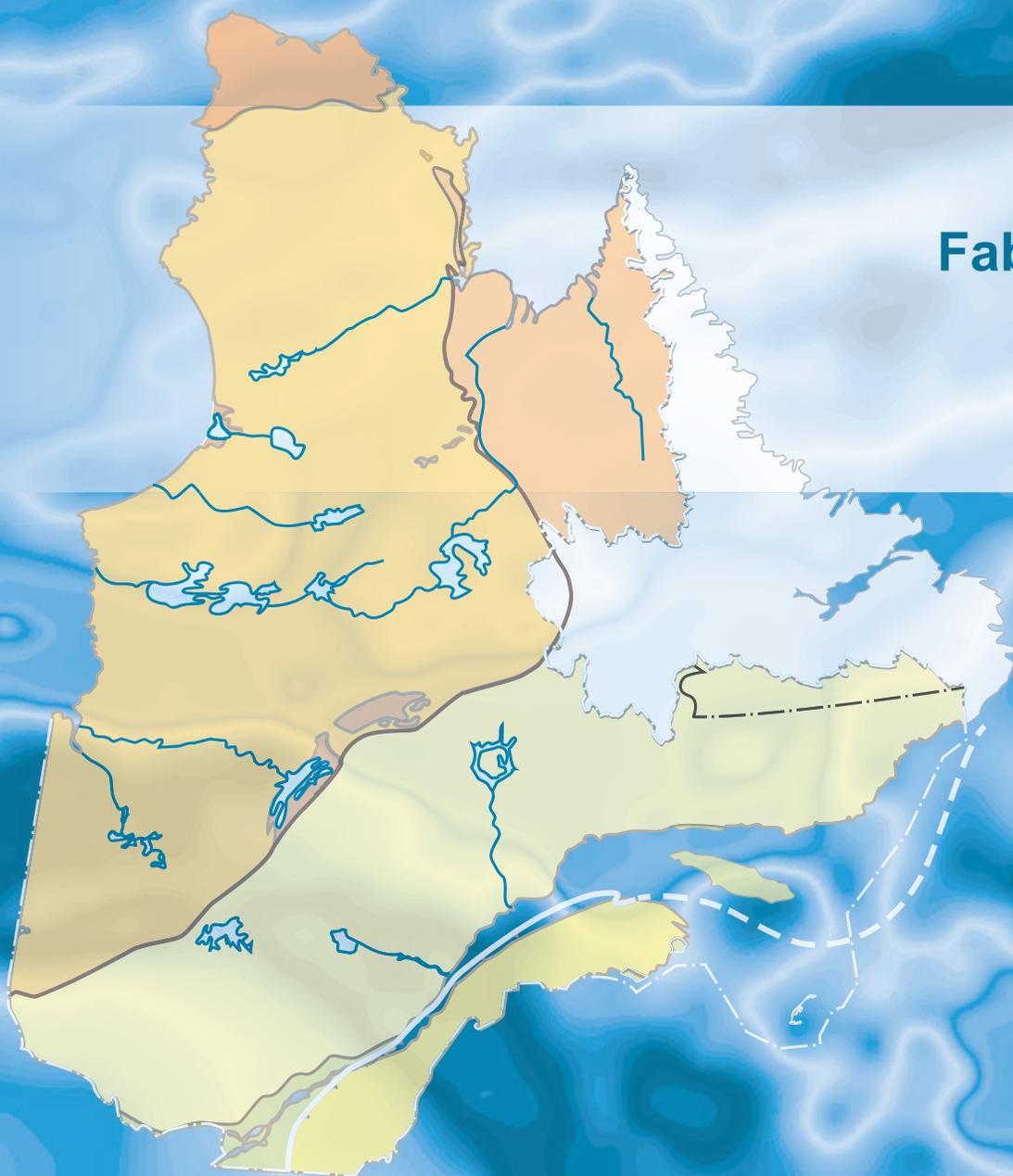


Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur du lac Assinica, Province du Supérieur, Québec

Fabien Solgadi

DP 2017-07



Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur du lac Assinica, Province du Supérieur, Québec

Fabien Solgadi¹

DP 2017-07

INTRODUCTION

Le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles a réalisé en 2015 un levé de sédiments de fond de lac dans le secteur du lac Assinica (feuilles SNRC 32F14, 32F15, 32F16, 32G13, 32G14, 32G15, 32G16, 32J01 à 32J12, 32K01, 32K02, 32K03, 32K04, 32K05, 32K06, 32K07, 32K08, 32K09, 32K10 et 32K11). Ce levé a été exécuté par la firme IOS Services Géoscientifiques du 4 au 21 août 2015. Aucun échantillon n'a été prélevé à l'intérieur des aires protégées, celles-ci étant soustraites à l'activité minière. Le levé a couvert une superficie d'environ 11 300 km² et a permis la collecte de 1938 échantillons, ce qui correspond à une densité d'environ un échantillon par 6 km². Parmi ces échantillons, dix n'ont pas été analysés à cause de problèmes d'étiquetage.

D'un point de vue géologique, le levé se situe à la limite entre les sous-provinces de l'Abitibi et d'Opatika (figure 1). La majorité des indices reconnus dans le secteur d'intérêt sont situés dans la Sous-province de l'Abitibi, en particulier dans le coin sud-est, un peu au nord de Chibougamau. Ces indices de type variés sont trop nombreux pour être décrits en détail dans ce rapport. Pour autant, on notera dans cette zone la présence des anciennes mines d'or Norbeau ou Lac Gwillim (figure 1) qui correspondent à des minéralisations d'or de type orogénique (Leclerc *et al.*, 2017).

MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE

L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'un hélicoptère sur flotteurs en utilisant une torpille en acier au carbone munie de clapets permettant de retenir les sédiments de lac lors de la remontée. Le pH des sédiments a été mesuré dans un délai de 24 h suivant l'échantillonnage.

Les analyses ont été réalisées en 2016 au laboratoire Actlabs d'Ancaster en Ontario. Les sédiments ont préalablement été séchés, broyés et homogénéisés. Par la suite, une portion d'environ 0,5 g d'échantillon a été analysée pour 53 éléments par spectrométrie de masse à couplage inductif (ICP-MS) après une dissolution à l'eau régale. Cette méthode de dissolution a l'avantage d'éviter la volatilisation de certains éléments, tels que As, Sb, Hg, Se, Te ou Tl, qui peut se produire lors d'une dissolution totale par quatre acides (Maurice, 2011; Genna, 2015). Toutefois, comme plusieurs auteurs l'ont démontré (Trépanier, 2007; Maurice, 2011; Amor, 2015), cette méthode ne permet pas de dissoudre complètement les minéraux très résistants comme la barytine, la cassitérite, la chromite, la monazite, le xénotime ou le zircon, ce qui peut amener une sous-estimation de certains éléments. Les résultats de ces analyses sont disponibles dans le SIGÉOM, à l'adresse suivante : http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_aLaCarte?l=F#GEOCH. À partir de ce formulaire, il est possible de retracer les analyses des échantillons de ce levé en utilisant le critère « Numéro projet sédiment : 2015AS ».

1 - MERN (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles)

TRAITEMENT DES DONNÉES

Dans un premier temps, les valeurs brutes provenant de ce levé ont été simplement mises en plan et extrapolées à l'aide de la méthode des voisins naturels. Ces cartes permettent d'identifier rapidement les zones de sédiments enrichis en un élément donné. Cette représentation présente toutefois le désavantage de ne pas tenir compte des teneurs de fond qui varient dans le milieu échantillonné en fonction des lithologies environnantes. D'autres facteurs environnementaux, comme la profondeur des lacs, la proportion de matière organique, l'oxygénation ou le pH, affectent aussi la concentration de certains éléments dans les sédiments (Trépanier, 2007). Pour ces raisons, la méthode de « Régression spatiale multiple » a été appliquée afin de s'affranchir le plus possible de ces facteurs et de faciliter la détection des concentrations anormales associées aux minéralisations.

Interpolation des valeurs brutes par la méthode des voisins naturels

Ce traitement a été effectué afin d'obtenir des cartes d'interpolation qui permettent d'identifier les secteurs anomaux pour certains éléments. Les valeurs brutes des analyses ont d'abord été transformées en centiles qui ont ensuite été interpolés par la méthode des « voisins naturels » à l'aide de l'outil « Spatial Analyst » du logiciel ArcGIS. Une maille de 50 m x 50 m a été utilisée pour générer les images matricielles. Ces cartes sont présentées aux figures 2a à 10a. La symbolisation utilisée sur ces cartes a été conçue pour mettre en évidence les valeurs de centiles élevées (95^e centile et plus).

Régression spatiale multiple

La méthode de régression spatiale multiple appliquée à la géochimie des sédiments de lac a été développée par Trépanier (2006). Elle a par la suite été utilisée par Lamothe (2010) pour traiter l'ensemble de la base de données de sédiments de lac disponible dans le SIGÉOM. Les détails de la méthode sont décrits dans les articles précédemment cités et le lecteur est invité à s'y référer pour plus de détails. Le principe de ce traitement repose sur la notion que la teneur d'un élément chimique dans un échantillon résulte de la combinaison d'une composante d'origine lithologique ou environnementale **(1)** associée parfois à une composante anormale provenant d'une minéralisation proximale **(2)**.

