# Optimisation des données de till pour l'exploration

Phase II : Évaluation quantitative de l'efficacité des méthodes d'analyse du till pour l'exploration de l'or

PROJET 2011-05

PAR : SYLVAIN TREPANIER

AVRIL 2012





# AVERTISSEMENT

Ce document présente certains résultats des travaux de recherche du CONSOREM (Consortium de Recherche en Exploration minérale) rendus publics pour le bénéfice de l'ensemble de la communauté géologique, ceci après la période de confidentialité prévue aux règlements généraux du CONSOREM.

Bien que ce document ait subi un processus d'évaluation interne, des erreurs ou omissions peuvent s'y retrouver et seul CONSOREM en assume la responsabilité.

Le contenu du document demeure la propriété de son auteur et du CONSOREM et peut être reproduit en totalité ou en partie à des fins non-commerciales en citant la référence suivante :

Trépanier, S. 2012. Optimisation des données de till pour l'exploration. Phase I : Évaluation quantitative de l'efficacité des méthodes d'analyse du till pour l'exploration de l'or. Rapport du projet CONSOREM 2011-05, 71 pages.

Toutefois, la reproduction multiple de ce document, en tout ou en partie, pour diffusion à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de CONSOREM.

# CONSOREM

Université du Québec à Chicoutimi 555, boulevard de l'Université Chicoutimi, QC, G7H 2B1

Tél. : (418) 545-5011 poste 5634

Courriel : <u>consorem@uqac.ca</u> Site Web: <u>www.consorem.ca</u>



## Résumé

Le till est le matériel de surface le plus commun au Québec. Toutefois, plusieurs questions se posent lors de l'utilisation des données de till en exploration. Par exemple, quelle fraction du till et quel type d'analyse devraient être réalisées selon le contexte et le type de minéralisation? Quelle est la performance réelle des différents types de données pour détecter les minéralisations? Comment traiter les données pour délimiter de meilleures anomalies? Ce projet visait à examiner ces questions dans le but de mieux traiter les données de till de levés existants ainsi que de mieux planifier des levés futurs.

Le projet a été divisé en trois volets: 1) séparation/classification des tills et implications pour l'exploration 2) tills pour l'exploration des gisements de métaux de base 3) tills pour l'exploration aurifère.

Le premier volet du projet a montré l'importance d'analyser la composition lithologique des cailloux du till et de les comparer avec la géologie locale. L'objectif est de qualifier la nature locale ou exotique du till échantillonné. La présence de till exotique indique que le till ne représente pas bien le socle local et qu'il peut être non anomalique même si des minéralisations sont présentes. Ce volet a également mis en lumière l'importance de bien identifier le caractère oxydé vs non-oxydé du till par une qualification de sa couleur. Les tills oxydés perdent les sulfures (et métaux) présents dans les concentrés de minéraux lourds qui sont transférés vers la fraction fine. Lorsque le till est échantillonné près de la surface, il faut donc considérer analyser la fraction fine plutôt que les concentrés de minéraux lourds pour les métaux présents en sulfures (Cu, Zn, As, Ni).

Le deuxième volet a porté principalement sur l'utilisation des données de fractions fines pour l'exploration des gisements de métaux de base. La compilation de la littérature ainsi que l'examen de différents levés indiquent que les teneurs en métaux de base de fraction fine des tills sont fortement corrélées avec la quantité de matériel de taille des argiles dans les échantillons. Dans le passé, certains auteurs ont proposé des corrections simples qui consistent à diviser les teneurs brutes par l'aluminium ou le magnésium. Toutefois, ces corrections n'ont jamais été testées sur des cas avec minéralisations connues. De façon alternative, un modèle de prédiction des valeurs en métaux des tills par réseaux neuronaux a été développé. L'évaluation quantitative de la performance des données dans trois levés différents (Timmins, Abitibi québécois et Manitouwadge) a permis de montrer que ces corrections améliorent de façon significative la détection des minéralisations de métaux de base.

Le troisième volet a permis de comparer les avantages, inconvénients et limites des principales mesures d'analyse de l'or dans les tills (fraction fine, minéraux lourds, caractérisation des grains). Chaque méthode a ses avantages et inconvénients et ceux-ci doivent être considérés soigneusement avant la planification de campagnes d'échantillonnage. Le projet a permis de montrer également que les analyses géochimiques directes de l'or dans les tills (autant fines que lourds) sont en général peu répétables (forts effets pépites) et qu'il faut si possible augmenter la quantité de matériel analysés réellement en laboratoire.



# **TABLE DES MATIERES**

AVERTISSEMENT	11					
RÉSUMÉIII						
TABLE DES MATIÈRES	IV					
LISTE DES FIGURES	. V					
LISTE DES TABLEAUX	/111					
1. INTRODUCTION	1					
2. APPROCHES D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES DONNÉES DE TILL	1					
<ul> <li>2.1 APPROCHE QUANTITATIVE</li></ul>	1 3 4 4 4 5					
3. LEVÉS RÉGIONAUX	5					
<ul> <li>3.1 Red Lake, Ontario</li></ul>	5 11 18 24 30 35					
4. LEVÉS LOCAUX	40					
<ul> <li>4.1 Levé Éléonore, Baie James, Québec</li></ul>	40 48 51 55 57					
5. SYNTHÈSE ET IMPLICATIONS POUR L'EXPLORATION	61					
<ul> <li>5.1 SYNTHÈSE DES CORRÉLATIONS</li></ul>	61 63 64 64 65 66					
<ul> <li>5.6 IDENTIFICATION DES ANOMALIES, ÉCHELLE RÉGIONALE À LOCALE</li></ul>	66 66 LE, 68 68					
6. CONCLUSIONS	69					
7. REMERCIEMENTS	69					
RÉFÉRENCES	70					



# LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Classification des trains de dispersion selon l'histoire glaciaire (tiré de Parent et al, 1996).	2
Figure 2.	Exemples de cônes de dispersion séparés en intervalles de distances	3
Figure 3.	Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038)	6
Figure 4.	Nombre de grains d'or total, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038)	9
Figure 5.	Nombre de grains d'or intacts, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038)	9
Figure 6.	Or dans les minéraux lourds normalisé, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038)	10
Figure 7.	Arsenic dans le concentré de minéraux lourds, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038)	10
Figure 8.	Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Beardmore- Geraldton, Ontario (levé OF-2266)	11
Figure 9.	Nombre de grains d'or total, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266)	15
Figure 10.	Nombre de grains d'or intacts, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266)	15
Figure 11.	Or dans la fraction fine, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).	16
Figure 12.	Or dans les minéraux lourds normalisé, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266)	16
Figure 13.	Arsenic dans la fraction fine, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266)	17
Figure 14.	Arsenic dans les minéraux lourds, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266)	17
Figure 15.	Proportion de clastes de carbonates, secteur Beardmore-Geraldton (levé OF-2266)	18
Figure 16.	Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Peterlong- Radisson, Ontario (levé MRD-024)	19
Figure 17.	Nombre de grains d'or total, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).	22
Figure 18.	Nombre de grains d'or intacts, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).	22
Figure 19.	Or dans la fraction fine, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024)	23
Figure 20.	Or dans la fraction fine traité par la statistique U, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).	23
Figure 21.	Nombre de grains d'or total traité par la statistique U, secteur Peterlong- Radisson, Ontario (MRD-024).	24
Figure 22.	Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015)	25
Figure 23.	Nombre de grains d'or total, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015)	27
Figure 24.	Nombre de grains d'or intacts, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015)	
Figure 25.	Or dans la fraction fine, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015)	
Figure 26.	Arsenic dans la fraction fine, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015)	29



Figure 27.	Or dans la fraction fine traité par la statistique U, secteur Swayze (levé MRD-015)	29
Figure 28.	Nombre de grains d'or total traité par la statistique U, secteur Swayze (levé MRD-015)	30
Figure 29.	Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Black River- Matheson, Ontario (levé MRD-001)	31
Figure 30.	Nombre de grains d'or total, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).	33
Figure 31.	Or dans la fraction fine, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001)	34
Figure 32.	Or dans les minéraux lourds, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).	34
Figure 33.	Arsenic dans la fraction fine, secteur Black River-Matheson (levé MRD- 001)	35
Figure 34.	Arsenic dans les minéraux lourds, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001)	35
Figure 35.	Minéralisations aurifères et échantillons de till, Abitibi, Québec (levé MRNF 1971)	36
Figure 36.	Contrastes pour les centiles 99-100, levé Abitibi MRNF 1971. Les contrastes qui sont au-dessus de la ligne pointillée sont significatifs à 95 % de confiance.	37
Figure 37.	Contrastes pour les centiles 97-99. Levé Abitibi MRNF 1971	38
Figure 38.	Contrastes pour Sb pour tous les intervalles de centiles, levé MRNF Abitibi 1971.	39
Figure 39.	Contrastes pour Au pour tous les intervalles de centiles, levé MRNF Abitibi 1971.	39
Figure 40.	Échantillons de till de la propriété Éléonore (GM-65193; Charbonneau, 2010; Géologie Bandyayera et al. 2010)	41
Figure 41.	Anomalies en or dans les minéraux lourds, propriété Éléonore	43
Figure 42.	Anomalies en arsenic dans les minéraux lourds, propriété Éléonore	43
Figure 43.	Statistique U pour l'or dans les minéraux lourds, propriété Éléonore	46
Figure 44.	Nombre de grains d'or total, secteur Éléonore.	47
Figure 45.	Nombre de grains d'or intacts, secteur Éléonore	47
Figure 46.	Échantillons de till de 15 kg, propriété La Grande Sud. Géologie: Goutier et al., 2001. Données de till: Mines Virginia. Dispersions glaciaires:	
	Boucher, 1999	48
Figure 47.	Nombre de grains d'or total, levé La Grande Sud.	50
Figure 48.	Nombre de grains d'or intacts, levé La Grande Sud	51
Figure 49.	Or dans les minéraux lourds, levé La Grande Sud	51
Figure 50.	Échantillons de till du secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario	52
Figure 51.	Or dans la fraction fine (<63 microns), secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario.	53
Figure 52.	Nombre de grains d'or total, secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario	54
Figure 53.	Nombre de grains d'or intacts, secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario	54
Figure 54.	Échantillons de till, secteur de la mine Matachewan	55
Figure 55.	Or dans la fraction fine du till, secteur de la mine Matachewan	56



Nombre de grains d'or total du concentré, secteur de la mine Matachewan	56
Nombre de grains d'or intacts du concentré, secteur de la mine Matachewan	57
Échantillons de till du secteur de Meadowbank-N, Nunavut	58
Nombre total de grains d'or du concentré de minéraux lourds, secteur de Meadowbank-N, Nunavut.	59
Nombre de grains d'or intacts du concentré de minéraux lourds, secteur de Meadowbank-N, Nunavut.	59
Or dans la fraction fine, secteur de Meadowbank-N, Nunavut	60
Arsenic dans la fraction fine, secteur de Meadowbank-N, Nunavut	61
Caractéristiques des dispersions des grains d'or dans le till de différents gisements du Canada. Tiré de Averill, 2001	63
Or dans la fraction fine selon les secteurs, levés régionaux.	67
Or dans les minéraux lourds selon les secteurs, levés régionaux	67
Nombre de grains d'or du concentré selon les secteurs, levés régionaux	68
	Nombre de grains d'or total du concentré, secteur de la mine Matachewan Nombre de grains d'or intacts du concentré, secteur de la mine Matachewan Échantillons de till du secteur de Meadowbank-N, Nunavut Nombre total de grains d'or du concentré de minéraux lourds, secteur de Meadowbank-N, Nunavut Nombre de grains d'or intacts du concentré de minéraux lourds, secteur de Meadowbank-N, Nunavut Or dans la fraction fine, secteur de Meadowbank-N, Nunavut Arsenic dans la fraction fine, secteur de Meadowbank-N, Nunavut Caractéristiques des dispersions des grains d'or dans le till de différents gisements du Canada. Tiré de Averill, 2001 Or dans la fraction fine selon les secteurs, levés régionaux Nombre de grains d'or du concentré selon les secteurs, levés régionaux



# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Exemple des calculs des probabilités conditionnelles pour l'arsenic dans le levé Abitibi 1971 (SIGÉOM)	4
Tableau 2.	Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Red Lake.	7
Tableau 3.	Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=40), levé Red Lake	7
Tableau 4.	Contrastes pour l'intervalle de centiles 90-100, selon l'intervalle de distance, levé Red Lake	8
Tableau 5.	Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Beardmore-Geraldton.	12
Tableau 6.	Corrélation de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=84), levé Beardmore-Geraldton	12
Tableau 7.	Corrélations de Spearman entre fraction fine et minéraux lourds pour différents métaux.	13
Tableau 8.	Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Beardmore-Geraldton.	13
Tableau 9.	Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Peterlong-Radisson.	20
Tableau 10.	Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=75), levé Peterlong-Radisson	20
Tableau 11.	Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Peterlong-Radisson.	21
Tableau 12.	Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Swayze	25
Tableau 13.	Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=75), levé Swayze	25
Tableau 14.	Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Swayze.	26
Tableau 15.	Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Black River-Matheson	31
Tableau 16.	Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=309), levé Black River-Matheson	32
Tableau 17.	Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Black River-Matheson, échantillons excavations.	32
Tableau 18.	Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Éléonore	42
Tableau 19.	Teneurs en or, arsenic du concentré de minéraux lourds pour le site « blanc », levé Éléonore.	44
Tableau 20.	Teneurs en or, arsenic du concentré de minéraux lourds pour le site « standard », levé Éléonore	45
Tableau 21.	Corrélations de Spearman pour différentes mesures de l'or, levés La Grande Sud	49
Tableau 22.	Contrastes des mesures de l'or pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levés La Grande Sud	49



Tableau 23.	Contrastes	des	analyses	ICP-MS	des	concentrés	de	minéraux	lourds,	
	levés La Gr	ande	sud							50



# 1. INTRODUCTION

L'analyse du till est un outil fréquemment utilisé durant les premières années d'exploration des gisements d'or en régions nordiques. La phase I du projet a entre autres examiné de façon théorique les trois principales méthodes d'analyse du till utilisées en exploration aurifère. Ces méthodes sont l'analyse chimique de la fraction fine, l'analyse chimique du concentré de minéraux lourds et le compte des grains d'or du concentré. Cependant, les travaux de la phase I n'avaient pas comparé la performance réelle de ces trois méthodes pour détecter des minéralisations aurifères.

