

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

RP 2023-05

Olivier Lamarche

Québec 

DOCUMENT PUBLIÉ PAR LA DIRECTION GÉNÉRALE DE GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction générale

Marc Leblanc

Direction de l'acquisition des connaissances géoscientifiques

Andrea Amortegui

Direction de l'information géologique et de la promotion

Patrice Roy, géo.

Direction du soutien administratif, logistique et matériel

Robert Thériault

Lecture critique

Virginie Daubois, géo.

Auteur

Olivier Lamarche, géo.

Édition

Claude Dion, ing.

Graphisme

André Tremblay

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

Olivier Lamarche

RP 2023-05

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	5
CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	5
MÉTHODE DE TRAVAIL.....	5
CONTRÔLE DE QUALITÉ	6
Réanalyses pour l'or.....	6
Duplicatas.....	6
Comparaison avec les données historiques	7
TRAITEMENT DES DONNÉES	7
Interpolation des valeurs brutes	8
Régression spatiale multiple.....	8
Autres éléments	8
INTERPRÉTATION ET ZONES FAVORABLES.....	9
Cobalt.....	9
Cuivre.....	9
Lithium.....	9
Nickel.....	9
RÉFÉRENCES	9
TABLEAUX	9
FIGURES.....	14

INTRODUCTION

Le ministère des Ressources naturelles et des Forêts a réalisé à l'été 2022 un levé géochimique de sédiments de fond de lac de haute densité dans le secteur du lac Cadet dans la région d'Eeyou Istchee Baie-James (feuillet SNRC 33B06, 33B10 et 33B11; figure 1). Ce levé d'une superficie d'environ 1750 km² a été exécuté par la firme Geo Data Solutions GDS entre le 6 juillet et le 24 juillet 2022. Il a permis la collecte de 1239 échantillons de sédiment (tableau 1). De ce total, 61 échantillons ont été dupliqués afin de tester la précision des méthodes d'échantillonnage et d'analyse. En retranchant ces doublons, la densité d'échantillonnage correspond à environ un échantillon par 1,5 km².

Ce projet s'inscrit dans la lignée des récents levés dans la région d'Eeyou Istchee Baie-James (Solgadi, 2022; Lamarche, 2023a et 2023b; Lamarche et Solgadi, 2023) qui visent à fournir des données géochimiques de haute densité dans la cette région. Ces travaux devraient permettre d'identifier plus précisément les zones favorables à la présence de minéralisations que ne le permettaient les anciens levés de plus faible résolution couvrant ce secteur (densité d'échantillonnage d'un échantillon par 6 km²). Les résultats d'analyse devraient également être plus fiables, notamment pour l'or.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La figure 2 présente une version généralisée de la carte géologique régionale du SIGÉOM (Bandyayera *et al.*, 2010; Côté-Roberge et Goutier, 2019; Côté-Roberge *et al.*, 2022; Côté-Roberge et Chartier-Montreuil, 2023). D'un point de vue géologique, le territoire couvert par ce levé se situe à la frontière entre les sous-provinces d'Opinaca au nord et de La Grande au sud (Card et Ciesielski, 1986). Le contact entre les deux sous-provinces est marqué par la Zone de cisaillement de Prosper. La Sous-Province d'Opinaca est principalement constituée de roches métasédimentaires présentant divers degrés de fusion partielle (paragneiss, diatexite et métatexite) du Complexe de Laguiche (nAlgi), ainsi que par des intrusions monzodioritiques (Pluton de Cadet, nAcdt) et granitiques à granodioritiques (Suite intrusive de Janin, nAjni).

La Sous-province de La Grande est formée en grande partie par les roches métasédimentaires des formations de Prosper (nAprp), de Low (nAlow) et de Clarkie (nAck) dans lesquelles sont injectés des plutons intermédiaires à felsiques, comme les granodiorites et les tonalites du Pluton d'Uskawasis (nAusk) et les monzodiorites du Pluton de Bauerman (nAbau). Dans la Sous-Province de La Grande, des roches métavolcaniques (amphibolite, tuf et basalte métamorphisé) sont incluses dans la Formation de Natel (nAnt) et dans une unité de la Formation de Clarkie (nAck2).

Des intrusions de roches granitiques pegmatitiques sont recensées dans les deux sous-provinces. Dans la Sous-province de La Grande, on trouve la Suite intrusive de Kauakiekamatsh (nAkkm; pegmatite granitique), le Pluton de Clarkie (nAcre) et le Batholite de Village (nAvil3). Les pegmatites granitiques de la Suite intrusive de Gladman (nAglm) coupent les roches métasédimentaires de la Sous-province d'Opinaca.

Un seul indice minéralisé (EJV2018TR004; Cu ± Ag) est recensé dans la zone d'étude, soit un filon cuprifère encaissé dans des bandes épidotisées d'une unité de diorite comprise dans la Sous-province de La Grande.

La quasi-totalité du socle rocheux est recouverte par des sédiments glaciaires d'origines et d'épaisseurs variées. Les tills de diverses natures, dérivés du substrat rocheux, sont les sédiments les plus abondants (Lévesque et Lamarche, 2022; Brouard *et al.*, 2023). Ils sont les résultats de l'érosion et du transport des matériaux selon des directions dictées par la dynamique glaciaire. La géochimie des sédiments de fond de lac est donc non seulement affectée par le réseau hydrologique, mais est également influencée par la dispersion glaciaire et, dans une moindre mesure, par d'autres processus naturels (fluvioglaciaires, éolien, remaniements glaciolittoraux, milieux humides, etc.). En raison de ces phénomènes, les anomalies géochimiques identifiées par les levés de fond de lac sont généralement décalées par rapport aux indices minéralisés auxquels elles sont associées. Les observations effectuées à 25 km au sud du levé (Lévesque et Lamarche, 2022) indiquent un écoulement glaciaire moyen orienté vers 227°. Néanmoins, la géochimie des sédiments de fond de lac est généralement bien corrélée avec celle des grandes unités lithologiques.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Un hélicoptère sur flotteurs a été utilisé pour les travaux de terrain. L'échantillonnage des sédiments de fond de lac a été réalisé à l'aide d'une torpille en acier inoxydable dont l'extrémité était munie de clapets permettant de retenir le matériel lors de la remontée. Pour chaque échantillon, le pH a été mesuré dans les 24 h suivant la collecte de l'échantillon. La couleur à l'état humide du matériel recueilli a aussi été déterminée à cette étape à l'aide d'un nuancier de Munsell (échantillon humide). Cette évaluation a été reprise une fois le sédiment séché. Le rapport complet du prestataire de service est inclus dans le dossier « Autres données numériques » annexé à ce rapport.

Les analyses ont été réalisées en 2022 au laboratoire Activation Laboratories situé à Ancaster en Ontario. Les échantillons ont d'abord été séchés, broyés, homogénéisés et tamisés pour obtenir la fraction < 177 µm. Par la suite, des aliquotes de 0,5 g ont été analysées pour 64 éléments par spectrométrie de masse à couplage inductif (ICP-MS) après une dissolution à l'eau régale. Cette méthode a l'avant-

tage de conserver certains éléments (Sb, Hg, Se, Te, Tl) qui se seraient volatilisés à la suite d'autres types d'attaque (4 acides ou fusion; Hu et Qi, 2013; Genna, 2014). Cependant, l'eau régale ne dissout pas complètement certaines phases minérales considérées comme réfractaires (barytine, cassitérite, chromite, monazite, xénotime, zircon, etc.), ce qui entraîne une sous-estimation des éléments contenus dans ces minéraux (Ba, Cr, ETR, Sn, U, Y, Zr, etc.; Taraškevičius *et al.*, 2013; Amor, 2015).

Les résultats de ces analyses sont disponibles dans le SIGÉOM à l'adresse suivante : http://siggeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_aLaCarte dans la section Géochimie → Échantillons de sédiment. À partir de ce formulaire, il est possible de trouver les analyses des échantillons de ce levé en utilisant le critère « Numéro projet sédiment : 2022CA ». Vous pouvez également obtenir les résultats à l'adresse suivante : https://siggeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1103_index?l=F&format=SOMMAIRE&mode=NOUVELLE&ent=ES&type_req=U&alias_table_crit=RIE02&mnen_crit=NUMR_PROJ_SEDM&oper_crit=EGAL&valr_crit=2022CA. Les certificats d'analyses fournis par le laboratoire sont présentés dans le dossier « Autres données numériques » de ce rapport.

CONTRÔLE DE QUALITÉ

Des standards internes, des standards certifiés ainsi que des blancs ont été insérés dans les envois et représentent environ 6 % des analyses effectuées. Les résultats obtenus ont ensuite été revus afin d'identifier les valeurs anormales ou aberrantes. Des réanalyses ont été demandées au besoin.

Réanalyses pour l'or

Le contrôle de la qualité des données a permis d'observer un plateau de valeurs en or qui correspondait précisément à la superficie couverte par l'un des lots d'analyses. Ce lot comprenant 196 échantillons a donc été réanalysé à partir des pulpes en utilisant la même méthode pour s'assurer que les valeurs initiales étaient fiables. Les valeurs initiales n'ont pas été chargées dans le SIGÉOM, car les valeurs des réanalyses étaient plus basses et, par conséquent, plus compatibles avec les données des autres lots. En pratique, les analyses inférieures à 2 ppb Au ne devraient pas être considérées comme des valeurs quantitatives lors de l'interprétation des données.

Le certificat d'analyse des valeurs initiales est inclus dans les données annexées à ce rapport dans le dossier « Problématique pour l'or » (dossier « Autres données numériques »).

Duplicatas

Les duplicatas de terrain (sonde envoyée une seconde fois sur le même site d'échantillonnage) représentent 5 % des analyses effectuées. Les 429 duplicatas (61 du présent levé et 368 provenant des levés 2021EA; 2021FR; 2022CM; tableau 1) ainsi obtenus ont servi à mesurer l'erreur relative médiane associée au processus complet d'échantillonnage et d'analyse. Tous ces duplicatas ont été prélevés de la même façon et ont été analysés par le même laboratoire en employant la même suite analytique. Une version légèrement modifiée (Rafini, 2015) de la méthode de Thompson et Howarth (1978) a été utilisée sur les doublons qui présentent une concentration moyenne supérieure à 10 fois la limite de détection ($> 10*LD$) afin d'évaluer l'erreur en relation avec la concentration. Le tableau 2 présente ces résultats dans la colonne « Erreur relative totale ».

Dans le cadre de son propre programme de contrôle de qualité, le laboratoire a également réalisé des analyses de duplicatas de pulpe (2 analyses du même échantillon). Ces données apparaissent dans les certificats d'analyses et ont été compilées afin d'estimer l'erreur relative instrumentale médiane. Le tableau 2 présente les résultats du traitement statistique (Thompson et Howarth, 1978) dans la colonne « Erreur relative analytique ».

La colonne « Erreur relative terrain » équivaut à la différence entre l'erreur totale et l'erreur analytique et correspond à la variabilité naturelle théorique.

Le nombre minimal de 64 doublons valides ($> 10*LD$) requis pour appliquer la méthode et ainsi évaluer l'erreur relative n'a pas été atteint pour 24 éléments. C'est le cas notamment de l'or, de l'antimoine et du tungstène. En ajoutant les analyses avec des valeurs situées entre la limite de détection et dix fois celle-ci, l'erreur relative totale de l'or s'élève à 51,4 % (n = 53).

La méthode « Gage Repeatability and Reproducibility » (Gage R&R) a permis d'évaluer la reproductibilité des données obtenues en comparant l'écart-type des différences entre les duplicatas à la variabilité naturelle. La précision compare l'écart-type des différences parent/duplicata avec l'écart-type de l'ensemble des données (dans ce cas-ci, toutes les valeurs obtenues de 2021 et 2022). Dans le contexte de la présente étude, le concept de tolérance concerne la capacité d'une méthode à identifier les valeurs anormales et à les distinguer du bruit de fond. On estime que pour ces deux critères, des valeurs inférieures à 30 % sont acceptables et des valeurs inférieures à 10 % sont excellentes.

$$\%Précision=100*\frac{\sigma(Différences\ parent / duplicata)}{\sigma_{naturel}}$$

$$\%Tolérance=100*\frac{5,15*\sigma(Différences\ parent / duplicata)}{Max_{naturel} - Min_{naturel}}$$

Ces observations indiquent que l'erreur relative totale se situe généralement sous les 15 % (tableau 2). Quelques éléments (As, Er, Mo, Se et Th) dépassent ce seuil, mais les

erreurs demeurent inférieures à 25 %. Trois autres éléments (Pb, S et Zr) ont produit des erreurs relatives totales élevées (35,9 %, 41,4 % et 122,3 % respectivement) attribuables, du moins en partie, aux variations naturelles. Pour cette raison, la carte d'interpolation pour le plomb n'a pas été produite pour ce rapport. Cinq éléments présentent une variation naturelle (« terrain ») supérieure à 15 % (As, Er, Pb, S et Zr). Parmi ceux-ci, le zirconium montre une erreur relative totale et une précision dépassant les 100 %, ce qui signifie que les variations entre les duplicatas sont du même ordre que l'amplitude des données ou des variations naturelles.

