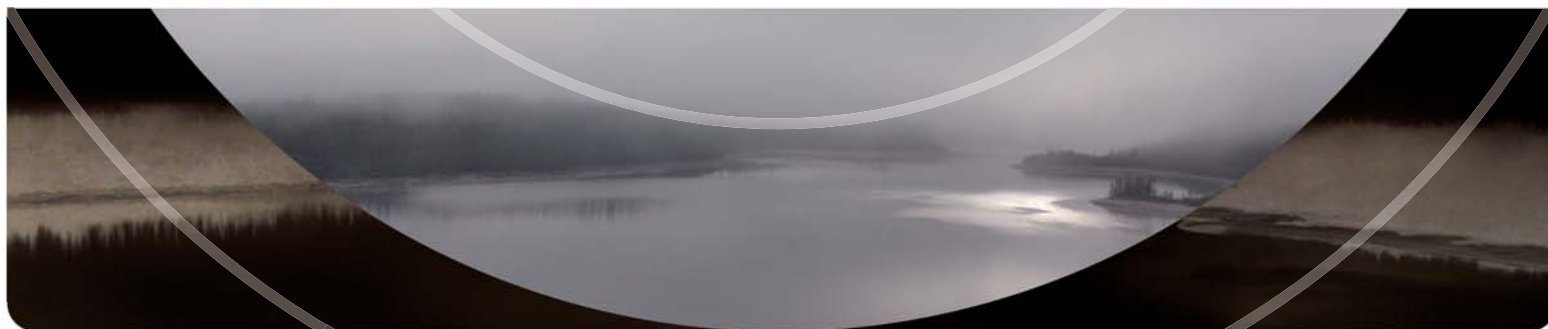
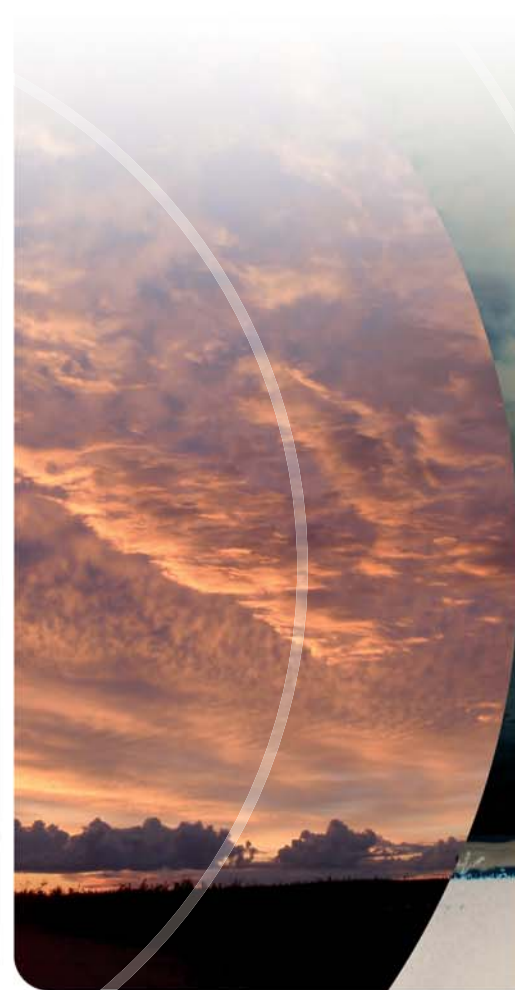


CIBLES D'EXPLORATION

DANS LE SECTEUR DE LA HAUTE EASTMAIN, BAIE-JAMES, QUÉBEC :

INTERPRÉTATION D'UN NOUVEAU LEVÉ GÉOPHYSIQUE





Cibles d'exploration dans le secteur de la haute Eastmain, Baie-James, Québec : interprétation d'un nouveau levé géophysique

Isabelle D'Amours

PRO 2011-03

Introduction

Le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec annonce la publication de nouvelles données géophysiques (D'Amours, 2011). Poursuivant son objectif de détermination des secteurs stratégiques pour des travaux d'exploration minière, Géologie Québec a réalisé en 2010 un nouveau levé magnétique et de spectrométrie de rayonnement gamma sur le territoire de la Baie-James (figure 1). Ce levé couvre 13 feuillets 1/50 000 (32P16, 33A 01 à 08, 33B01, 33B02, 33B07 et 33B08) qui correspondent à une superficie totale de 12 500 km². Cette nouvelle publication est accompagnée d'un rapport présentant l'ensemble des aspects techniques du levé, de 130 cartes géophysiques au 1/50 000, ainsi que des données numériques associées (disponible sous le numéro de document DP 2011-01 à l'adresse <http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/produits-services/mines.jsp>, via le produit « E-Sigeom [Examine] »).

Depuis 2007, Géologie Québec réalise de vastes campagnes de levés géophysiques sur le territoire de la Baie-James. Ces levés visent à offrir un inventaire géophysique de grande qualité dans une région qui connaît un essor considérable en travaux d'exploration, soit la zone située autour des trois projets miniers avancés de Renard (diamant), d'Éléonore (or) et de Coulon (zinc, cuivre; figure 1). Le présent document présente deux techniques d'interprétation quantitative, soit le calcul du coefficient de Keating pour les données magnétiques ainsi que l'analyse des histogrammes de distribution des valeurs de concentrations en équivalent uranium et du rapport U/Th du levé et propose 120 cibles pour l'exploration minière.

Contexte géologique régional et potentiel minéral

Malgré les efforts de quelques compagnies d'exploration minière sur des zones ciblées de la Baie-James au début des années 1990, les connaissances géoscientifiques de ce territoire demeuraient limitées. La volonté du gouvernement de mieux évaluer le potentiel minéral de cette vaste région a jeté les bases du Programme « Moyen Nord » (Beaumier *et al.*, 1994; Chartrand et Gauthier, 1995). Ce programme a entraîné la publication de quinze rapports géologiques couvrant

34 cartes à l'échelle de 1/50 000 et une à l'échelle de 1/250 000 (voir les références incluses dans Simard et Gosselin, 1998; Goutier *et al.*, 2002; Moukhsil *et al.*, 2003). Récemment, les efforts de cartographie du MRNF se sont concentrés dans le secteur du réservoir Opinaca, dans le secteur du projet Éléonore (Bandyayera *et al.*, 2010) et au contact nord entre les sous-provinces de La Grande et Opinaca (Bandyayera *et al.*, en préparation, SNRC 33G07 et 33G10).