Il n'y a pas de consensus dans la littérature sur la combinaison optimale de méthodes à utiliser (McMartin et McClenaghan, 2001). Il est proposé par certains chercheurs d'analyser selon les trois méthodes (McClenaghan, comm. pers., 2010). Le présent rapport portera donc sur cette question importante.

## 2. APPROCHES D'EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES DONNEES DE TILL

Deux approches d'évaluation de la performance des données de till pour l'or seront utilisées.

# 2.1 Approche quantitative

Une première approche, quantitative, sera utilisée pour évaluer la performance des différents indicateurs pour l'or dans le till. Cette approche repose sur la comparaison entre les anomalies de till et la position des minéralisations connues. L'approche est résumée de la façon suivante:

- 1. Construire des cônes de dispersion pour chaque minéralisation;
- 2. Diviser les cônes de dispersion en intervalles de distance;
- 3. Diviser la donnée à tester en centiles (ex: As) ou par des valeurs fixes Ex: 0-40, 40-80, 80-90, 90-95, 95-100;
- 4. Compter tous les échantillons se trouvant dans un intervalle de distance d'un des cônes de dispersion (ex: intervalle 250-1000 m);
- 5. Compter le nombre d'échantillons de chaque centile se trouvant dans cet intervalle de distance;
- 6. Comparer la probabilité de trouver un échantillon de cet intervalle de centiles dans cet intervalle de distance-direction vs la probabilité d'en trouver ailleurs.

Les sections suivantes fournissent des détails supplémentaires sur certains aspects de l'approche proposée.

## 2.1.1 Construction des cônes de dispersion et séparation en intervalles de distance

Pour l'évaluation de la performance des indicateurs, les cônes de dispersion ont été construits de la façon suivante:

- Construire des zones tampons circulaires (environ 250 m) autour des minéralisations, pour représenter l'incertitude de position des minéralisations et des échantillons ainsi que le fait que les minéralisations ne sont pas des points mais bien des surfaces.
- Superposer aux zones tampons circulaires des cônes de dispersion théoriques kilométriques à partir des minéralisations considérées.



- L'angle d'ouverture et la direction des cônes sont spécifiques à chaque levé selon les directions des différentes phases de dispersion glaciaires connues et selon les principes de dispersion énoncés par Parent et al. (1996) (voir Figure 1).
- Diviser les cônes de dispersion en intervalles de distance. Les intervalles de distance formés varient selon les levés en fonction de la densité des échantillons et des minéralisations.

Des exemples de ces cônes de dispersion séparés en différents intervalles de distance sont donnés à la **Figure 2**.

Le choix des intervalles de distance variera selon la densité des données près des minéralisations dans les levés. On devra s'assurer d'avoir suffisamment d'échantillons dans chaque intervalle de distance pour pouvoir calculer des statistiques conséquentes. Comme règle du pouce, les intervalles seront choisis pour obtenir au moins de 18 à 20 échantillons dans chaque intervalle de distance.



Figure 1. Classification des trains de dispersion selon l'histoire glaciaire (tiré de Parent et al, 1996).







## 2.1.2 Algorithme de calcul des associations spatiales

Les associations spatiales entre les minéralisations peuvent être calculées par les règles de probabilités conditionnelles (Bonham-Carter, 1994). Deux statistiques intimement reliées seront utilisées: le ratio des cotes et le contraste.

Dans le contexte de l'évaluation de performance des tills, le ratio des cotes se définit de la façon suivante:

Rc = Cote de trouver une valeur d'un certain intervalle de centile dans un certain intervalle de distance des minéralisations / Cote de trouver une valeur d'un certain intervalle de centile ailleurs que dans cet intervalle de distance.

La cote se définit comme étant 1 / (1-probabilité). Une cote de 1 équivaut à une probabilité de 0,5. Le contraste est simplement le logarithme naturel de la cote. Un exemple concret de calcul de la cote et du contraste est donné dans le **Tableau 1**.

Il est possible de calculer le contraste nécessaire pour obtenir un seuil de 95 % de confiance au niveau statistique. Ce seuil varie selon le nombre d'échantillons contenu dans un intervalle de distance des minéralisations. Dans les tableaux de résultats, les valeurs en gras sont calculées comme étant significatives.



Centiles	Nb éch dans l'intervalle de distance 0 – 250m de la minéralisation (Cote)	Nb éch qui ne sont PAS dans l'intervalle de distance 0 – 250m d'une minéralisation	Ratio des cotes	Contraste = Ln (Ratio des cotes)
99 – 100	2 (P = 2/36 = 0,0555)	73 (P = 73/7458 = 0,0097)	5,94	1,78
97 – 99	4	134	6,82	1,92
95 - 97	2	122	3,52	1,26
90 – 95	4	395	2,23	0,804
80 - 90	1	174	1,20	0,179
40 - 80	8	1 343	1,30	0,263
0 - 40	15	5 217	0,30	-1,18
Total	36	7 458	-	-

**Tableau 1.** Exemple des calculs des probabilités conditionnelles pour l'arsenic dans le levé Abitibi 1971<br/>(SIGÉOM).

# 2.2 Approche qualitative

L'approche quantitative énoncée à la section 2 fonctionne lorsque l'on a un nombre suffisant d'échantillons et de minéralisations. Dans certains levés cette approche ne peut être utilisée si l'une de ces deux conditions n'est pas satisfaite complètement. On pourra tout de même étudier ces levés par une approche visuelle, qui sera alors qualitative.

# 2.3 Identification des anomalies pour les deux méthodes

Deux approches de division des valeurs ont été retenues ici. La première est de diviser les valeurs brutes du levé selon un seuil d'anomalie au 95e centile (0-95 et 95-100).

Une deuxième façon est de traiter les anomalies en or par une méthode de rehaussement basée sur le regroupement dans l'espace des anomalies, la statistique U (Cheng, 1999). La méthode a déjà été utilisée dans le cadre du projet Consorem 2005-03 sur les sédiments de lacs. Le lecteur peut se référer à ce rapport pour plus de détails sur la méthode. Le 95e centile des valeurs de la statistique U sera utilisé pour les calculs. Le voisinage de la statistique U sera de 20 km pour les levés. Ici, on utilisera une variante de la statistique U proposée par Cheng (1999) qui consiste à moduler le poids des échantillons dans la statistique selon l'inverse de la distance au point (avec un exposant de 0,5).

Cette méthode est sensible à des variations de densité des échantillons dans les levés. Cette statistique ne sera calculée ici que dans le cas de levés dont la densité d'échantillons varie peu.

## 2.4 Sélection des levés étudiés

Pour comparer les différentes méthodes d'analyse du till pour l'or, il faut des levés de till qui rencontrent les critères suivants:

- Levés avec des minéralisations connues;
- Levés dont les échantillons ont été analysés par deux ou idéalement trois des méthodes.



# 2.5 Évaluation de la performance des données de till pour l'or

Trois principales méthodes d'analyse du till sont utilisées pour l'exploration aurifère. On peut d'abord analyser chimiquement la fraction fine du till pour l'or et d'autres traceurs associés. Une deuxième approche est de réaliser un concentré de minéraux lourds et de l'analyser chimiquement pour l'or et pour d'autres traceurs. Finalement, on peut compter et caractériser la taille et la morphologie des grains d'or du concentré de minéraux lourds.

Le rapport du projet 2010-05 a examiné en détail les avantages et inconvénients théoriques de ces trois méthodes. Toutefois, l'efficacité réelle de ces différentes méthodes pour détecter des minéralisations n'a pas été évaluée. Cette efficacité sera étudiée ici.

# 3. LEVES REGIONAUX

Les levés régionaux sont définis ici comme étant des levés dont la densité varie entre 1 échantillon par 2 km<sup>2</sup> et 1 échantillon par 12 km<sup>2</sup>. Il s'agit donc de levés à relativement faible densité.

# 3.1 Red Lake, Ontario

## Données disponibles

Ce levé régional (OF-3038; Sharpe et Russell, 1999) comporte 318 échantillons de till de 15 kg et 78 échantillons de sable (**Figure 3**). Seuls les échantillons de till sont considérés ici. La fraction fine du till (<63 microns) a été analysée par ICP-AES aqua-regia pour la majorité des éléments et par pyroanalyse pour les métaux précieux. Des concentrés de minéraux lourds non-magnétiques ont également été extraits et analysés par activation neutronique pour les métaux précieux. La méthode de concentration des minéraux lourds est similaire à la méthode standard utilisée par la CGC et présentée notamment par McMartin et McClenaghan (2001). Finalement, les grains d'or du concentré ont été comptés et caractérisés. Les données géochimiques des minéraux lourds seront testées comme telles et normalisées sur le poids du concentré et du till (voir rapport 2010-05 pour la normalisation). Il s'agit d'un levé à relativement faible densité (environ 1 échantillon par 8 km<sup>2</sup>).

Malheureusement, il y a dans les données du levé un problème évident avec les données analytiques de l'or (et aussi du zinc) pour la fraction fine; les valeurs en ppb du tableau d'analyse augmentent systématiquement du début à la fin pour le trois-quarts des analyses.





Figure 3. Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038).

## Directions de dispersion glaciaires

Les dispersions glaciaires dans la région varient du sud-ouest à presque l'ouest. Pour l'analyse on utilisera l'éventail de 220 degrés à 260 degrés pour former les cônes de dispersion.

## Minéralisations considérées

Les minéralisations du secteur ont été extraites du MDI2 (Ontario Geological Survey, 2004). Seules les minéralisations aurifères contenant de l'or comme substance principale ont été considérées.

## Corrélations des mesures aurifères

Les corrélations entre l'analyse géochimique de l'or dans le concentré et le compte de grains d'or (soit le nombre ou la teneur estimée par les grains) sont relativement bonnes, soit entre 0,6 et 0,7 (**Tableau 2**). Pour les valeurs élevées, toutefois, les corrélations sont très faibles (0-0,25), à l'exception de celles entre le concentré brut et normalisé (**Tableau 3**).



	Au ppb Lourds	Nbr Grains Au Total	Au ppb Lourds Est. par Grains	Au ppb Lourds norm.
Au ppb Lourds		0,627	0,694	0,954
Nbr Grains Au Total	0,627		0,848	0,643
Au ppb Lourds Est. par Grains	0,694	0,848		0,668
Au ppb Lourds norm.	0,954	0,643	0,668	

**Tableau 2.** Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Red Lake.

**Tableau 3.** Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une<br/>mesure (n=40), levé Red Lake.

	Au ppb Lourds	Nbr Grains Au Total	Au ppb Lourds Est. par Grains	Au ppb Lourds norm.
Au ppb Lourds		-0,02	0,25	0,83
Nbr Grains Au Total	-0,02		0,61	0,00
Au ppb Lourds Est. par Grains	0,25	0,61		0,668
Au ppb Lourds norm.	0,83	0,00	0,668	

## Meilleurs indicateurs, approche quantitative

Les meilleurs indicateurs pour les valeurs brutes à une distance de 0-2,5 km sont le nombre de grains d'or observés, l'analyse de l'or du concentré et le nombre de grains refaçonnés (**Tableau 4**).

Il faut noter que les valeurs normalisées des minéraux lourds donnent des contrastes en général plus bas que les valeurs brutes.



Tableau 4. Contrastes pour l'intervalle de centiles 90-100, selon l'intervalle de distance, levé Red Lake.

Indicateur	Contraste 0-2,5 km	Contraste 2,5-5 km
Nbr Échantillons	18	26
Nbr Grains Or Refaçonnés	1,39	0,976
Nbr Grains Or Total	1,14	0,102
Nbr Grains Or Intacts	1,14	0,872
Nbr Grains Or Modifiés	1,08	0,872
Au Lourds	1,04	-1,1
As Lourds norm	1,04	0,872
W Lourds	0,637	-0,127
Au Lourds Norm	0,637	0,553
Sb Lourds	0,314	0,174
As Lourds	0,122	0,174
W Lourds Norm	0,122	0,872
Sb Lourds Norm	0,122	0,976

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance

# Meilleurs indicateurs, approche qualitative

Visuellement, le nombre de grains d'or total semble bien cibler les minéralisations principales du secteur de la mine Red Lake, à l'ouest de la région (**Figure 4**). Le nombre de grains d'or intacts donne essentiellement la même réponse (**Figure 5**)

L'analyse en or du concentré de minéraux lourds donne une bonne réponse dans le secteur de Red Lake, mais moins nette que le nombre de grains d'or (**Figure 6**). Toutefois, dans la partie est, la mine Uchi semble mieux apparaître sur le concentré de minéraux lourds normalisé. Dans les deux cas, plusieurs anomalies apparaissent dans les volcanites du secteur est.

L'arsenic dans le concentré de minéraux lourds donne la meilleure réponse dans le secteur ouest (Red Lake), avec quatre anomalies fortes situées près des mines (**Figure 7**). Des anomalies en arsenic fortes apparaissent également dans les volcanites de l'est, mais il n'y a pas d'anomalie près de la mine Uchi à l'est.





Figure 4. Nombre de grains d'or total, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038).



Figure 5. Nombre de grains d'or intacts, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038).





Figure 6. Or dans les minéraux lourds normalisé, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038).



