

Nouvelles données géochimiques de sédiments de ruisseau dans le secteur de Causapscal, Province des Appalaches

RP 2022-01

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

Jean-Yves Labbé

Direction du soutien administratif, logistique et matériel

Robert Thériault, géo.

Lecture critique

Fabien Solgadi, géo.

Auteur

Olivier Lamarche, géo.

Édition

Claude Dion, ing.

Graphisme

André Tremblay

Nouvelles données géochimiques de sédiments de ruisseau dans le secteur de Causapsal, Province des Appalaches

RP 2022-01

Olivier Lamarche

Résumé

Le ministère de l'Énergie des Ressources naturelles a entrepris en 2020 la réanalyse d'échantillons de sédiment de ruisseau provenant d'un levé dans le secteur d'Amqui-Causapsal (feuilles SNRC 21O14, 22B02 à 22B07, 22B10, 22B11), situé dans la Province des Appalaches. Les échantillons avaient été prélevés en 1974 avec une densité d'environ 2,6 échantillons/km² dans un territoire couvrant quelque 2800 km². La réanalyse de ces échantillons a été réalisée en 2020 pour 64 éléments. Ce document présente les grandes lignes du projet, ainsi que les cartes des valeurs brutes interpolées par la méthode des voisins naturels pour les éléments suivants : Ag, As, Au, Cu, ETR, Li, Mo, Nb, Pb, Zn.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
MÉTHODES ANALYTIQUES	5
COMPARAISON ENTRE LES ANCIENNES ET LES NOUVELLES ANALYSES.....	5
Étain	6
Molybdène.....	6
CARTES D'INTERPOLATION.....	6
ZONES D'INTÉRÊT.....	7
Au.....	7
ETR	7
CONCLUSION.....	7
RÉFÉRENCES	8

INTRODUCTION

Le ministère de l'Énergie des Ressources naturelles a réalisé en 1974 un levé de sédiments de ruisseau dans le secteur d'Amqui-Causapsca (feuillet SNRC 21O14, 22B02 à 22B07, 22B10, 22B11). Les échantillons avaient initialement été analysés pour 10 éléments (As, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, U et Zn). L'évolution des techniques d'analyse et la baisse des coûts associés depuis 1974 ont permis d'analyser davantage d'éléments avec une meilleure précision et d'améliorer ainsi les résultats de ce levé.

Le levé de 1974 couvrait environ 2795 km² et a permis la collecte de 7230 échantillons, ce qui correspond à une densité de près de 2,6 échantillons/km². De ce nombre, 802 échantillons proviennent de zones où l'exploration est maintenant interdite et n'ont pas été réanalysés. De plus, 913 échantillons n'ont pu être traités par manque de matériel. Un total de 5515 échantillons a donc été réanalysé en 2020 par ICP-MS suivant une dissolution à l'eau régale. Ces analyses comprennent notamment les éléments en traces et les terres rares. La localisation des échantillons est présentée à la figure 1.

D'un point de vue géologique (figure 2), le levé est situé dans les roches paléozoïques de la Province des Appalaches. Quelques indices minéralisés sont connus, surtout concentrés le long de la Faille de Sainte-Florence, dans les volcanites de Sainte-Marguerite. On y trouve principalement des minéralisations d'or et/ou polymétalliques. Des indices de cuivre sont également connus en périphérie de la zone étudiée.

Les nouvelles données pour l'or et les terres rares devraient permettre de mettre au jour des zones d'intérêt pour l'exploration minérale.

MÉTHODES ANALYTIQUES

Les caractéristiques de la campagne d'échantillonnage de 1974 et la localisation des échantillons sont présentées dans Tremblay et Choinière (1978a et 1978b). Avant d'être analysés, les échantillons de sédiment de ruisseau ont été séchés et tamisés pour récupérer la fraction < 177 µm. Les analyses initiales ont été effectuées par la division de Microchimie du Centre de recherche minérale (CRM) du ministère des Richesses naturelles selon les méthodes décrites par Pichette *et al.* (1974) et Pichette et Guimont (1975). Les éléments étaient tous dosés par absorption atomique (Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn et Zn), sauf l'arsenic analysé par colorimétrie (CO) et l'uranium par chromatographie sur papier (CP). Certains échantillons n'ont pas été analysés pour l'ensemble des éléments.

Les nouvelles analyses de 2020 ont été effectuées par Activation Laboratories d'Ancaster en Ontario. Une fraction de 0,5 g a été analysée par spectrométrie de masse à plasma

à couplage inductif (ICP-MS) après une digestion à l'eau régale. Cette méthode de dissolution a l'avantage de préserver les éléments plus « volatils » (As, Sb, Hg, Se, Te, Tl) qui pourraient être partiellement perdus par d'autres méthodes (HF ou fusion; Genna, 2014; Hu et Qi, 2014). Cependant, l'eau régale ne dissout pas complètement certains composés chimiques (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃; Kissler, 2005). Des phases minérales réfractaires (barytine, cassitérite, chromite, monazite, xénotime, zircon, etc.) ne seront donc pas complètement attaquées, ce qui engendre des sous-estimations des éléments contenus dans ces minéraux (Ba, Cr, ETR, Sn, U, Y, Zr, etc.; Taraškevičius *et al.*, 2013; Hu et Qi, 2014).

Les résultats d'analyse 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, les échantillons réanalysés peuvent être sélectionnés en indiquant le numéro de projet 1974030 et la date d'analyse « 20200000..20230000 ».

COMPARAISON ENTRE LES ANCIENNES ET LES NOUVELLES ANALYSES

Les données originales et les réanalyses ont été comparées en calculant les coefficients de corrélation et les écarts relatifs de chaque couple d'échantillons (1974 et 2020) pour chaque élément. Le tableau 1 présente les coefficients de corrélation, ainsi que la moyenne, l'écart-type et les 25^e et 75^e centiles de la distribution des écarts relatifs. Le coefficient de Spearman est un coefficient de corrélation non paramétrique calculé à partir des rangs et non directement à partir des concentrations.

$$\text{Écart relatif} = 2 \frac{Teneur_{1974} - Teneur_{2020}}{Teneur_{1974} + Teneur_{2020}}$$

Les analyses obtenues ne sont pas toutes comparables. Sur les 10 éléments analysés originalement en 1974, 6 (As, Cu, Ni, Pb, U, Zn) présentent des concentrations comparables aux nouvelles données (< 25 % d'écart relatif moyen). Deux éléments (Ni, Zn) présentent des données fortement corrélées avec une variation de l'écart relatif de l'ordre de l'incertitude intrinsèque de la composition naturelle (< 15 % d'écart-type de l'écart relatif). Six éléments (As, Co, Cu, Mo, Mn, Pb) présentent des données moyennement corrélées (< 40 % d'écart-type de l'erreur relative).