La région couverte par le nouveau levé géophysique (D'Amours, 2011) se situe principalement dans la portion sud de la Sous-province d'Opinaca (Card et Ciesielski, 1986). Cette sous-province est constituée majoritairement de paragneiss migmatitisés et de diatexites appartenant au Complexe de Laguiche, ainsi que de suites intrusives tardives de composition felsique à intermédiaire. La partie est de la région couverte comprend quant à elle la portion ouest du Bassin sédimentaire des monts Otish et la portion ouest de la Bande volcanique de la rivière Eastmain Supérieure (BVRES, figure 1). Parmi les indices minéralisés qui y sont connus, les gîtes de Cu-Mo-Au du Lac MacLeod et de Au-Cu de la mine Eastmain sont les plus importants. Plusieurs indices uranifères sont également répertoriés en marge du Bassin des monts Otish, dans le coin sud-est du levé.

La partie ouest de la région couverte (sud-est de 33B; figure 1) a fait l'objet d'une cartographie régionale à l'échelle de 1/250 000 par Simard et Gosselin (1998). La zone centrale (sud-ouest de 33A) n'a jamais fait l'objet d'un levé géologique par le MRNF, tandis que la portion est (sud-est de 33A et coin nord-est de 33P) a été couverte par des travaux de cartographie régionale pendant les années 1970 (Hocq, 1975, 1976 et 1985). Finalement, soulignons que la zone centrale ne contient, à ce jour, aucun titre minier ni d'indice minéralisé. Elle demeure donc entièrement ouverte à l'exploration.

Cibles d'exploration diamantifères déterminées à partir des données magnétiques

Des cibles représentant possiblement des cheminées verticales de kimberlite ont été identifiées à partir des anomalies magnétiques plus ou moins circulaires sur la carte du champ magnétique total résiduel. Le processus d'identification de telles anomalies fait intervenir un algorithme mis au point par Keating (1995) et qui modélise un cylindre vertical d'une longueur infinie et

d'un rayon connu (figure 2). Les anomalies magnétiques présentant un coefficient de corrélation dont la valeur absolue (positive ou négative) est supérieure à 0,92 avec le modèle (tableau 1) sont présentées sur la carte de la dérivée première verticale par des cercles dont le rayon est proportionnel au coefficient de corrélation (figures 3, 4 et 5). Les coefficients de corrélation négatifs représentent une aimantation inverse, une situation fréquemment observée pour les cheminées kimberlitiques dans les Territoires du Nord-Ouest (Keating and Sailhac, 2004). Les paramètres du cylindre sont choisis en fonction de la dimension de la maille (60 m), de façon à ce que la réponse modélisée soit de dimension semblable à la fenêtre d'analyse (480 m ou 81 cellules). Cette dernière doit être de dimension suffisante pour que la corrélation soit statistiquement significative. Considérant ces éléments, un cylindre de 200 m de diamètre est la plus petite dimension pouvant être utilisée pour ce levé. Tous les résultats provenant de la modélisation sont illustrés et aucune interprétation géologique n'a été effectuée. Par exemple, des anomalies correspondant à des dykes de gabbro d'âge protérozoïque sont également présentées. Les paramètres utilisés dans les calculs sont décrits dans le tableau 2. La distance au sommet du cylindre a été définie à 115 m bien que la hauteur nominale de vol soit de 80 m. En effet, la hauteur moyenne de vol pour tout le levé est de 115 m en raison des reliefs que l'avion doit éviter. On peut toutefois supposer que l'avion réussit généralement à maintenir son altitude de vol de 80 m sur les terrains plats, sans relief. Dans ces zones, on retrouve souvent des épaisseurs parfois importantes de dépôts quaternaires, ce qui s'ajoute à la distance entre l'avion et le socle rocheux. Cette situation justifie donc l'utilisation de 115 m comme distance au sommet du cylindre. Ce modèle théorique a déjà été appliqué dans la région de Kirkland Lake, où cinq des sept corps kimberlitiques connus ont été modélisés avec succès (corrélation > 0,85; Keating, 1995). Dans la région visée, par contre, aucune anomalie de Keating ne correspond au gîte de Beaver Lake (figure 5). Une explication possible est que le modèle utilise un corps de 200 m de diamètre, tandis qu'à Beaver Lake, il s'agit principalement de dykes et d'une cheminée créant une anomalie de moins de 75 m de diamètre sur un levé au sol (Brack, 1998). Les anomalies générées par le calcul du coefficient de Keating demeurent un outil à utiliser en combinaison avec d'autres données (résistivité apparente, géochimie, minéraux indicateurs...).

La région couverte par le nouveau levé est traversée par des dykes de diabase d'orientation NW à NNW et NE, correspondant à des hauts magnétiques linéaires. Ces dykes, de même que les intersections entre deux dykes, peuvent représenter des couloirs favorables à

la montée de magmas kimberlitiques (Wilkinson *et al.*, 2001). Ainsi, l'association de ces couloirs avec la présence d'anomalies de Keating ajouterait un intérêt supplémentaire pour ces cibles.

Cibles d'exploration uranifères déterminées à partir des données de spectrométrie

L'interprétation des données de spectrométrie du rayonnement gamma nécessite une bonne compréhension de la géomorphologie et des dépôts quaternaires, puisque la majeure partie du rayonnement gamma mesuré provient des 30 premiers centimètres du sol (International Atomic Energy Agency, 2003). Il est donc important de connaître la relation entre les matériaux de surface et le substratum rocheux. L'utilisation de la spectrométrie du rayonnement gamma pour la cartographie et la définition de cibles requiert une approche intégrée qui combine des techniques de rehaussement des images (images ternaires des radioéléments, rapports et normalisation) ainsi des techniques d'analyse statistique (analyse de groupement, différence moyenne, classification supervisée) autant que l'intégration avec d'autres types de données géophysiques aéroportées telles que les cartes magnétiques et électromagnétiques.

Les cibles d'exploration définies par nos travaux (figures 6, 7 et 8; tableau 3) consistent en des zones où les valeurs de concentration en équivalent uranium sont les plus élevées, c'est-à-dire supérieures à 2,5 ppm (supérieures à 99,75 % des valeurs du levé, la moyenne pour le levé étant de 0,51 ppm avec un écart type de 0,4) et où le rapport $eqU/eqTh$ est supérieur à 0,28 (supérieure à 90 % des valeurs du levé, la moyenne pour le levé étant de 0,16 avec un écart type de 0,17). Ces valeurs peuvent sembler très faibles, toutefois il faut prendre en considération le fait que pour un levé aéroporté à 100 m d'altitude, moins de 40 % du rayonnement mesuré émane d'une source de rayon de 100 m sous le senseur et plus de 20 % des photons mesurés pour une source infinie proviennent de distances latérales de plus de 300 m. Le « champ de mesure » contribuant à chaque lecture est donc beaucoup plus vaste que le pas d'échantillonnage de 80 m (International Atomic Energy Agency, 2003). La majorité des cibles du secteur est située sur des terrains couverts par des titres miniers actifs et quelques unes correspondent à des indices uranifères connus (figure 8), tandis que les secteurs du centre et de l'ouest sont complètement ouverts à l'exploration. Bien que mal connus, ces dernier secteurs se composent de paragneiss migmatitisés et de diatexite offrant un contexte géologique similaire à celui documenté plus à l'ouest (SNRC 33B14) par Dios Exploration dans le

cadre du projet « Upinor » (<http://diosexplo.com/french/projects.php>). Ces travaux décrivent une minéralisation en uranium associée à des injections de composition granitique à l'intérieur du Complexe de Laguiche. Plusieurs échantillons y ont retourné des valeurs de plus de 0,05 % U₃O₈, dont un à 0,23 %.