Figure 7. Arsenic dans le concentré de minéraux lourds, secteur Red Lake, Ontario (levé OF-3038).



# 3.2 Beardmore-Geraldton, Ontario

## Données disponibles

Ce levé régional (OF-2266, Thorleifson et Kristjansson, 1990) comprend au total 900 échantillons de 15 kg (**Figure 8**). De ces échantillons, 505 proviennent de till oxydé prélevé près de la surface et 395 par forages (« type rotasonic »). Pour cette analyse, seuls les échantillons de till oxydé en surface sont considérés, car les échantillons de forage proviennent de quelques forages seulement. Des échantillons de matériel fluvioglaciaire ont également été prélevés mais seront aussi ignorés ici. La fraction fine (<63 microns) des tills a été analysée par ICP-AES pour 35 éléments et par pyroanalyse pour les métaux précieux. Des concentrés de minéraux lourds non-magnétiques ont été préparés et analysés par activation neutronique pour l'or et d'autres traceurs. Finalement, les grains d'or du concentré ont été comptés et caractérisés. En considérant seulement les échantillons en surface, la densité du levé est d'environ 1 par 7 km<sup>2</sup>.

Comme la densité des échantillons varie sensiblement d'un secteur à l'autre, la statistique U sera ici calculée sur une interpolation (voir section 2.3 pour les détails).



Figure 8. Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).

## Directions de dispersion glaciaires

Les dispersions glaciaires dans la région varient de 210 à 250 degrés (Thorleifsson et Kristjansson, 1990).



## Minéralisations

Les minéralisations du secteur ont été extraites du MDI2 de Ontario Geological Survey (OGS, 2004). Seules les minéralisations d'or contenant de l'or comme substance principale ont été considérées.

## Corrélations entre mesures aurifères

En général, les corrélations entre différentes méthodes sont relativement faibles (0,26 à 0,41; **Tableau 5**). Les seules corrélations qui sont élevées sont entre la valeur brute et normalisée de l'or analysé dans les lourds, et entre le nombre de grains d'or et l'estimation de la teneur du concentré par ce même nombre de grains.

Pour les anomalies, certaines corrélations sont plus élevées. Les corrélations entre les mesures reliées aux grains d'or et la teneur du concentré de minéraux lourds (brut et normalisé) varient entre 0,64 et 0,72 (**Tableau 6**). Par contre, les corrélations entre l'or dans la fraction fine et dans les minéraux lourds restent faibles (0,00-0,30). On peut comparer ces corrélations faibles pour l'or entre la fraction fine et le concentré avec le même genre de corrélations pour d'autres métaux (**Tableau 7**). On constate que les corrélations sont faibles ou nulles pour tous les métaux. Ceci indique que, fondamentalement, la fraction fine et le concentré de minéraux lourds mesurent des attributs différents des tills.

	Au ppb Fines	Au ppb Lourds	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds Prédit par Grains	Au ppb Lourds Norm.
Au ppb Fines		0,269	0,305	0,295	0,283
Au ppb Lourds	0,269		0,406	0,402	0,970
Nbr Grains Or Total	0,305	0,406		0,993	0,416
Au ppb Lourds Prédit par Grains	0,295	0,402	0,993		0,409
Au ppb Lourds Norm.	0,283	0,970	0,416	0,409	

Tableau 5. Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Beardmore-Geraldton.

**Tableau 6.** Corrélation de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins unemesure (n=84), levé Beardmore-Geraldton.

	Au ppb Fines	Au ppb Lourds	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds Prédit par Grains	Au ppb Lourds Norm.
Au ppb Fines		0,231	0,003	-0,031	0,207
Au ppb Lourds	0,231		0,641	0,689	0,925
Nbr Grains Or Total	0,003	0,641		0,926	0,709
Au ppb Lourds Prédit par Grains	-0,031	0,689	0,926		0,720
Au ppb Lourds Norm.	0,207	0,925	0,709	0,720	



Tableau 7. Corrélations de Spearman entre fraction fine et minéraux lourds pour différents métaux.

Élément	Со	Cr	Fe	La
Corrélation	0,09	-0,3	-0,05	-0,36

## Meilleurs indicateurs, approche quantitative

Les différentes mesures de la quantité d'or dans le till donnent ici des contrastes qui sont très semblables (**Tableau 8**). Les signaux les plus forts se trouvent comme attendus à faible distance des minéralisations et diminuent avec la distance. Il est intéressant de constater ici qu'il y a peu de différences entre le signal donné par les différentes morphologies de grains d'or.

Les éléments traceurs de l'or (As, Sb, W) montrent des contrastes plus bas mais tout de même intéressants. Pour As, le concentré de minéraux lourds donne un meilleur signal que la fraction fine ici. Dans le concentré, As et Sb donnent des signaux intéressants alors que W ne donne pas de signal du tout.

 
 Tableau 8. Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Beardmore-Geraldton

Indicateur	Contraste 0-2500 m	Contraste 2,5-5 km	
Nbr Échantillons	53	36	
Au Fines	2,94	0,528	
Nbr Grains Or Modifies	2,91	0,904	
Nbr Grains Or Total	2,86	1,04	
Nbr Grains Or Intacts	2,76	1,3	
Sb Lourds	2,66	1,25	
Nbr Grains Or Refaçonnés	2,66	0,672	
Au Lourds	2,57	0,892	
Au Lourds Norm	2,39	0,892	
Sb Lourds Norm	2,21	1,46	
As Lourds	2,1	1,51	
As Fines	1,84	0,892	
As Lourds Norm	1,84	1,2	
W Lourds	-0,36	-0,71	

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance



#### Meilleurs indicateurs, approche qualitative

Les anomalies dans le nombre de grains d'or total sont limitées aux minéralisations de l'ouest du secteur (**Figure 9**). Le nombre de grains intacts montre une distribution assez semblable au nombre total de grains (**Figure 10**). Par contre, deux anomalies apparaissent près des minéralisations à l'est, dans un endroit où le nombre de grains total n'est pas une anomalie. Le nombre de grains intacts semble donc donner une réponse légèrement meilleure ici.

Les anomalies en or dans la fraction fine sont également concentrées dans la partie ouest, mais certaines apparaissent également près des minéralisations de la zone est de la ceinture, contrairement aux grains d'or (**Figure 11**). Certaines anomalies de la fraction fine se retrouvent au nord des minéralisations connues.

On remarque que les anomalies en or du concentré de minéraux lourds se retrouvent aussi regroupées avec les minéralisations de la zone ouest de la ceinture (**Figure 12**). Certaines se trouvent associées aux minéralisations de l'est de la ceinture, alors que d'autres se retrouvent plus au sud, loin des minéralisations connues.

Les anomalies en arsenic dans la fraction fine semblent localisées surtout près des gîtes qui sont encaissés dans les roches sédimentaires, en particulier dans la partie ouest de la ceinture (**Figure 13**). On ne trouve pas d'anomalies associées à des gîtes localisés dans des volcanites felsiques contrairement aux anomalies en or. Des anomalies isolées apparaissent également dans la partie est. Cependant, plusieurs anomalies en arsenic se poursuivent vers le sud dans les roches sédimentaires, dans des secteurs où on ne trouve pas de minéralisations.

L'arsenic dans le concentré de minéraux lourds donne un plus grand nombre d'anomalies dans le secteur est que l'arsenic dans les fines (**Figure 14**). Il y a moins d'anomalies dans les sédiments non-minéralisés du sud de la région. On trouve également des anomalies associées aux minéralisations aurifères dans des volcanites felsiques. Dans l'ensemble, l'arsenic dans les minéraux lourds semble donner une meilleure réponse que l'arsenic dans les fines.

Dans ce cas, il semble qu'aucune des trois méthodes ne donne des résultats réellement supérieurs. Cependant, on remarque que pour l'analyse du concentré et de la fraction fine, un certain nombre d'anomalies se retrouvent dans des secteurs sans minéralisation, contrairement aux grains d'or.

On constate ici que la signature aurifère des minéralisations de l'ouest de la ceinture est nettement plus claire. Ceci est probablement dû au fait que le till en surface dans la partie ouest est d'origine plus locale alors que celui de l'est est exotique et constitué en grande partie de fragments de carbonates des Basses-Terres de la Baie d'Hudson (**Figure 15**).





Figure 9. Nombre de grains d'or total, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).



Figure 10. Nombre de grains d'or intacts, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).





Figure 11. Or dans la fraction fine, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).



Figure 12. Or dans les minéraux lourds normalisé, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).





Figure 13. Arsenic dans la fraction fine, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).



Figure 14. Arsenic dans les minéraux lourds, secteur Beardmore-Geraldton, Ontario (levé OF-2266).





Figure 15. Proportion de clastes de carbonates, secteur Beardmore-Geraldton (levé OF-2266)

# 3.3 Peterlong-Radisson, Ontario

## Données disponibles

Ce levé régional (MRD-24, Bajc, 1996) comprend au total 413 échantillons de 10-13 kg (**Figure 16**). Les échantillons proviennent de la surface, soit environ 1 m de profondeur. Le till est donc probablement oxydé. La fraction fine du till (<63 microns) a été analysée par activation neutronique pour l'or et d'autres traceurs et par ICP-AES. Finalement, les grains d'or d'un concentré de minéraux lourds non-magnétique ont été comptés et caractérisés. La densité est d'un échantillon par 5 km<sup>2</sup>. La statistique U a été calculée ici avec un rayon de voisinage de 20 km.





Figure 16. Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (levé MRD-024).

## Directions de dispersion glaciaire

La dispersion glaciaire dominante dans le secteur est sud à sud-sud-est (Bajc, 1996). Les cônes de dispersion utilisés pour cette étude seront de 160 à 190.

#### Minéralisations

Les minéralisations du secteur ont été extraites du MDI2 (Ontario Geological Survey, 2004). Seules les minéralisations contenant de l'or comme substance principale ont été considérées.

#### Corrélations entre mesures aurifères

Les corrélations entre l'or de la fraction fine et le nombre de grains et la teneur estimées par les grains sont faibles (0,1-0,16) (**Tableau 9**). Pour les anomalies, les corrélations sont même négatives (**Tableau 10**).



	Au Fines	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds Est. par Grains or
Au Fines		0,162	0,102
Nbr Grains Or Total	0,162		0,513
Au ppb Lourds Est. par Grains	0,102	0,513	

**Tableau 9**. Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Peterlong-Radisson.

**Tableau 10**. Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une<br/>mesure (n=75), levé Peterlong-Radisson.

	Au Fines	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds Est. par Grains or
Au Fines		-0,568	-0,224
Nbr Grains Or Total	-0,568		0,474
Au ppb Lourds Est. par Grains	-0,224	0,474	

## Meilleurs indicateurs, approche quantitative

L'arsenic dans la fraction fine donne la meilleure réponse à courte distance (**Tableau 11**). Les nombres de grains d'or donnent des contrastes qui varient entre 0,8 et 1,2, ce qui est relativement faible. On note également que pour la plupart des indicateurs, les contrastes varient peu selon les intervalles de distance.

La statistique U pour la fraction fine n'améliore pas le classement (en fait elle la détériore). Par contre, la statistique U améliore le classement du nombre de grains d'or total, en particulier de 2,5 à 5 km.

Les observations précédentes suggèrent que les signaux des minéralisations individuelles ne sont pas détectés par ce levé. Sa nature peu dense (1 par 5 km<sup>2</sup>) peut être une explication; les échantillons ne se trouvent pas en général dans le cône de dispersion réel des minéralisations. Ceci indique que les cônes de dispersion, s'ils existent, sont très courts (probablement <500 m par exemple). Finalement, on trouve également dans ce levé des signes du bruit de fond métallogénique ou de dispersion distale à de grandes distances des minéralisations, comme dans les deux levés précédents.

Il faut noter toutefois que la majorité des minéralisations ici sont des indices et quelques prospects. Une seule mine est présente.



**Tableau 11.** Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Peterlong-<br/>Radisson.

Indicateur	Contraste 0-2500 m	Contraste 2,5-5 km
Nombre échantillons	33	34
As Fines	1,53	-0,236
Nbr Grains Or Intacts	1,28	0,349
Nbr Grains Or Total Statistique U	1,08	1,91
Nbr Grains Or Total	0,822	1,17
Nbr Grains Or Refaçonnés	0,822	1,17
Au Fines	0,759	0,226
Nbr Grains Or Modifiés	0,451	0,417
Au Fines Statistique U	0,204	-0,60

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance

## Meilleurs indicateurs, approche qualitative

Les anomalies dans le nombre de grains d'or total montrent en général une bonne association avec les minéralisations aurifères connues, en particulier avec celles de la portion sud du levé (**Figure 17**). Cependant, plusieurs anomalies se retrouvent dans des granitoïdes dans la partie ouest du levé, loin des minéralisations connues.

Le nombre de grains d'or intacts donne une image assez semblable du nombre de grains d'or total (**Figure 18**), mais avec quelques différences. Il est difficile de dire visuellement quelle est la meilleure réponse.

Les anomalies en or de la fraction fine du till sont éparpillées un peu partout dans la région (**Figure 19**). On trouve peu de relations avec les minéralisations connues. Ici, le nombre de grains d'or donne une réponse qui est nettement supérieure à la fraction fine.

L'or de la fraction fine et le nombre de grains d'or total traités par la statistique U ne semblent pas donner visuellement des réponses vraiment meilleures que les valeurs brutes (**Figure 20; Figure 21**).





Figure 17. Nombre de grains d'or total, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).



Figure 18. Nombre de grains d'or intacts, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).





Figure 19. Or dans la fraction fine, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).



**Figure 20**. Or dans la fraction fine traité par la statistique U, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).





Figure 21. Nombre de grains d'or total traité par la statistique U, secteur Peterlong-Radisson, Ontario (MRD-024).