Les différences intrinsèques associées aux méthodes d'analyse et aux limites de détection, systématiquement plus élevées dans le cas de la méthode d'absorption atomique, rendent difficiles les comparaisons entre les analyses originales et les réanalyses de certains éléments.

Étain

L'étain est le seul élément non mentionné précédemment pour lequel les données anciennes et nouvelles ne peuvent être corrélées. Les données originales pour l'étain de cette époque ne sont comparables ni en amplitude ni en précision aux réanalyses. Dans ce cas, la spectrophotométrie par absorption atomique est possiblement plus fiable, ou du moins permet d'évaluer avec plus de justesse les concentrations que la dissolution à l'eau régale. L'étain contenu dans la cassitérite n'est pas entièrement récupéré par une dissolution à l'eau régale, alors que la méthode utilisée en 1974 a été développée spécifiquement à cet effet (Guimont *et al.*, 1976).

Molybdène

La limite de détection élevée du molybdène des analyses de 1974 (1 ppm) et les teneurs faibles en cet élément, très proches de cette même limite, expliquent le coefficient de corrélation de Spearman très faible (0,353) pour les deux générations d'analyses. Ainsi, dans le cas des analyses originales, 3156 des 3598 analyses avec des valeurs supérieures la limite de détection (≥ 1 ppm) présentaient une teneur égale à 1 ppm. Toutefois, lorsque l'on calcule le coefficient de Spearman avec les valeurs des analyses récentes arrondies à l'unité (à l'exemple des données des premières analyses), on obtient une valeur de 0,991. Les données initiales pour le Mo ne sont donc pas à proprement parler fausses, mais elles souffrent d'une grande imprécision et revêtent une utilité limitée, sauf pour l'identification des très fortes anomalies.

CARTES D'INTERPOLATION

Des cartes d'interpolation (figures 4, 5, 6, 7 et 8) sont fournies pour les métaux usuels (Cu, Pb, Zn), précieux (Au, Ag) et quelques éléments d'intérêt économique (As, ETR, Li, Mo, Nb) provenant des nouvelles réanalyses. Les interpolations ont été effectuées en utilisant les rangs centiles des réanalyses ($n = 20\ 351$). Ces rangs centiles ont été calculés en incorporant toutes les réanalyses effectuées récemment dans la région (Boulahecn *et al.*, 2010; Solgadi, 2020; tableau 2; figure 3). Ces projets de réanalyse diffèrent légèrement du présent projet. Par exemple, Boulahecn *et al.* (2010) n'ont pas réanalysé le manganèse dans les échantillons dont la teneur dépassait la limite quantifiable (limite supérieure de détection, c'est-à-dire $> 10\ 000$ ppm). De même, les ETR n'ont été analysés ni par Boulahecn *et al.* (2010) ni par Solgadi (2020; analyses de 2015).

L'utilisation des rangs centiles à une échelle plus régionale peut avoir comme résultat de diminuer le nombre d'anomalies dans le secteur du levé actuel, mais elle rehausse l'importance des anomalies, surtout si celles-ci sont regroupées dans l'espace. À titre d'exemple, le levé de Boulahecn *et al.* (2010) couvrait le territoire de Murdochville, un ancien camp minier cuprifère. Pour cette raison, les échantillons de ruisseaux du présent projet montrant des teneurs en cuivre plus grandes que le 95^e centile ne représentent que 0,6 % des échantillons réanalysés.

TABLEAU 1 : Comparaison statistique entre les données originales et les réanalyses

	r ²	Coefficient de Spearman	Écart relatif moyen*	Écart-type de l'écart relatif moyen	25 ^e centile de l'écart relatif*	75 ^e centile de l'écart relatif*
As	0,907	0,979	-20,7 %	31,4 %	-40,0 %	-1,5 %
Co	0,890	0,905	50,9 %	24,5 %	38,1 %	60,4 %
Cu	0,785	0,798	-16,8 %	30,6 %	-37,2 %	5,1 %
Mn	0,441	0,606	-124,0 %	36,4 %	-147,2 %	-106,6 %
Mo	0,852	0,353	106,8 %	34,5 %	87,8 %	130,6 %
Ni	0,953	0,961	16,1 %	14,4 %	8,3 %	22,6 %
Pb	0,825	0,734	0,3 %	36,3 %	-23,2 %	29,7 %
Sn	0,342	0,150	135,1 %	50,2 %	123,9 %	164,3 %
U	0,813	0,649	20,2 %	63,4 %	-18,2 %	66,7 %
Zn	0,871	0,939	12,1 %	13,0 %	5,1 %	19,5 %

* Les valeurs négatives indiquent que les données originales étaient plus basses.

TABLEAU 2 : Comparaison des rapports récents des réanalyses de sédiment de ruisseau

Publication	No de rapport	Année des réanalyses	Nombre d'éch.	ETR	Éléments en traces
Boulahecn <i>et al.</i> (2010)	MB 2010-09	2009	7290	-	53 éléments AR + ICP-MS (0,5 g)
Solgadi (2020)	RP 2020-01	2015	2003		
		2018	4943		
Lamarche (2022)	RP 2022-01 (ce rapport)	2020	5515	AR + ICP-MS (0,5 g)	

Les rangs centiles des éléments du groupe des terres rares ont été calculés après la sommation des concentrations des lanthanides.

ZONES D'INTÉRÊT

Les rangs centiles ont été mis en carte pour 10 éléments (As, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, U et Zn; figures 4, 5, 6, 7 et 8) et ont permis d'identifier des zones d'intérêt pour l'or et les éléments des terres rares. Des anomalies ponctuelles sont également observées pour plusieurs éléments analysés, mais ne sont pas décrites ici.

Au

Aucun des indices en or déjà connus ne correspond à une anomalie de sédiments de ruisseaux. Quelques regroupements de valeurs anormales sont toutefois répertoriés à partir des réanalyses. Dans les cas suivants (figure 5), les zones d'intérêt regroupent au moins 4 valeurs anormales consécutives le long d'un même ruisseau ou, du moins, un ensemble de valeurs associées spatialement, ce qui diminue considérablement le risque que les anomalies observées soient causées par un effet pépite :

Zone 1 : 6 échantillons (> 99,4^e centile) répartis sur 2 ruisseaux. Considérant la configuration des anomalies, la zone d'intérêt ne peut être beaucoup plus grande que 1 km².