La méthode de régression spatiale multiple permet donc d'évaluer la teneur d'origine lithologique ou environnementale **(1)** d'un élément (teneur de fond) en l'absence de composante anormale **(2)**. Ce calcul se fait pour chaque échantillon à partir de la composition des échantillons situés à proximité. Pour réaliser ce calcul, on utilise une équation de régression du type :

$$\text{Cu}_{\text{prédit}} = 0,5 * \text{Ag} + 1,2 * \text{As} - 2,4 * \text{Ba} + 0,2 * \text{Co} + \dots + 1,78$$

Avec :

$\text{Cu}_{\text{prédit}}$	=	valeur prédite de l'élément
$\text{Ag}; \text{As}, \dots$	=	variables explicatives (teneur de chaque élément)
$0,5; 1,2, \dots$	=	coefficient de régression
$1,78$	=	constante

Pour chaque échantillon considéré, les échantillons situés à moins de 20 km ont été pris en compte lors du calcul des coefficients de régression. Cette distance correspond à celle choisie par Trépanier (2006) et Lamothe (2010) à la suite de l'examen des variogrammes réalisés par Trépanier (2006) à partir des données de fond de lac du Grand Nord.

En fonction de l'élément dont on cherche à prédire la valeur, les douze meilleures variables explicatives sont choisies grâce à la méthode « Régression exploratoire » de l'outil « Statistiques spatiales » du logiciel ArcGIS. Le tableau 1 présente les variables explicatives utilisées dans les équations de régression. Certains éléments sont soustraits de cette sélection préliminaire et sont listés au tableau 1. Ces éléments correspondent à l'élément prédit lui-même, ainsi que certains éléments souvent associés à cette substance dans les zones minéralisées. Cette mesure permet d'éviter d'introduire un biais relié à une variable étroitement associée à la présence de minéralisation. Les éléments dont les valeurs se situent souvent sous les limites

de détection, comme l'or, ne sont jamais utilisés comme variables explicatives, car ils ne sont pas de bons prédicteurs et sont souvent soumis à l'effet « pépité ».

Les douze meilleures variables explicatives pour chaque élément sont utilisées dans l'équation de régression grâce à l'opérateur « Régression pondérée géographiquement » de l'outil « Statistiques spatiales » du logiciel ArcGIS. Cet opérateur, en plus de calculer la valeur prédite, calcule aussi directement la valeur résiduelle pour chaque échantillon. La valeur résiduelle correspond à la différence entre la concentration réelle mesurée dans l'échantillon et la teneur prédite par le calcul de l'équation de régression. Les résiduelles positives les plus importantes sont censées représenter l'apport d'une minéralisation proximale.

Présentation des résultats

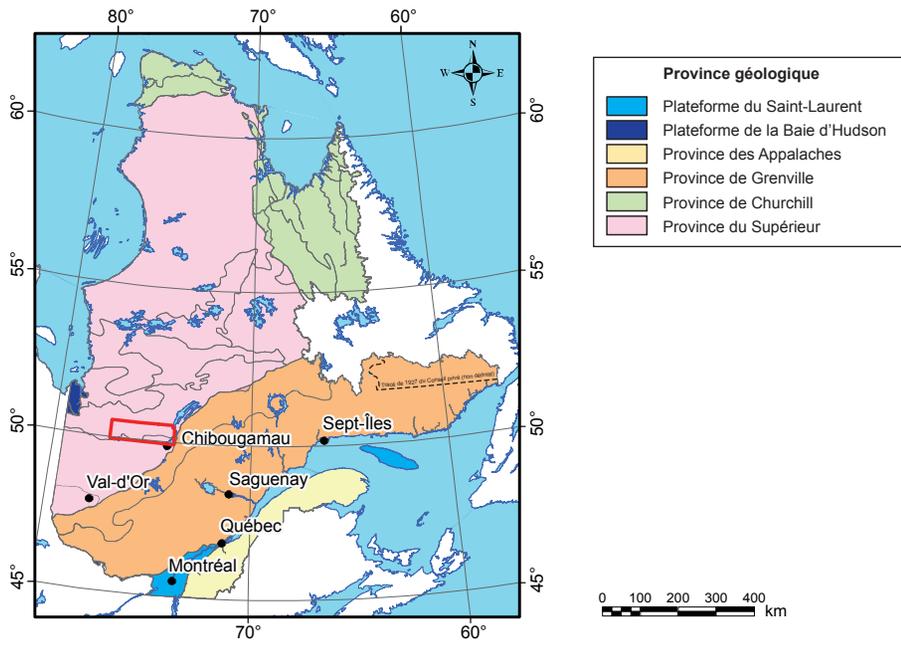
Une fois le traitement de régression spatiale multiple réalisé, les centiles des valeurs résiduelles sont calculés, puis interpolés par la méthode des voisins naturels pour produire une carte pour chaque élément (figures 2 b à 10b) à la même échelle que la carte des valeurs brutes. Les deux cartes sont présentées côte à côte, ce qui permet de comparer les zones d'intérêt avant et après le traitement. Les images en format Geotif et le projet ArcGis présentant les résultats du calcul de régression spatiale multiple sont fournis dans le dossier « Autres données numériques » annexé à ce rapport.

CONCLUSION

Dans la plupart des cas, les cartes créées par l'interpolation des valeurs brutes ou par la méthode de régression spatiale multiple ont une bonne corrélation avec les indices connus, en particulier dans les secteurs présentant une bonne densité de minéralisations. Ceci confirme que l'utilisation des sédiments de fond de lac constitue un outil intéressant pour la recherche d'indices minéralisés. La région qui semble présenter le plus de potentiel, mis à part le coin sud-est du levé déjà cité précédemment, est localisée dans la Sous-province d'Opatca juste au nord du contact avec l'Abitibi. Cette région contient de nombreuses anomalies pour plusieurs éléments tels que l'argent, le cuivre, les terres rares, le plomb et le zinc.

RÉFÉRENCES

- AMOR, S.D., 2015 – Comparison of lake-sediment results from Labrador and adjacent Québec: Preliminary results. Current Research Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources Geological Survey; Report 15-1, pages 215-242.
- GENNA, D., 2015 – Optimisation des analyses des suites multiéléments ICP-MS pour l'exploration minérale. Présentation du projet CONSOREM 2014-05; 52 diapositives.
- LAMOTHE, D., 2010 – Modélisation de cibles de l'environnement secondaire par des techniques des seuils naturels et de régression spatiale multiple. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; EP 201001, 27 pages.
- LECLERC, F. – ROY, P. – HOULE, P. – PILOTE, P. – BÉDARD, J.H. – HARRIS, L.B. – McNICOLL, V.J. – VAN BREEMEN, O. – DAVID, J. – GOULET, N., 2017 – Géologie de la région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG 201503, 97 pages, 6 plans.
- MAURICE, C., 2011 – Nouveaux résultats d'analyse de sédiments de lacs suivant une dissolution par quatre acides dans la Province de Churchill : implications pour l'exploration. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; Bulletin d'information minière Québec mines, novembre 2011. www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2011-11/sediments.asp
- TRÉPANIÉ, S., 2006 – Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs – Phase 2. Rapport du projet CONSOREM 2005-03. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; MB 2006-07, 82 pages.
- TRÉPANIÉ, S., 2007 – Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs. CONSOREM, rapport soumis au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; GM 62922, 95 pages.