Références

- BANDYAYERA, D. – RHÉAUME, P. – MAURICE, C. – BÉDARD, E. – MORFIN, S. – SAWYER, E.W., 2010 – Synthèse géologique du secteur du réservoir Opinaca, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RG 2010-2, 50 pages, 1 plan.
- BANDYAYERA, D. – BURNIAUX, P., – MORFIN, S., en préparation – Géologie de la région du lac Brune (33G/07) et de la baie Gavaudan (33G/10). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec.
- BEAUMIER, M. – CHARTRAND, F. – SIMARD, A., 1994 – Vers une meilleure connaissance du potentiel minéral du territoire de la Baie de James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 94-05, 7 pages.
- BRACK, W., 1998 – Magnetometer surveys in the Beaver Lake area, Otish Mountains Project. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec : GM 56613, 41 pages.
- CHARTRAND, F. – GAUTHIER, M., 1995 – Cadre géologique et potentiel minéral des roches archéennes du bassin de La Grande Rivière, Baie James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 95-06, 10 pages.
- CARD, K.D. – CISIELSKI, A., 1986 – Subdivisions of the Superior Province of the Canadian Shield. Geoscience Canada; volume 13, pages 5-13.
- D'AMOURS, I., 2011 – Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur sud de LG4, Baie-James, Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DP 2011-1, 14 pages, 130 plans.
- GOUTIER, J. – DION, C. – OUELLET, M.-C. – DAVIS, D.W. – DAVID, J. – PARENT, M., 2002 – Géologie de la région du Lac Guyer (33G/05, 33G/06 et 33G/11). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2001-15, 53 pages.
- HOCQ, M., 1975 – Géologie de la région du Lac Campan (Nouveau-Québec). Ministère des Ressources naturelles, Québec; DP 331, 14 pages, 9 plans.
- HOCQ, M., 1976 – Géologie de la région du Lac Cadieux (Nouveau-Québec). Ministère des Ressources naturelles, Québec; DPV 433, 17 pages, 1 plan.
- HOCQ, M., 1985 – Géologie de la région de la région des lacs Campan et Cadieux, territoire du Nouveau-Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; ET 83-05, 188 pages, 4 plans.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY., 1991 – Airborne Gamma Ray Spectrometer surveying. IAEA-TECDOC-323, Vienna, 97 pages.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY., 2003 – Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. IAEA-TECDOC-1363, Vienna, 173 pages.
- KEATING, P., 1995 – A simple technique to identify magnetic anomalies due to kimberlite pipes. Exploration and Mining Geology; volume 4, pages 35-41.
- KEATING, P. – SAILHAC, P., 2004 – Use of the analytical signal to identify magnetic anomalies due to kimberlite pipes. Geophysics; volume 69, pages 180-190.
- MOUKHSIL, A. – LEGAULT, M. – BOILY, M. – DOYON, J. – SAWYER, E. – DAVIS, D.W., 2003 – Synthèse géologique et métallogénique de la ceinture de roches vertes de la moyenne et de la Basse Eastmain (Baie-James). Ministère des Ressources naturelles, Québec; ET 2002-06; 57 pages.
- SIMARD, M. – GOSSELIN, C., 1999 – Géologie de la région du lac Lichteneger (SNRC 33B). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 98-15, 25 pages, 1 plan.
- WILKINSON, L. – KJARSGAARD, B.A. – LECHEMINANT, A.N. – HARRIS, J., 2001 – Diabase dyke swarms in the Lac de Gras area, Northwest Territories and their significance to kimberlite exploration: initial results. In: Current Research, Part C; Geological Survey of Canada; Paper 2001-C8, 17 pages

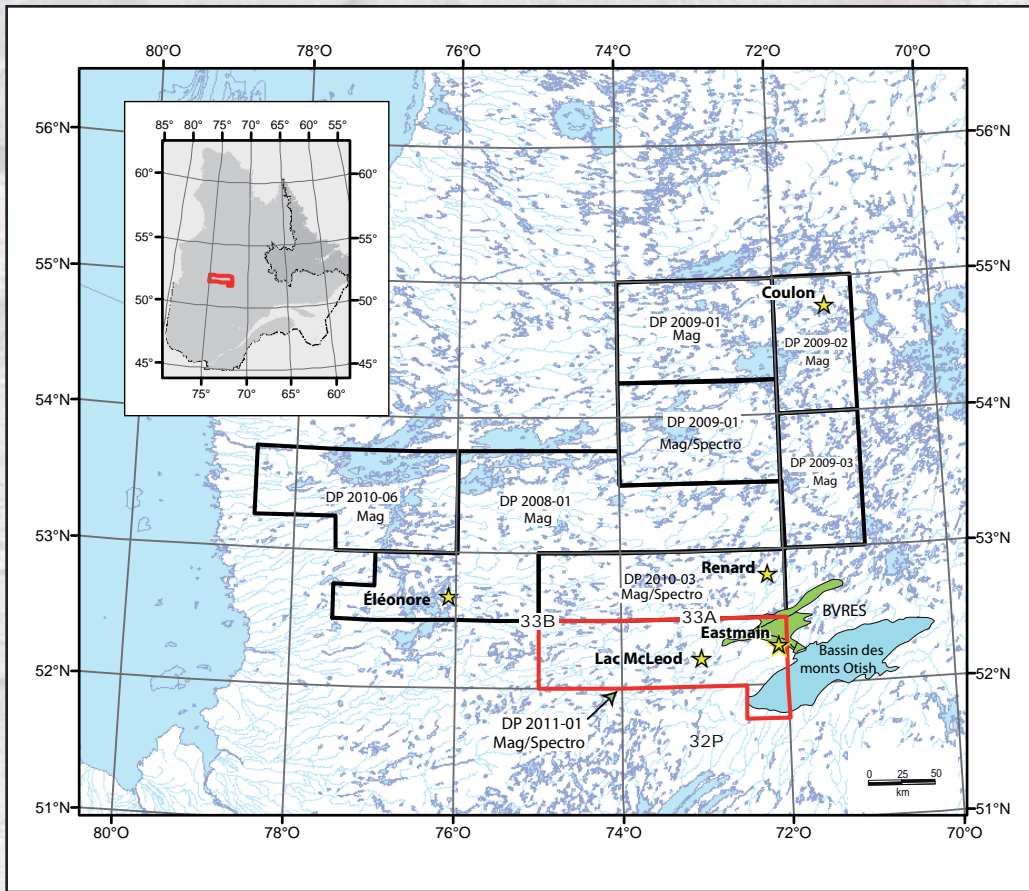


Figure 1 – Localisation du nouveau levé et des autres levés géophysiques haute résolution réalisés depuis 2007 sur le territoire de la Baie-James.