Zone 2 : 5 échantillons (> 99^e centile) consécutifs le long du même ruisseau. Un échantillon non anormal est situé 350 m en amont de la zone. Les ruisseaux environnants ne montrent pas d'anomalie, sauf le ruisseau en aval qui est faiblement anormal, les trois prochains échantillons en aval étant > 97^e centile. Le signal est détecté sur une longueur totale de 3,5 km.

Ces deux zones anormales (1 et 2) ont été définies à partir d'échantillons dont les numéros sont presque consécutifs (dans la même fourchette d'une vingtaine d'échantillons). Il est donc possible que ces anomalies soient plutôt le résultat d'une contamination aux étapes de l'échantillonnage, des analyses originales ou des réanalyses, plutôt qu'une anomalie naturelle. Cependant, il n'est pas possible de statuer avec certitude sur la cause de cette anomalie.

Zone 3 : 7 échantillons (> 87,4^e centile), dont 6 plus anormaux (> 99,4^e centile), répartis le long de deux ruisseaux convergents. Deux autres échantillons anormaux sont localisés à proximité, dans un ruisseau parallèle (> 99,5^e centile). Considérant la configuration des ruisseaux et des anomalies, la zone source pourrait couvrir jusqu'à 2,75 km², en présument qu'il s'agit d'une seule zone.

Zone 4 : 4 échantillons (> 98^e centile) sont répartis le long de 3 ruisseaux convergents tout juste au sud d'un refuge biologique.

Les zones d'intérêt 3 et 4 se situent dans le Groupe de Fortin qui contient plusieurs indices d'or répertoriés plus à l'est. Ce secteur couvrant la partie sud du levé de sédiments de ruisseau montre également des valeurs plus élevées en As (figure 4). Ces observations renforcent donc l'intérêt que l'on peut porter à ces zones.

ETR

Deux zones anormales en ETR se distinguent par leur superficie et le nombre d'échantillons associés (figure 6) :

Zone 5 : Une zone d'environ 5 km² contient 17 échantillons dont les teneurs totales en ETR sont supérieures au 97^e centile. Ces échantillons sont situés le long d'au moins 4 ruisseaux qui convergent vers la rivière Causapsal, 7 km à l'est de Saint-Alexandre-des-Lacs. Toutes les valeurs anormales sont situées dans la Formation de York River.

Zone 6 : 10 échantillons (> 94,8^e centile) sont regroupés dans une zone d'environ 2 km². Les échantillons sont répartis le long de 4 ruisseaux de 2 bassins versants qui divergent localement, 3 km au sud de Saint-Zénon-du-lac-Humqui. L'absence de ruisseau au sud limite l'extension de la zone d'intérêt, mais 3 autres valeurs anormales (> 98,7^e centile) sont observées à 3 km au sud et pourraient être liées à la même anomalie géochimique. Tous ces échantillons et plusieurs autres valeurs anormales dispersées sont observés dans la Formation de Saint-Léon, à l'ouest de la zone étudiée.

CONCLUSION

La réanalyse des échantillons de ruisseaux dans le secteur de Causapsal a permis de générer des valeurs élémentaires effectuées par l'ICP-MS à la suite d'une attaque à l'eau régale. Cette dissolution a permis de mesurer les concentrations des éléments contenus dans les phases minérales facilement dissoutes, notamment les métaux dans les sulfures. Les valeurs ont ensuite été comparées avec celles d'autres projets de réanalyses effectués depuis 2010 en utilisant des suites analytiques comparables. Les rangs centiles ont été mis en carte pour 10 éléments et ont permis d'identifier des zones d'intérêt pour l'or et les éléments des terres rares. Ces zones d'intérêt sont toutes identifiées à partir d'au moins 4 valeurs anormales contiguës. Des anomalies ponctuelles sont également observées pour plusieurs éléments analysés. Les données d'analyse sont disponibles sur la base de données du SIGÉOM.

RÉFÉRENCES

- BOULAHACEN, A. – MALO, M. – LABBÉ, J.-Y. – BEAUDOIN, G., 2010 – Nouvelles données géochimiques de sédiments de ruisseau dans le centre-nord de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2010-09, 19 pages.
- GENNA, D., 2014 – Optimisation des analyses des suites multi-éléments ICM-MS pour l'exploration minérale. CONSOREM; projet 2014-05, 27 pages.
- GUIMONT, J. – BOUCHARD, A. – PICHETTE, M., 1976 – Le dosage de l'étain dans les sédiments par spectrophotométrie d'absorption atomique. *Talanta*; volume 23, pages 62-64
- HU, Z. – QI, L., 2014 – Sample Digestion Methods. *In Treatise on Geochemistry* (Holland, H.D., Turekian, K.K., editors), 2nd edition. Elsevier; pages 87-109.
- KISSER, M.I., 2005 – Digestion of solid matrices Part 1: Digestion with Aqua Regia Report of Evaluation Study. HORIZONTAL-18, 38 pages.
- TREMBLAY, R.L. – CHOINIÈRE, J., 1978a – Atlas géochimique des sédiments de ruisseau de la Gaspésie. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-563, 142 pages.
- TREMBLAY, R.L. – CHOINIÈRE, J., 1978b – Données brutes de l'échantillonnage des sédiments de ruisseau de la région de la Gaspésie – (Annexe du DPV-563). Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-564, 475 pages, 11 plans.
- PICHETTE, M. – GUIMONT, J. – BOUCHARD, A., 1974 – Méthode d'analyse des sédiments de ruisseaux 1973-1974. Ministère des Richesses naturelles, Québec; S-153, 62 pages.
- PICHETTE, M. – GUIMONT, J., 1975 – Méthode d'analyse des sédiments de ruisseau et des eaux souterraines 1974-1975. Ministère des Richesses naturelles, Québec; S-170, 108 pages.
- SOLGADI, F., 2020 – Nouvelles données géochimiques de sédiments de ruisseau dans le secteur de Matane, Province des Appalaches. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 202001, 15 pages.
- TARAŠKEVIČIUS, R. – ZINKUTE, R. – STAKENIENE, R. – RADAVIČIUS, 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.
- THÉRIAULT, R. – BEAUSÉJOUR, S., 2012. – Carte géologique du Québec, édition 2012. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 2012-06, 8 pages, 1 plan.