# 3.4 Swayze, Ontario

## Données disponibles

Ce levé régional (MRD-15, Bernier, 1994) comprend au total 818 échantillons de till de l'horizon C de 10 kg à l'échelle régionale (**Figure 22**). La densité d'échantillons est de 1 par 4 km<sup>2</sup>. La fraction fine du till (<63 microns) a été analysée. Des concentrés de minéraux lourds non-magnétiques ont été préparés par une méthode standard décrite notamment par McMartin et McClenaghan (2001). Comme la densité d'échantillons est assez constante, la statistique U peut être calculée ici, avec un rayon de voisinage de 10 km.

#### Directions de dispersion glaciaire

La dispersion glaciaire dominante dans le secteur est de 185-210 degrés (Bernier, 1994), avec des évidences de dispersion tardive à 155-175 degrés. Un éventail de 155 à 210 degrés sera utilisé pour les dispersions dans l'étude.

#### Minéralisations considérées

Les minéralisations du secteur ont été extraites du MDI2 (Ontario Geological Survey, 2004). Seules les minéralisations contenant de l'or comme substance principale ont été considérées.





Figure 22. Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015).

## Corrélations et récurrences des anomalies aurifères

La corrélation entre l'or dans la fraction fine et le nombre de grains d'or du concentré est faible (0,16) (**Tableau 12**). La corrélation pour les fortes valeurs est même négative (**Tableau 13**).

Tableau 12. Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Swayze.

	Au Fines	Nbr Grains Or Total
Au Fines		0,162
Nbr Grains Or Total	0,162	

 Tableau 13. Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=75), levé Swayze.

	Au Fines	Nbr Grains Or Total
Au Fines		-0,263
Nbr Grains Or Total	-0,263	



## Meilleurs indicateurs, méthode quantitative

Dans ce levé, seul l'arsenic et le nombre de grains d'or total donnent une réponse significative à moins de 2,5 km (**Tableau 14**). On remarque que plusieurs indicateurs ont des contrastes positifs et significatifs entre 2,5 et 5 km, ce qui indique soit des dispersions distales ou un environnement métallogénique favorable au niveau régional.

La statistique U pour la fraction fine donne une réponse plus faible que la valeur brute à courte distance mais plus élevée entre 2,5 et 5 km. Dans le cas du nombre de grains d'or total, le contraste est égal à courte distance mais plus élevé que la valeur brute entre 1 et 3 km.

Il faut noter que les minéralisations de la région sont en général des prospects développés avec réserves et des indices. Il n'y a pas de grandes mines présentes. Ceci peut expliquer les contrastes relativement faibles observés.

Indicateur	Contraste 0-2500 m	Contraste 2,5-5 km
Nombre échantillons	58	65
As Fines	1,36	1,22
Nbr Grains Or Total	0,86	0,927
Au Fines	0,759	1,07
Nbr Grains Or Modifies	0,691	0,789
Nbr Grains Or Total Statistique U	0,63	0,75
Nbr Grains Or Intacts	0,589	1,38
Au Fines Statistique U	0,35	1,28
Nbr Grains Or Refaçonnés	-0,404	0,524

**Tableau 14**. Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Swayze.

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance

## Meilleurs indicateurs, méthode qualitative

Dans le secteur de Swayze, la distribution du nombre de grains d'or intacts semble visuellement mieux cibler les minéralisations que le nombre de grains d'or total (**Figure 23**; **Figure 24**). On observe notamment que des anomalies du nombre de grains total se retrouvent dans des granitoïdes au sud de la région, qui ne contiennent pas de minéralisations connues. Ces anomalies n'apparaissent pas dans le nombre de grains intacts.

L'or dans la fraction fine donne des anomalies qui sont différentes des grains d'or (**Figure 25**). Il est toutefois difficile d'évaluer visuellement la performance relative des différents indicateurs.

L'arsenic dans la fraction fine donne une réponse qui est beaucoup moins éparpillée que les mesures de l'or (**Figure 26**). Les anomalies se situent près de plusieurs minéralisations du secteur, en particulier dans la partie sud de la ceinture et dans une moindre mesure à l'extrême nord. L'arsenic semble donc cibler très bien les minéralisations du secteur. Toutefois, les minéralisations de la partie centrale ne donnent pas



d'anomalies en arsenic; peut-être que ces minéralisations aurifères contiennent moins d'arsenic simplement.

L'or dans la fraction fine par la statistique U donne visuellement une réponse qui est difficile à évaluer par rapport à la valeur brute (**Figure 27**). Le nombre de grains d'or total semble visuellement moins efficace que la valeur brute; on trouve notamment plusieurs anomalies fortes dans la partie sud où aucune minéralisation n'est connue (**Figure 28**).



Figure 23. Nombre de grains d'or total, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015).




Figure 24. Nombre de grains d'or intacts, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015).



Figure 25. Or dans la fraction fine, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015).





Figure 26. Arsenic dans la fraction fine, secteur Swayze, Ontario (levé MRD-015).



Figure 27. Or dans la fraction fine traité par la statistique U, secteur Swayze (levé MRD-015).





Figure 28. Nombre de grains d'or total traité par la statistique U, secteur Swayze (levé MRD-015).

# 3.5 Matheson, Ontario

#### Données disponibles

Ce levé contient 1 756 échantillons de till dont 282 proviennent d'excavations et 1 474 échantillons provenant de près de 200 forages (**Figure 29**). Seuls les échantillons provenant d'excavation en surface seront traités ici. La densité des échantillons en surface est de 1 par 12 km<sup>2</sup>.

La fraction fine des tills (<64 microns) a été analysée pour l'or et différents traceurs. Des concentrés de minéraux lourds non-magnétiques ont été extraits selon la méthode standard décrite dans McMartin et McClenaghan, 2001. Les concentrés ont été analysés chimiquement et les grains d'or ont été comptés et caractérisés.

#### Directions de dispersion glaciaire

Les travaux de Veillette et McClenaghan (1996) montrent plusieurs directions d'écoulement glaciaire dans ce secteur. Les échantillons de ce levé prélevés en surface proviennent du till de Matheson (McClenaghan, 1992). Les directions glaciaires associées au till de Matheson varient entre 160 à 220 degrés.





Figure 29. Minéralisations aurifères et échantillons de till, secteur Black River-Matheson, Ontario (levé MRD-001).

#### Minéralisations considérées

Les minéralisations du secteur ont été extraites du MDI2 (Ontario Geological Survey, 2004). Seules les minéralisations contenant de l'or comme substance principale ont été considérées. Dans ce cas, comme on trouve un grand nombre de minéralisations, les indices ne seront pas considérés.

#### Corrélations entre mesures de l'or

Les corrélations sont calculées ici sur les échantillons de forage, puisqu'ils sont beaucoup plus abondants. Dans ce levé, les corrélations entre l'or dans la fraction fine et les autres mesures sont faibles (0-0,11; **Tableau 15**). Toutefois, on note des corrélations meilleures entre le nombre de grains d'or du concentré et l'analyse brute et normalisée du concentré (0,58). Dans le cas des anomalies, les corrélations entre les fines et les mesures du concentré sont négatives (**Tableau 16**). Les corrélations entre le nombre de grains et l'analyse du concentré sont plus faibles dans le cas des anomalies dans ce levé.

	Au Fines	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds	Au ppb Lourds Norm.
Au Fines		0,046	0,078	0,115
Nbr Grains Or Total	0,046		0,587	0,584
Au ppb Lourds	0,078	0,587		0,942
Au ppb Lourds Norm.	0,115	0,584	0,942	

#### Tableau 15. Corrélations de Spearman entre différentes mesures de l'or, levé Black River-Matheson.



 Tableau 16. Corrélations de Spearman pour échantillons avec anomalie > 90e centile dans au moins une mesure (n=309), levé Black River-Matheson.

	Au Fines	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds	Au ppb Lourds Norm.
Au Fines		-0,351	-0,424	-0,427
Nbr Grains Or Total	-0,351		0,305	0,302
Au ppb Lourds	-0,424	0,305		0,953
Au ppb Lourds Norm.	-0,427	0,302	0,953	

#### Meilleurs indicateurs

Les meilleurs indicateurs pour les échantillons d'excavation sont le nombre de grains d'or intacts et modifiés, le nombre de grains total, et l'arsenic dans les minéraux lourds (**Tableau 17**). On trouve des contrastes positifs très élevés entre 2,5-5 km des minéralisations. Ceci peut être dû à une série d'anomalies présentes dans un secteur où il n'y a pas de minéralisation connue. Cela peut également être des traces distales de cônes de dispersion en contexte de till épais.

 Tableau 17. Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Black

 River-Matheson, échantillons excavations.

Indicateur	Contraste 0-2500m	Contraste 2.5-5km
Nombre éch.	31	28
Nbr Grains Intacts	1,38	1,67
Nbr Grains Modifiés	1,38	2,26
As Lourds	1,38	-0,292
Nbr Grains Total	1,27	1,78
As Fines	1,18	0,739
Au Fines	0,849	1,78
As Lourds Norm	0,758	0,884
Au Lourds	0,233	0,884
Au Lourds Norm	0,233	0,355
Nbr Grains Refaconnés	-0,494	0,439

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance

## Meilleurs indicateurs, méthode qualitative

Les anomalies en nombre de grains d'or total sont concentrées en quatre zones (**Figure 30**). Les deux premières zones sont associées de près à des groupes de minéralisations situées au centre de la région. Une troisième zone est située au sud-est de la carte, en aval glaciaire plus distal de d'autres minéralisations. Finalement, on trouve une série d'anomalies dans le coin nord-est de la carte, loin de



toute minéralisation connue. Il faut noter que la plupart des minéralisations plus importantes ne semblent pas montrer de signal aurifère.

Les deux mêmes groupes de minéralisations du centre de la région qui montraient des anomalies du nombre de grains d'or sont également des anomalies dans la fraction fine pour l'or (**Figure 31**). Dans un des deux cas, cependant, les anomalies sont plutôt localisées au nord des minéralisations. Les autres anomalies sont éparpillées dans la région et ne correspondent pas à d'autres anomalies aurifères.

On retrouve des anomalies aurifères sur la carte de l'or dans les minéraux lourds associées aux deux mêmes groupes de minéralisations du centre de la région (**Figure 32**). On trouve également des anomalies coïncidentes avec des anomalies du nombre de grains d'or au sud-est du secteur. Les autres anomalies sont éparpillées un peu partout dans la région.

Plusieurs échantillons sont anomaux en arsenic dans les fines et les minéraux lourds associés avec un des deux groupes de minéralisations du centre du secteur (**Figure 33**; **Figure 34**). Le second groupe n'est pas une anomalie en arsenic.

Ce levé montre que les anomalies d'intérêt sont généralement des anomalies en plus d'une mesure, et montrent des groupements d'anomalies dans l'espace. Ceci les distingue d'anomalies isolées qui apparaissent dans d'autres secteurs et qui ne sont visibles que dans une mesure. Ces dernières anomalies ne sont pas associées à des minéralisations connues. Il faut noter finalement que certaines minéralisations répondent très bien au till alors que d'autres ne semblent pas avoir de signatures.



Figure 30. Nombre de grains d'or total, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).





Figure 31. Or dans la fraction fine, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).



Figure 32. Or dans les minéraux lourds, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).





Figure 33. Arsenic dans la fraction fine, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).



Figure 34. Arsenic dans les minéraux lourds, secteur Black River-Matheson (levé MRD-001).

# 3.6 Abitibi 1971, Québec

## Données disponibles

Ce levé a été effectué dans les années 70 pour obtenir une couverture régionale de till en Abitibi (**Figure 35**). Il a été réalisé à l'aide d'une foreuse portative de type « Pionjar » (Gilbert et al, 1972). L'objectif était d'échantillonner le till de base.

Les échantillons de till (n=7971) ont subi différents traitements/analyses (Gilbert et al., 1972; Lasalle et Henry, 1987; Lasalle et al., 2005). Ici, seules les analyses pertinentes à l'exploration aurifère sont



considérées, c.-à-d., l'analyse de As, Au, Sb et W par activation neutronique de la fraction fine (<177 microns) des tills. Il faut noter que la fraction fine analysée ici diffère de celle typiquement analysée, qui est de moins de 63 microns.





#### Directions de dispersion glaciaires

Les travaux de Veillette et McClenaghan (1996) rapportent plusieurs directions d'écoulement glaciaire. Les directions répertoriées dans la région couverte par le levé sont principalement entre 150 degrés et 250 degrés selon les épisodes. Les données disponibles ne permettent pas de relier les échantillons de till du SIGÉOM à l'un ou l'autre de ces épisodes. Pour représenter la possible dispersion palimpseste et l'incertitude sur la position stratigraphique des échantillons, on a considéré un éventail assez large des dispersions possibles. L'aval glaciaire a été ainsi défini comme un cône de direction 150 à 230 degrés à partir des minéralisations.

#### Minéralisations considérées

Seules les minéralisations ayant Au sans Zn et Cu comme une des substances principales, ayant une expression de surface (code DECV\_METH = 'S Prosp. surface' dans le SIGÉOM) et ayant une certaine importance (code SUBST\_PRIN = 'P Gîte travaillé" OR "MF Mine" OR " G Gise.tonn.évalu") ont été considérées.

#### Meilleurs indicateurs, anomalies fortes (centiles 99-100)

Les éléments qui donnent les meilleures associations avec les minéralisations aurifères à très courte distance (<250 m), pour les valeurs les plus élevées (centile 99-100) sont dans l'ordre: W>Sb>Au=As



(Figure 36). Le tungstène est le meilleur indicateur à courte distance. La valeur du contraste diminue assez graduellement avec la distance pour l'ensemble des éléments. La diminution est particulièrement rapide pour W. Pour As, Sb et Au, la diminution est plus graduelle. Finalement, on observe que les contrastes relativement plus élevés (>1,25) pour les anomalies fortes sont essentiellement limités à 1 km de distance des minéralisations. On note des contrastes faiblement significatifs à des distances jusqu'à 5 km. La distance de dispersion effective pour les anomalies à partir des minéralisations est considérée ici de 1 km.