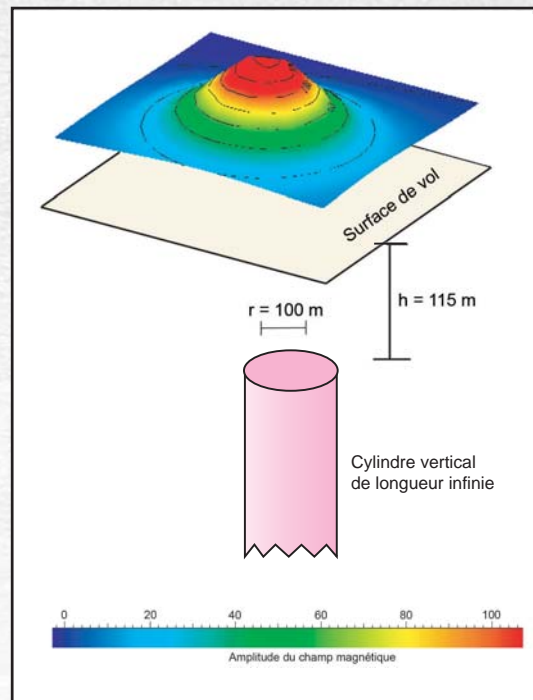


Figure 2 – Modèle théorique utilisé pour le calcul du coefficient de Keating (Keating, 1995).

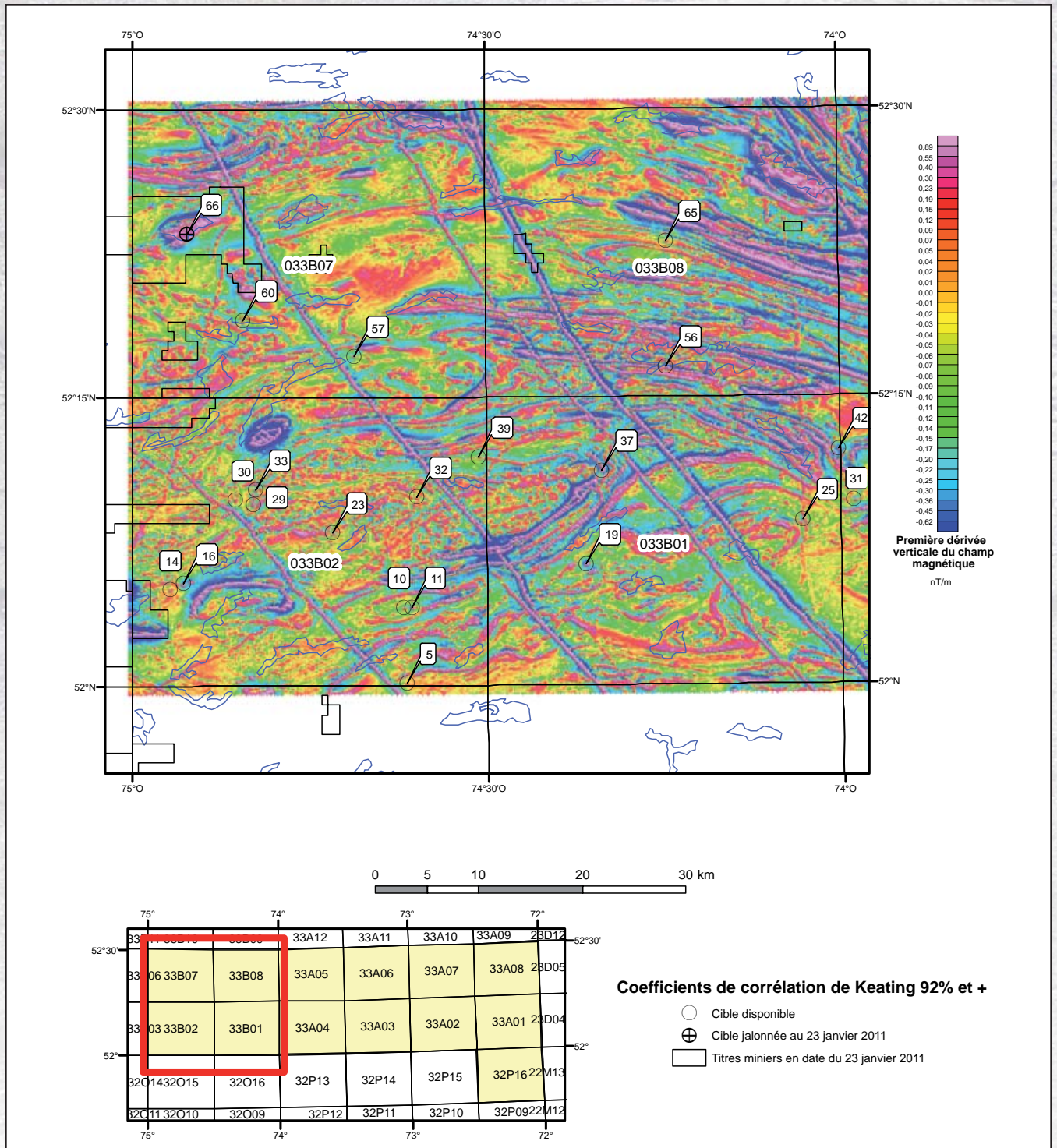


Figure 3 – Carte de la dérivée première verticale du champ magnétique et cibles d’exploration diamantifères établies à partir du coefficient de Keating dans le secteur ouest du levé.