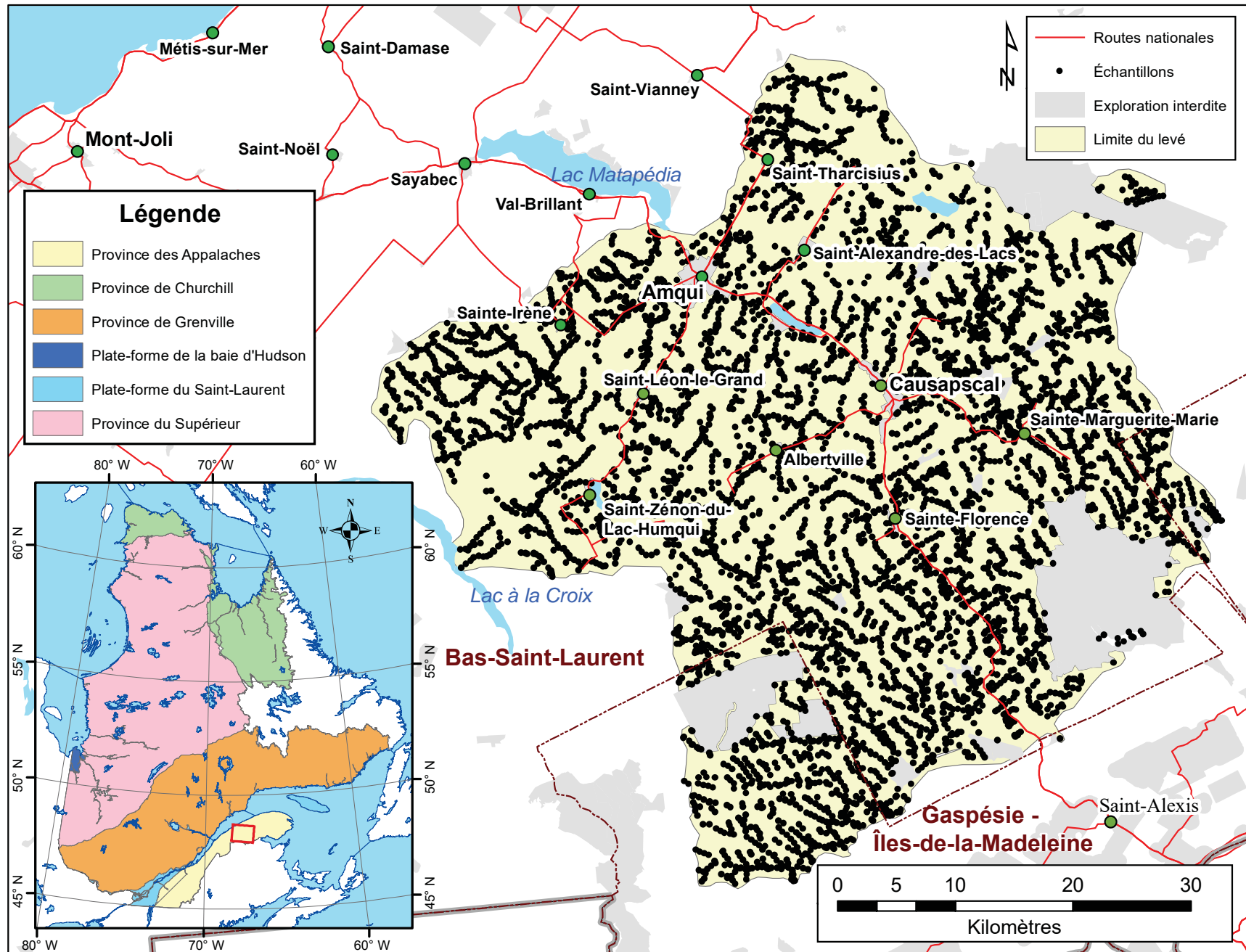


FIGURE 1 – Localisation de la zone d'étude et des échantillons réanalysés.