4

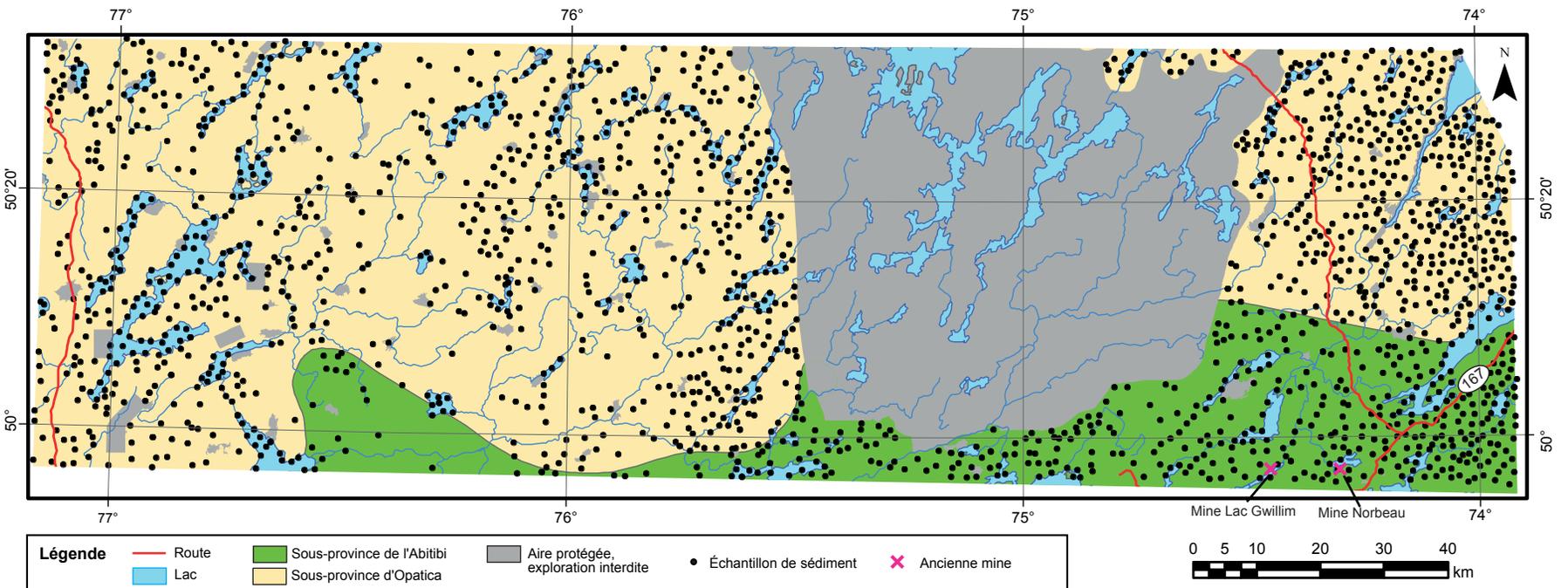
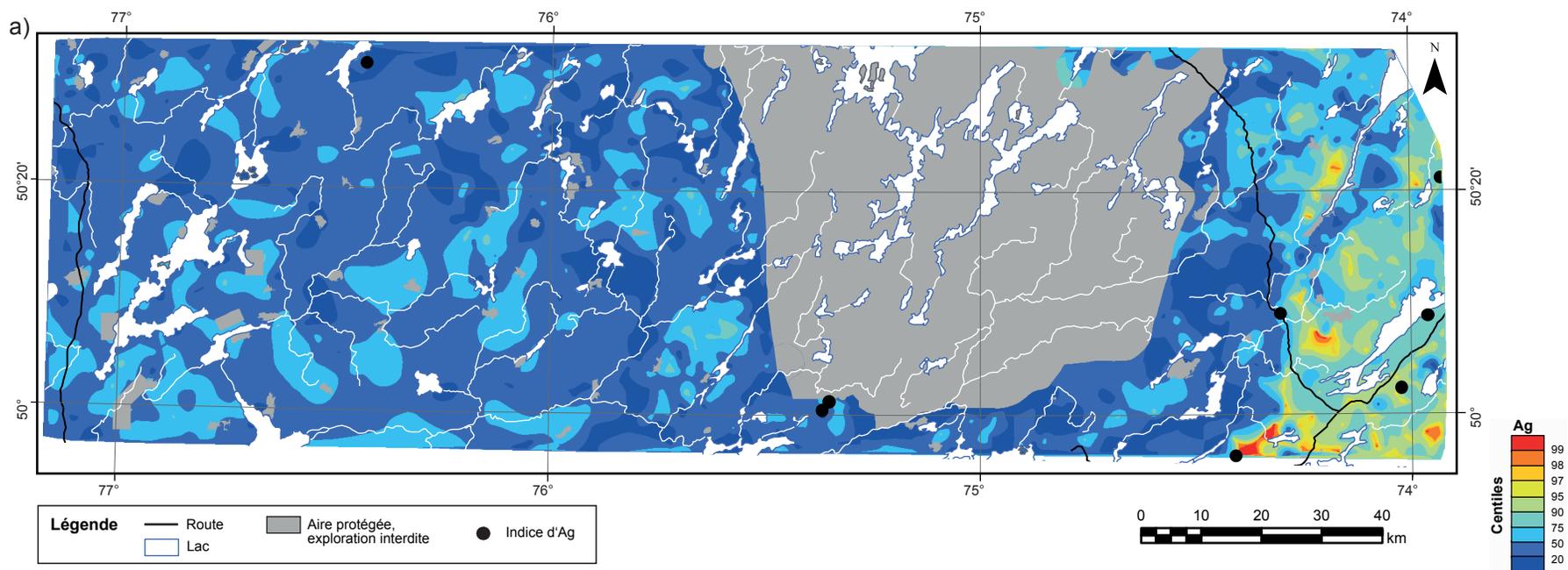


FIGURE 1 – Localisation du levé



s

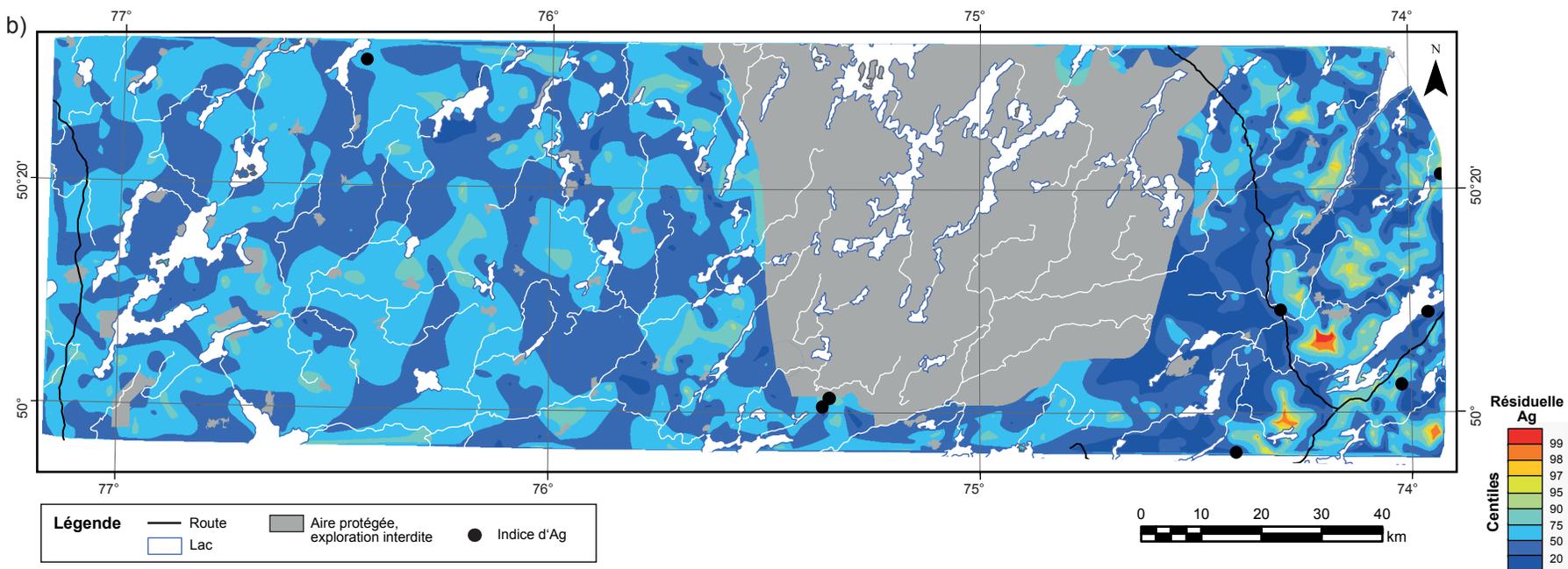


FIGURE 2 – a) Carte des concentrations en Ag dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour l'argent.