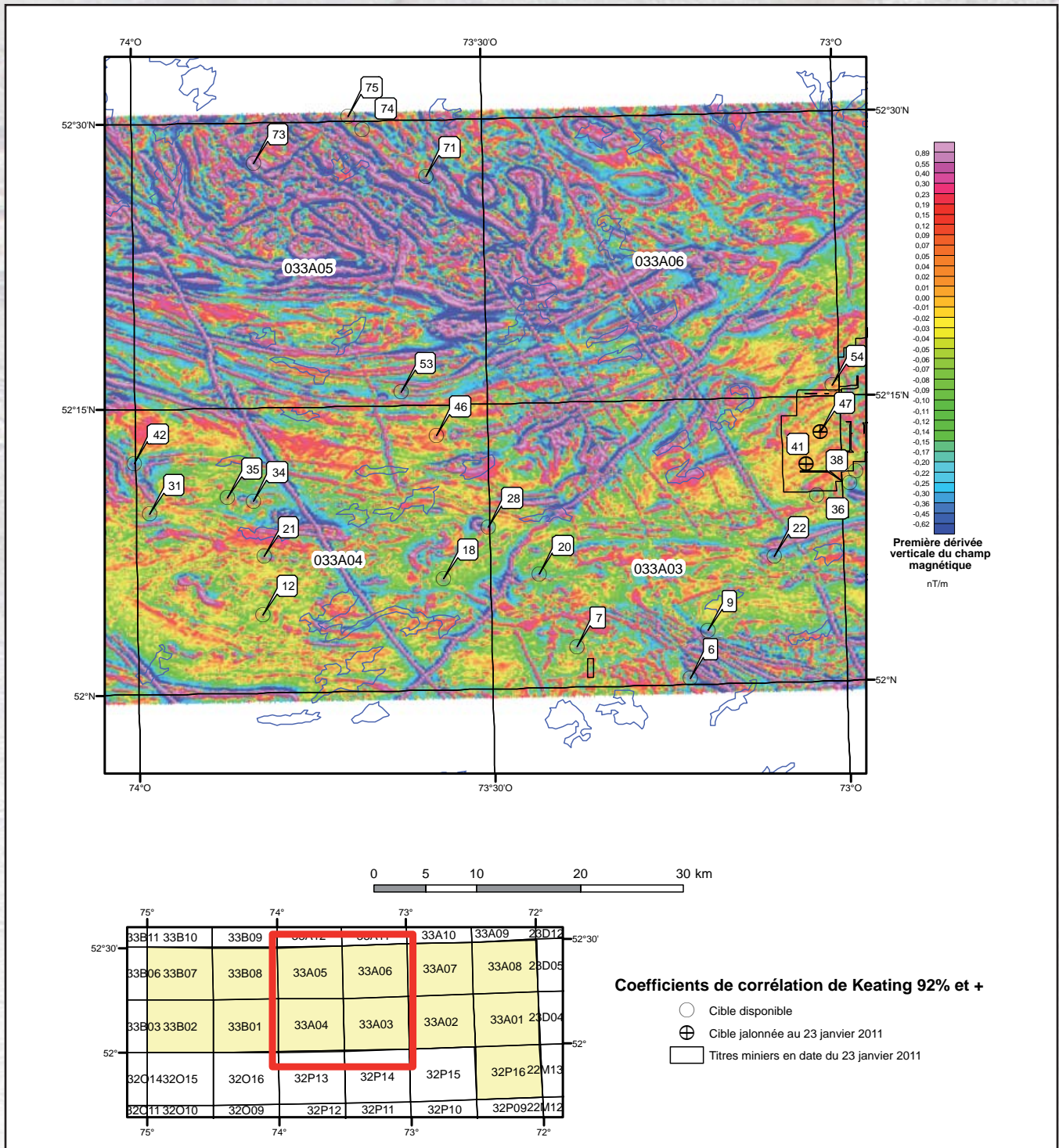


Figure 4 – Carte de la dérivée première verticale du champ magnétique et cibles d’exploration diamantifères établies à partir du coefficient de Keating dans le secteur centre du levé.

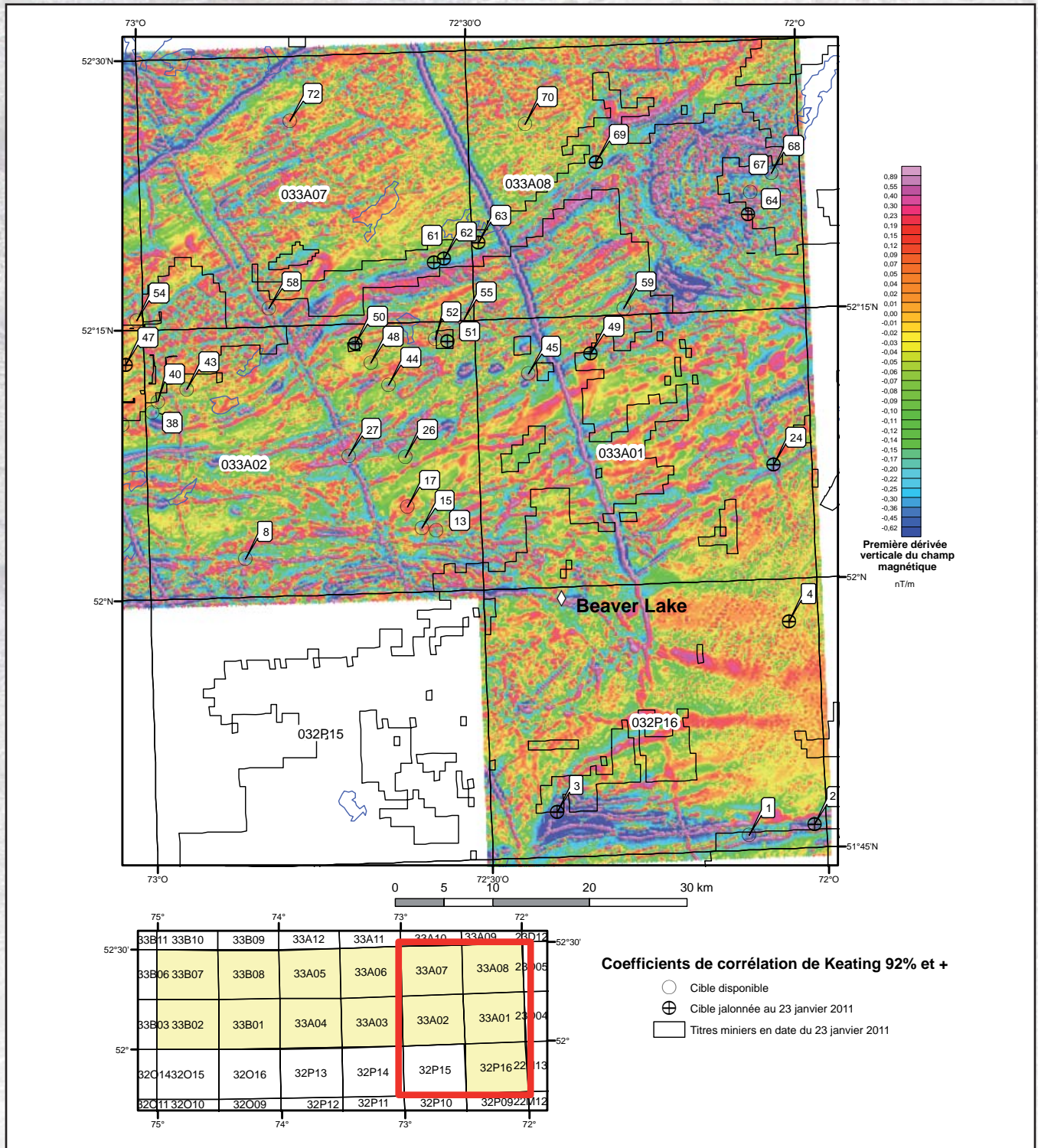


Figure 5 – Carte de la dérivée première verticale du champ magnétique et cibles d'exploration diamantifères établies à partir du coefficient de Keating dans le secteur est du levé.