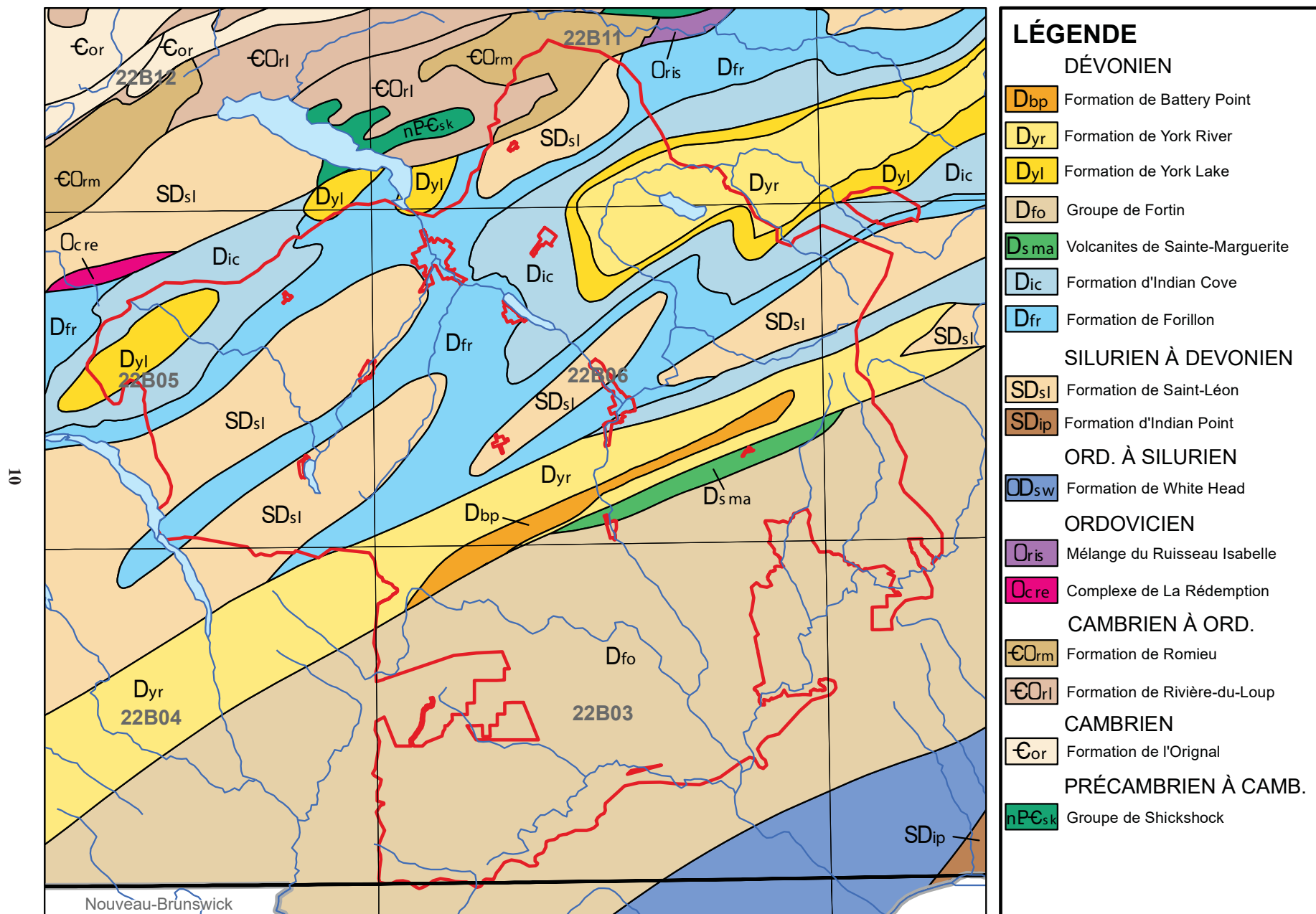


FIGURE 2 – Carte géologique générale de la région d'étude (adapté de Thériault et Beauséjour, 2012)

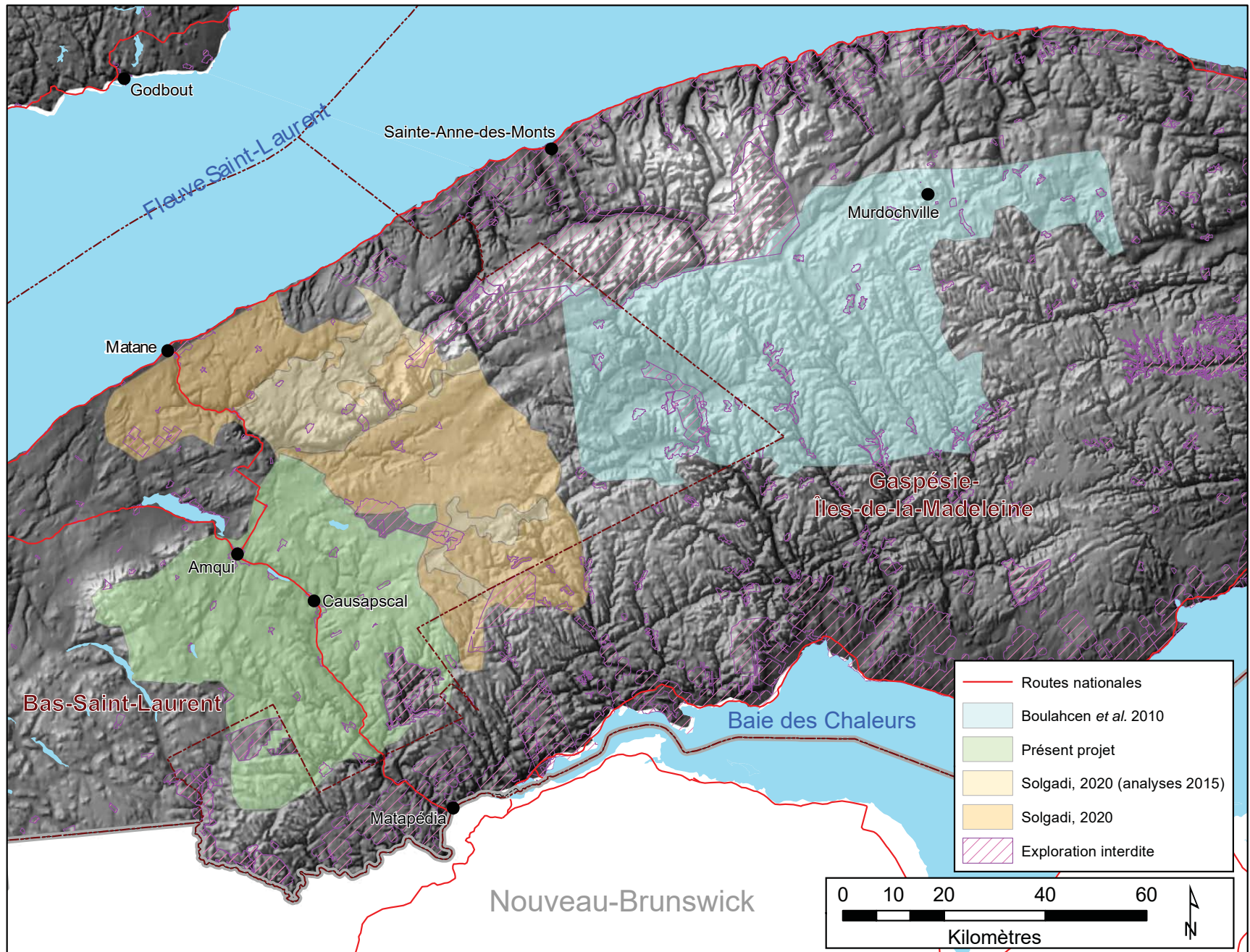


FIGURE 3 – Projets de réanalyses de sédiments de ruisseau au Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