Comparaison avec les données historiques

Des levés de sédiments de fond de lac (no projet de sédiment 1957001) ont été réalisés dans le secteur de la rivière Eastmain par la Société de développement de la Baie-James (SDBJ) en 1975 (Cannuli, 1975; Otis, 1975; Gleeson, 1976; Martin, 1976). Les échantillons de la SDBJ ont d'abord été analysés pour 9 métaux par absorption atomique (AA; Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, U et Zn). Lorsqu'ils ont été cédés au Ministère dans les années 90, des réanalyses (Beaumier et Kirouac, 1995; voir également Trépanier, 2023) pour la quasi-totalité des échantillons du secteur étudié ont été effectuées par spectrométrie d'émission atomique par plasma (ICP-AES; 35 éléments), par activation neutronique (INAA; As, Au, Br, Cs, Sb, Se, Tm, U et W), par gravimétrie (perte au feu) et par AA (Hg). Une partie des échantillons a été réanalysée de nouveau en 2009 par ICP-MS en utilisant une dissolution à l'eau régale (0,5 g; 52 éléments). Les résultats pour l'or de cette dernière campagne (2009-2010) n'ont pas été intégrés à la base de données du SIGÉOM en raison de contaminations présumées.

Lors du levé de 2022, 220 sites de la SDBJ ont été rééchantillonnés, autant que possible aux mêmes endroits considérant l'imprécision de localisation des sites originaux, pour comparer les données des différentes générations de levés et évaluer la répétitivité des processus d'échantillonnage et d'analyse. Les résultats de cet examen sont présentés au tableau 3 et à la figure 3. Sur les 220 doublons ainsi créés, 49 ont été ignorés, car ils n'avaient fait l'objet d'aucune réanalyse après les analyses originales de la SDBJ. Un total de 171 doublons valides ont donc fait l'objet d'un examen statistique.

Pour chaque élément, les facteurs de corrélation de Pearson (r) et de Spearman (r_s), ainsi que la distribution des différences relatives (médiane, valeurs centiles pour des intervalles de confiance de 50 % et 95 %) sont présentés au tableau 3. Les comparaisons ont été effectuées entre les données des nouveaux échantillons analysés en 2022 et les plus récentes données des échantillons de la SDBJ analysés par le Ministère, soit celles de 2009-2010, à l'exception des éléments Br, Eu, Sm analysés dans les années 90.

L'examen des résultats présentés au tableau 3 et à la figure 3 indique que pour quelques éléments (p. ex. : Ga,

La, P, Rb, Sr), les deux levés (réanalyses de la SDBJ et les nouveaux résultats) ont produit des résultats comparables ou légèrement décalés. Certains éléments (p. ex. Ba, Cr, Cu, Ni, V, Zn) présentent des différences relatives faibles. Les différences relatives sont relativement importantes pour les éléments dont la concentration est généralement faible (p. ex. Na, Sc, Se). Les résultats sont décevants pour d'autres éléments (p. ex. Co, Hg, Mo, Th, W).

Les variations peuvent être dues à des variations des concentrations à l'intérieur d'un même lac. L'échantillonnage de lacs étant un procédé aveugle, il est difficile de s'assurer que le matériel échantillonné possède des caractéristiques uniformes d'un site à l'autre. De grandes différences de concentrations de matière organique peuvent ainsi influencer les valeurs de certains éléments. Dans ce contexte, l'absence d'analyse de la perte au feu est une lacune à corriger pour les futurs projets d'analyse de sédiments de lac. Les variations peuvent également être dues à des procédés de dissolution différents (différentes températures de chauffage ou différents rapports d'acides HCl et HNO₃) selon le laboratoire.

Dans le cadre du levé du lac Comeau (Lamarche, 2023b), des comparaisons semblables effectuées entre des sites échantillonnés une première fois en 2021 et une seconde fois en 2022, dans les deux cas analysés par le même laboratoire, ont produit des résultats similaires aux comparaisons SDBJ/levé du lac Cadet 2022. Cela indique que, pour la plupart des éléments, les différences relatives obtenues sont probablement intrinsèques à la méthode d'échantillonnage de sédiments de fond de lac. Les données obtenues deviennent intéressantes lorsqu'elles font partie intégrante d'un maillage systématique. La quantité d'échantillons permet alors de réduire les incertitudes associées à ce type de levé et permet d'identifier les zones anormales avec plus de confiance.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Dans un premier temps, les centiles des valeurs brutes ont été mis en plan et interpolés 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 du bruit de fond qui varie grandement dans le milieu échantillonné en fonction des lithologies environnantes. D'autres facteurs environnementaux, comme la profondeur des lacs, la proportion de matière organique ou de manganèse, l'oxygénation ou le pH affectent aussi la concentration de certains éléments dans les sédiments (Trépanier, 2023). Pour ces raisons, la méthode de *régression spatiale multiple* a été appliquée afin de s'affranchir partiellement de ces facteurs et de faciliter la détection des concentrations anormales associées aux minéralisations.

Interpolation des valeurs brutes

Les rangs centiles ont d'abord été calculés à partir des valeurs brutes des analyses issues de ce levé et des levés récents localisés à proximité (tableau 1; Lamarche, 2023a et 2023b). Ces valeurs ont ensuite été interpolées (figures 4b, 5a à 12a, 13 à 15) par la méthode des voisins naturels à l'aide de l'outil du même nom (boîte à outils *Spatial Analyst*) du logiciel ArcGIS. La symbolisation des cartes est conçue afin de mettre en évidence les zones de rangs centiles élevés (> 95^e centile).

Régression spatiale multiple

La méthode de régression spatiale multiple appliquée à la géochimie des sédiments de fond 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 du SIGÉOM et, plus récemment, par Solgadi (2022), Lamarche et Solgadi (2023) et Lamarche (2023a) pour des levés localisés dans la région d'Eeyou Istchee Baie-James à proximité du présent projet (tableau 1). Les détails de la méthode sont décrits dans les rapports cités plus haut; le lecteur est invité à s'y référer.

Le principe de ce traitement repose sur le postulat que la teneur d'un élément chimique dans un échantillon résulte de la combinaison (1) d'une composante d'origine lithologique ou environnementale associée parfois à (2) une composante anormale provenant d'une minéralisation proximale. La méthode de régression spatiale multiple permet donc d'estimer la teneur d'origine lithologique ou environnementale d'un élément (bruit de fond) en l'absence d'une composante anormale. Ce calcul se fait pour chaque échantillon à partir de la composition des échantillons situés dans un rayon donné. Pour réaliser ce calcul, on utilise une équation de régression du type :

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

Avec :

$Cu_{\text{prédit}}$ = valeur prédite de l'élément (dans ce cas-ci, le cuivre)

Ag; As; ... = variables explicatives (teneur de chaque élément)

0,5; 1,2; ... = coefficient de régression

1,78 = constante

Pour chaque échantillon considéré, les échantillons situés dans une fenêtre d'un rayon de 10 km autour de celui-ci ont été pris en compte lors du calcul des coefficients de régression. Cette distance a été choisie à la suite de l'examen des variogrammes et des diagrammes de covariance (non fournis). La distance utilisée pour cette étude est moins grande que celle de 20 km utilisée par Trépanier (2006), Lamothe (2010) ou Solgadi (2017a, 2017b, 2017c et 2018), mais identique à celle employée par Solgadi (2022), Lamarche et

Solgadi (2023) et Lamarche (2023a et 2023b) pour les levés de haute densité. Bien entendu, cette distance peut varier en fonction des éléments chimiques, mais de façon générale, on n'observe plus vraiment de corrélation lorsque la limite de 10 km est dépassée.

En fonction de l'élément dont on cherche à prédire la valeur, les douze meilleures variables explicatives sont choisies grâce à la méthode de *Régression exploratoire* (boîte à outils *Statistiques spatiales*) du logiciel ArcGIS. Cet outil utilise la méthode des moindres carrés ordinaires pour déterminer quels éléments permettent d'obtenir le meilleur coefficient de corrélation et ainsi de mieux prédire les concentrations de l'élément d'intérêt associées à des facteurs lithologiques. Le tableau 4 présente les variables explicatives utilisées dans les équations de régression.

Certains éléments ont été soustraits de cette sélection préliminaire et sont aussi listés au tableau 4. 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 régulièrement sous les limites de détection (par exemple l'or) ne sont jamais utilisés comme variables explicatives, car ils ne sont pas de bons prédicteurs statistiques et sont, dans certains cas, soumis à l'effet « pépite ». Pour cette même raison, les valeurs de ces éléments sont difficiles à prédire. Ainsi, aucun modèle de régression spatiale n'a été appliqué à l'or. Les douze meilleures variables explicatives pour chaque élément sont utilisées dans l'équation de régression grâce à la fonction *Régression pondérée géographiquement* (boîte à outils *Statistiques spatiales*) du logiciel ArcGIS. Cette fonction, en plus de calculer la valeur prédite, détermine 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 théoriquement associées à des minéralisations proximales.

Les centiles des résiduelles sont ensuite calculés et mis en carte selon la méthode décrite à la section « Interpolation des valeurs brutes ». Les cartes ainsi produites sont présentées aux figures 5b à 12b.

Autres éléments

Pour l'or, une carte montrant les échantillons anomaux est fournie sans traitement additionnel (figures 4a).

Les cartes d'interpolation des centiles des valeurs brutes de certains éléments indicateurs de contextes métallogéniques (As, Cs, Nb, Sb, Te, V et W) sont également illustrées (figures 4b, 13 à 15). Aucune zone favorable n'a été tracée pour ces éléments.

INTERPRÉTATION ET ZONES FAVORABLES

Cobalt

La carte des centiles des résiduelles dérivées de la régression spatiale multiple a permis de définir quatre zones anormales en cobalt (figure 6b). Ces zones sont définies par des regroupements de 2 à 4 échantillons. La zone la plus au sud est associée à une unité d'amphibolite de la Formation de Natel (nAnt). Les trois zones plus au nord se situent dans le Pluton de Cadet (nAcdt). Aucune signature magnétique particulière ne correspond à ces anomalies géochimiques.

Cuivre

La carte des centiles des résiduelles dérivées de la régression spatiale multiple met en évidence quatre zones anormales en cuivre (figure 7b). Ces zones sont définies par des regroupements de 5 à 8 échantillons. Trois de celles-ci sont situées dans les paragneiss du Complexe de Laguiche (nAlgi) ou de la Formation de Prosper (nAprp). La quatrième zone est située dans la continuité de l'unité de diorite dans laquelle se situe l'indice de cuivre EJV2018TR004, à environ 4 km à l'est de celle-ci (figure 2).

Lithium

La carte des centiles des résiduelles dérivées de la régression spatiale multiple a permis de définir une zone anormale en lithium (figure 9b). Huit échantillons, tous situés à l'ouest du lac Lichteneger, ont servi à délimiter cette zone. La carte des centiles des valeurs brutes indique une zone plus large définie par 18 échantillons dont la majorité provient également du lac Lichteneger. La zone est limitée au sud par la frontière du projet. Des zones riches en césium se superposent également à ce secteur (figure 15a)

Des travaux de cartographie ont été menés par le MRNF en 2022 dans ce secteur (Côté-Roberge et Chartier-Montreuil, 2023). Des intrusions de granite pegmatitique ont été observées à environ 15 km à l'ouest du lac Lichteneger. Il est ainsi possible que d'autres intrusions de plus petite taille soient présentes à proximité du secteur anormal.

Le Batholite de Village (nAvil) contient une unité de monzogranite recouvert par les eaux du lac Lichteneger. Toutefois, ce granite de type I n'est typiquement pas porteur de minéralisation de spodumène.

Nickel

La carte des centiles dérivés de la régression spatiale multiple montre deux zones anormales en nickel (figure 11b). Ces zones sont définies par des regroupements de 2 et 3 échantillons respectivement. Des intrusions ultramafiques encaissées dans des metabasalts coussinés du Complexe de Laguiche (nAlgi) ont été observées à environ 1 km à l'est de la zone la plus orientale.