Figure 36. Contrastes pour les centiles 99-100, levé Abitibi MRNF 1971. Les contrastes qui sont audessus de la ligne pointillée sont significatifs à 95 % de confiance.

## Meilleurs indicateurs, anomalies moyennes (centiles 97-99)

On constate d'abord que les contrastes des principaux traceurs (W, Sb, Ag, Au, Co, et As) sont nettement plus bas pour les anomalies moyennes que pour les anomalies fortes (**Figure 37**). Ceci indique que les minéralisations sont associées à des anomalies fortes préférentiellement. Ceci apparaît également clairement lorsque l'on compare les contrastes pour un même élément mais pour différents centiles sur un même graphique (**Figure 38**; **Figure 39**). D'autre part, on constate que pour les anomalies moyennes, les contrastes maximum pour les éléments ne sont pas atteint en général pour l'intervalle <250 m, mais à des distances plus élevées. Pour Au, W, et Sb, le contraste maximum est à 250-1000 m. Les anomalies les plus fortes se retrouvent donc très près des minéralisations alors que les moyennes sont plus éloignées; ceci est une conséquence directe de la décroissance graduelle des teneurs dans le till avec la distance.





Figure 37. Contrastes pour les centiles 97-99. Levé Abitibi MRNF 1971.

Les contrastes de As et Sb demeurent élevés (>1) jusqu'à l'intervalle 2-3 km, alors que pour Au et W, les contrastes diminuent très rapidement à partir de 1 000 m. Ceci indique que As-Sb forment en moyenne des halos plus larges que Au-W.





Figure 38. Contrastes pour Sb pour tous les intervalles de centiles, levé MRNF Abitibi 1971.



Figure 39. Contrastes pour Au pour tous les intervalles de centiles, levé MRNF Abitibi 1971.

Projet CONSOREM 2011-05 : Optimisation des données de till pour l'exploration. Phase I : Évaluation quantitative de l'efficacité des méthodes d'analyse du till pour l'exploration de l'or 39



#### Conclusions

On peut tirer les conclusions suivantes de la dispersion de l'or dans les levés du MRNF-1971 dans le till:

- Les contrastes sont en général modérés dans l'ensemble (max: 2,7 pour W à 250 m dans l'intervalle de centiles 99-100). Ceci indique que beaucoup d'anomalies ne sont pas associées à des minéralisations et/ou que beaucoup de minéralisations n'ont pas d'anomalies.
- Le maximum des anomalies fortes se retrouve à faible distance des minéralisations (<250 m).
- L'essentiel des anomalies fortes associées aux minéralisations sont à une distance de moins de 1-1,5 km de celles-ci. Ceci représente la distance de dispersion maximale moyenne pour ces minéralisations.
- Les anomalies moyennes se retrouvent préférablement à des distances plus importantes de la minéralisation (250 - 2 500 m).
- Ces observations sont compatibles avec la décroissance graduelle des signaux des minéralisations avec l'augmentation de la distance de la minéralisation.
- Certains éléments forment des halos plus larges et moins contrastés (As, Sb) alors que d'autres forment des halos plus restreints mais plus intenses (W).

# 4. LEVES LOCAUX

# 4.1 Levé Éléonore, Baie James, Québec

#### Données disponibles

Ce levé contient 512 échantillons de till de 15 kg (Charbonneau, 2010; **Figure 40**). Pour tous les échantillons, des concentrés de minéraux lourds non-magnétiques ont été réalisés. L'échantillonnage a été réalisé sur des lignes espacées au 1,5 km; les échantillons sont espacés d'environ 200-225 m sur les lignes. La densité moyenne est de 2,5 échantillons par km<sup>2</sup>.

Dans ce levé, les grains d'or ont également été comptés pour 25 échantillons (Figure 40).

Le contrôle de qualité effectué sur ce levé est particulièrement intéressant. Deux sites différents ont été échantillonnés de façon répétée pour obtenir un « blanc » et un standard. Le « blanc » provient d'un endroit où on ne croyait pas que le till s'avèrerait aurifère (mais les analyses montrent qu'il l'est finalement). Il a été analysé 21 fois. Le standard vient d'un site à proximité du gîte Éléonore et a été analysé 18 fois.





Figure 40. Échantillons de till de la propriété Éléonore (GM-65193; Charbonneau, 2010; Géologie Bandyayera et al. 2010).

#### Directions de dispersion glaciaires

La direction de transport glaciaire principale du secteur est à 250 degrés, avec une direction plus ancienne à 290. Pour représenter ces directions, on choisira un éventail de dispersion de 240 à 300.

#### Minéralisations considérées

Deux minéralisations importantes se situent sur la propriété et sont considérées ici: l'indice du Lac EII, et la zone Éléonore.

#### Meilleurs indicateurs

Le meilleur indicateur dans l'analyse du concentré des lourds est l'arsenic (**Tableau 18**). L'or ne donne pas de réponse pour la minéralisation. Ceci peut être confirmé en observant les cartes des anomalies en Au et en As dans ce levé (**Figure 41**; **Figure 42**).



Indicateur	Contraste 0-2000 m	Contraste 2-3 km	Contraste 3-5 km	Contraste 5-10 km
Nombre échantillons	15	12	22	16
As Lourds	2,06	0,54	-0,12	-2
Au Lourds	0,29	0,54	1,16	-2
W Lourds	0,29	-2	-0,127	0,22
Sb Lourds	-2	-2	-2	0,315

**Tableau 18.** Contrastes pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de distance, levé Éléonore.

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance

Il semble surprenant qu'il n'y ait pas réponse claire en or dans l'analyse des concentrés de minéraux lourds dans ce cas, même sur la ligne d'échantillons située en aval glaciaire à moins de 150-250 m de la minéralisation. Comme la minéralisation est très bien exposée en surface, on pourrait s'attendre à trouver de très fortes anomalies sur des échantillons situés à proximité de la minéralisation, ce qui n'est pas le cas.

Pour le signal de l'arsenic, la réponse est bonne (**Figure 42**). On peut probablement tracer un cône de dispersion orienté vers 245-250 degrés sur une distance d'au moins 5 km en aval glaciaire de la minéralisation. Toutefois, d'autres réponses élevées se retrouvent également ailleurs sur la grille. Les descriptions du till lors du levé indiquent que le till, prélevé en surface, est souvent oxydé. En effet, de nombreux échantillons sont décrits comme bruns ou bruns-orangés; le till frais, non-oxydé est normalement gris. Lorsque le till s'oxyde, l'arsénopyrite se détruit et alors disparaît du concentré. Ceci peut expliquer que la réponse du gîte en arsenic dans les lourds est bonne mais pas extraordinaire, puisque le degré variable d'oxydation des échantillons rend probablement le signal plus imprécis. Dans le cas du till échantillonné en surface, l'analyse de la fraction fine est préférable pour les métaux présents en sulfures (voir projet 2010-05).

Comment expliquer cette mauvaise réponse des concentrés de minéraux lourds en or? Une explication possible de l'absence de signal clair pour l'or analysé du concentré est l'importance de l'effet pépite pour l'or dans les concentrés. Dans ce levé, deux sites ont été échantillonnés plusieurs fois pour constituer un standard et un blanc. Des duplicatas d'une vingtaine d'échantillons ont également été effectués.





Figure 41. Anomalies en or dans les minéraux lourds, propriété Éléonore.



Figure 42. Anomalies en arsenic dans les minéraux lourds, propriété Éléonore.



Le **Tableau 19** donne les teneurs en or et arsenic de 20 échantillons prélevés sur le même site (« blanc »). Pour ce même site, les teneurs en or du concentré varient énormément selon l'échantillon. Dans la plupart des échantillons, on trouve des teneurs assez basses; la médiane est de 12,5 ppb. Mais deux échantillons sont très clairement anomaliques (232 et 2 100 ppb), ce dernier représentant un centile supérieur au 99<sup>e</sup> pour le levé entier. Pour l'arsenic, les teneurs sont beaucoup plus constantes, et varient de 0,6 à 1,3 ppm, pour des centiles entre 3,3 et 47,7, tous non-anomaliques. Ceci montre l'importance de l'effet pépite pour l'or (et non pour As) dans les concentrés de minéraux lourds de ce secteur. Ceci pourrait expliquer pourquoi l'arsenic donne une réponse en aval de la minéralisation et que la réponse de l'or est imperceptible.

Au_ppb	Centile Au sur Ievé	As_ppm	Centile As sur levé
1	0,9	0,8	22,9
2	3,8	1,3	38,7
2	3,8	1,1	32,3
4	16,0	0,8	22,9
4	16,0	1,7	47,7
5	20,1	1,2	35,2
6	24,1	0,6	16,5
6	24,1	1	27,9
8	31,0	1,2	35,2
12	41,4	0,6	16,5
13	43,2	0,5	12,7
14	45,9	0,2	3,3
16	47,9	0,7	19,1
26	59,9	0,9	24,9
38	69,5	0,8	22,9
38	69,5	0,7	19,1
43	72,2	1,1	32,3
50	76,4	0,7	19,1
232	93,3	1	27,9
2100	99,3	0,3	6,0

**Tableau 19.** Teneurs en or, arsenic du concentré de minéraux lourds pour le site « blanc », levéÉléonore.

Le **Tableau 20** montre les teneurs en or de 18 échantillons de till aurifère prélevés sur un même site, juste en aval glaciaire de la zone Éléonore (« standard »). Encore une fois, les teneurs en or varient énormément d'un échantillon à l'autre, passant de 10 ppb à 445 ppb. Selon les échantillons, on se retrouve avec une très forte anomalie, ou avec aucune anomalie, et ce pour un même site. Quand on prend la médiane en or (55 ppb), on voit toutefois que le site « standard » est plus anomalique que le « blanc ». Pour l'arsenic, les valeurs sont beaucoup plus constantes. Ceci indique que la variabilité des teneurs en or n'est pas due au fait que le till change fondamentalement de composition mais bien un effet pépite pour l'or.



_Au_ppb_	Centile Au sur Ievé	_As_ppm_	Centile As sur levé
10	35,9	27	97,3
14	45,9	20,2	94,4
25	59,0	23,2	95,5
27	61,2	25,4	96,6
28	61,9	30,3	98,2
33	66,4	23,4	95,6
36	67,7	24,8	96,2
54	77,9	27,6	97,6
55	78,2	22,3	95,1
67	81,3	20,8	94,6
72	82,9	25,6	96,7
77	83,8	28,3	97,8
86	85,5	23,7	95,8
247	94,0	21,3	94,7
312	95,5	24,1	96,0
445	96,6	27,1	97,5
445	96,6	25,6	96,7

**Tableau 20.** Teneurs en or, arsenic du concentré de minéraux lourds pour le site « standard », levéÉléonore.

Pour diminuer l'effet pépite dans l'interprétation des données, on peut considérer une méthode de rehaussement d'anomalies qui sont regroupées dans l'espace, comme la méthode de la statistique U (Cheng, 1999). Cette méthode a été présentée en plus de détails dans le cadre du projet Consorem 2005-03 (Trépanier, 2006) et a été implantée dans un outil logiciel de traitement des données de l'environnement secondaire (projet Consorem 2008-10).

Les données de l'or du secteur ont été traitées par la statistique U en utilisant un voisinage de 20 km. La **figure 43** montre les principales anomalies dans la statistique U pour le secteur. Sur cette figure, un cône de dispersion en or dans le till apparaît très clairement. Ce cône est d'au moins 6 km de long, puisqu'il atteint la limite ouest du levé. Ceci indique qu'avec une bonne densité de données, on peut diminuer drastiquement l'importance de l'effet pépite par une méthode qui privilégie les anomalies groupées dans l'espace.





Figure 43. Statistique U pour l'or dans les minéraux lourds, propriété Éléonore.

Le compte de grains d'or donne une image beaucoup plus intéressante. Trois des quatre plus grands comptes de grains se trouvent directement à côté du gîte Éléonore (**Figure 44**). Le compte des grains intacts donne un signal assez semblable (**Figure 45**). Ceci suggère que le compte de grains d'or donne un signal beaucoup plus clair que l'or analysé dans le concentré.





Figure 44. Nombre de grains d'or total, secteur Éléonore.



Figure 45. Nombre de grains d'or intacts, secteur Éléonore.



# 4.2 Levé La Grande Sud (Virginia), Baie-James, Québec

#### Données disponibles

Les données considérées ici consistent en des échantillons de till de 15 kg prélevés en différentes campagnes (1994, 1997 à 2000, 2009; **Figure 46**). Les données ont été fournies par Mines Virginia. Ces échantillons ont tous été analysés pour le nombre et les types de grains d'or du concentré de minéraux lourds. Les trois-quarts des échantillons (483) ont également fait l'objet d'analyses du concentré de minéraux lourds pour l'or. Seuls les échantillons ayant à la fois les grains et l'analyse du concentré sont considérés ici. La densité moyenne est de 5 échantillons par km<sup>2</sup>, mais varie d'un endroit à l'autre. Un certain nombre d'échantillons (286) ont également fait l'objet d'analyses ICP-MS aqua regia du concentré de minéraux lourds. Ils seront analysés séparément.

#### Directions de dispersion glaciaires

Les dispersions glaciaires sur la propriété La Grande Sud ont été étudiées par Boucher (1999). Le traçage des cailloux de la tonalite de La Grande Sud montre des trainées en éventail ouvert entre 245 et 303 degrés. Ces directions ont été retenues comme directions pour l'étude.

#### Minéralisations considérées

Toutes les minéralisations aurifères connues du secteur ont été incluses dans les calculs.



**Figure 46.** Échantillons de till de 15 kg, propriété La Grande Sud. Géologie: Goutier et al., 2001. Données de till: Mines Virginia. Dispersions glaciaires: Boucher, 1999.