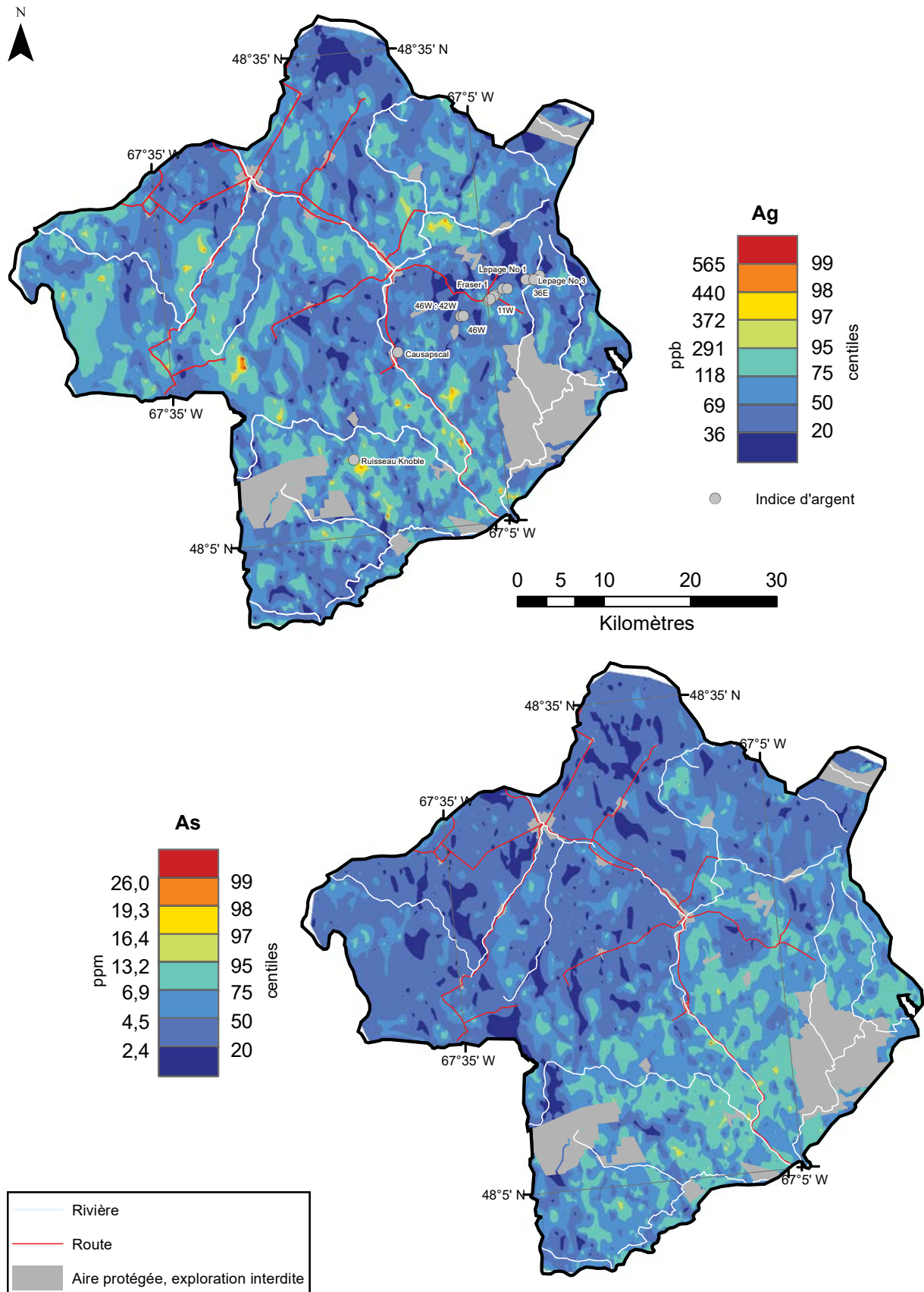


FIGURE 4 – Carte d’interpolation par voisins naturels des concentrations en argent et en arsenic dans les sédiments de ruisseau du levé de Causapsal.

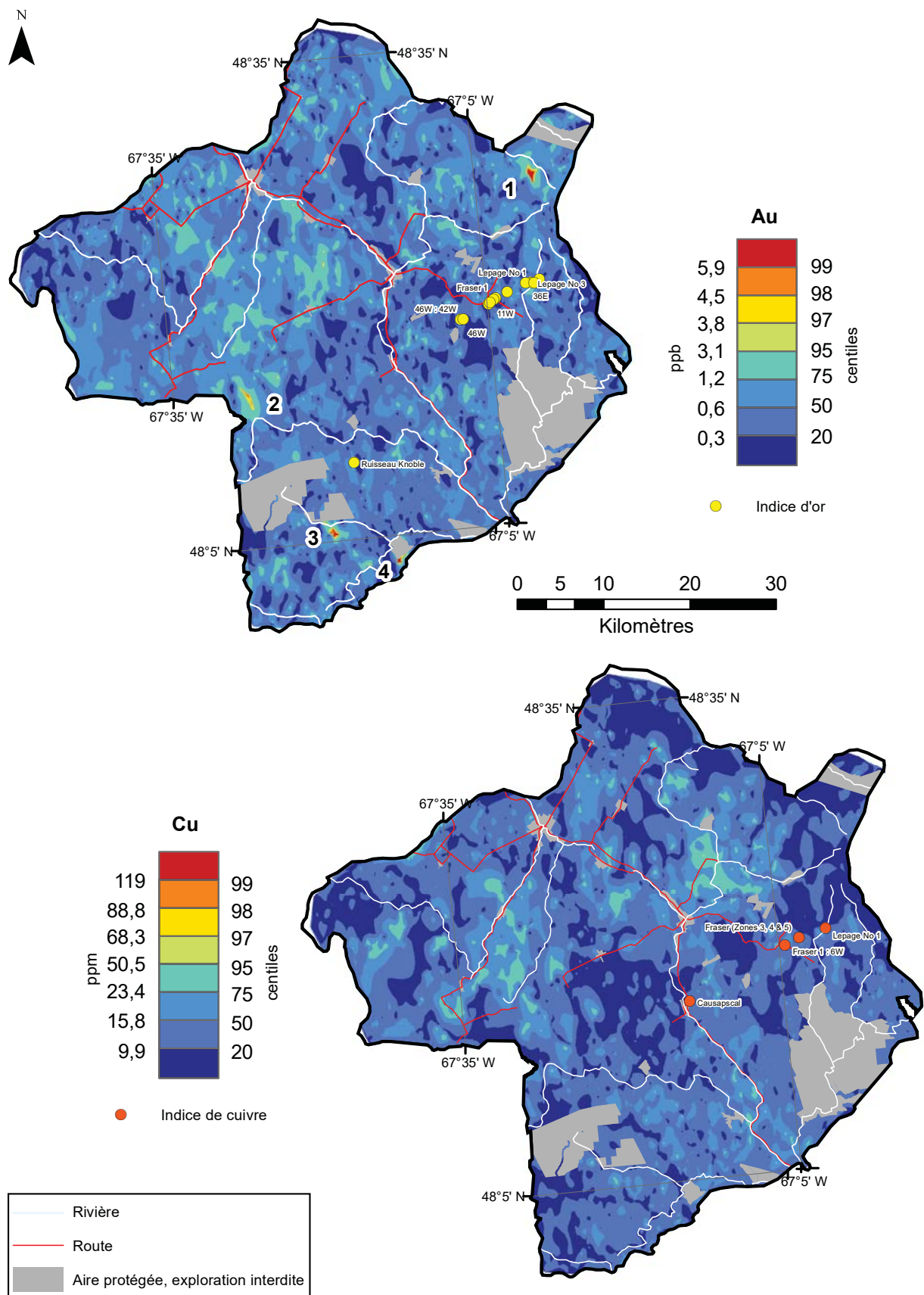


FIGURE 5 – Carte d’interpolation par voisins naturels des concentrations en or et en cuivre dans les sédiments de ruisseau du levé de Causapsal.