RÉFÉRENCES

- AMOR, S.D., 2015. Comparison of lake-sediment results from Labrador and adjacent Québec: Preliminary results. Current Research (2015) Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources Geological Survey; Report 15-1, pages 215-242.
- BANDYAYERA, D., RHÉAUME, P., MAURICE, C., BEDARD, É., MORFIN, S., SAWYER, E.W., 2010. Synthèse géologique du secteur du réservoir Opinaca, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2010-02, 46 pages et 1 plan. [RG 2010-02](#)
- BEAUMIER, M., KIROUAC, F., 1995. Série de cartes géochimiques couleur. Échantillonnage des sédiments de lac. Région du lac Assinica, SNRC 32J. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 95-31, 31 pages. [MB 95-31](#)
- BROUARD, É., ROY, M., DUBÉ-LOUBERT, H., HÉBERT, S., LAMARCHE, O., 2023. Carte glaciaire du Québec et synthèses régionales. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2023-04, 70 pages. [MB 2023-04](#)
- CANNULI, M., 1975. Géochimie de lacs, été 1975. Société de développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au gouvernement du Québec; GM 34036, 38 pages. [GM 34036](#)
- CARD, K. D., CIESIELSKI, A., 1986. Subdivisions of the Superior Province of the Canadian Shield. Geoscience Canada; volume 13, pages 5–13.
- CÔTÉ-ROBERGE, M., CHARTIER-MONTREUIL, W., 2023. Géologie de la région du lac Cadet, sous-provinces d'Opinaca et de La Grande, Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; BG 2023-07. Consulté le 8 août 2023. <https://gq.mines.gouv.qc.ca/bulletins-geologiques/lac-cadet>
- CÔTÉ-ROBERGE, M., GOUTIER, J., 2019. Géologie de la région du lac Casterne, sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; BG 2019-05. Consulté le 8 août 2023. <https://gq.mines.gouv.qc.ca/bulletins-geologiques/lac-casterne>
- CÔTÉ-ROBERGE, M., CHARTIER-MONTREUIL, W., HAMEL-HÉBERT, M.-K., BANDYAYERA, D., 2022. Géologie de la région du lac Conviac, sous-provinces de La Grande et d'Opatica, Eeyou Istchee, Baie-James, Québec, Canada. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; BG 2022-05. Consulté le 8 août 2023. <https://gq.mines.gouv.qc.ca/bulletins-geologiques/lac-conviac/>
- GENNA, D., 2014. Optimisation des analyses des suites multi-éléments ICP-MS pour l'exploration minérale. CONSOREM; projet 2014-05, 27 pages.
- GLEESON, C.F., 1976. Report on lake sediment geochemical survey, areas A and B, James Bay Territory. Société de développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au gouvernement du Québec. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; GM 34038, 138 pages. [GM 34038](#)
- HU, Z., QI, L., 2014. Sample Digestion Methods. In: Treatise on Geochemistry, 2nd edition (Holland, H.D., Turekian, K.K., editors). Elsevier; pages 87-109.

- LAMARCHE, O., 2023a. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur de la rivière Eastmain, Province du Supérieur. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; RP 2023-02, 28 pages. [RP 2023-02](#)
- LAMARCHE, O., 2023b. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur du lac Comeau, Province du Supérieur. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; RP 2023-04, 31 pages. [RP 2023-04](#)
- LAMARCHE, O., SOLGADI, F., 2023. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur du lac Frotet, Province du Supérieur. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; RP 2023-01, 28 pages. [RP 2023-01](#)
- LAMOTHE, D., 2010. Modélisation de cibles de l'environnement secondaire par des techniques de seuils naturels et de régression spatiale multiple. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; EP 2010-01, 27 pages. [EP 2010-01](#)
- LÉVESQUE, M.-A., LAMARCHE, O., 2022. Géologie des dépôts de surface de la région du lac des Montagnes, Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; BQ 2022-01. Consulté le 18 mai 2023. <https://gq.mines.gouv.qc.ca/bulletins-quaternaires/bq-nemiscau/>
- MARTIN, L., 1976. James Bay Lake Geochemistry, 1975 data, numerical treatment and report. Société de développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au gouvernement du Québec; GM 34037, 1089 pages. [GM 34037](#)
- OTIS, M., 1975. Projet de géochimie de lac, lac Village, 350-3610-008. Société de développement de la Baie-James, rapport statutaire soumis au gouvernement du Québec; GM 34035, 27 pages. [GM 34035](#)
- RAFINI, S., 2015. Assurance et contrôle de la qualité (QA/QC) en exploration minérale : synthèse et évaluation des usages. CONSOREM; Projet 2013-05, 44 pages.
- ROY, G., 2023. Carte géologique du Québec, édition 2022. Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Québec; DV 2023-01, 1 plan. [DV 2023-01](#)
- SOLGADI, F., 2017a. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur d'Abitibi sud-est, Province du Supérieur, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DP 2017-08, 15 pages, 16 plans. [DP 2017-08](#)
- SOLGADI, F., 2017b. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur du lac Assinica, Province du Supérieur, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DP 2017-07, 15 pages, 18 plans. [DP 2017-07](#)
- SOLGADI, F., 2017c. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur Mistassini nord, Province du Supérieur, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DP 2017-09, 15 pages, 16 plans. [DP 2017-09](#)
- SOLGADI, F., 2018. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans la partie sud de la Province de Grenville, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DP 2018-03, 15 pages, 16 plans. [DP 2018-03](#)
- SOLGADI, F., 2022. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur Mistassini Ouest, Province du Supérieur. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DP 2022-01, 19 pages. [DP 2022-01](#)
- TARAŠKEVIČIUS, R., ZINKUTE, R., STAKENIENE, R., RADAČIUS, M., 2013. Case study of the relationship between aqua regia and real total contents of harmful trace elements in some European soils. Journal of Chemistry; volume 2013, pages 12–17.
- THOMPSON, M., HOWARTH, R.J., 1978. A new approach to the estimation of analytical precision. Journal of Geochemical Exploration; volume 9, pages 23–30.
- TRÉPANIÉ, S., 2006. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs – Phase 2. CONSOREM; projet 2005-03. Rapport soumis au gouvernement du Québec; MB 2006-07, 82 pages. [MB 2006-07](#)
- TRÉPANIÉ, S., 2023. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs. CONSOREM; projet 2004-06. Rapport soumis au gouvernement du Québec; MB 2023-12, 88 pages. [MB 2023-12](#)

TABLEAU 1 - Levés de sédiment de fond de lac utilisés pour la classification en centiles et pour la régression spatiale multiple

Levé	Nb de sites	Nb de duplicatas	Total	Publication EXAMINE	Feuillets SNRC	Calcul des résiduelles	Calcul des centiles
2020MI	1955	95	2050	DP 2022-01	32I13, 32J09, 32J16, 32O01, 32P04	oui	
2021FR	2091	106	2197	RP 2023-01	32J10, 32J15, 32O02, 32O07	oui	
2021EA	2812	159	2971	RP 2023-02	32O07 à 32O10, 32O15, 32O16	oui	oui
2022CM	1891	103	1994	RP 2023-04	32P04, 32P05, 32P12, 32P13	oui	oui
2022CA (présent projet)	1178	61	1239	RP 2023-05	33B06, 33B10, 33B11	oui	oui

TABLEAU 2 - Erreurs relatives et mesures de précision et de tolérance pour les échantillons de 2021 et 2022

Élément	Duplicatas de terrain				Duplicatas de traitement analytique				Erreur relative terrain (calculée, %)
	Erreur relative totale (%)	précision (%)	Tolérance (%)	n	Erreur relative analytique (%)	précision (%)	Tolérance (%)	n	
Al	5,5	28	17	429	2,2	6	4	368	3,3
As	20,8	19	1	279	2,5	4	0	277	18,3
Au	-	-	-	4	-	-	-	5	-
B	-	-	-	2	-	-	-	1	-
Ba	10,4	40	14	429	4,3	16	6	367	6,1
Be	-	-	-	4	-	-	-	6	-
Bi	-	-	-	2	-	-	-	13	-
Ca	7,4	47	16	424	2,8	7	2	364	4,6
Cd	10,3	29	8	422	6,4	11	3	341	3,9
Ce	14,6	47	10	429	2,4	4	1	370	12,2
Co	13,7	31	7	344	2,3	7	2	312	11,4
Cr	6,3	29	13	268	2,5	7	3	251	3,8
Cs	5,6	34	11	394	2,7	8	2	335	2,9
Cu	12,0	41	13	427	3,1	7	2	364	8,9
Dy	12,0	44	15	280	2,7	6	2	259	9,3
Er	16,3	63	21	88	0,0	9	3	106	16,3
Eu	-	-	-	10	-	-	-	15	-
Fe	8,2	28	9	412	2,4	4	1	366	5,8
Ga	5,3	37	20	427	4,7	8	4	368	0,6
Ge	-	-	-	1	-	-	-	0	-
Hf	-	-	-	0	-	-	-	0	-
Hg	-	-	-	35	-	-	-	46	-
Ho	-	-	-	3	-	-	-	1	-
In	-	-	-	0	-	-	-	0	-
K	-	-	-	1	-	-	-	14	-
La	9,7	44	9	419	2,0	4	1	361	7,7
Li	5,6	39	13	319	2,2	8	3	302	3,4
Lu	-	-	-	0	-	-	-	0	-
Mg	4,7	83	26	114	2,3	9	3	144	2,4
Mn	14,2	20	2	417	3,1	3	0	367	11,1
Mo	16,1	35	9	426	3,5	17	4	370	12,5
Na	8,6	75	9	427	3,6	14	2	362	5,0
Nb	11,3	39	12	412	4,7	25	8	362	6,6
Nd	10,7	46	10	429	2,3	4	1	370	8,4
Ni	7,9	36	8	429	2,7	9	2	370	5,2
P	5,0	25	17	429	1,7	3	2	379	3,3
Pb	35,9	23	2	429	2,8	3	0	368	33,1
Pd	-	-	-	0	-	-	-	0	-
Pr	11,4	46	10	419	2,3	4	1	365	9,0
Pt	-	-	-	0	-	-	-	0	-
Rb	5,1	33	7	400	3,8	6	1	358	1,3
Re	-	-	-	59	16,6	48	9	65	-
S	41,4	49	10	429	2,2	3	1	369	39,2
Sb	-	-	-	1	-	-	-	7	-
Sc	13,2	64	29	87	4,0	16	7	132	9,1
Se	20,4	51	8	293	14,0	35	6	267	6,4
Sm	8,9	46	12	390	1,9	10	3	346	7,0

TABLEAU 2 - Erreurs relatives et mesures de précision et de tolérance pour les échantillons de 2021 et 2022

Élément	Duplicatas de terrain				Duplicatas de traitement analytique				Erreur relative terrain (calculée, %)
	Erreur relative totale (%)	précision (%)	Tolérance (%)	n	Erreur relative analytique (%)	précision (%)	Tolérance (%)	n	
Sn	-	-	-	27	5,2	33	5	67	-
Sr	10,7	32	5	429	2,8	5	1	367	7,9
Ta	-	-	-	0	-	-	-	0	-
Tb	-	-	-	4	-	-	-	1	-
Te	-	-	-	0	-	-	-	0	-
Th	21,2	117	29	82	9,8	25	6	124	11,4
Ti	6,6	34	17	376	2,6	11	5	354	4,0
Tl	-	-	-	54	4,6	12	4	67	-
Tm	-	-	-	0	-	-	-	0	-
U	12,7	16	2	361	2,2	1	0	325	10,5
V	6,2	36	15	297	2,7	6	2	282	3,5
W	-	-	-	43	-	-	-	28	-
Y	10,5	35	10	428	2,1	4	1	370	8,4
Yb	-	-	-	42	7,4	12	4	68	-
Zn	8,7	49	12	429	2,1	9	2	370	6,5
Zr	122,3	163	51	77	29,3	130	41	91	93,0

TABEAU 3 - Coefficients de corrélation et différences relatives entre les échantillons du levé du secteur du lac Cadet et les doublons historiques de la SDBJ (analyses de 2010)

	Coefficients de corrélation			Distribution des différences relatives (%)							
	Pearson (r)	Spearman (rs)	n	2,5 %	25 %	Médiane	75 %	97,5 %	Moyenne	Écart-type	n (> 10*LD)
Ag	0,361	0,348	171	-156	-48	-2	32	148	-7	73	168
Al	0,599	0,599	171	-106	-48	-24	7	94	-19	52	171
As	0,455	0,017	125	-59	46	88	117	163	79	58	50
Ba	0,358	0,467	171	-125	-49	-23	-2	84	-25	50	171
Be	0,126	0,251	157	-181	-164	-133	-108	-3	-123	52	32
Ca	0,465	0,456	171	-65	-11	13	34	80	11	38	169
Cd	0,453	0,464	170	-140	-47	-13	31	140	-7	66	166
Ce	0,717	0,687	170	-83	-27	-5	28	119	3	50	170
Co	0,590	0,716	171	-132	-66	-26	24	128	-17	68	168
Cr	0,651	0,664	171	-102	-52	-30	-8	97	-27	44	171
Cs	0,613	0,595	162	-107	-49	-18	5	88	-20	47	160
Cu	0,608	0,587	171	-138	-76	-51	-20	55	-46	48	171
Eu	0,623	0,564	163	-129	-82	-48	-37	-26	-63	33	19
Fe	0,297	0,683	171	-118	-51	-13	38	133	-5	67	171
Ga	0,484	0,436	149	-100	-35	-17	3	94	-14	44	149
Hg	0,133	0,150	151	-189	-148	-127	-94	-37	-122	42	115
K	0,317	0,717	169	-166	-124	-25	7	125	-39	89	24
La	0,711	0,716	171	-80	-35	-9	11	98	-7	47	170
Li	0,450	0,698	170	-137	-43	-15	19	113	-12	60	163
Mg	0,424	0,686	171	-124	-29	0	24	114	-6	58	103
Mn	0,291	0,785	171	-145	-47	-9	35	163	-4	70	171
Mo	0,502	0,484	171	-153	-73	-25	15	150	-24	73	171
Na	0,156	0,365	171	-92	10	48	78	133	36	60	123
Nb	0,330	0,138	139	-133	-53	-27	4	99	-24	56	139
Ni	0,455	0,661	171	-103	-52	-26	-1	79	-24	45	171
P	0,552	0,562	171	-98	-19	8	32	116	8	51	171
Pb	0,205	0,256	171	-124	-36	0	29	109	-2	57	171
Rb	0,327	0,559	139	-139	-45	-23	8	101	-21	56	139
S	0,480	0,319	140	-166	-38	-9	17	114	-12	66	140
Sc	0,481	0,609	171	-130	-71	-29	7	88	-30	58	130
Se	-0,053	0,134	160	-164	-18	29	67	159	16	82	121
Sm	0,557	0,426	163	-113	-53	-20	27	122	-12	62	160
Sn	0,013	0,108	134	-185	-75	-39	11	77	-41	77	21
Sr	0,678	0,488	171	-83	-27	-2	25	85	-0	44	171
Th	0,186	0,433	158	-181	-103	-28	33	155	-29	91	113
Ti	0,373	0,536	171	-140	-34	3	31	103	-3	59	169
Tl	0,617	0,541	146	-128	-62	-25	9	92	-25	62	76
U	0,657	0,741	171	-149	-67	-33	-5	94	-34	56	156
V	0,570	0,621	171	-100	-45	-19	6	138	-14	54	169
W	-0,000	0,375	153	-193	-147	-59	-22	165	-66	96	46
Y	0,688	0,638	170	-83	-30	-10	15	113	-3	49	170
Zr	0,003	0,046	133	-175	-55	48	111	161	23	108	45
Zn	0,462	0,595	171	-111	-46	-19	11	109	-15	52	171

TABEAU 4 - Variables explicatives utilisées pour le calcul des valeurs lithologiques et des résiduelles. Les éléments retirés n'ont pas été considérés pour la régression exploratoire. La colonne r² présente le coefficient de corrélation entre les valeurs calculées par la régression et les valeurs réellement observées.