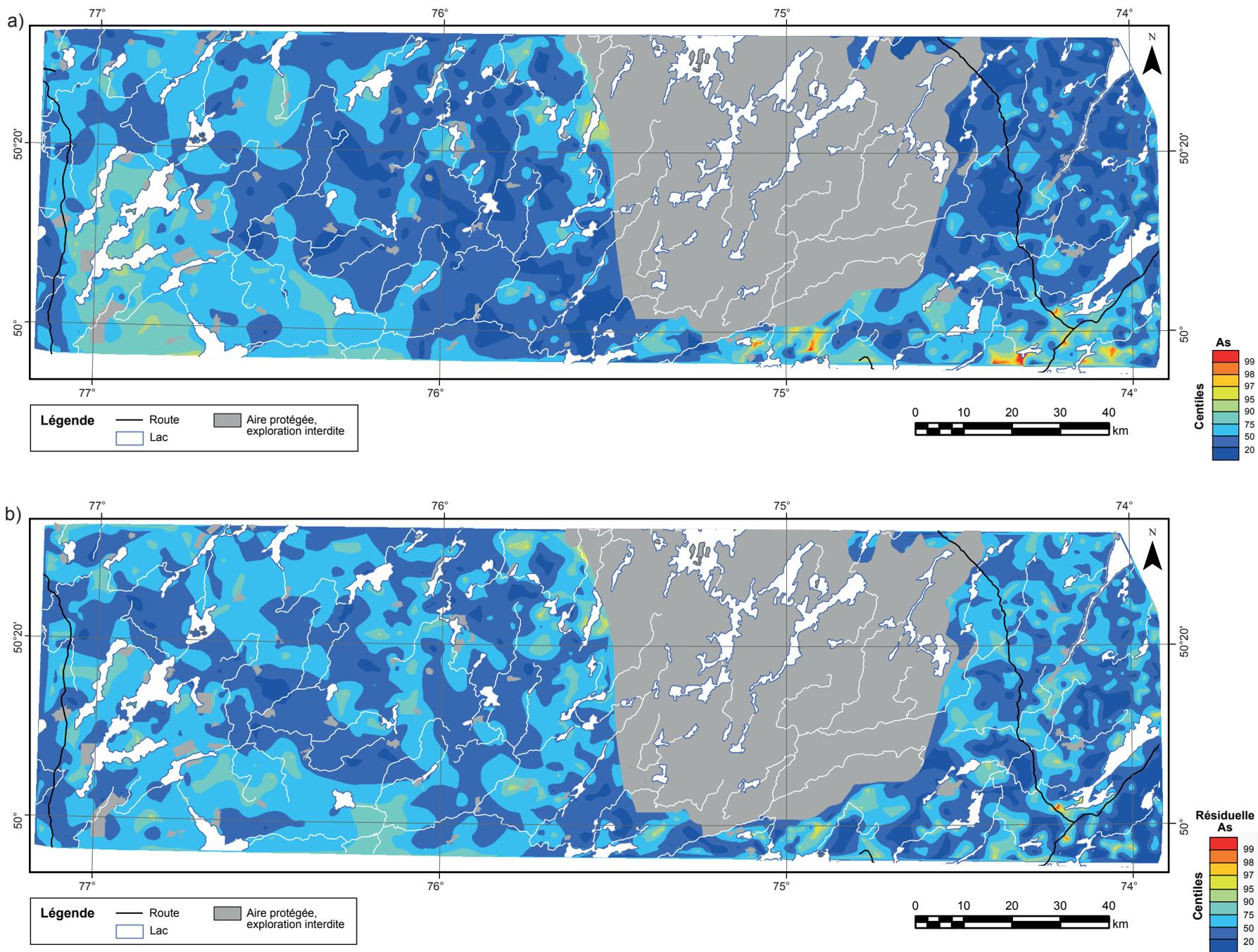


FIGURE 3 – a) Carte des concentrations en As dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour l'arsenic.

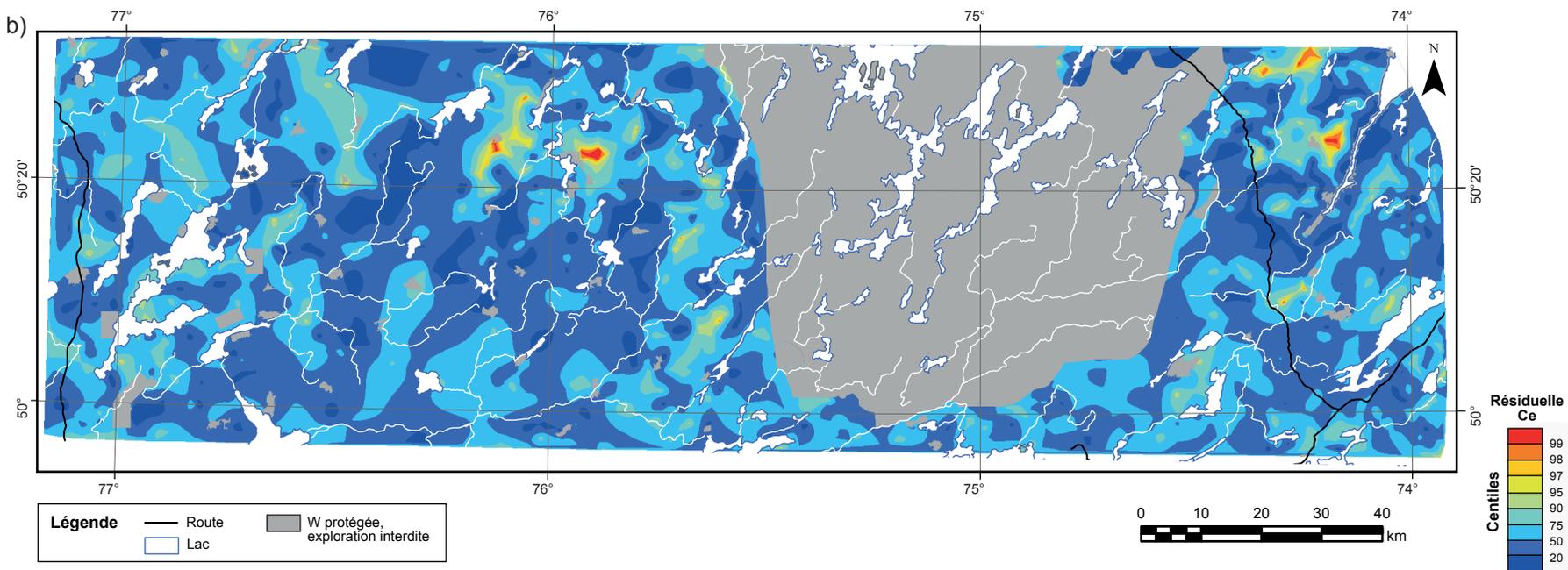
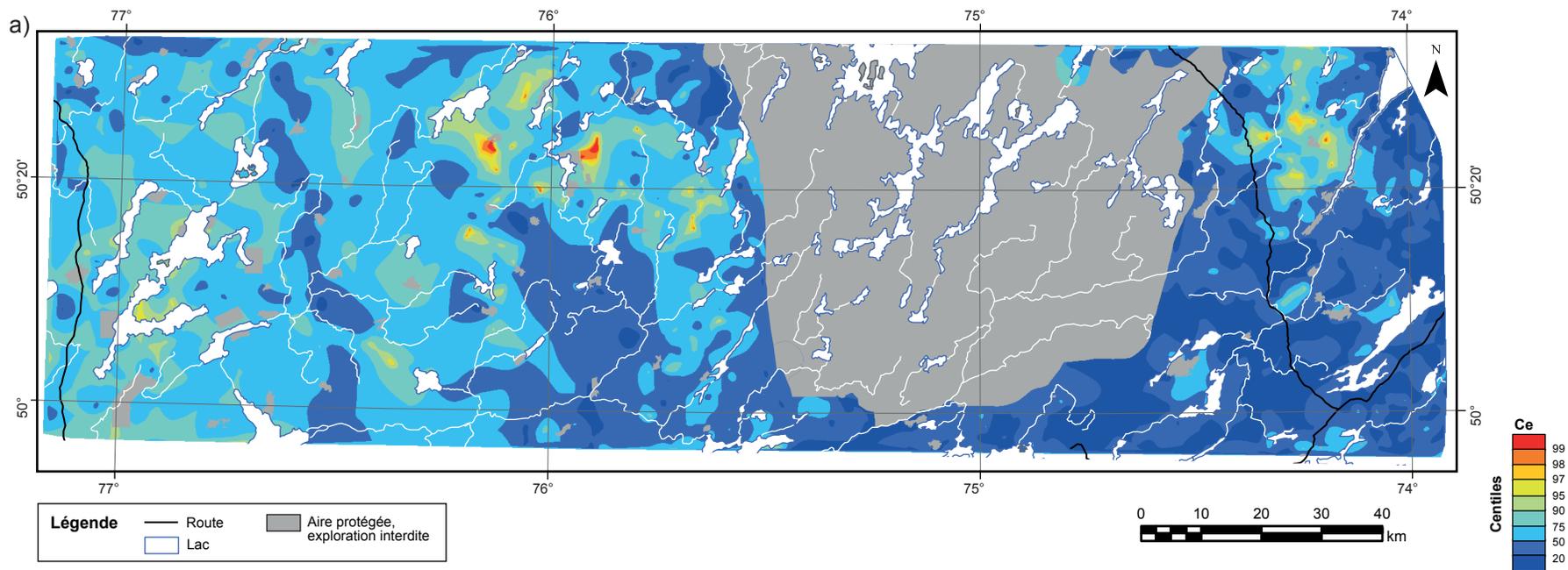
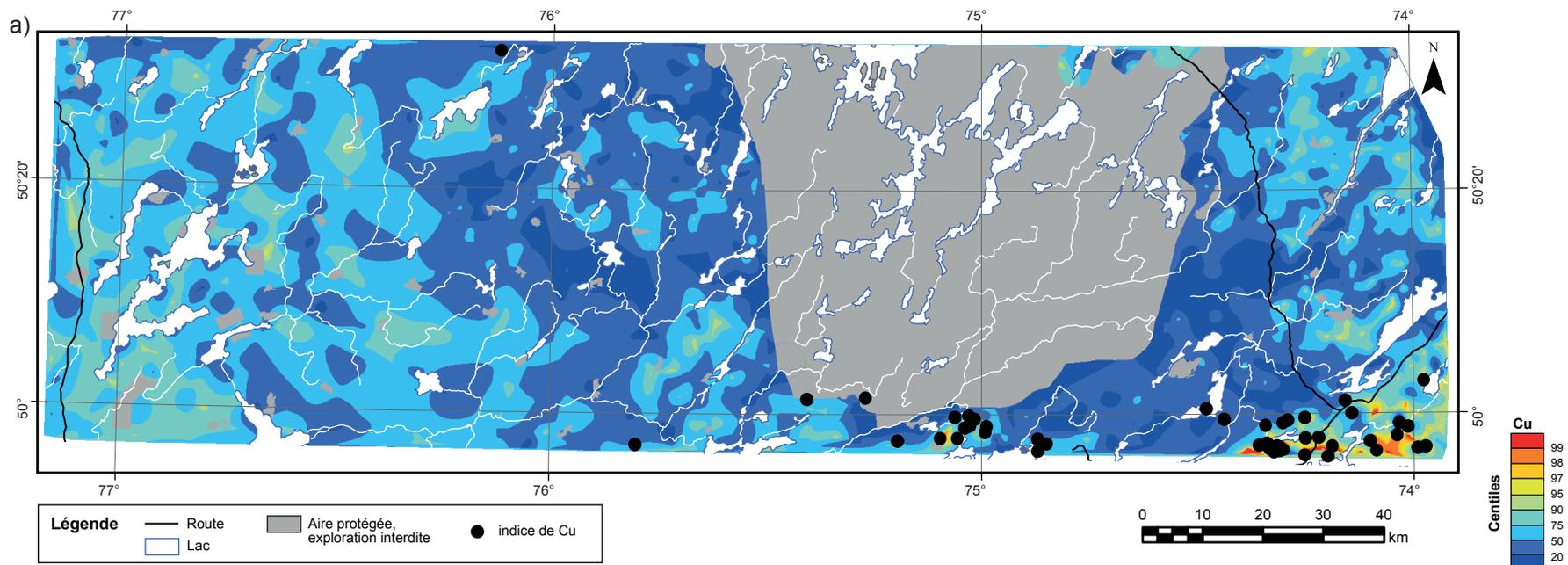


FIGURE 4 – a) Carte des concentrations en Ce dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le cérium.