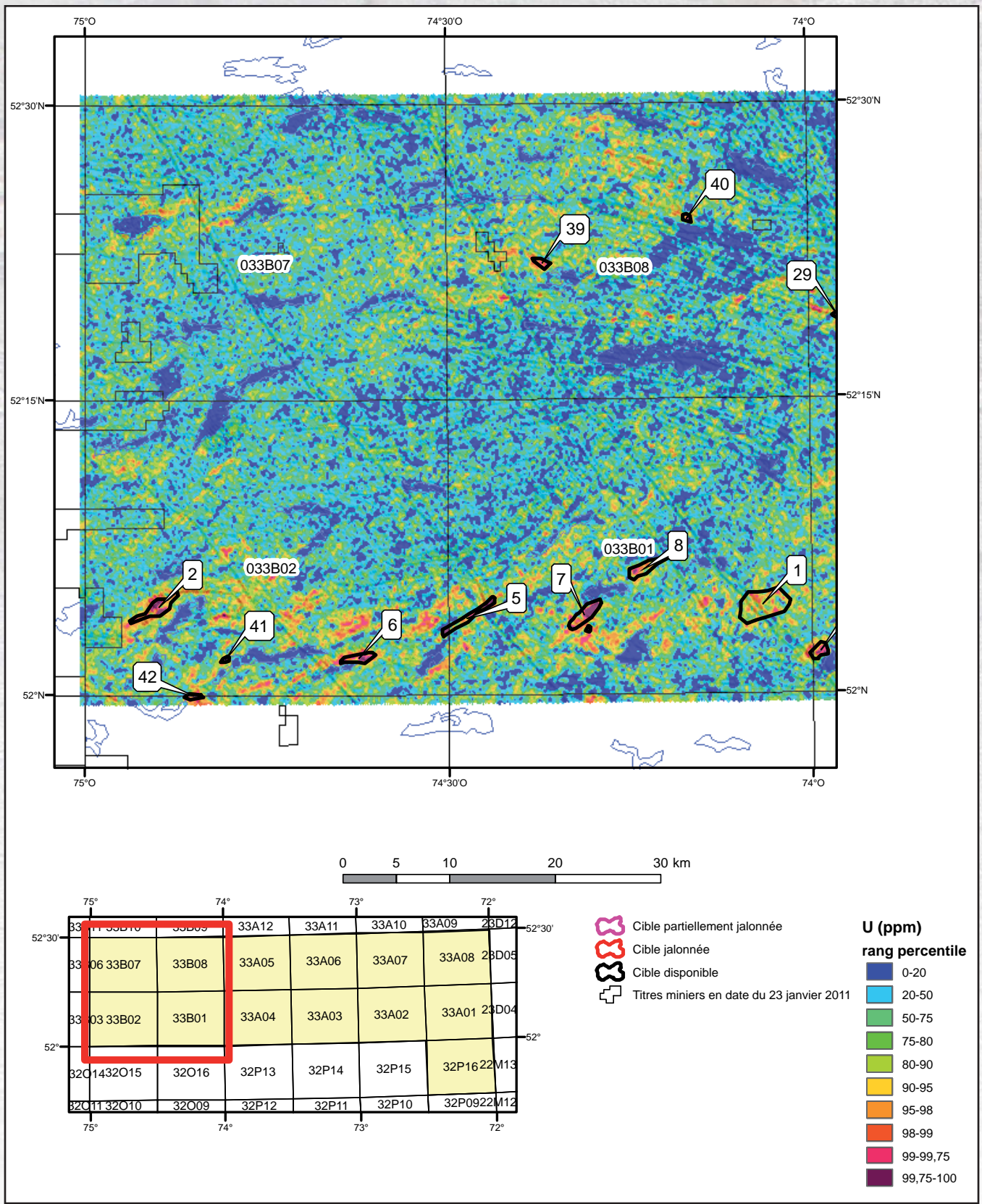


Figure 6 – Carte de l'équivalent Uranium (ppm) superposé au relief ombragé de la première dérivée vertical du champ magnétique et cibles d'exploration uranifères du secteur ouest du levé.