Élément	r ²	Éléments choisis	Éléments retirés
Ag	0,67	Ba, Cs, Cu, Eu, Dy, Fe, Ga, Ge, Hg, Li, Mg, P	Ag, Au, Pb, S
Co	0,76	Al, Cr, Fe, Mn, Mo, Nd, P, Rb, Re, Sc, Ti, V	Ag, Au, Cu, Ni, S, Zn
Cu	0,68	Ag, Al, Cd, Cr, Eu, Fe, Ga, Hg, Ni, Re, Sn, Y	Au, Cu, Mo, Bi, Pb, S, Zn
Li	0,90	B, Bi, Hg, K, Mg, Mn, Sm, Ti, Tm, V, W, Zr	Be, Cs, Rb, Li, Sn
Mo	0,54	Ag, Be, Co, Eu, Fe, Hg, Re, Sc, Se, Ti, Tm, W	Au, Cu, Mo, S
Ni	0,71	B, Ba, Ca, Cd, Cr, Mo, P, Re, Sn, Ti, V, Yb	Au, Co, Cu, Ni, S, Pt, Pd
Zn	0,74	Al, Cd, Eu, Fe, Ga, Hg, Mg, Mn, Sb, Sn, Th, Ti	Au, Cu, Mo, Pb, S, Zn
ETR	0,87	Al, Be, Ca, Cr, Cu, Ge, Hg, Nb, Se, Th, Ti, Zr	ETR (lanthanides), Y

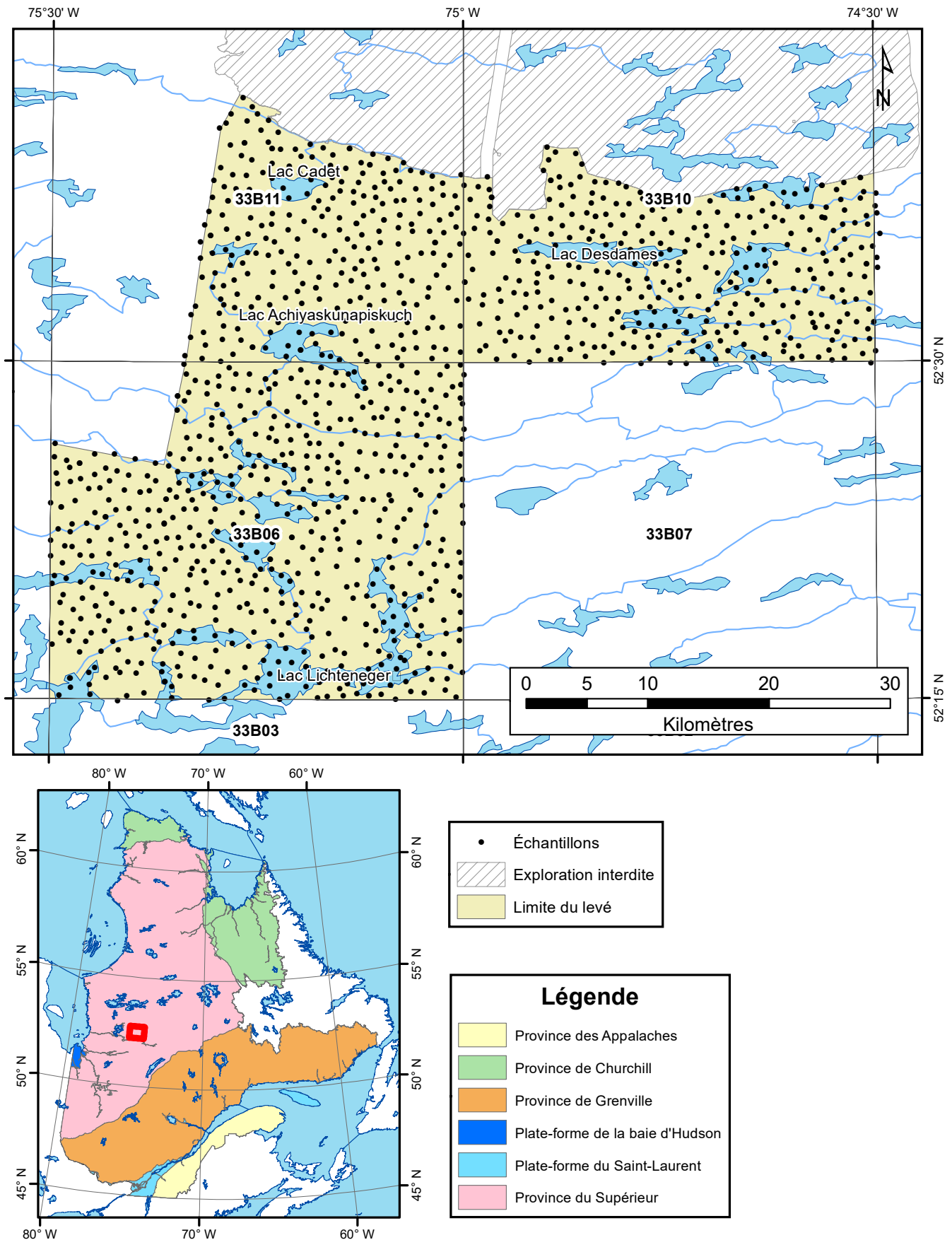
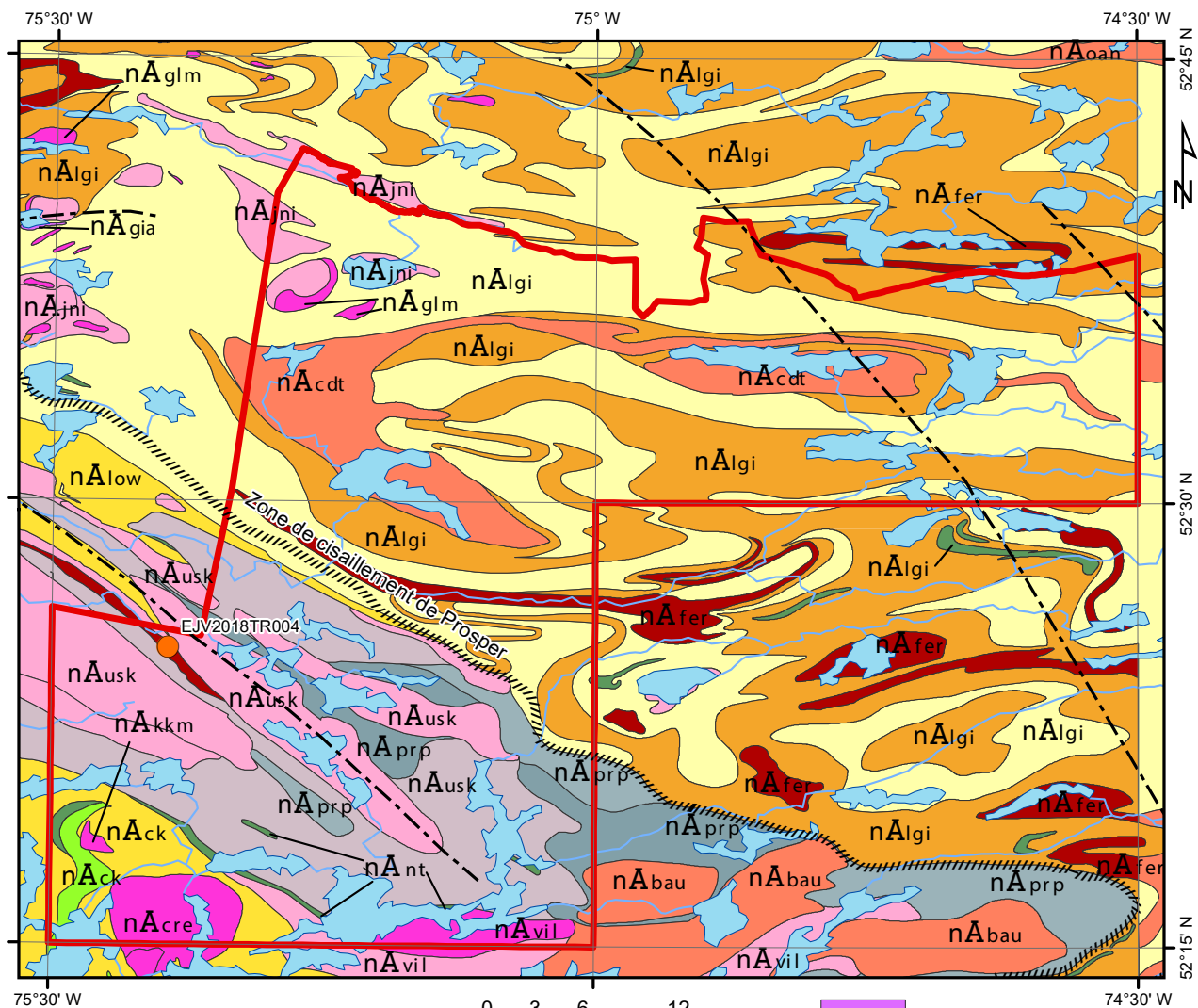


FIGURE 1 – Localisation de la zone d'étude et des échantillons de fond de lac du levé du lac Cadet.



Légende stratigraphique

Néoarchéen

Sous-province d'Opinaca

- nA_{gia} Intrusion ultramaf. de Giard
- nA_{oan} Suite intrusive d'Opinaca
- nA_{cdt} Pluton de Cadet
- nA_{glm} Suite intrusive de Gladman
- nA_{jni} Suite intrusive de Janin
- nA_{fer} Suite de Féron
- nA_{lgi} Complexe de Laguiche

Failles

- ////// Zone de cisail. rég.
- - - - - Faille ind.
- - - - - Faille présumée

Sous-province de La Grande

- nA_{kkm} Suite intrusive de Kaukiekamatsch
- nA_{cre} Pluton de Clarkie
- nA_{bau} Intrusion de Bauerman
- nA_{usk} Pluton d'Uskawasis
- nA_{vil} Batholite de Village
- Groupe d'Eastmain
- nA_{prp} Formation de Prosper
- nA_{low} Formation de Low
- nA_{ck} Formation de Clarkie
- nA_{nt} Formation de Natel

Limite du levé

Lac

Indice minéralisé en Cu

- Roches ultramafiques
- Monzodiorite
- Pegmatite
- Granite et granodiorite
- Tonalite
- Arénite et wacke
- Volcanites
- Amphibolite
- Diorite
- Paragneiss (La Grande)
- Diatexite et métatexite (La Grande)
- Paragneiss (Opinaca)
- Diatexite et métatexite (Opinaca)

FIGURE 2 – Carte géologique modifiée de Roy (2023) et Côté-Roberge et Chartier-Montreuil (2023).