8

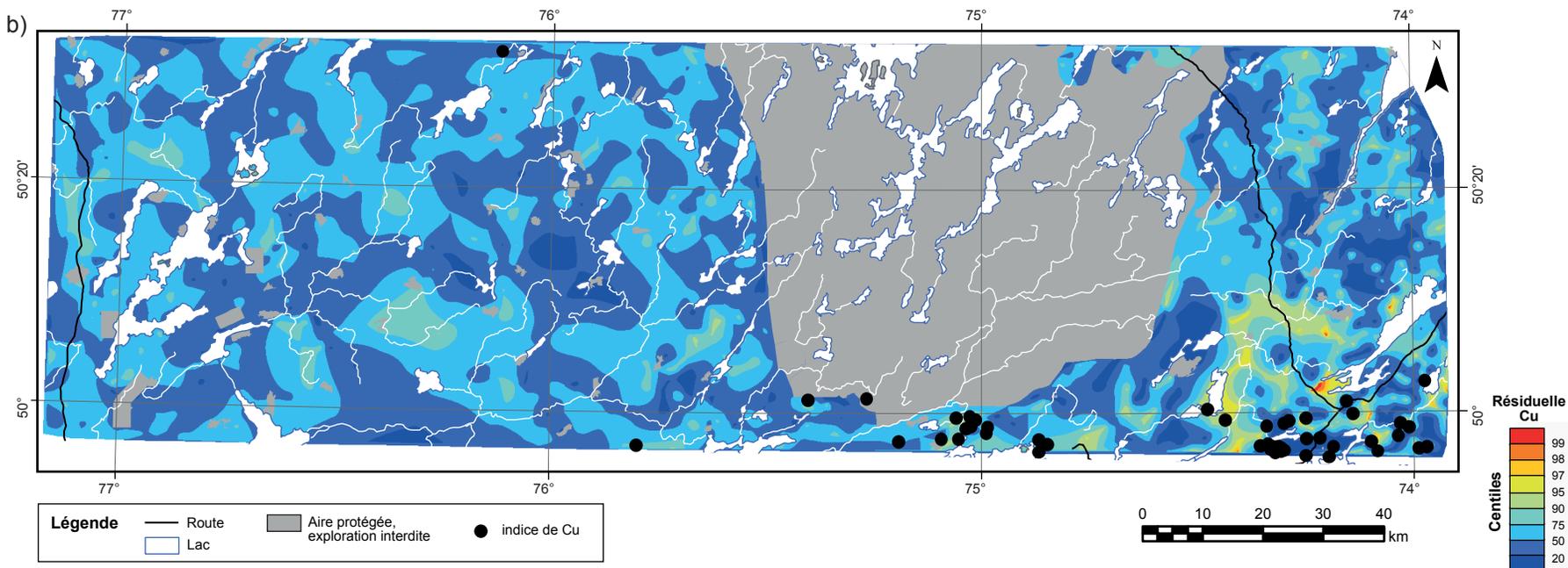
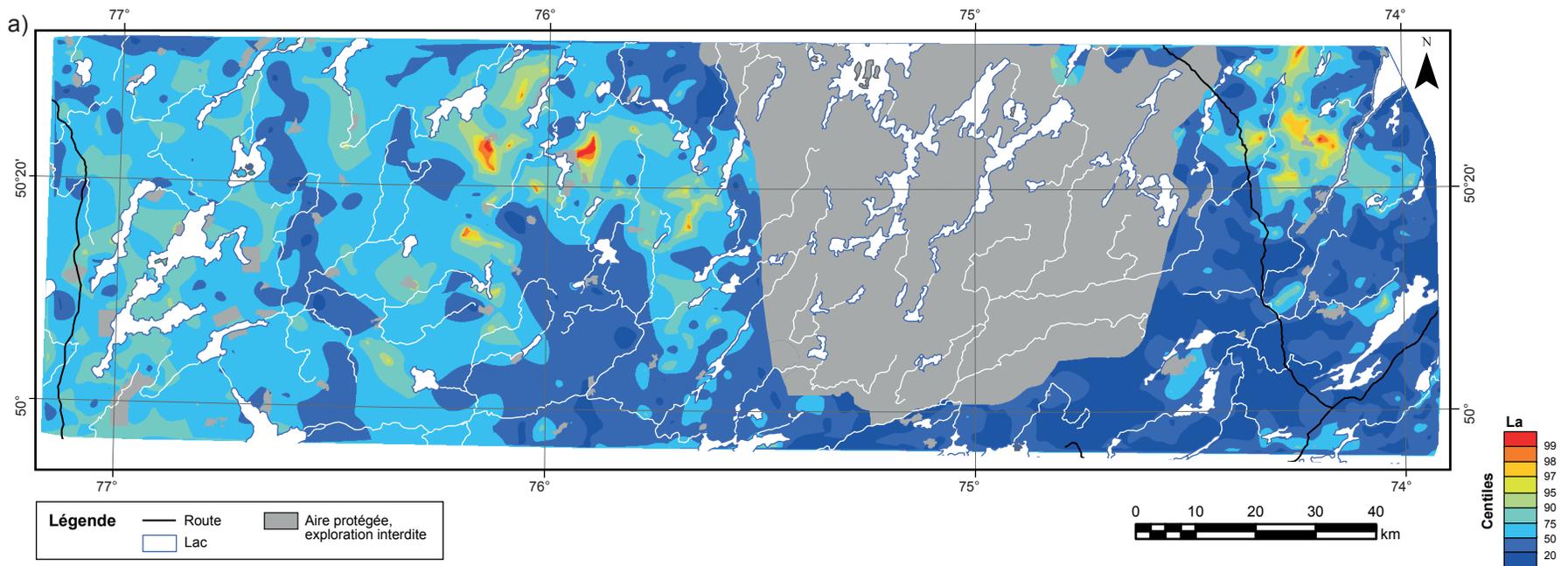


FIGURE 5 – a) Carte des concentrations en Cu dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le cuivre.



6

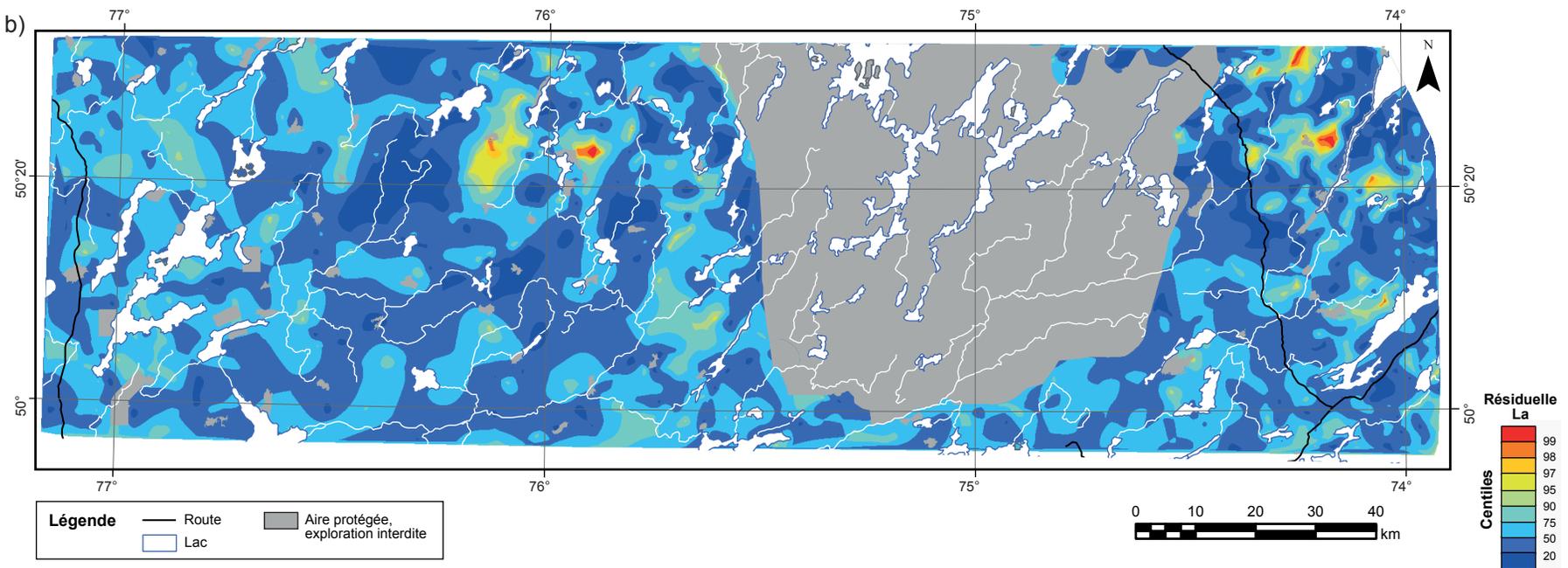


FIGURE 6 – a) Carte des concentrations en La dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le lanthane.