#### Corrélations entre mesures aurifères

Les corrélations entre le nombre de grains d'or et les concentrés (normalisé ou non) sont assez faibles (0,42-0,45; **Tableau 21**). Ceci indique encore une fois que ces deux mesures de l'or sont assez différentes.



	Nbr Grains Or Total	Au ppb Lourds	Au ppb Lourds Norm.
Nbr Grains Or Total		0,42	0,45
Au ppb Lourds	0,42		0,88
Au ppb Lourds Norm.	0,45	0,88	

**Tableau 21**. Corrélations de Spearman pour différentes mesures de l'or, levés La Grande Sud.

#### Meilleurs indicateurs, approche quantitative

Les contrastes des différents indicateurs sont présentés au **Tableau 22**. Il est d'abord intéressant de constater que le nombre de grains d'or total est plus efficace que les grains modifiés et intacts répertoriés. Il semble ici que le nombre de grains total soit suffisant pour trouver les minéralisations. Le nombre de grains refaçonnés donne un contraste nettement plus bas. Ceci est cohérent avec la nature de ces grains qui indiquent en théorie un transport beaucoup plus long. Le compte des grains d'or est plus efficace que l'analyse du concentré.

On remarque que les plus forts contrastes sont entre 0 et 500 m. Le nombre de grains d'or total donne un signal de force moyenne entre 500 et 1 000 m. Les contrastes sont inférieurs à 0,5 par la suite, ce qui indique que les dispersions sont de 1 000 m ou moins en général.

Indicateur	Contraste 0-500m	Contraste 500-1000m	Contraste 1000-2000m
Nombre d'échantillons	42	27	48
Nbr Grains Or Total	2,46	0,802	0,471
Nbr Grains Or Intacts	2,25	0,088	0,471
Nbr Grains Or Modifiés	1,98	0,088	-0,198
Au Lourds	1,77	0,037	-0,198
Au Lourds Normalisé	1,31	-0,313	-0,779
Nbr Grains Or Refaçonnés	1,05	-0,78	-0,779

**Tableau 22**. Contrastes des mesures de l'or pour l'intervalle de centiles 95-100, selon l'intervalle de<br/>distance, levés La Grande Sud.

Note: les contrastes en gras sont significatifs à plus de 90 % de confiance

Le **Tableau 23** présente les contrastes des 283 échantillons dont les concentrés ont été analysés par ICP-MS aqua-regia. Dans ce tableau, seuls les éléments qui ont au moins un contraste significatif à 95 % de confiance sont présentés. Les autres sont omis. On constate qu'à courte distance, seuls As, Co et Cu ont des contrastes significatifs.



Indicateur	Contraste 0-500m	Contraste 500-1000m	Contraste 1000-2000m
As Lourds	1,46	0,95	0,78
Co Lourds	1,29	-3	0,729
Cu Lourds	1,18	-0,3	0,228
Na Lourds	0,932	1,04	0,319
Mg Lourds	0,932	1,47	0,319
Ba Lourds	-0,0886	1,37	0,228
K Lourds	-0,807	1,47	0,319

 Tableau 23. Contrastes des analyses ICP-MS des concentrés de minéraux lourds, levés La Grande Sud.

#### Meilleurs indicateurs, approche qualitative

Les anomalies du nombre de grains d'or total se trouvent presque exclusivement à proximité des minéralisations connues, en particulier en aval glaciaire de celles-ci (**Figure 47**). Par contre, on trouve aussi, près des minéralisations, des échantillons qui contiennent peu de grains qui côtoient des échantillons très anomaliques. Si on considère des anomalies aux 75-90e centile, on remarque qu'une série de valeurs de cet intervalle apparaissent à l'ouest des minéralisations connues. Ces anomalies plus faibles mais tout de même importantes en quantité absolue (20-40 grains d'or) pourraient indiquer une dispersion jusqu'à une distance d'environ 3 km à l'ouest. Cette distance de dispersion est en accord avec l'évaluation maximale de 2-3 km par Boucher (1999).

Le nombre de grains d'or intacts donne une image très semblable au nombre de grains d'or total (**Figure 48**).

Les anomalies en or dans le concentré de minéraux lourds sont également concentrées autour des minéralisations connues (**Figure 49**). Toutefois, contrairement au nombre de grains d'or, on trouve des anomalies isolées qui apparaissent en particulier au sud et à l'ouest. Il semble donc que l'or dans les minéraux lourds donne une image un peu moins claire que les comptes de grains.



Figure 47. Nombre de grains d'or total, levé La Grande Sud.

Projet CONSOREM 2011-05 : Optimisation des données de till pour l'exploration. Phase I : Évaluation quantitative de l'efficacité des méthodes d'analyse du till pour l'exploration de l'or 50





Figure 48. Nombre de grains d'or intacts, levé La Grande Sud.



Figure 49. Or dans les minéraux lourds, levé La Grande Sud.

# 4.3 Gîte Kenty, ceinture de Swayze, Ontario.

# Données disponibles

Les données consistent en 58 échantillons prélevés autour des gîtes du secteur Kenty (**Figure 50**; MRD-15, Bernier, 1994). La fraction fine des tills a été analysée. Le compte et la caractérisation des grains d'or du till ont également été effectués. Vingt-deux (22) des 58 échantillons ont été prélevés sur une ligne passant par le gîte Kenty #2.







#### Directions de dispersion glaciaires

La dispersion glaciaire dans le secteur est vers le sud-sud-est (160 degrés) et vers le sud-sud-ouest (190 degrés) (Bernier, 1994).

#### Minéralisations considérées

Le gîte Kenty consiste en des veines de quartz-pyrite-ankérite aurifères (OGS, 2012). On trouve plusieurs indices en surface et trois puits d'exploration ont été forés. Les réserves consistent en 400 000 tonnes de minerai de teneurs relativement basses. Il s'agit donc d'une minéralisation relativement modeste.

#### Meilleurs indicateurs, approche qualitative

Dans ce cas, le nombre d'échantillons est insuffisant pour calculer des statistiques de dispersion. On peut tout de même évaluer les dispersions visuellement.

Les teneurs en or dans la fraction fine sont présentées à la **Figure 51**. Les anomalies fortes (>31 ppb; 95e centile régional) sont concentrées sur la minéralisation et réparties à moins de 800 km au sud de la minéralisation. Sur la ligne passant par le gîte Kenty, la dispersion des anomalies est d'environ 400 m. Une anomalie forte se trouve à 800 m en aval glaciaire des gîtes. On peut donc évaluer la dispersion de l'or dans la fraction fine à environ 400 m.

Les anomalies fortes (>95e centile sur le levé régional) dans le nombre total de grains d'or se trouvent principalement sur les minéralisations et jusqu'à environ 1 km vers le sud (**Figure 52**). Les anomalies entre le 90e et 95e centile sont essentiellement limitées à la même distance. Le nombre de grains d'or intacts donne une répartition qui est très similaire au nombre de grains d'or total (**Figure 53**).



Dans ce cas, la minéralisation est bien visible autant sur la fraction fine du till que sur les comptes de grains d'or. La dispersion sur les grains d'or est toutefois 1,5 à 2 fois plus longue que pour la fraction fine. Il n'y a pas de différence notable entre le nombre total de grains d'or et le nombre de grains intacts.



Figure 51. Or dans la fraction fine (<63 microns), secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario.





Figure 52. Nombre de grains d'or total, secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario.



Figure 53. Nombre de grains d'or intacts, secteur de la mine Kenty, Swayze, Ontario.



# 4.4 Mine Matachewan - Young Davidson, Ontario

#### Données disponibles

Les échantillons de till du secteur des mines Matachewan et Young-Davidson font partie d'un levé plus régional (MRD-029; Bajc, 1997; **Figure 54**). Une quarantaine d'échantillons ont été prélevés dans le secteur immédiat des deux mines. Les données contiennent des analyses de la fraction fine pour l'or et les traceurs ainsi que le compte et la caractérisation des grains d'or. La densité d'échantillons est de 20 par km<sup>2</sup> dans ces deux mines, et de 1 échantillon par km<sup>2</sup> pour le levé régional.

#### Directions de dispersion glaciaires

La dispersion glaciaire dans le secteur est vers le sud-sud-est (160 degrés) et vers le sud-sud-ouest (190 degrés) (Bajc, 1997).

#### Minéralisations considérées

Les minéralisations du secteur sont relativement importantes (~1 MOz Au total pour les deux mines; Gosselin et Dubé, 2005). La syénite de la mine Young-Davidson est minéralisée à l'est de la fosse montrée sur la carte (Bajc, 1997).





#### Meilleurs indicateurs

Le nombre d'échantillons est insuffisant ici pour calculer des statistiques de dispersion. Les anomalies seront examinées visuellement. Comme une grande partie des échantillons de ce levé se trouve près de minéralisations connues, les seuils qu'on pourrait calculer seraient assez élevés. En conséquence, les seuils d'anomalies utilisés ici sont tirés du levé régional adjacent de Peterlong-Radisson.

Les teneurs en or dans la fraction fine du till sont très élevées directement sur la minéralisation (jusqu'à 510 ppb; **Figure 55**). Toutefois, les teneurs tombent très rapidement sous le bruit de fond (<95e centile) à



partir de 200 m au sud de la minéralisation. On trouve un creux dans les teneurs entre les deux mines. Dans le cas des grains d'or, les anomalies sont plus intenses en général que la fraction fine et se continuent un peu plus loin au sud (250 m pour un échantillon supplémentaire; **Figure 56**). Pour les grains d'or intacts, la répartition est très similaire à celle des grains d'or (**Figure 57**).

Dans cet exemple, la dispersion claire est très courte (environ 200 m), même s'il s'agit de minéralisations très importantes. Les grains d'or donnent une image meilleure de la dispersion que l'or dans la fraction fine. Par contre, l'échantillon à 500 m au sud de la minéralisation donne 16 grains d'or, ce qui dans un levé régional de l'Abitibi aurait donné une anomalie à examiner.



Figure 55. Or dans la fraction fine du till, secteur de la mine Matachewan.



Figure 56. Nombre de grains d'or total du concentré, secteur de la mine Matachewan.





Figure 57. Nombre de grains d'or intacts du concentré, secteur de la mine Matachewan.

# 4.5 Projet Meadowbank (Agnico-Eagle)

#### Données disponibles

Les données disponibles de ce secteur sont de deux types. Quatre cent vingt-huit (428) échantillons ont été analysés pour la fraction fine (<63 microns) du till seulement, pour l'or et différents autres éléments (**Figure 58**). Des concentrés de minéraux lourds ont été extraits de 98 autres échantillons de till de 10 kg. De ces 98 échantillons, 83 ont également fait l'objet d'analyses de la fraction fine du till. Les données du secteur ont fait l'objet d'une maîtrise par Goulet (2010). La densité est d'environ 3 échantillons par km<sup>2</sup>.

#### Directions de dispersion glaciaires

Les dispersions glaciaires du secteur ont été étudiées par Goulet (2010). La région a connu une histoire glaciaire assez complexe en raison de sa situation à proximité de la ligne de partage glaciaire du Keewatin. La dispersion glaciaire dominante, la plus récente, est vers le N-NNO, mais on trouve également des directions diverses: NO à ONO, NNE, O, SE, SO à OSO (Goulet, 2010). Il semble que la majorité des mouvements mesurés sur le terrain correspondent aux derniers mouvements, c.-à-d., N à NNO.

#### Minéralisations considérées

Plusieurs indices et gîtes aurifères sont localisés dans le secteur couvert par les échantillons de till (**Figure 58**). Il faut noter toutefois qu'il n'y a pas d'échantillon dans le secteur de la mine Meadowbank comme telle (qui est au sud du cadre).







#### Meilleurs indicateurs, approche qualitative

Le nombre d'échantillons analysés pour la fraction fine et les grains d'or est trop faible pour calculer des statistiques de dispersion comparatives dans ce levé. Les résultats seront évalués qualitativement.

La **Figure 59** montre le nombre de grains d'or total du till du secteur. Un train de dispersion très clair est visible à partir du gîte Vault dans la partie sud du secteur. Pour les gîtes Sparrow et PDF, il n'y a pas de dispersion claire. Le même signal peut être perçu sur le nombre de grains intacts (**Figure 60**), en utilisant les centiles correspondants aux divisions des nombres de grains total.

On remarque que le nombre de grains d'or dans le till dans ce secteur est uniformément très élevé. Seuls 4 des 98 échantillons sont sous le seuil proposé de 10 grains par 10 kg proposé par McClenaghan (2001) pour les tills de l'Abitibi. La médiane est très élevée, c.-à-d., 53 grains. Cette médiane est beaucoup plus élevée que celle des autres levés régionaux du sud du Supérieur (0 à 7 grains comme médiane). Cette médiane est également très élevée quand on la compare avec celle d'un levé plus local dans un secteur couvrant une minéralisation importante (ex: levé secteur Matachewan, médiane de 12 grains). On trouve des comptes d'or très élevés même dans des secteurs relativement éloignés des minéralisations.





Figure 59. Nombre total de grains d'or du concentré de minéraux lourds, secteur de Meadowbank-N, Nunavut.



Figure 60. Nombre de grains d'or intacts du concentré de minéraux lourds, secteur de Meadowbank-N, Nunavut.



Sur la **Figure 61**, on peut constater que la trainée associée au gîte Vault est bien visible sur la fraction fine du till également. Il ne semble toutefois pas y avoir de trainées aussi bien évidentes associées aux autres minéralisations du secteur. Une faible anomalie est présente sur le gîte PDF (entre 80e et 90e centile) mais n'a pas de dispersion claire (Goulet, 2010). C'est le cas de la zone Sparrow, où une valeur très forte est observée directement sur la zone, mais sans dispersion. On remarque sur cette même figure que l'essentiel des indices (étoiles jaunes) n'ont pas de signature dans la fraction fine en or. L'exception est probablement les indices situés au nord-est du gîte Vault dans la partie sud de la carte, qui semblent causer des anomalies.