Distribution des différences relatives

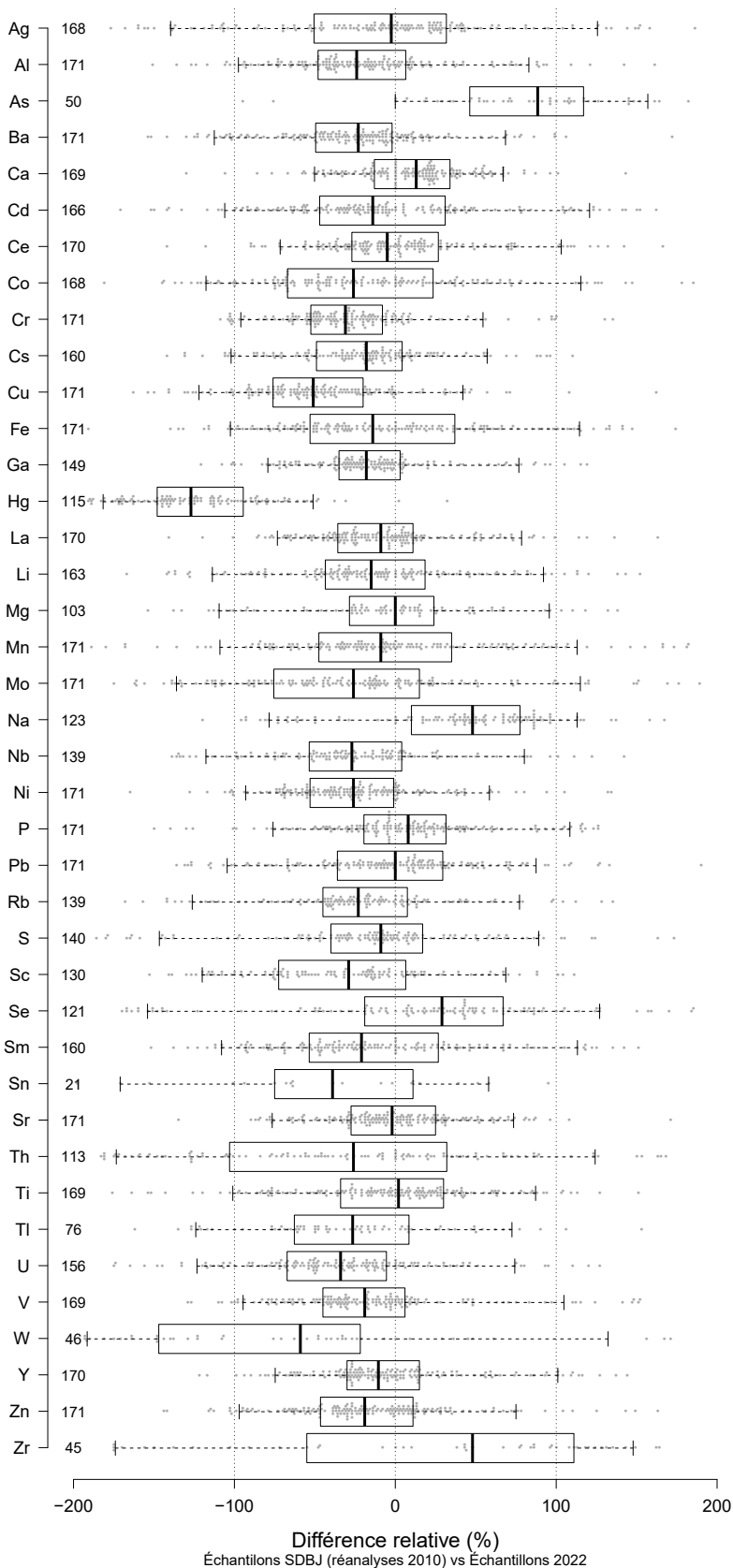


FIGURE 3 – Distribution des différences relatives entre les nouveaux échantillons et les doublons historiques de la SDBJ (analyses de 2010; voir tableau 3).

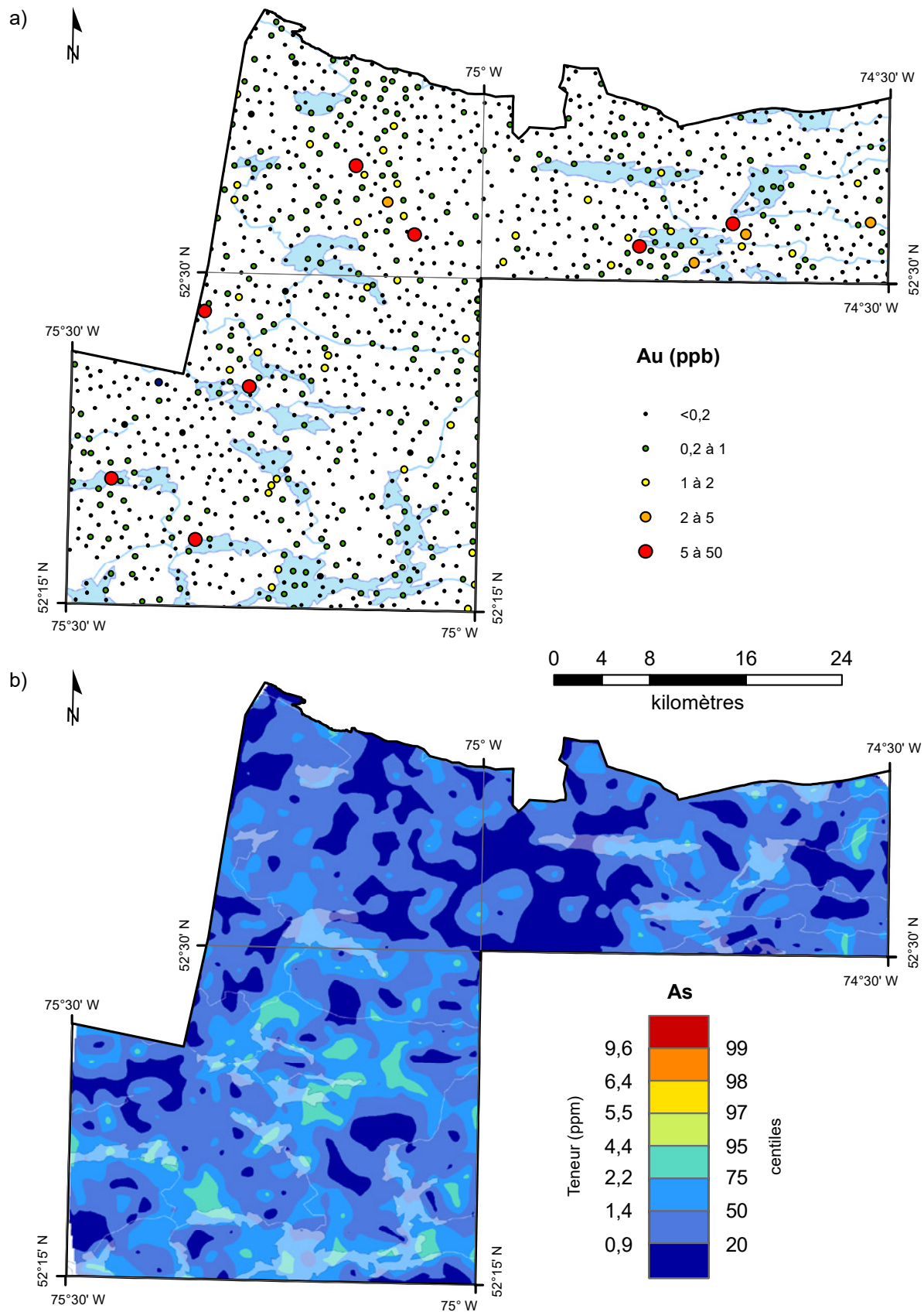


FIGURE 4 – Concentrations en or et centiles des valeurs brutes en arsenic dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

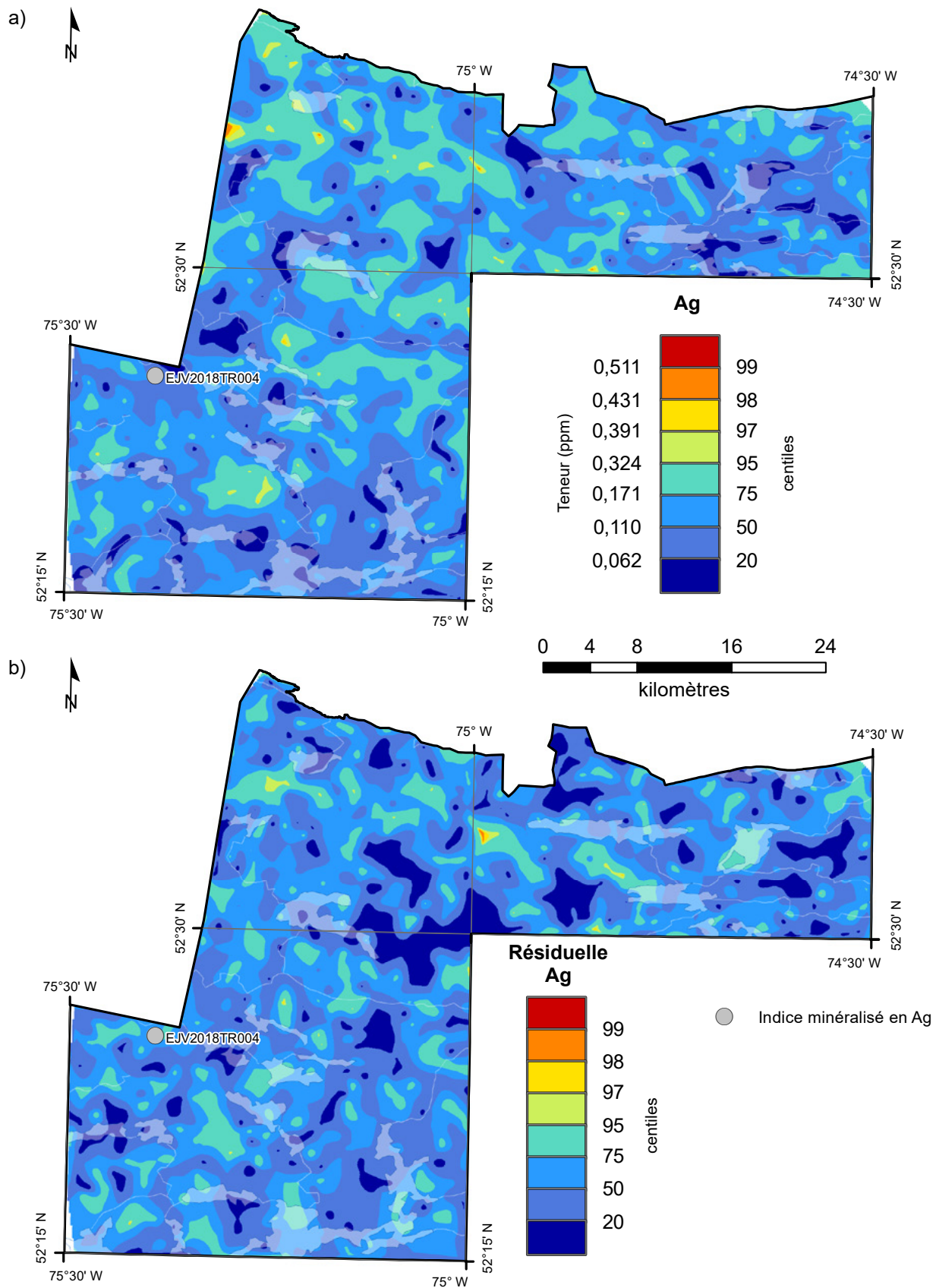


FIGURE 5 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en argent dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

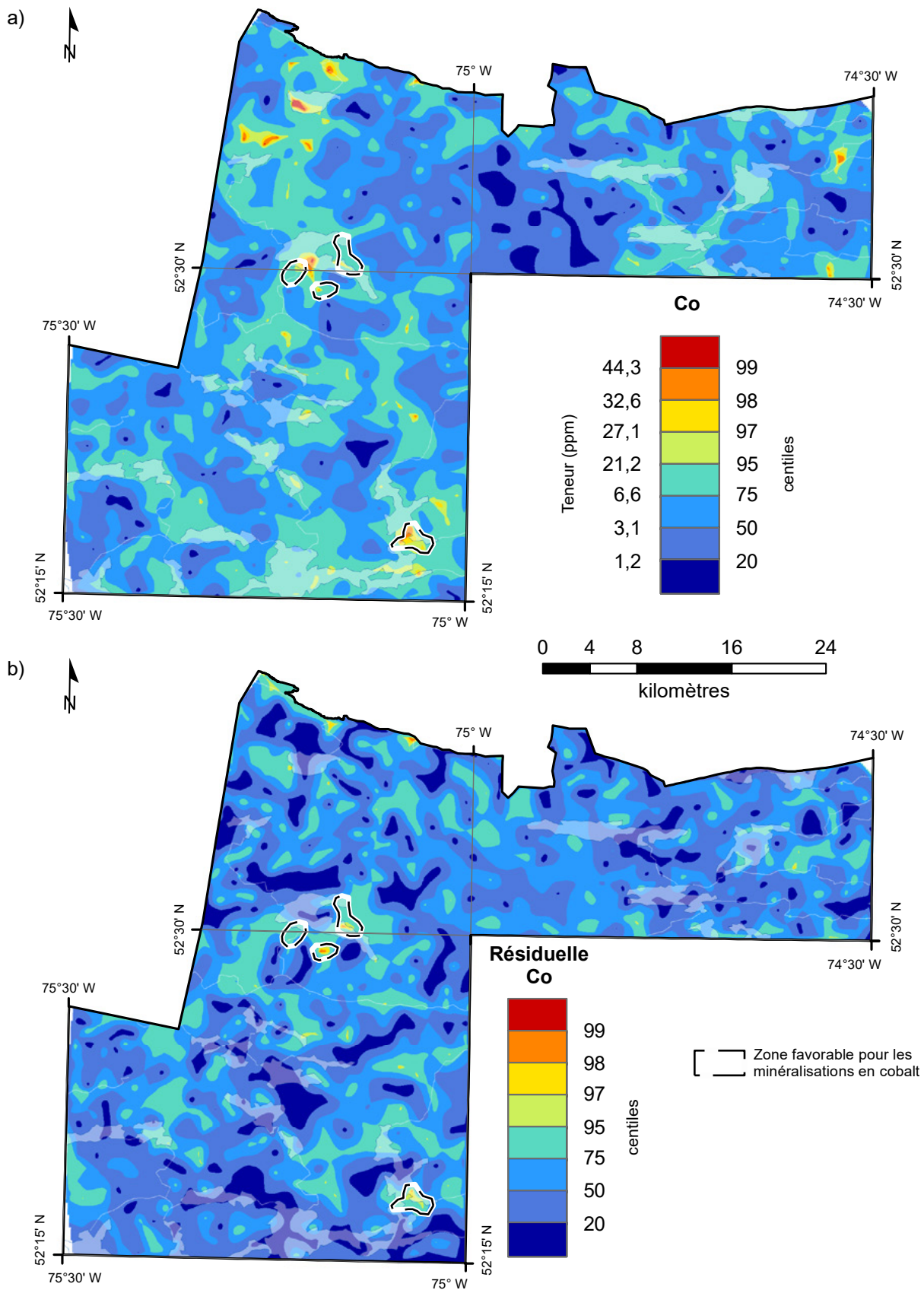


FIGURE 6 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en cobalt dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