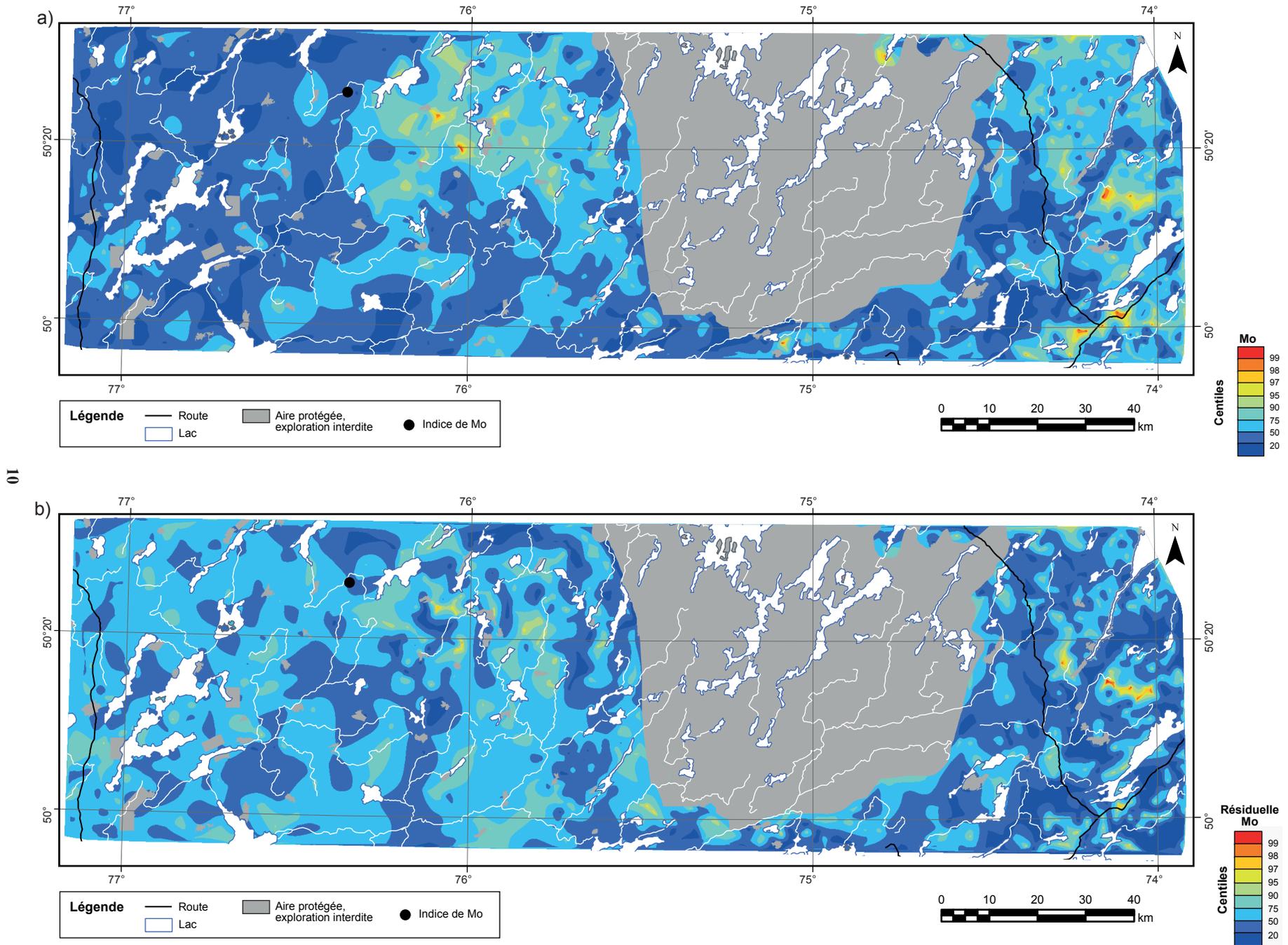
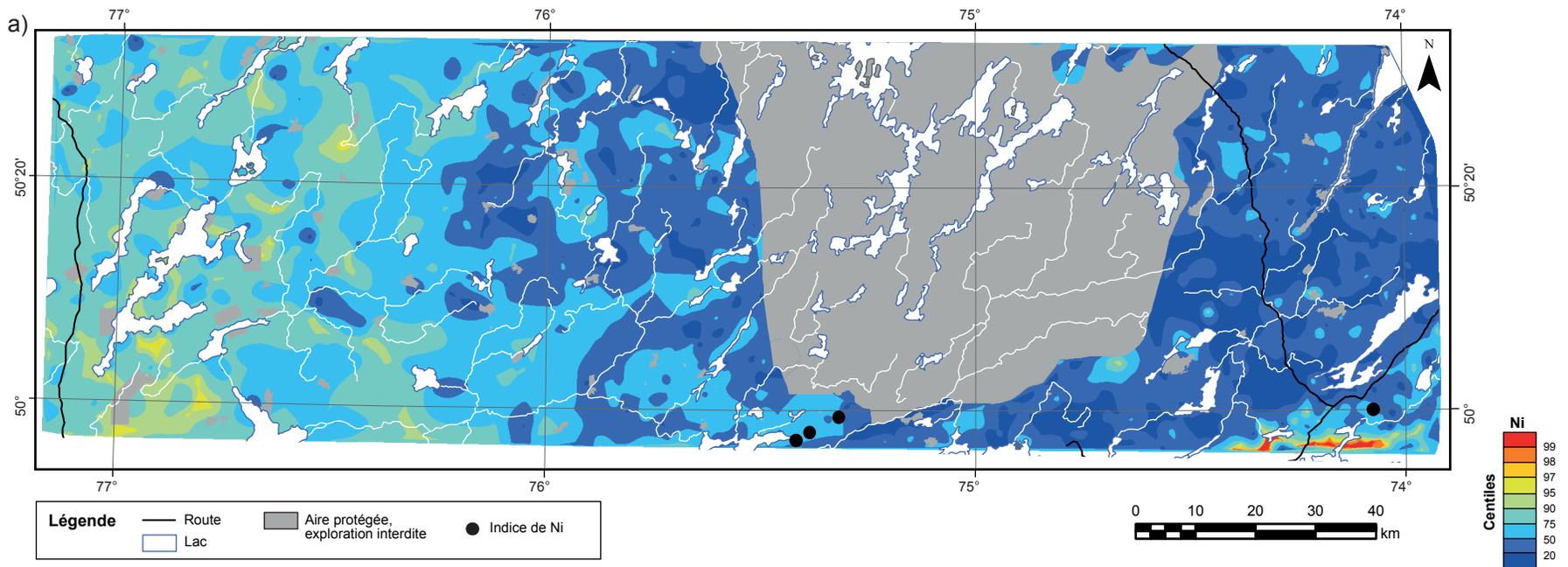


FIGURE 7 – a) Carte des concentrations en Mo dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le molybdène.