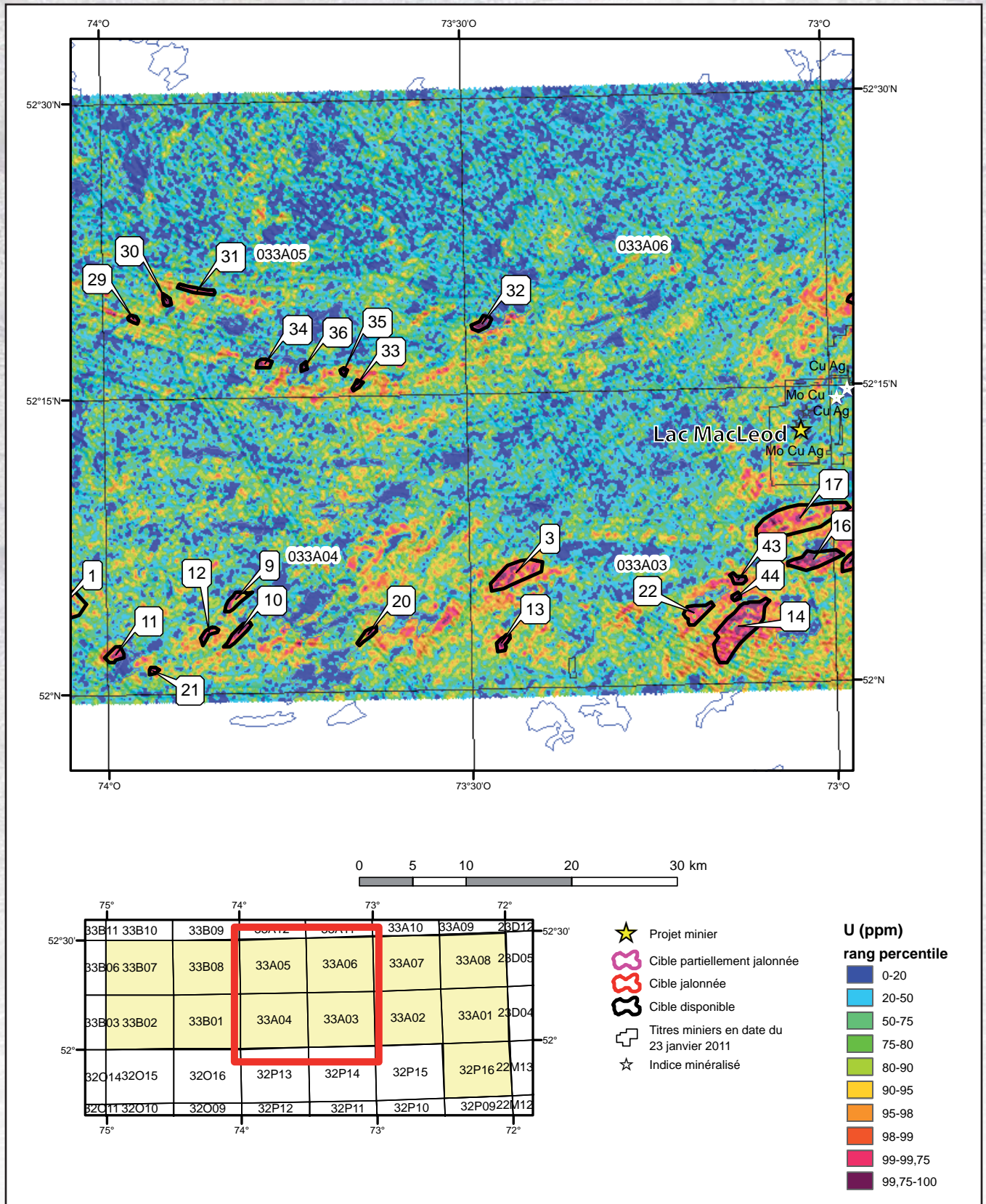


Figure 7 – Carte de l'équivalent Uranium (ppm) superposé au relief ombragé de la première dérivée vertical du champ magnétique et cibles d'exploration uranifères du secteur centre du levé.

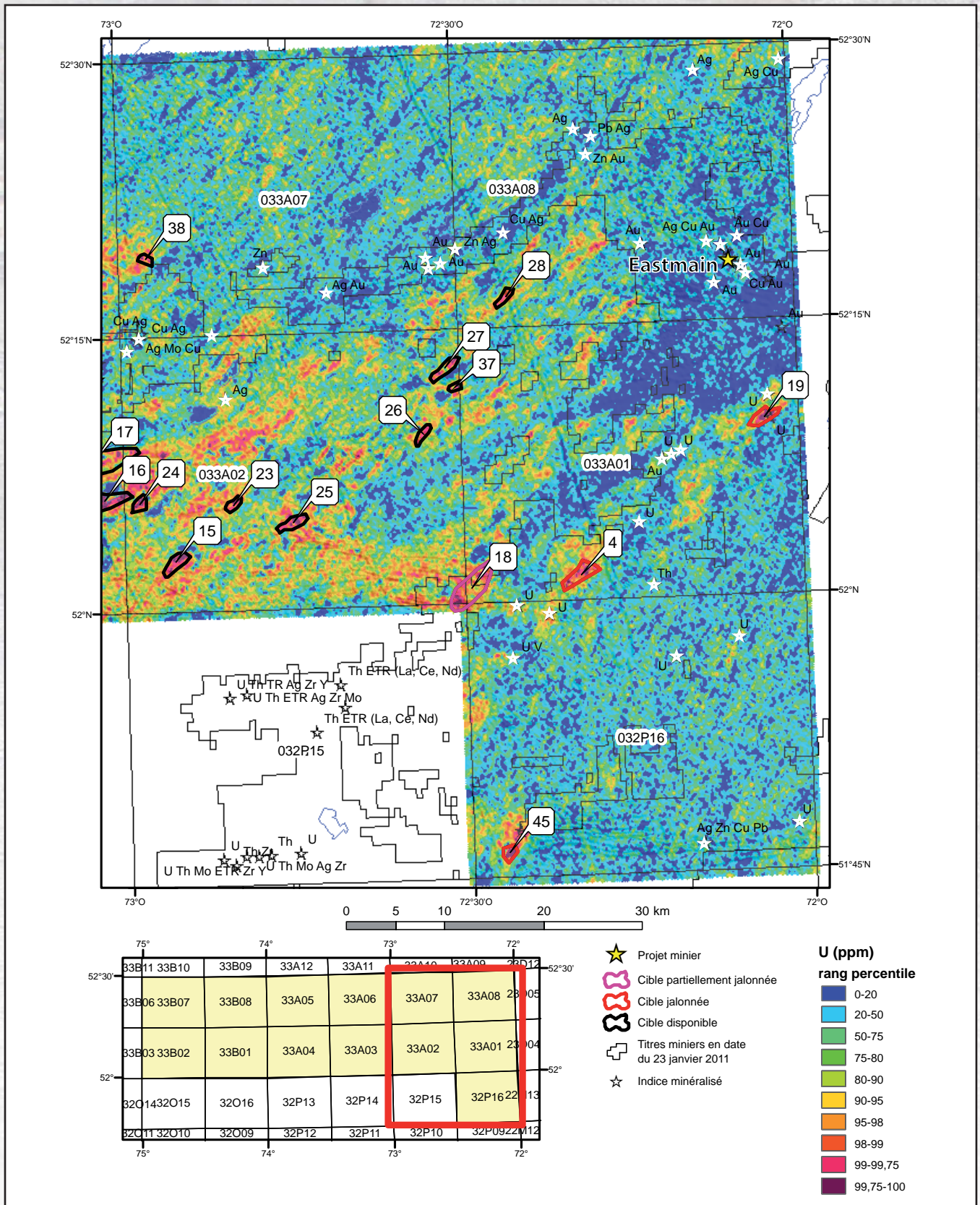


Figure 8 – Carte de l'équivalent Uranium (ppm) superposé au relief ombragé de la première dérivée vertical du champ magnétique et cibles d'exploration uranifères du secteur est du levé.

TABLEAU 1 – Description des cibles pour l'exploration diamantifère ayant un coefficient de Keating de plus de 92 % (valeur absolue). Les cibles surlignées en jaunes étaient jalonnées en date du 23 janvier 2011 (voir figures 4, 5 et 6).