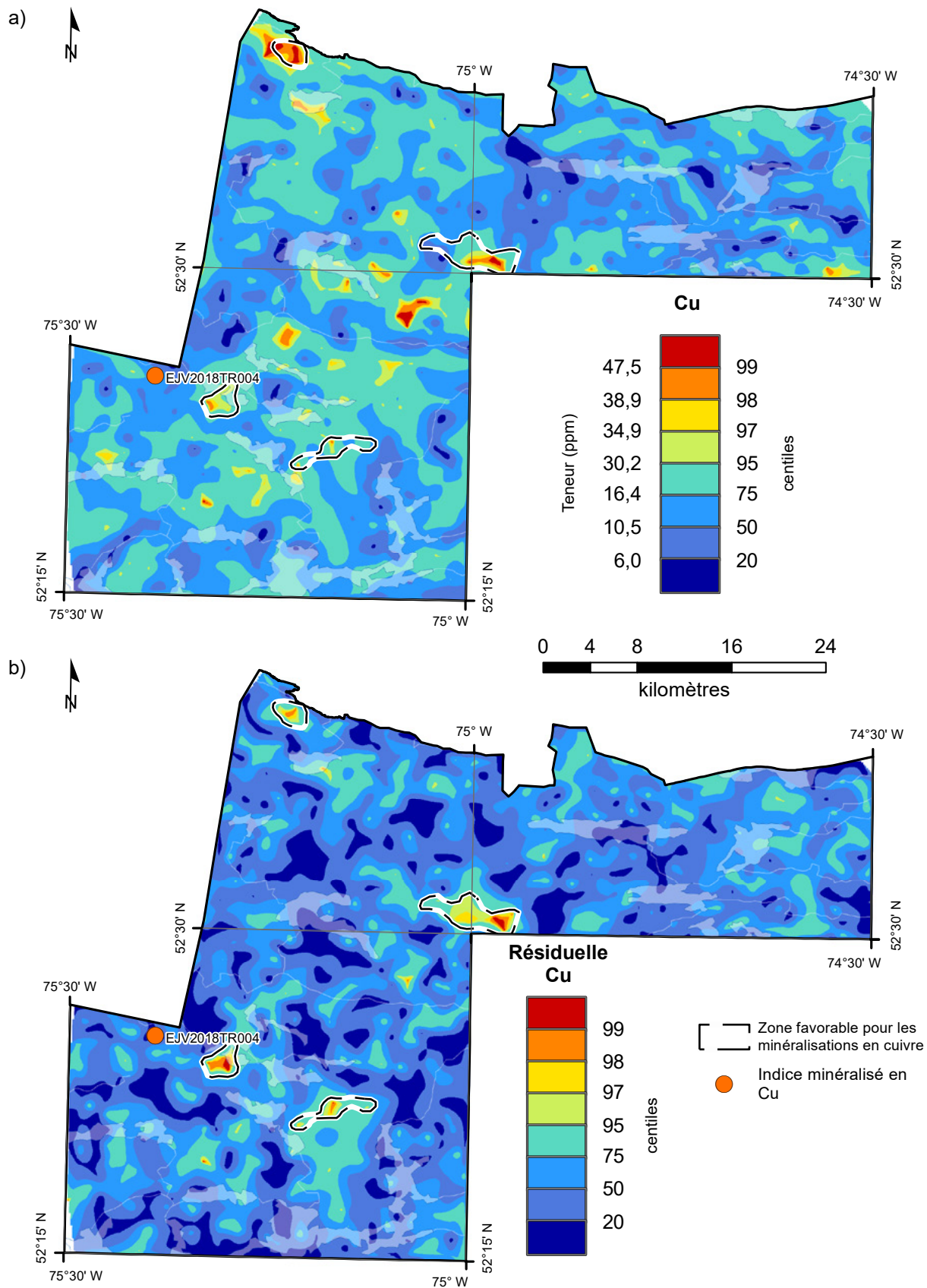


FIGURE 7 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en cuivre dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

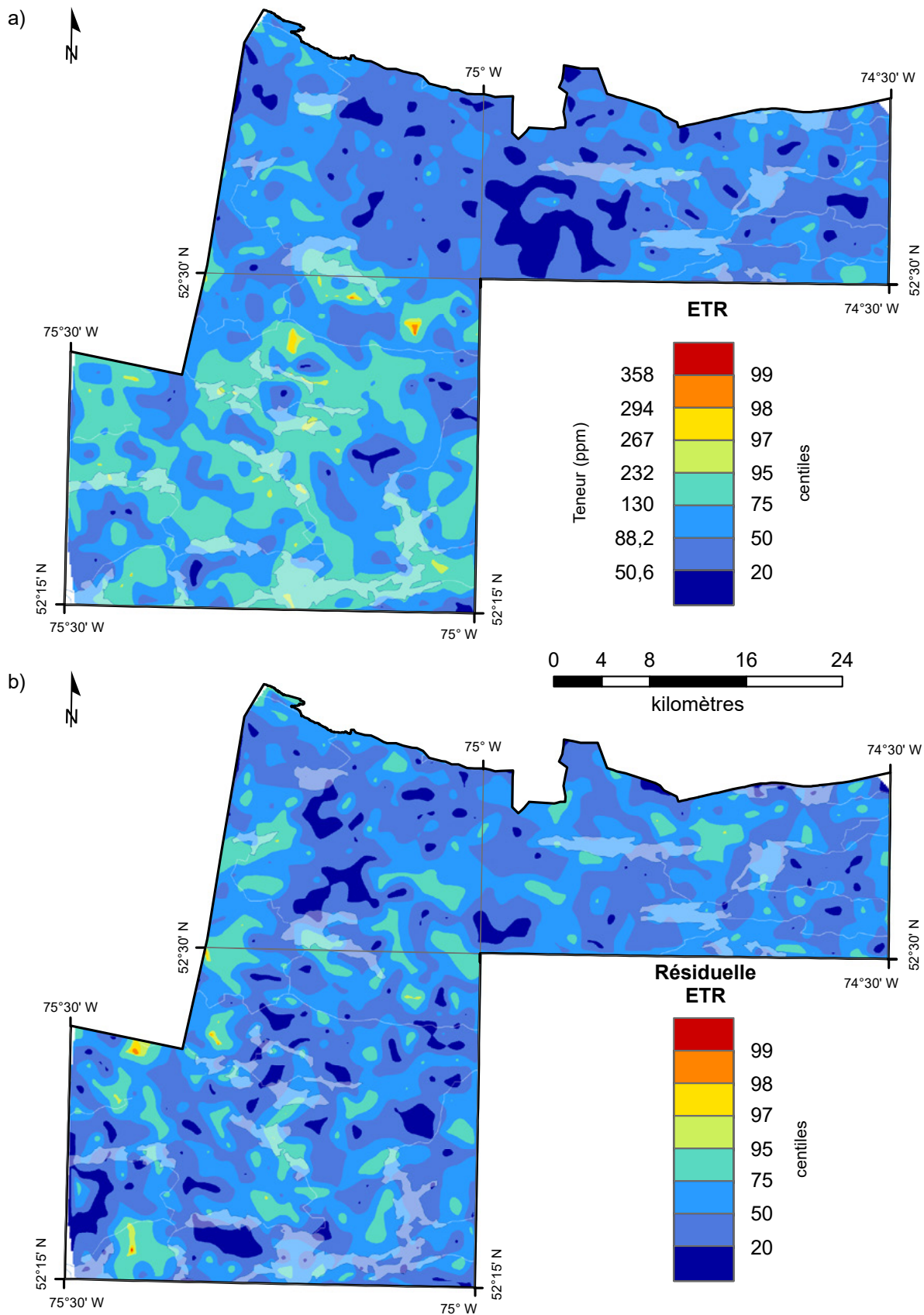


FIGURE 8 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en ETR dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

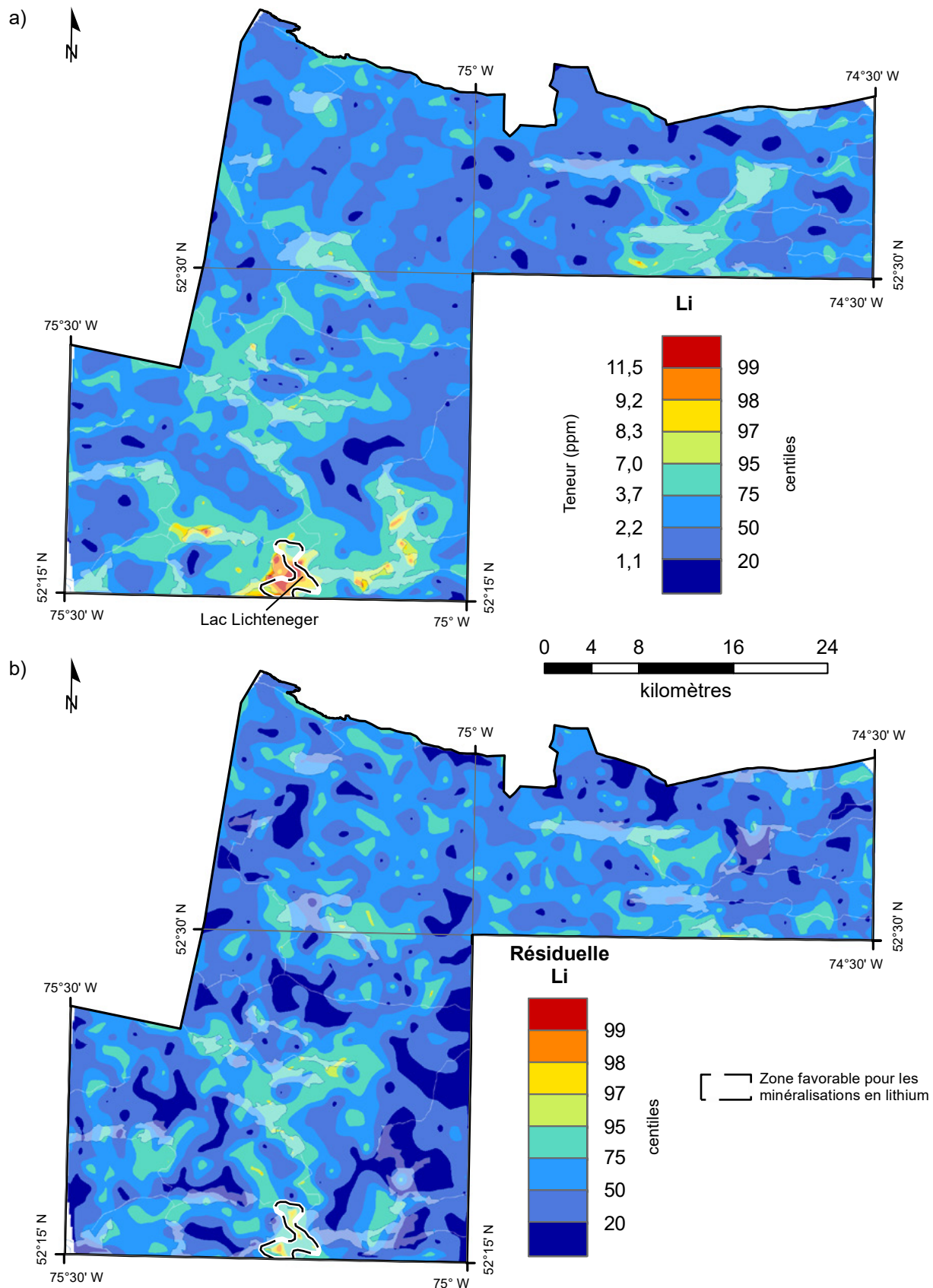


FIGURE 9 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en lithium dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