II

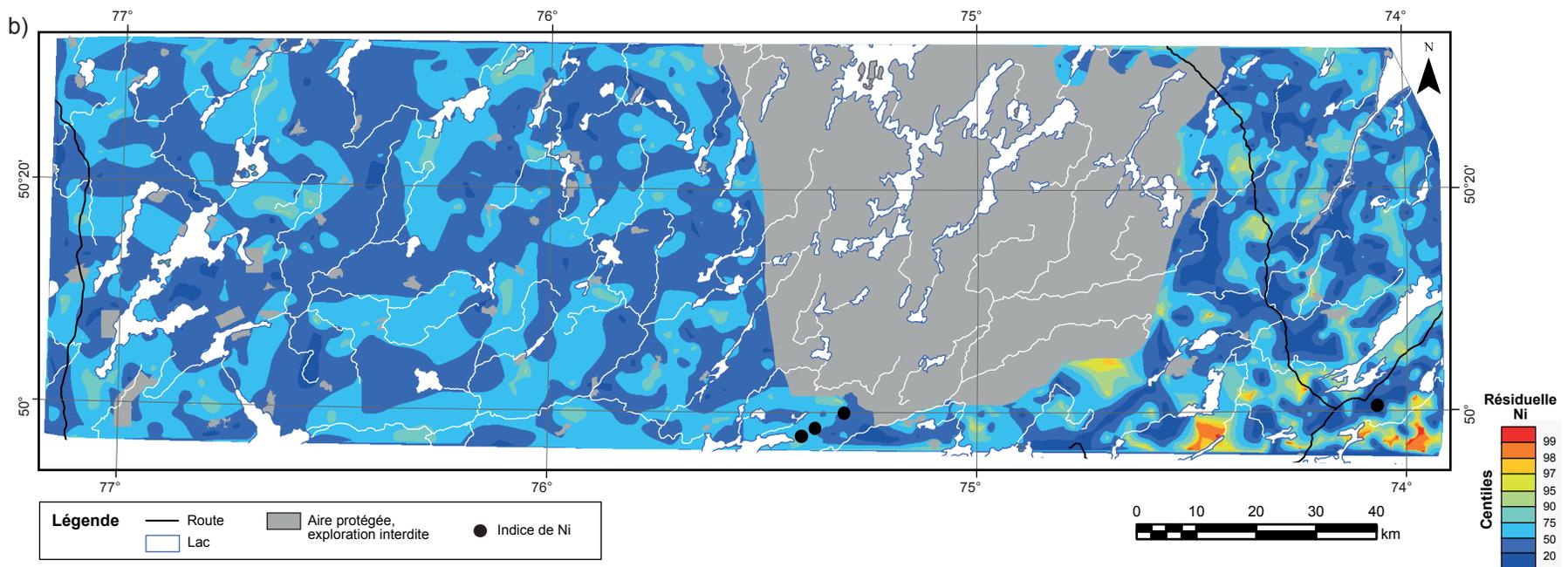
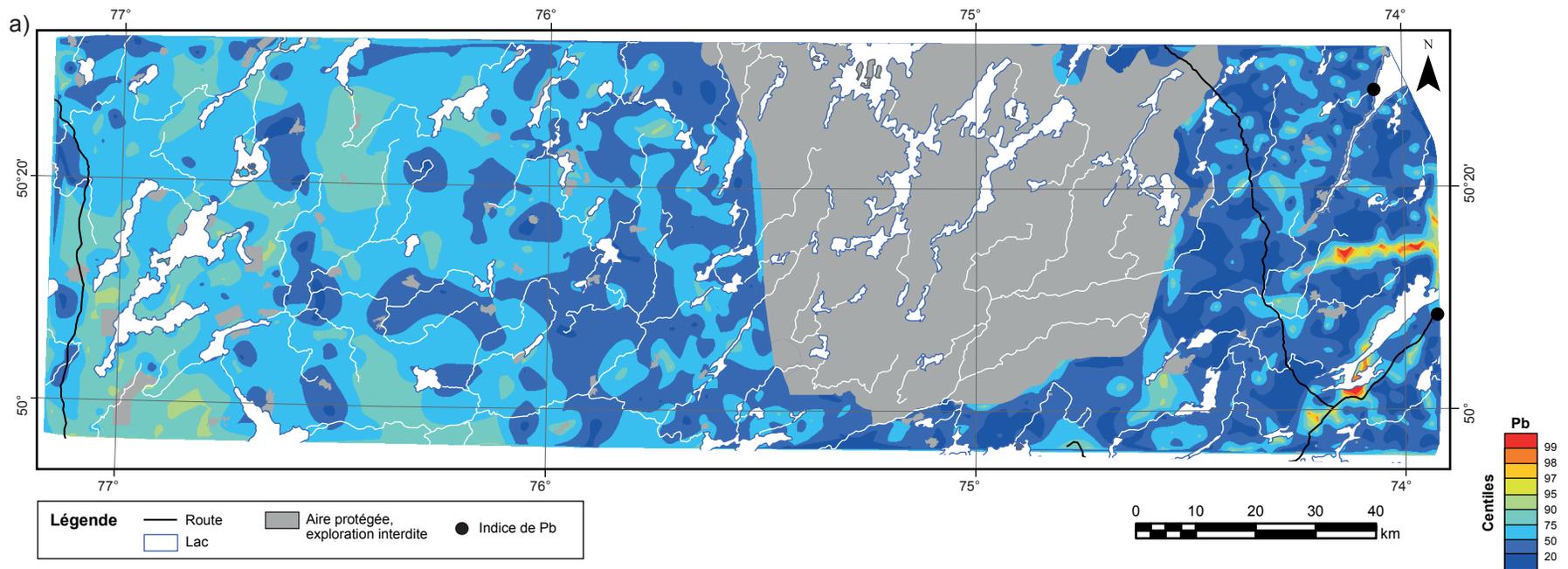


FIGURE 8 – a) Carte des concentrations en Ni dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le nickel.



12

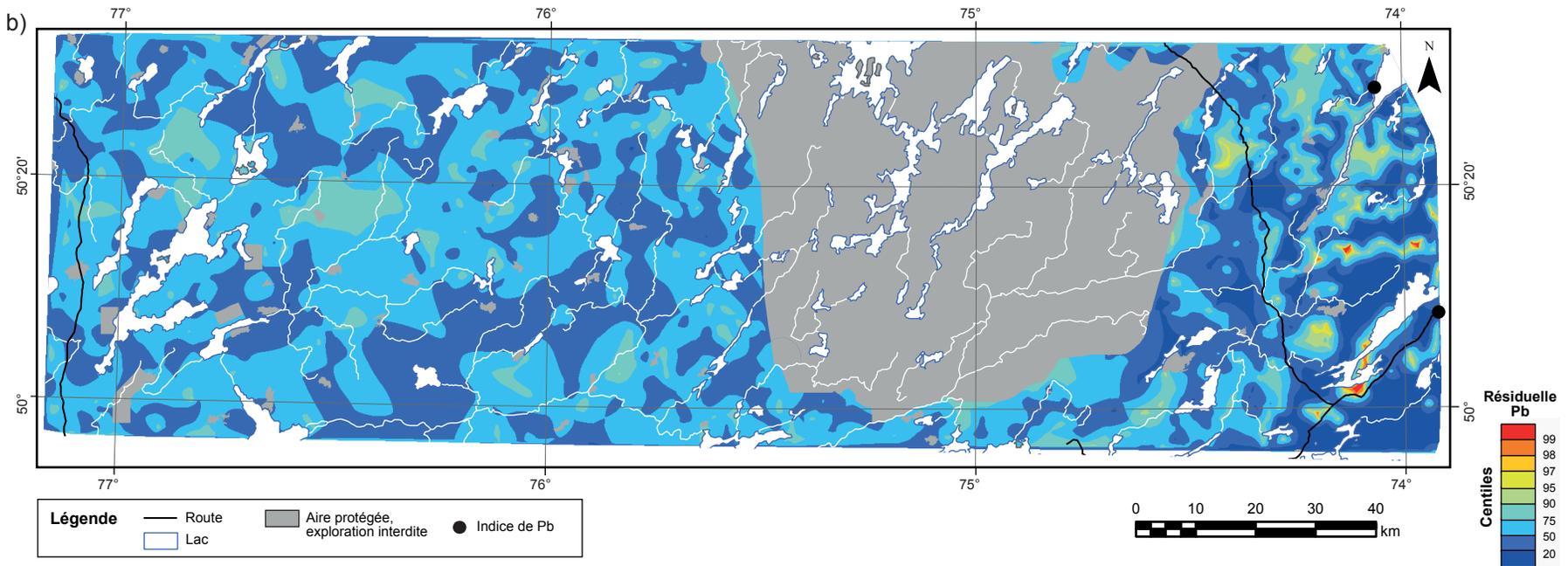
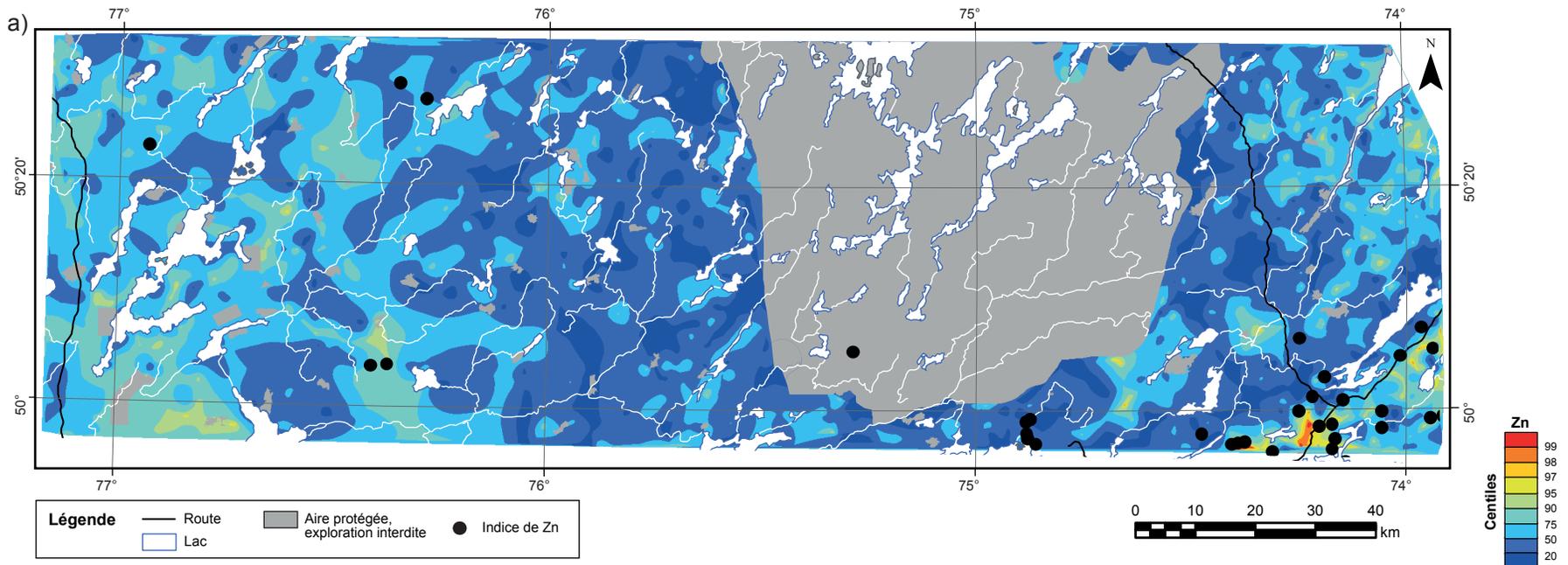


FIGURE 9 – a) Carte des concentrations en Pb dans les sédiments de fond de lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le plomb.