La teneur médiane en or dans la fraction fine est de 8 ppb pour le levé complet. Ceci est plus élevé que la plupart des levés régionaux du sud du Supérieur examinés dans la section 3.1, qui avaient une médiane de 3 ppb. Cette médiane est toutefois similaire à des levés locaux réalisés dans des secteurs avec minéralisation comme celui de Matachewan par exemple (9 ppb). Toutefois, la différence est ici beaucoup moins importante que dans le cas des comptes de grains. Il est difficile de dire si cette abondance de grains est due à une granulométrie fine de l'or, à une abondance d'or dans le secteur ou à des processus glaciaires particuliers.

L'arsenic dans la fraction fine est présenté à la **Figure 62**. On constate sur cette figure que les gîtes Vault et PDF n'ont pas de signature en arsenic dans le till. Par contre, dans le secteur de la zone Sparrow et plus au nord, une anomalie en arsenic très importante apparaît. Cette anomalie correspond en gros à des anomalies importantes en or dans la fraction fine.



Figure 61. Or dans la fraction fine, secteur de Meadowbank-N, Nunavut.





Figure 62. Arsenic dans la fraction fine, secteur de Meadowbank-N, Nunavut.

## 5. SYNTHESE ET IMPLICATIONS POUR L'EXPLORATION

## 5.1 Synthèse des corrélations

Les corrélations entre les valeurs en or dans la fraction fine du till et les mesures du concentré de minéraux lourds sont en général faibles ou absentes, que ce soit pour les anomalies ou pour l'ensemble des valeurs. Les corrélations entre le nombre total de grains et l'analyse chimique du concentré sont moyennes (0,41 à 0,62, selon les levés). Les corrélations pour les anomalies sont semblables. Ceci signifie que la mesure de la fraction fine pour l'or est nettement très différente des mesures du concentré. Dans la plupart des cas, le compte du nombre de grains d'or donne également des résultats qui sont significativement différents de l'analyse du concentré; ceci est probablement dû à l'effet pépite important qui affecte l'analyse du concentré.

# 5.2 Synthèse des contrastes

Les contrastes des indicateurs dans les différents levés sont résumés ci-dessous. Dans le cas de certains levés locaux, l'efficacité relative a été évaluée de façon qualitative.



#### Levés régionaux

- Beardmore-Geraldton: Au Fines = Grains Au caractérisés = Grains Au Total > Au Lourds = Traceurs Lourds > Traceurs Fines
- Red Lake: Au Lourds Stat U = Grains Au total Stat U > Nbr grains Au total = Au Lourds = Grains Au caractérisés > (Traceurs Lourds)
- Peterlong-Radisson: Traceurs Fines > Grains Or total = Grains Or caractérisés > (Au Fines)
- Swayze: Traceurs Fines > Grains Or Total = (Au Fines > Grains Or Caractérisés > Grains Or Total StatU > Au Fines StatU)
- Matheson: Grains Au Total = Grains Or Caractérisés = Traceurs Lourds > (Traceurs Fines > Au Fines > Au Lourds)

## Levés locaux

- Éléonore: Au Lourds Stat U = Traceurs Lourds ? Grains Or Total > (Au Lourds)
- La Grande Sud: Grains Au Total > Grains Au Caractérisés > Au Lourds
- Kenty: Grains Au Total = Grains Au Caractérisés > Au Fines
- Matachewan: Grains Au Total = Grains Au Caractérisés > Au Fines
- Meadowbank: Grains Au Total = Grains Or Caractérisés ? Au Fines

Note: les traceurs sont As, Sb et/ou W. Les éléments entre parenthèses signifient un contraste non significatif ; à 90-95% de confiance. (?) indique une relation inconnue entre deux indicateurs.

Les contrastes précédents permettent de conclure que:

- Le nombre de grains d'or et la caractérisation des grains sont en général soit le meilleur ou le 2e meilleur indicateur dans tous les levés régionaux.
- Le compte de grains du concentré est toujours égal ou plus efficace que l'analyse du concentré et de la fraction fine pour l'or. Ceci est probablement dû à l'effet pépite qui est beaucoup moins important lorsque l'on compte les grains par rapport aux analyses.
- Il n'y a pas d'avantage évident à caractériser les grains par rapport à simplement les compter, autant pour les levés régionaux que pour les levés locaux.
- Dans les deux levés où la fraction fine et les concentrés sont analysés, l'analyse de la fraction fine pour l'or est égale ou plus efficace que le concentré de minéraux lourds pour l'or.
- L'or dans les fines, dans les lourds, les traceurs dans les fines ou les lourds peuvent être parfois excellents et parfois très peu efficaces.
- Des corrélations positives existent entre les minéralisations et des anomalies situées en aval glaciaire de celles-ci, dans tous les levés. Ceci indique qu'un échantillonnage de till à l'échelle régionale (1 éch. par 4-12 km<sup>2</sup>) et locale (1 éch. < 4 km<sup>2</sup>) est intéressant pour l'exploration.
- Dans deux levés régionaux sur trois, la valeur en or normalisée du concentré donne des contrastes inférieurs à la valeur brute
- La statistique U donne des résultats très intéressants dans le cas où les minéralisations sont importantes et regroupées dans des secteurs précis (Red Lake, Éléonore). Par contre, dans le cas de nombreux indices aurifères éparpillés comme dans le secteur de Swayze ou Peterlong-Radisson, elle est moins efficace



 La statistique U semble intéressante pour l'or dans le concentré de minéraux lourds mais pas pour le nombre de grains d'or total.

#### 5.3 Distances de dispersion des signaux aurifères dans le till

La distance de dispersion dans le till de l'or à partir d'une minéralisation n'est pas un sujet facile à aborder. Plusieurs facteurs potentiellement complexes influencent la distance de dispersion réelle d'une minéralisation dans le till. Ces facteurs sont énumérés ci-dessous. Étant donné cela, on peut s'attendre à ce que les distances de dispersion soient très variables d'un cas à l'autre.

- Taille et concentration de la minéralisation en surface;
- Orientation de la minéralisation vs le mouvement glaciaire;
- Présence ou absence d'un halo de minéralisation à faible teneur;
- Dynamique glaciaire régionale et locale: zone d'érosion ou de déposition matériel;
- Épaisseur de till et niveau du till échantillonné;
- Distribution et densité de l'échantillonnage;
- Seuils employés pour identifier les anomalies.

Différents auteurs ont abordé le sujet de la distance de dispersion de l'or dans le till. McClenaghan, 2001, mentionne que les distances de dispersion pour différents gisements de l'Abitibi varient de quelques dizaines de mètres à plus de 1 km. De son côté, McMartin, 2007, mentionne que la plupart des trains de dispersion de l'or dans le till sont de moins de 2 km. Averill, 2001, mentionne que la distance de dispersion détectable à partir des grains d'or est typiquement de moins de 1 km, mais que des dispersions jusqu'à 15 km peuvent être observées dans des cas exceptionnels (**Figure 63**). Cette variabilité exprime la complexité des facteurs énumérés précédemment.

Ceinture	Nom du aisement	Longueur du train de dispersion* (m)		Nombre de grain	Diamètre moyen
		Tracé	Est. totale	раг кд	grains d'or (µm)
Abitibi	Belore	400	400	2	50-100
Abitibi	Cooke Mine <sup>†</sup>	800	1000	Encapsulated	_
Abitibi	Golden Pond West	400	<sup>‡</sup> 400	3 🕓	50-100
Abitibi	Golden Pond	400	<sup>‡</sup> 500	2	50-75
Abitibi	Golden Pond East	800	<sup>‡</sup> 1000	6	25-75
Abitibi	Orenada	100	200	2	25-75
Abitibi	Kiena	100	300	3	10-75
Abitibi	Chimo	600	1000	4	50-75
La Ronge	EP** (Waddy Lake)	600	2000	10	10-100
La Ronge	Star Lake	300	800	2	10-50
La Ronge	Tower Lake	7000	<sup>‡</sup> 7000	10	10-50
La Ronge	Bakos	2000	2000	20	25-50
Lynn Lake	Farley Lake	400	400	1	25-75
Humber	Devil's Cove	2000	2000	6	10-100
Rainy River	17 Zone	2000	<sup>††</sup> 15 000	10	10-50

\* Basé sur un minimum de 10 grains d'or de taille et de forme similaire pour un standard de 10 kg pour une trainée d'or libre et, qui coïncide avec les hautes teneurs en or et en métaux de bases dans des tills non altérés «encapsulant » les trainées aurifères.

† Gisement d'or «encapsulé»

Trainée réduite et/ou dispersée par l'érosion durant le dernier avancé glaciaire.

\*\* Gisement orienté parallèlement à l'écoulement glaciaire.

++ Longueur de la trainée augmentée par une auréole d'altération riche en or, mesurant 5 km<sup>2</sup> et entourant le gisement aurifère.

**Figure 63.** Caractéristiques des dispersions des grains d'or dans le till de différents gisements du Canada. Tiré de Averill, 2001.


Dans le cadre de l'étude actuelle, les travaux réalisés à l'échelle régionale ne permettent pas d'estimer la distance réelle de dispersion des minéralisations. On peut dire seulement que les signaux sont plus forts entre 0 et 2,5 km qu'entre 2,5 et 5 km. Il est intéressant de noter que des contrastes positifs et significatifs apparaissent de 2,5 à 5 km dans plusieurs cas. Toutefois, il est difficile de dire si ces anomalies sont dues à des dispersions distales ou à un contexte métallogénique favorable (minéralisations de faibles teneurs ou encore inconnues).

Les exemples à l'échelle locale permettent toutefois d'évaluer un peu mieux les distances de dispersion. Les distances de dispersion ci-dessous peuvent être évaluées à partir des données disponibles.

- Éléonore (Baie-James) : environ 5 km.
- La Grande Sud (Baie-James): environ 2 km.
- Matachewan-Young Davidson (Abitibi): environ 300 m.
- Vault 1 (Nunavut) : environ 1650 m (Goulet, 2010)

# 5.4 Implications - densité des échantillons

Les contrastes positifs entre les minéralisations et les échantillons situés en aval des minéralisations dans les levés régionaux (densité entre 1 éch. par 4 à 10 par km<sup>2</sup>) indiquent que l'analyse est utile pour détecter des camps miniers aurifères et possiblement des minéralisations individuelles.

À l'échelle locale, sachant que les trains de dispersion sont en général relativement courts (<1-2 km), il faut une densité d'échantillons relativement élevée pour ne pas manquer de minéralisations. Une densité de l'ordre de 1 échantillon par 1 km<sup>2</sup> au minimum est nécessaire.

## 5.5 Implications - analyses optimales

Peu importe l'échelle, il peut être intéressant d'analyser les échantillons par **plusieurs** méthodes, si possible selon les conditions de terrain et les budgets disponibles. Les raisons sont les suivantes:

- Pour l'or, le compte de grains du concentré est la méthode qui est la plus efficace en général.
- L'analyse géochimique (fines ou concentré) est nécessaire pour avoir les traceurs de l'or (As, Sb, Cu, W, Bi etc.), qui sont beaucoup moins sensibles à l'effet pépite que l'or et qui donnent fréquemment de bons résultats. Les traceurs qui sont sous forme de sulfures (ex: As, Sb, Cu) sont plus fiables dans la fraction fine si l'échantillon est prélevé à la pelle (<3 m en forêt boréale, voir projet 2010-05).
- L'absence ou les faibles corrélations entre la fraction fine, le nombre de grains, et l'analyse du concentré en or indiquent que les mesures de l'or dans le till donnent chacune une information différente sur l'or dans le till et/ou que l'effet pépite est élevé dans beaucoup de cas.
- L'étude théorique des méthodes d'analyse du till (projet 2010-05) pour l'or avaient montré que la fraction fine, les grains d'or et l'analyse de l'or dans le concentré rapportent des caractéristiques différentes du contenu en or du till. Par exemple, l'analyse de la fraction fine est la seule méthode pour détecter efficacement l'or provenant d'un gisement avec or de très fine granulométrie. L'analyse du concentré permet de détecter de l'or en inclusion dans la pyrite dans des tills non-oxydés, ce que le compte de grains ne permet pas.



## 5.5.1 Recommandations pour l'exploration

À partir des observations précédentes et des travaux réalisés dans le projet 2010-05, on peut suggérer deux cas idéaux d'analyses du till cas selon le degré d'oxydation des échantillons du levé. En effet, les traceurs comme l'arsenic sont instables dans le concentré de minéraux lourds lorsque le till est oxydé et près de la surface et sont concentrés dans la fraction fine.

- Dans tous les cas, faire un concentré non-magnétique de minéraux lourds et compter le nombre de grains d'or (pas nécessaire de caractériser les grains) dans un échantillon de 15 kg. Notez la présence de sulfures si le till est frais.
- Si le till est prélevé près de la surface et oxydé (ex: à la pelle, à une profondeur de moins de 3 m en forêt boréale; voir projet 2010-05)
  - Analyser la fraction fine pour l'or et les traceurs, d'un échantillon de 1-2 kg. Comme montré dans le projet 2010-05, il faut augmenter la taille de matériel analysé en laboratoire pour l'or pour diminuer l'effet pépite (au moins 50 g, préférablement plus). Il est généralement peu coûteux de réaliser une analyse de fraction fine (environ 55 \$ par échantillon pour le tamisage et une analyse ICP-MS avec Au).
- Si le till est prélevé en profondeur et/ou non-oxydé (ex: en forage ou avec une rétrocaveuse).
  - Analyser le concentré de minéraux lourds déjà prélevé pour l'or et les traceurs.

