats ont montré que pour 2/3 de la surface totale, l'inférence de la structure spatiale d'un ETM peut être réalisée à partir des vecteurs VP ou bien ETM indifféremment.

Les traitements concernant la troisième étape sont en cours. Il s'agit de modéliser les liens entre les ETM des horizons de surface et les éléments chimiques dosés dans les sédiments des ruisseaux. Les résultats seront présentés lors de la communication orale.

En conclusion, il apparaît que la régression des moindres carrés partiels convient parfaitement à l'analyse de données présentant un très fort degré de colinéarité, des valeurs manquantes et un grand nombre de variables. Les variations des teneurs en ETM aussi bien en surface qu'en profondeur sont principalement gouvernées par la composition minéralogique des sols. Cependant, des processus liés aux activités humaines peuvent contribuer de façon significative à expliquer les variations de certains ETM. Les ETM de surface peu mobiles tel que Ni peuvent être inférés à partir des ETM de profondeur, tandis que les ETM de surface connus pour leur mobilité tel que Zn, nécessitent une information complémentaire sur les VP pour des prédictions plus appropriées. Enfin, nous montrons que la structure spatiale d'un ETM peut être déduite à partir des VP sur un peu plus de 2/3 de la surface d'étude.