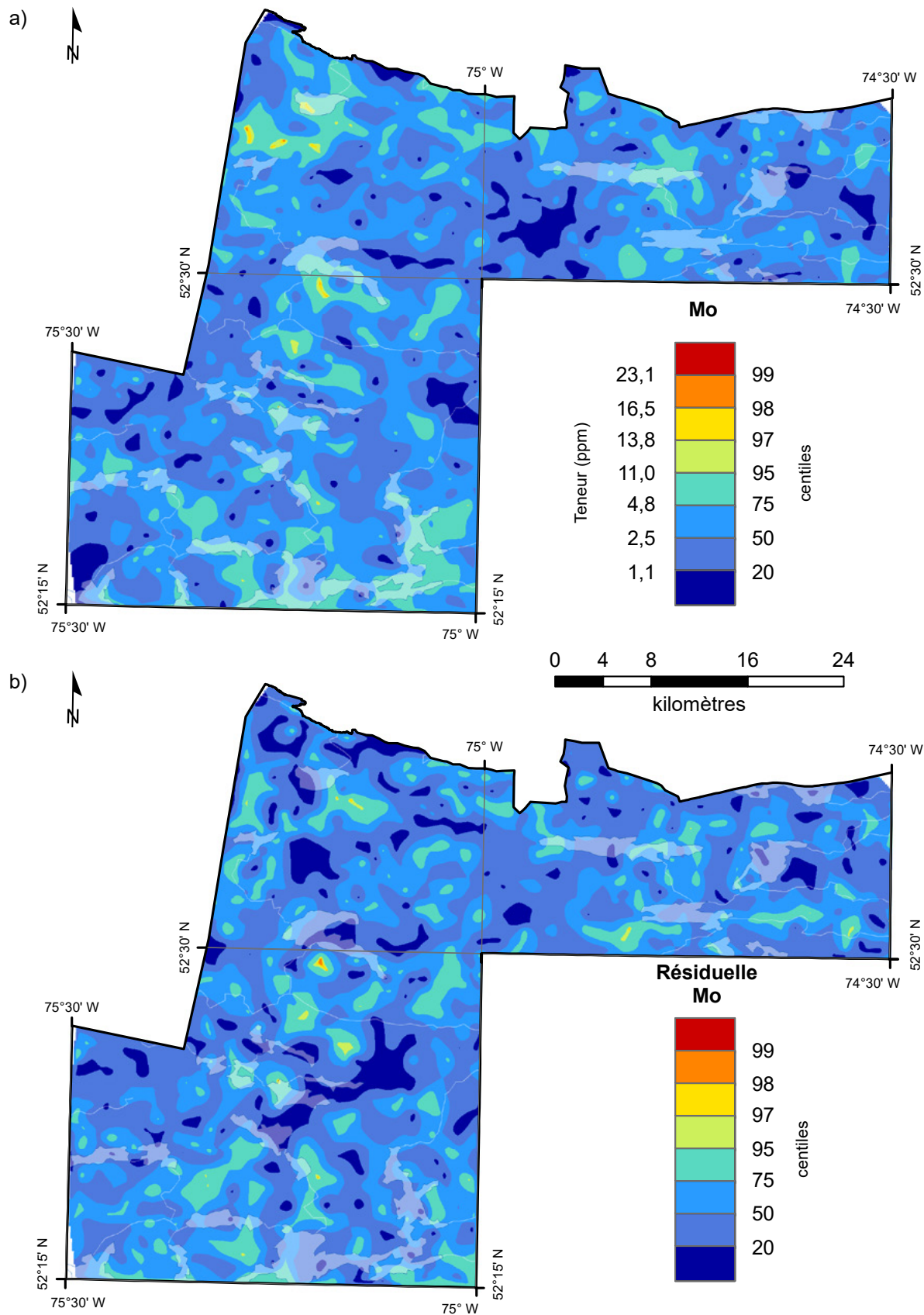


FIGURE 10 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en molybdène dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

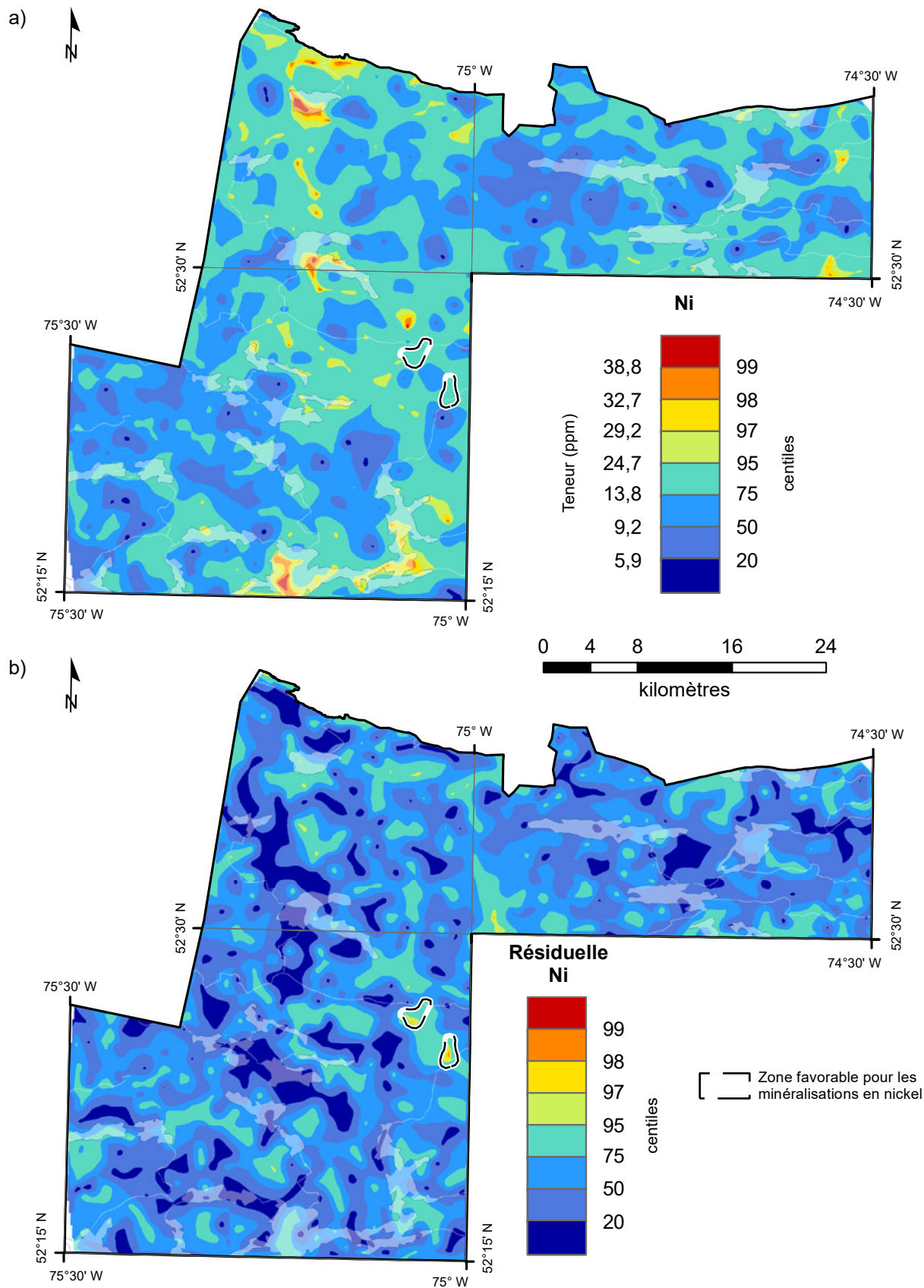


FIGURE 11 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en nickel dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

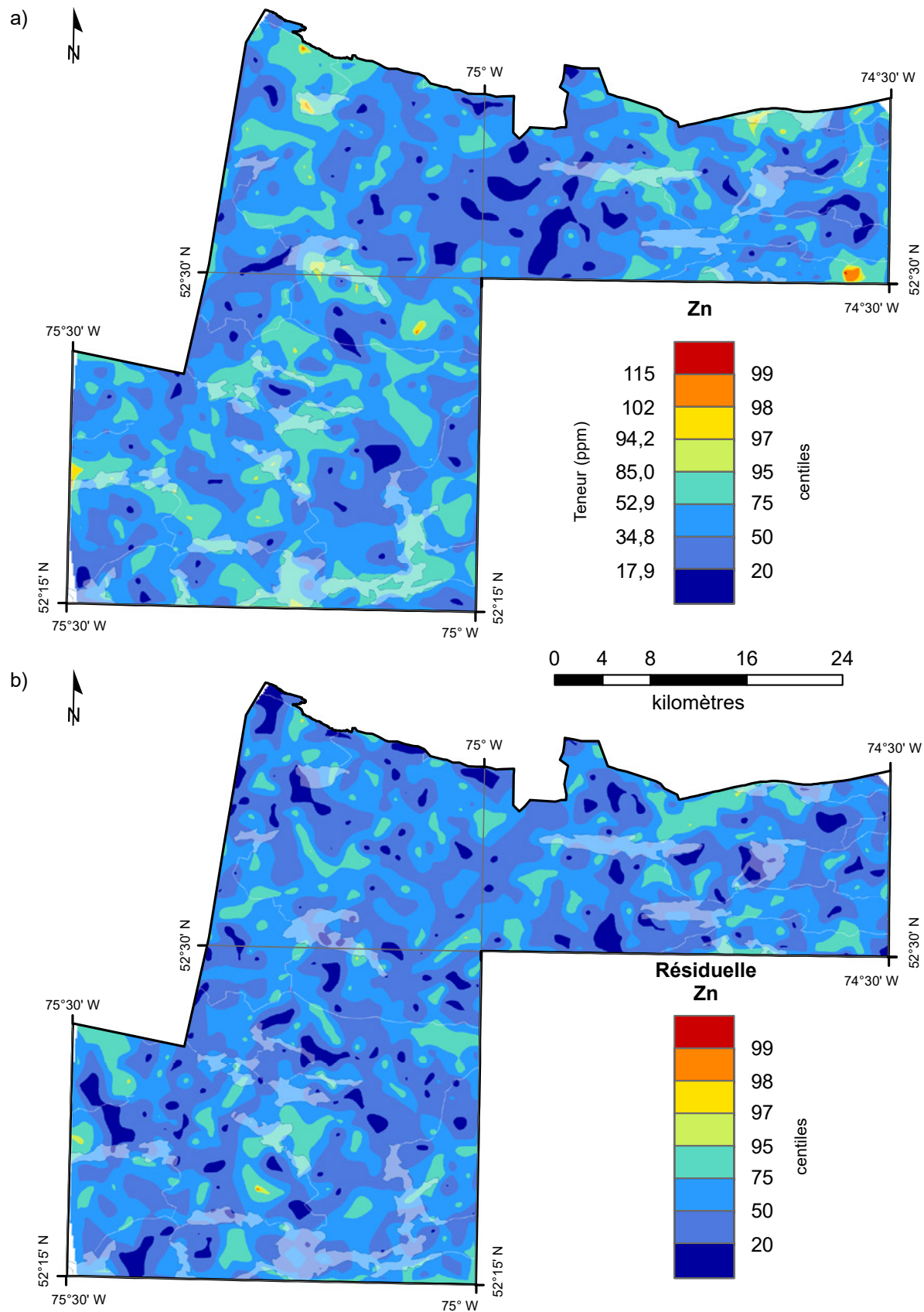


FIGURE 12 – Centiles des valeurs brutes et des résiduelles en zinc dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

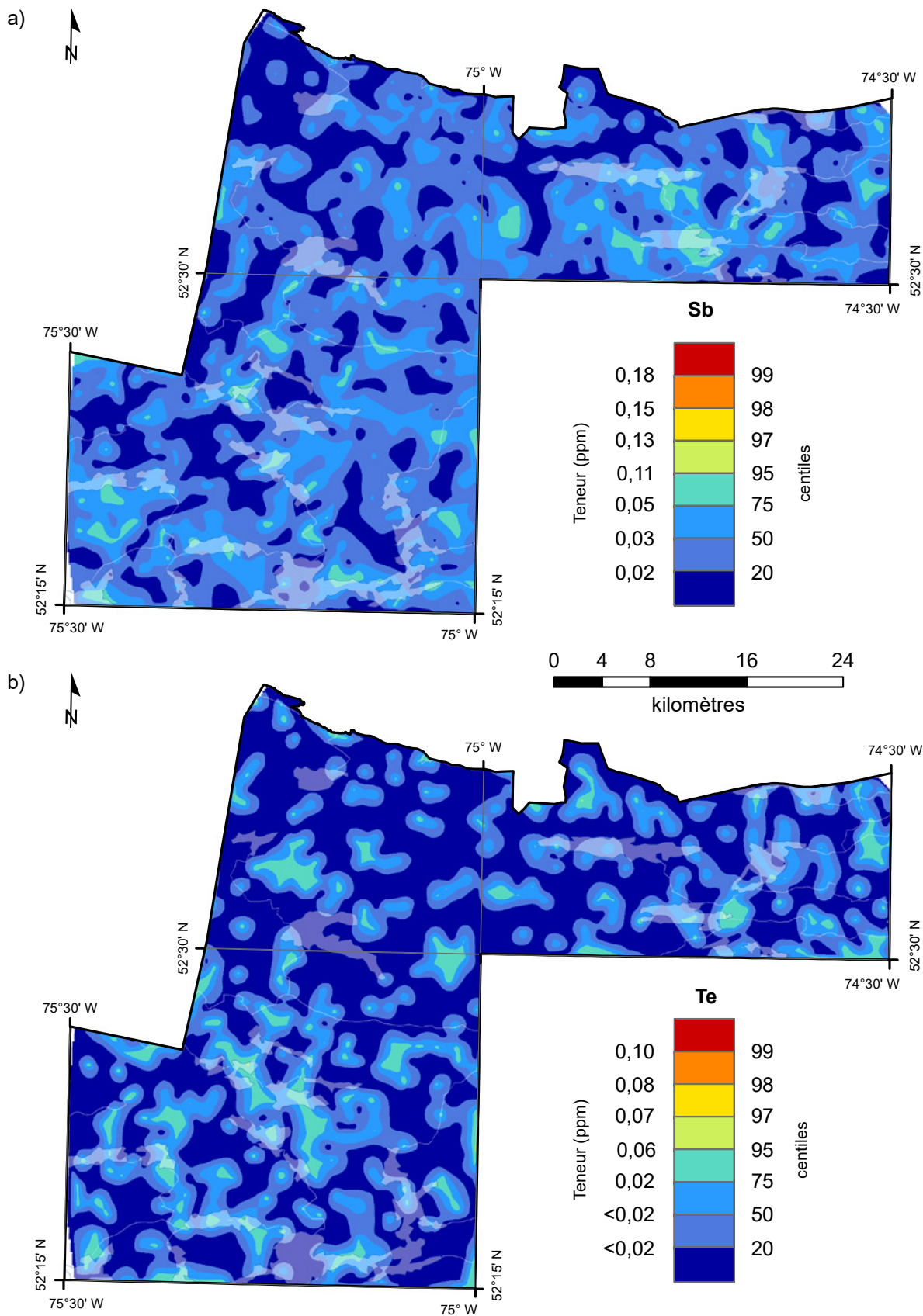


FIGURE 13 – Centiles des valeurs brutes en antimoine et en tellure dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