En se basant sur les coûts analytiques typiques évalués dans le cadre du projet 2010-05, on trouve que les deux scénarios donnent des coûts semblables par échantillon pour l'analyse elle-même (environ 200 \$ par échantillon).

#### Autres paramètres à considérer

L'analyse précédente se base uniquement sur l'efficacité relative des méthodes pour détecter les minéralisations. Les conditions de terrain, budgétaires, le type de méthode de prélèvement et l'échelle de travail peuvent également influencer le choix des méthodes.

Dans certains cas, les coûts associés à la prise d'échantillons peuvent être relativement élevés par rapport aux coûts analytiques et de transport des échantillons vers le laboratoire. Ceci peut être le cas de levés ou les échantillons sont prélevés par forages ou par rétrocaveuse, dans le cas de secteurs difficiles d'accès (ex: hélicoptère seulement) ou de sites éloignés les uns des autres (levés régionaux). Dans ces cas, on peut donc vouloir maximiser l'information obtenue par site. Ceci est un argument pour analyser chaque échantillon par plus de deux méthodes différentes, comme proposé dans le cas idéal.

Les échantillons de 10-15 kg posent toutefois des défis pratiques directement sur le terrain. En effet, un technicien sur le terrain peut transporter facilement de nombreux échantillons de till de 1-2 kg mais beaucoup moins d'échantillons de 10-15 kg. Si les sites ne sont pas localisés proches d'accès routier ou de lacs, le transport vers le camp des échantillons de 10-15 kg peut donc être difficile. Selon la logistique disponible, la prise des échantillons de 10-15 kg peut donc engendrer des coûts substantiellement plus élevés que les échantillons de 1-2 kg pour la fraction fine.

Il faut également considérer le coût de ramener les échantillons du terrain vers le laboratoire. Dans le cas de régions très éloignées où les échantillons doivent être ramenés par avion vers le laboratoire, le coût de transport des échantillons de 10-15 kg peut devenir prohibitif pour des campagnes extensives.



## 5.5.2 Possibilités futures d'optimisation de la fraction fine

La fraction fine du till est sensible à l'effet pépite. Ceci est dû au fait que seulement 30-50 g de matériel est réellement analysés au laboratoire. Par contre, certains laboratoires offrent des analyses de cyanuration qui permettent l'analyse réelle de 500 g de matériel. Comme l'effet pépite est relié de façon linéaire à la quantité de matériel analysé, on diminuerait alors de 10 fois l'effet pépite. Cette éventualité, qui serait à tester, permettrait donc d'éliminer le désavantage principal de la fraction fine tout en gardant ses nombreux avantages, qui sont notamment les suivants:

- Il est 4 fois moins coûteux d'analyser la fraction fine que de compter les grains d'or ou d'analyser le concentré;
- Les échantillons nécessaires sont de 2-3 kg plutôt que 15 kg --> beaucoup plus faciles au niveau des coûts et des difficultés de transport et de logistique.

## 5.6 Identification des anomalies, échelle régionale à locale

La méthode la plus directe pour cibler les minéralisations aurifères à l'échelle régionale et locale (entre 1 éch. par 12 km<sup>2</sup> et 4 éch par km<sup>2</sup>) est de considérer en priorité les échantillons qui contiennent le plus grand nombre de grains d'or visible, si cette donnée est disponible. On pourrait aussi combiner les anomalies des traceurs applicables au secteur (As, W, Bi) afin de cibler de meilleurs secteurs.

Les données de l'or dans la fraction fine et dans le concentré de minéraux lourds sont complémentaires. Toutefois, étant donné l'effet pépite important qui est présent en particulier dans les concentrés de minéraux lourds en or et aussi dans les fractions fines, une anomalie isolée en or n'a pas une grande signification. Il peut en effet s'agir d'un seul grain qui a pu être transporté sur une grande distance. Il faut ainsi additionner l'aspect spatial ou multivariable des analyses pour cibler les anomalies. Pour ce faire, on doit également diminuer les seuils d'anomalies II faut donc cibler en priorité:

- 1. Les anomalies en or qui sont groupées dans un même secteur, si la densité des données est suffisante. On peut soit calculer la statistique U ou bien considérer visuellement les regroupements d'anomalies, en utilisant un seuil d'anomalies relativement plus bas (ex: 75e centile).
- 2. Les anomalies en or qui sont accompagnées d'anomalies en des éléments traceurs (ex: As, Sb, W, Te).

Il est probable que les anomalies à l'échelle régionale sont autant susceptibles de représenter des contextes minéralisés que des minéralisations individuelles. Plus la densité du levé augmente, plus on est susceptible d'identifier des anomalies qui représentent des minéralisations individuelles.

#### 5.6.1 Seuils d'anomalies

McClenaghan, 2001 suggère les seuils suivants pour l'Abitibi, selon les secteurs (basés sur le 95e centile de différents levés):

- Fraction fine: 5-25 ppb Au.
- Concentré de minéraux lourds: 500-1500 ppb Au.
- Grains or total : 5-10 grains.

L'étude actuelle, qui couvre plusieurs autres régions en plus de l'Abitibi, montre que les distributions et notamment les 95e centiles de différents levés régionaux sont assez variables (**Figure 64; Figure 65; Figure 66**). Ceci suggère qu'il est préférable de choisir des seuils relatifs plutôt qu'absolus pour les différents levés en fonction du bruit de fond en or du secteur.





Figure 64. Or dans la fraction fine selon les secteurs, levés régionaux.



Figure 65. Or dans les minéraux lourds selon les secteurs, levés régionaux.





Figure 66. Nombre de grains d'or du concentré selon les secteurs, levés régionaux.

# 5.7 Identification des anomalies associées à une minéralisation individuelle, échelle locale

À l'échelle détaillée (> 4 éch par km<sup>2</sup>), si on fait seulement la fraction fine, on doit considérer les anomalies en or qui sont groupées dans l'espace, en utilisant un seuil d'anomalies plus bas, ou en calculant la statistique U. On doit aussi privilégier les groupes d'anomalies qui sont combinées à des anomalies en traceurs de l'or pour maximiser les résultats.

# 5.8 Identification des anomalies associées un contexte métallogénique

À plus grande échelle, une série d'échantillons anomaliques en or dans les minéraux lourds ou les fines dans un secteur plus large (>4 km<sup>2</sup>) peut indiquer un contexte aurifère favorable.



# 6. CONCLUSIONS

Ce projet a permis de démontrer de façon convaincante que le compte de grains d'or du concentré est la méthode la plus robuste pour détecter les minéralisations aurifères à partir de l'échantillonnage du till. Ceci est probablement dû au fait que cette méthode est moins influencée par l'effet pépite que les analyses géochimiques du till. Les anomalies géochimiques en or doivent être considérées selon la perspective de groupement de valeurs élevées plutôt que d'anomalies isolées. L'analyse géochimique reste utile pour détecter les éléments accompagnant l'or (arsenic, antimoine, tungstène, etc.). Dans le cas de till prélevé près de la surface et oxydé, l'analyse de la fraction fine est privilégiée. Pour un till prélevé en profondeur, moins oxydé, on peut analyser le concentré de minéraux l'or. Dans le cas de levés à une échelle détaillée (plus de 4 échantillons par kilomètre carré), il peut être plus efficace d'échantillonner seulement la fraction fine.

# 7. REMERCIEMENTS

L'auteur remercie les membres du Consorem qui ont bien voulu fournir des données de till dans le cadre de ce projet: Olivier Coté-Mantha (Agnico-Eagle), Vital Pearson et Paul Archer (Mines Virginia) ainsi que Ronan Deroff et Philippe Berthelot (Ressources Cartier). Merci également à différentes personnes qui ont bien voulu répondre à des questions reliées à ce projet: Beth McClenaghan (Commission Géologique du Canada), Rémi Charbonneau (Consultants Inlandsis), Rémy Huneault (ODM), Harvey Thorleifson (Minnesota Geological Survey). Finalement un gros merci à Geneviève Boudrias, Julie Menier et Réal Daigneault pour la lecture critique et la mise en forme finale de ce document.



## RÉFÉRENCES

- Averill, S., 2001. The application of heavy indicator mineralogy in mineral exploration with emphasis on base metal indicators in glaciated metamorphic and plutonic terrains. Dans: McClenaghan, M.B., Bobrowsky, P.T., Hall, G.E.M. et Cook, S.J. (eds). Drift Exploration in Glaciated Terrain. Geological Society, London, Special Publications 185, p. 69-81.
- Bajc, A.F., 1996. Regional Distribution of Gold in Till in the Peterlong Lake-Radisson Lake Area, Southern Abitibi Subprovince; Potential Exploration Targets. Ontario Geological Survey, Open File Report 5941, 57p.
- Bajc, A.F., 1997. A Regional Evaluation of Gold Potential Along the Western Extension of the Larder Lake-Cadillac Break, Matachewan Area: Results of Regional Till Sampling. Ontario Geological Survey, Open File Report 5957, 67p.
- Bandyayera, D., Rheaume, P., Maurice, C., Bedard, E., Morfin S., Sawyer, E.W., 2010. Synthèse géologique du secteur du réservoir Opinaca, Baie-James. Ministère des ressources naturelles du Québec, document RG-2010-02.
- Bonham-Carter, G.F., 1994. Geographic information systems for geoscientists. 1ere édition. Pergamon Press.
- Goulet, C., 2010. La prospection glacio-sédimentaire en zone d'écoulements glaciaires multiples comme outil pour l'exploration de gisements aurifères: le cas du secteur de Meadowbank au nord de Baker Lake, Nunavut. Mémoire de maîtrise, UQAM.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M.C., Mercier-Langevin, P., Davis, D.W., 2001. Géologie de la collone Masson (33F09), de la passe Awapakamich (33F10), de la Baie Carbillet, (33F15) et de la passe Pikwahipanan (33F16). Ministère des ressources naturelles du Québec, document RG-2000-10.
- Bernier, M.A., 1994. Particulate gold and heavy mineral abundance in surficial sediments, western Swayze greenstone belt. Ontario Geological Survey, Open File Report 6898, 63p.
- Boucher, R., 1999. Dispersion glaciaire du bassin de la Rivière La Grande; Baie-James, Québec. Université du Québec à Montréal, mémoire de maîtrise. 155p.
- Charbonneau, R., 2010. Till sampling 2008, Éléonore Project, James Bay, Québec. Opinaca Mines Ltd. Ministère des ressources naturelles du Québec, Document GM-65193.
- Cheng, Q., 1999. Spatial and scaling modelling for geochemical anomaly separation. Journal of Geochemical Exploration, 65: 175-194.
- Gilbert, P., Jacob, H.L., Lasalle, P., Warren, B., 1972. Échantillonnage du till en profondeur en Abitibi. Ministère des ressources naturelles du Québec, Document DP-308.
- Gosselin, P. Dubé, B., 2005. Gold deposits of Canada: distribution, geological parameters and gold content. Commission géologique du Canada, Dossier Publc 4896.
- Lasalle, P. Henry, J., 1987. Géochimie du till région de l'Abitibi (projet Cadillac or, arsenic, antimoine, tungstène). Ministère des ressources naturelles du Québec, Document DP-87-22.



- Lasalle, Y., Lasalle, P., Beaumier, M., 2005. Fractions lithiques et minéralogiques du till de base de la partie sud de l'Abitibi (données numériques du MB-85-29). Ministère des ressources naturelles du Québec, document DP-2005-01.
- McCleneghan, M.B., 1992. Surface till geochemistry and implications for exploration, Black River-Matheson area, northeastern Ontario. Exploration and Mining Geology 1, p.327-337.
- McClenaghan, M.B., 2001. Regional and local-scale gold grain and till geochemical signatures of lode Au deposits in the western Abitibi Greenstone Belt, central Canada. Dans: McClenaghan, M.B., Bobrowsky, P.T., Hall, G.E.M. et Cook, S.J. (eds). Drift Exploration in Glaciated Terrain. Geological Society, London, Special Publications 185, p. 201-224.
- McMartin, I., McClenaghan, M.B., 2001. Till geochemistry and sampling techniques in glaciated shield terrain: a review. Dans: McClenaghan, M.B., Bobrowsky, P.T., Hall, G.E.M. et Cook, S.J. (eds). Drift Exploration in Glaciated Terrain. Geological Society, London, Special Publications 185, p. 1-17.
- McMartin, I., 2007. Till composition across the Meliadine trend, Rankin Inlet area, Kivalliq region, Nunavut. Commission géologique du Canada, dossier public 3747.

Ontario Geological Survey., 2004. Mineral Deposit Inventory Version 2 (MDI2), October 2004 Release.

- Parent, M., Paradis, S.J., Doiron, A., 1996. Palimpsest glacial dispersal trains and their significance for drift prospecting. Journal of Geochemical Exploration 56, p. 123-140.
- Sharpe, D.R., Russell, H.A.J., 1999. Indicator mineral and till geochemical reconnaissance of the Red Lake/Confederation Lake are, District of Red Lake, Northwestern Ontario: Raw Data with Preliminary Interpretation. Commission géologique du Canada, Dossier Public 3038.
- Thorleifson, L.H., Kristjansson, F.J., 1990. Geochemical, mineralogical and lithological analyses of glacial sediments for gold, base metal and kimberlite exploration, Beardmore-Geraldton area, district of Thunder Bay, Northern Ontario. Commission Géologique du Canada, Dossier Public 2266, 418p.
- Trépanier, S., 2006. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs, phase 2. Rapport projet CONSOREM 2005-03 et document MRNF GM-62922.
- Veillette, J.J., McClenaghan, M.B., 1996. Les écoulements glaciaires de l'Abitibi-Témiscamingue, Québec et Ontario: Implication pour l'exploration minérale et la répartition des dépôts carbonatés provenant des basses terres de la baie d'Hudson. Commission géologique du Canada, Dossier public 3033.