Cible	Estant	Nordant	Amplitude	Coefficient de corrélation	Cible	Estant	Nordant	Amplitude	Coefficient de corrélation
1	698940	5738700	174,6	94,2	39	533400	5783220	26,7	92,3
2	705720	5739840	281,1	93,9	40	638040	5783400	117,9	94,2
3	679140	5741040	898	95	41	633240	5784060	30	93,4
4	703080	5760780	32,7	92,9	42	568200	5784120	132,4	92,7
5	526500	5761380	21,6	95,8	43	640980	5784660	135,9	94
6	622020	5763120	97,3	96,3	44	661800	5785080	97,7	92,1
7	611100	5766240	98,6	94,6	45	676260	5786220	228,5	96,2
8	647040	5767200	108,9	92	46	597420	5786820	59,4	92,2
9	623820	5767800	158,7	92,9	47	634680	5787180	22,9	96
10	526200	5768640	56,9	93	48	659940	5787420	30,6	93,1
11	526980	5768700	94,2	97,9	49	682680	5788320	72,9	93,3
12	580680	5769300	35,9	94,7	50	658380	5789340	306,3	94,5
13	666780	5770140	219,9	96,1	51	667860	5789580	208,9	96,2
14	503640	5770320	76,9	95,4	52	666600	5789820	196	93
15	665280	5770380	274,9	94,8	53	594060	5791080	214,4	93
16	504900	5770920	257,8	94,2	54	635820	5791740	16,1	92,3
17	663720	5772480	26,7	92,3	55	669540	5791860	141,9	95,9
18	598200	5772840	82,6	93,4	56	551520	5791980	391,6	92,8
19	543780	5772900	456,5	95,1	57	521340	5792880	72,7	92
20	607440	5773260	121,5	93	58	649500	5792940	224,7	92,5
21	580800	5775000	146,5	92,5	59	686040	5792940	114	93,8
22	630240	5775060	177,7	94,1	60	510600	5796300	50,9	92,3
23	519360	5775840	51,7	92,1	61	666540	5797680	52,3	94,2
24	701460	5776920	182,8	92	62	667560	5798100	89,7	93,2
25	564780	5777280	108,3	92,6	63	671040	5799780	73,1	93,4
26	663540	5777700	36,6	92,5	64	698880	5802720	147,7	92,2
27	657720	5777760	111,6	94,2	65	551460	5804100	56,9	93,1
28	602520	5777880	146,1	92,3	66	505260	5804700	115,5	92,3
29	511620	5778660	109,6	93,6	67	699060	5805000	286,8	94,5
30	509940	5779020	43,7	93,1	68	701220	5806980	133,6	92,7
31	569700	5779140	70,7	92	69	683220	5808120	163,2	92,5
32	527400	5779260	46,9	94,1	70	675840	5812020	40,1	95
33	511920	5779980	61,3	92,3	71	596400	5812080	148,7	92,3
34	579720	5780400	365,7	96,2	72	651660	5812320	37,2	94,2
35	577260	5780760	59,3	92,5	73	579780	5813400	151,4	-92,5
36	634320	5780940	52,2	93,7	74	590280	5816700	117,8	92,1
37	545340	5781960	192,6	92,6	75	588840	5817960	81,4	92,3
38	637500	5782260	297,1	95,7					

TABLEAU 2 – Paramètres utilisés pour le calcul des coefficients de Keating.

Inclinaison magnétique	75,3o
Déclinaison magnétique	18,2oW
Intensité relative du champ magnétique total (kH)	100 nT
Distance au sommet du cylindre	115 mètres
Rayon du cylindre	100 mètres
Longueur du cylindre	infini (-1)
Coefficient de corrélation minimal	0,90 (90%)
Dimension de la fenêtre	9 (9 X 9 cellules de maille)
	480 m
Filtre de lissage	2 passes

TABLEAU 3 – Description des cibles pour l'exploration uranifère. Les cibles surlignées en jaunes étaient jalonnées ou partiellement jalonnées en date du 23 janvier 2011 (voir figures 7 et 8).

Cible	Superficie	Estant	Nordant	Max U/Th	moyenne U (ppm)	Max U (ppm) sur cible
1	10,73	564000	5769617	0,81	1,04	2,63
2	3,84	506825	5769251	1,09	1,93	4,81
3	7,48	607151	5772952	1,19	1,94	4,07
4	4,70	683196	5766905	0,88	1,92	4,36
5	2,98	536087	5768356	2,52	1,80	5,30
6	2,04	525817	5764537	0,71	2,07	4,43
7	3,36	547180	5768651	0,53	2,27	5,14
8	2,83	552794	5773059	0,70	1,34	3,51
9	2,05	580731	5770412	0,58	1,53	3,27
10	2,13	580973	5767244	0,93	2,00	3,70
11	1,71	569342	5765273	0,71	1,73	3,05
12	1,04	578139	5767248	0,42	1,87	2,84
13	1,13	605906	5766381	0,33	2,14	3,32
14	14,66	628089	5767796	0,44	2,12	4,50
15	3,05	642242	5768023	0,46	2,20	3,64
16	5,37	635222	5774274	0,53	2,12	3,60
17	16,72	633885	5778129	0,95	1,60	3,55
18	10,24	672221	5765565	0,51	1,69	3,27
19	3,04	701767	5782901	0,77	1,91	3,78
20	1,20	593133	5767117	0,34	1,71	3,08
21	0,45	572941	5763812	0,49	1,84	2,76
22	3,03	624139	5769237	0,50	1,78	2,87
23	1,57	648083	5773969	0,28	1,91	3,11
24	1,64	638616	5773990	0,40	2,07	3,13
25	2,90	654080	5772088	0,31	2,11	3,73
26	1,57	667228	5781065	1,01	1,79	2,65
27	2,79	669458	5787729	0,57	1,59	2,95
28	1,58	675499	5794987	0,56	1,76	2,55
29	0,51	571069	5796887	0,42	2,14	3,29
30	0,55	574190	5798689	0,56	2,34	3,08
31	1,59	577027	5799650	0,42	1,89	2,80
32	1,50	603930	5796494	0,51	2,50	4,56
33	0,54	592127	5790713	0,36	2,41	3,29
34	0,86	583396	5792742	0,52	1,99	3,27
35	0,32	590888	5791989	0,52	2,48	3,28
36	0,28	587171	5792442	0,47	2,68	4,67
37	0,98	670519	5785881	0,74	1,94	3,62
38	1,13	639146	5798730	0,46	1,76	2,70
39	0,92	543078	5801847	0,48	1,78	2,69
40	0,48	556787	5806067	0,34	1,85	3,14
41	0,28	513308	5764395	0,51	2,38	3,20
42	0,62	510294	5760906	0,65	2,15	3,26
43	0,91	628051	5772412	0,44	2,29	3,73
44	0,37	627891	5770773	0,38	2,35	2,91
45	1,69	676019	5738715	0,30	2,29	4,64



Ressources naturelles
et Faune

Québec 