13

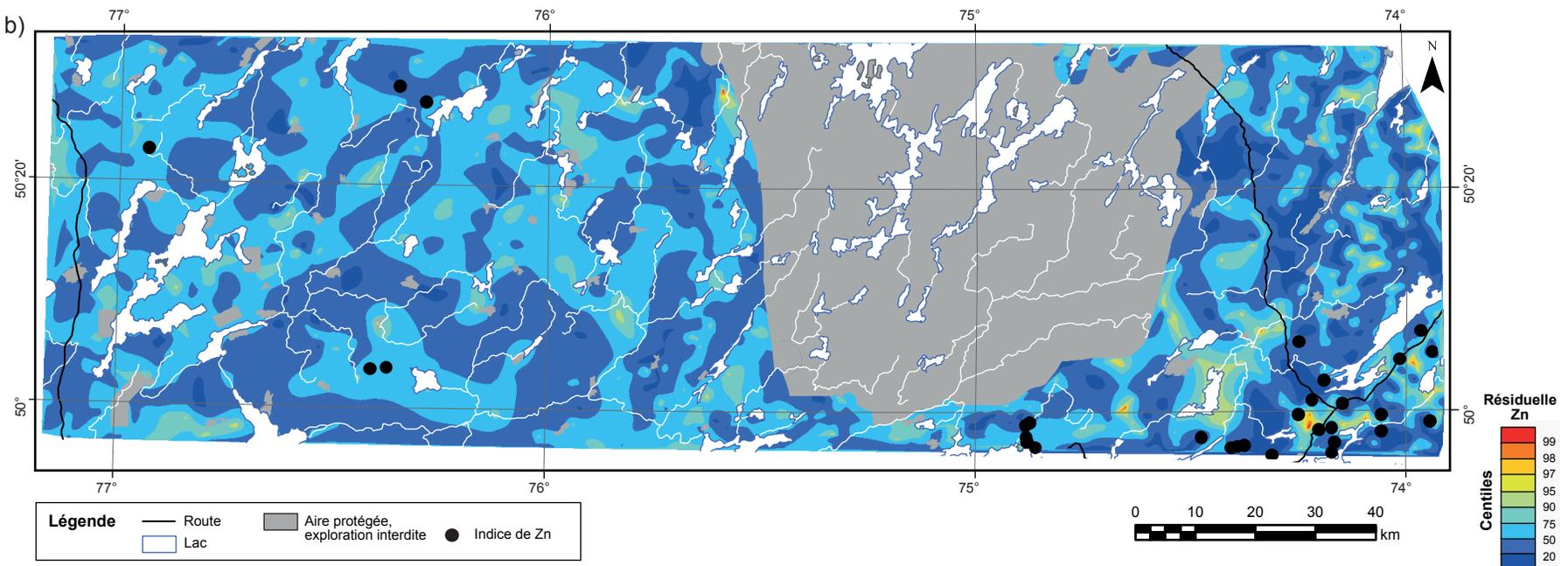
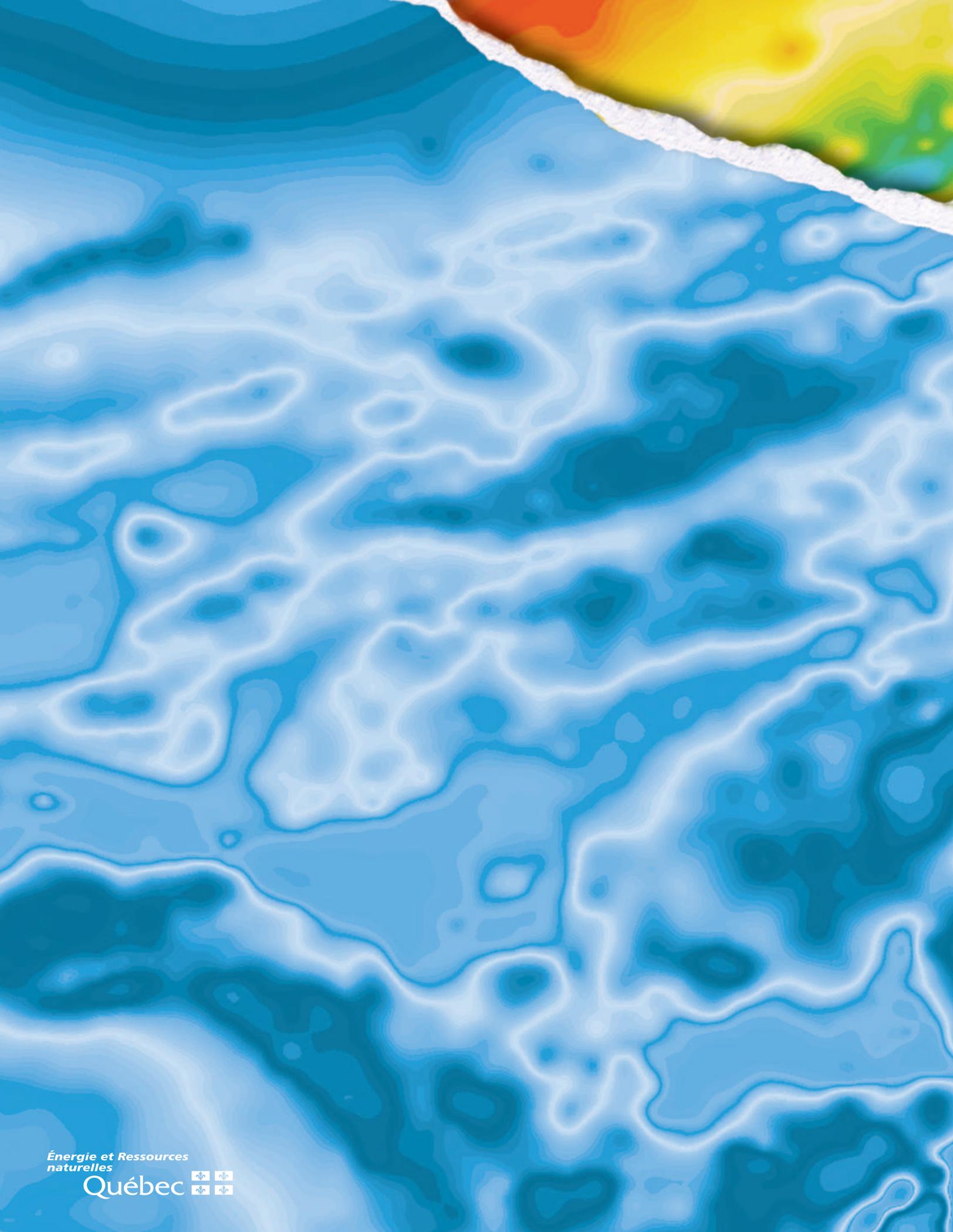


FIGURE 10 – a) Carte des concentrations en Zn dans les sédiments de fond lac du levé Assinica. b) Carte des valeurs résiduelles après traitement de régression spatiale pour le zinc.

TABLEAU 1 – Variables explicatives utilisées pour chaque élément lors du calcul de régression spatiale multiple.

Élément	12 variables explicatives choisies	Variabiles non utilisées dans le traitement
Ag	Br, Cr, Cu, K, Mg, Nb, P, Sc, Sn, Ti, Zn, Zr	Ag, Au, S
As	Ba, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Y	As, Au, S
Ce	Al, B, Ba, Fe, K, Li, Nb, P, Sn, Th, U, Zn	Ce, La, Y
Cu	Ag, As, Ba, Co, Fe, K, Mo, Ni, Pb, Na, Ti, Zn	Cu, S
La	Al, Ba, Co, Fe, K, Li, Nb, P, Sc, Sn, Th, U	Ce, La, Y
Mo	As, Ce, Cr, Cs, Cu, Fe, Mn, Pb, Rb, Ti, U, Y	Mo, S
Ni	Al, As, Ba, Ce, Co, Cr, Fe, Mo, P, Sn, Y, Zn	Cu, Ni, S
Pb	Al, Ba, Br, Cd, Li, Mo, Ni, P, Sn, Sr, Th, Zn	Pb, S
Zn	Ag, Al, As, Ba, Ce, Co, Cu, K, Na, Ni, Rb, Ti	Zn, S



Énergie et Ressources
naturelles

Québec 