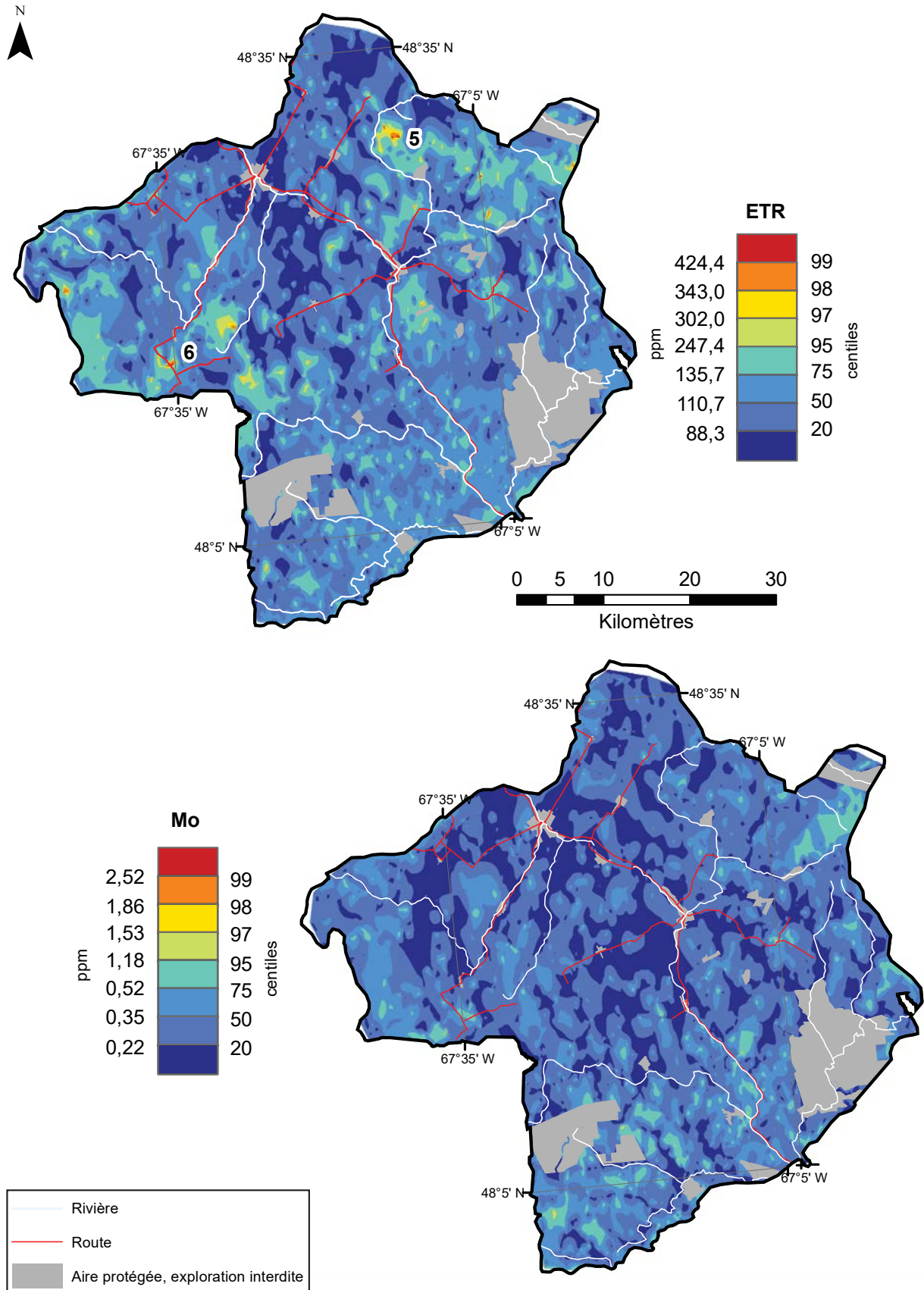


FIGURE 6 – Carte d’interpolation par voisins naturels des concentrations en terres rares et en molybdène dans les sédiments de ruisseau du levé de Causapschal.