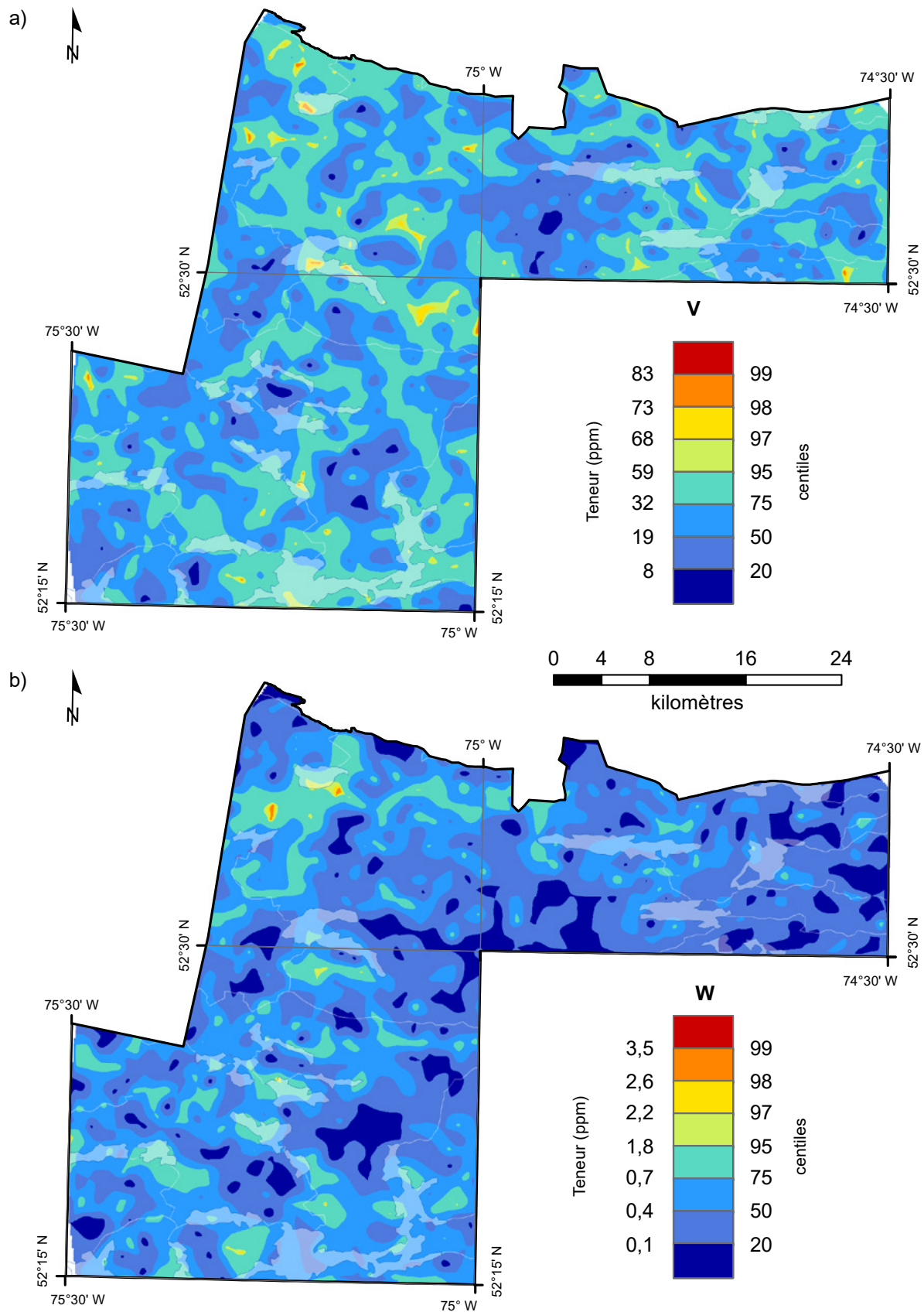


FIGURE 14 – Centiles des valeurs brutes en vanadium et en tungstène dans le levé de fond de lac du lac Cadet.

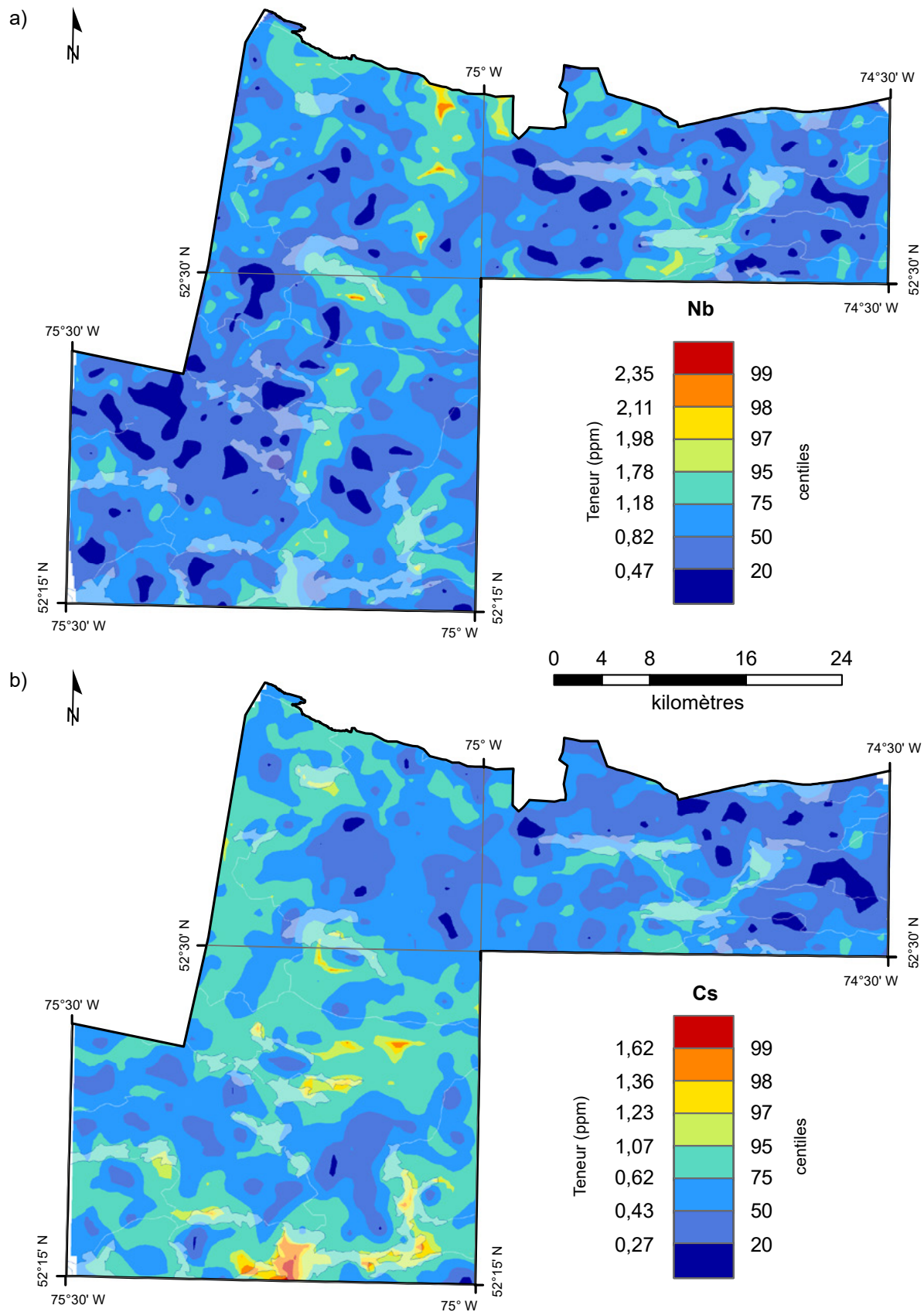
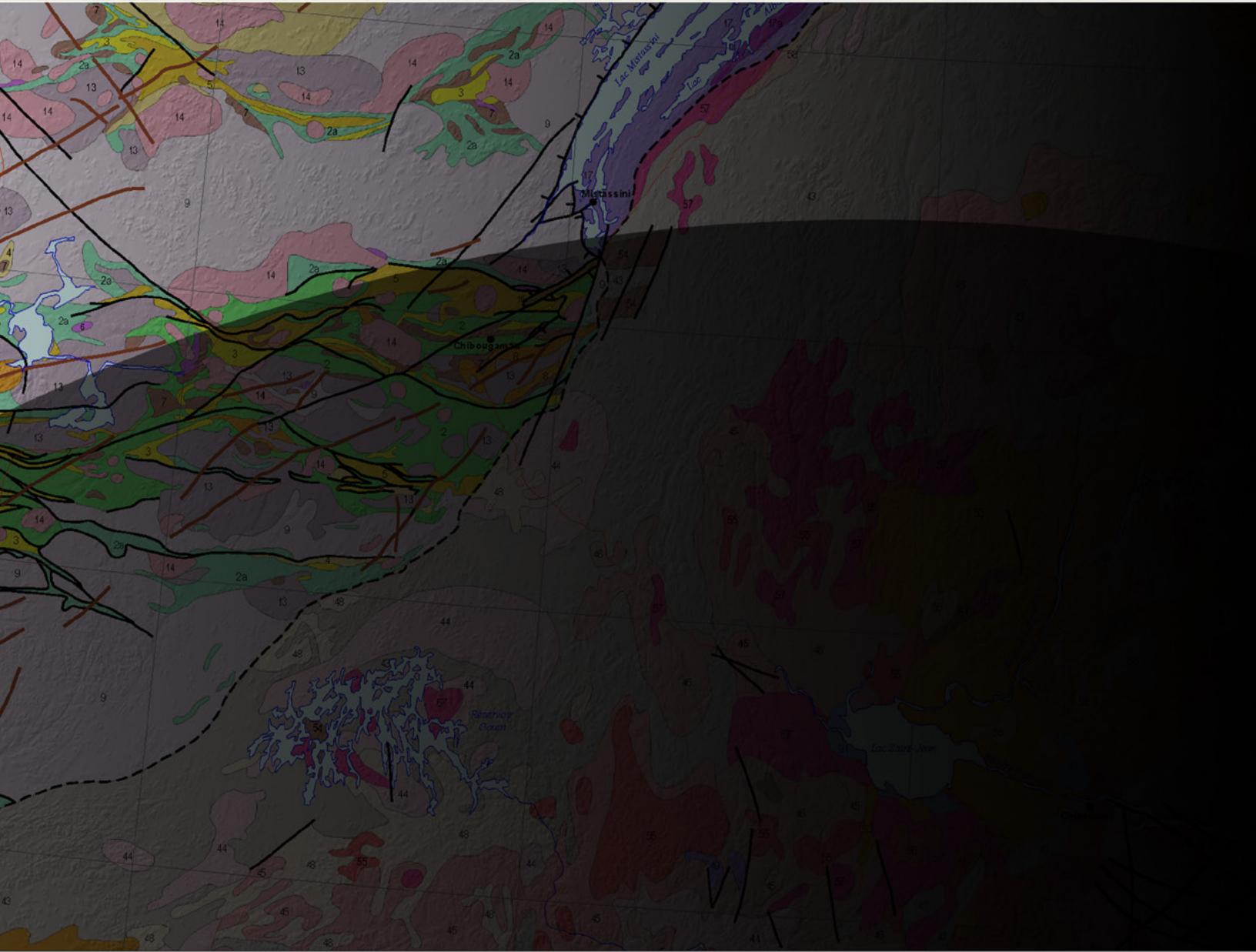


FIGURE 15 – Centiles des valeurs brutes en niobium et en césium dans le levé de fond de lac du lac Cadet.



Ressources naturelles
et Forêts

Québec