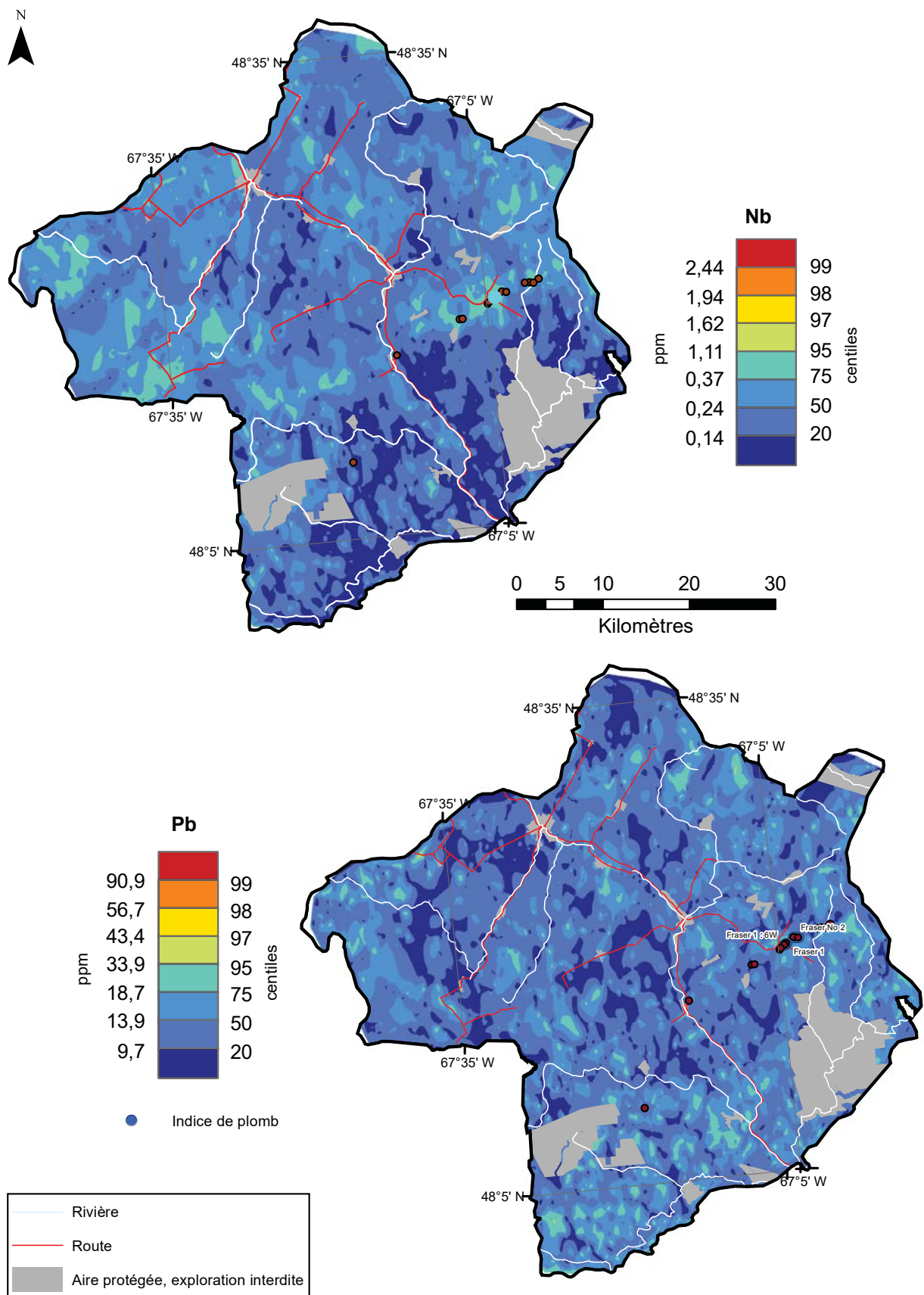


FIGURE 7 – Carte d’interpolation par voisins naturels des concentrations en niobium et en plomb dans les sédiments de ruisseau du levé de Causapschal.

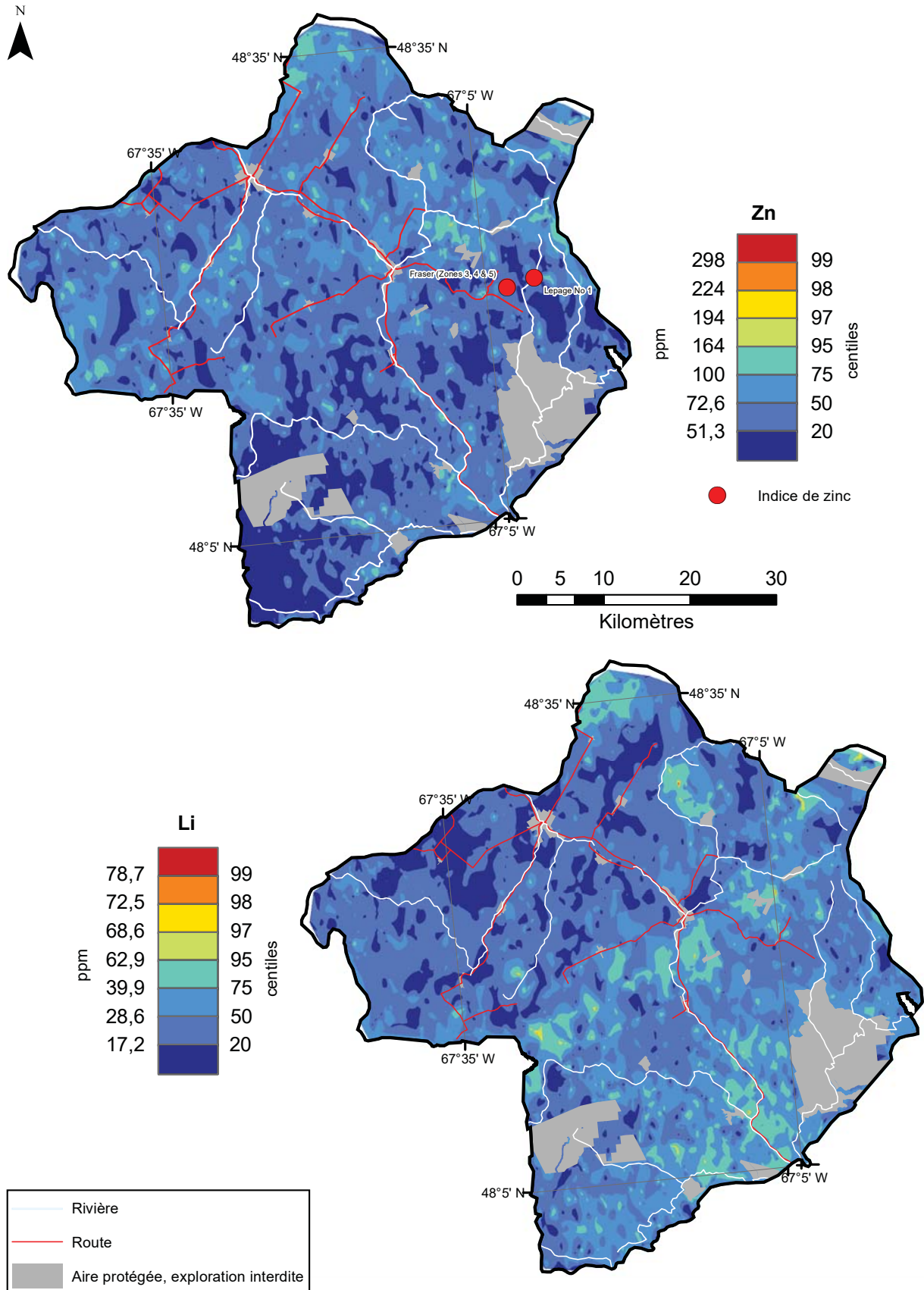


FIGURE 8 – Carte d’interpolation par voisins naturels des concentrations en zinc et en lithium dans les sédiments de ruisseau du levé de Causapschal.

