

Université du Québec  
INRS-Eau-Terre-Environnement

**Modélisation gravimétrique et magnétique des intrusions  
gabbro-noritiques de Lapeyrère et d'Édouard, région de Portneuf-  
Mauricie, Province de Grenville, Québec**

Par  
Nicolas Paradis

Mémoire présenté  
pour l'obtention  
du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)  
en Sciences de la Terre

Examineur interne

Dr. Michel Malo, INRS-ETE

Examineur externe

Dr. Pierre Keating, Commission géologique  
du Canada

Directeur de recherche

Dr. Léopold Nadeau, Commission  
géologique du Canada

Codirecteur de recherche

Dr. Richard Fortier, Université Laval



## Résumé

Les tectonites et les gneiss grenvilliens à haut rang métamorphique de la région de Portneuf-Mauricie renferment plusieurs intrusions gabbroïques tardi-orogéniques. La plus grande de ces intrusions, le Gabbronorite de Lapeyrère, se démarque régionalement par une anomalie de Bouguer élevée. Cette intrusion, d'une superficie d'environ 160 km<sup>2</sup>, génère une anomalie positive dont le gradient vertical est de plus de 3 mGal/km, ce qui donne lieu à l'anomalie la plus importante de la partie centre-sud de la Province de Grenville. Le Gabbronorite d'Édouard, situé à une vingtaine de kilomètres au nord de celui de Lapeyrère, contribue d'une manière plus modeste au patron de l'anomalie gravimétrique régionale. Le Gabbronorite de Lapeyrère est également caractérisé par un patron d'anomalies aéromagnétiques complexe. Les objectifs de cette étude sont i) de documenter et de modéliser les anomalies gravimétriques générées par les intrusions de Lapeyrère et d'Édouard, et ii) d'expliquer le patron de magnétisation du Gabbronorite de Lapeyrère pour permettre la modélisation de son anomalie magnétique.

Un levé gravimétrique de plus de quatre cents stations de mesures a été réalisé afin d'améliorer la couverture existante. Entre autre, des mesures de masse volumique ont été effectuées sur près de deux cents échantillons. Les propriétés magnétiques telles que la susceptibilité magnétique, l'aimantation induite et l'aimantation rémanente ont été mesurées sur plus d'une centaine d'échantillons orientés.

La modélisation gravimétrique en trois dimensions montre que le Gabbronorite de Lapeyrère s'évase vers le bas pour atteindre une profondeur d'environ 8 km. Quoique l'aire d'affleurement du Gabbronorite d'Édouard soit de taille modeste, l'anomalie gravimétrique signale la présence en sous-surface d'une masse considérable de roches intrusives de composition mafique - ultramafique, dont la profondeur peut atteindre environ 6.5 km. De plus, la modélisation indique que ces masses intrusives peuvent être continues en sous-surface. Enfin, les roches de la Suite de Rivière-à-Pierre, de masse volumique plus faible, forment un feuillet qui s'épaissit vers l'est pour atteindre possiblement une épaisseur de 4 kilomètres.

L'analyse des propriétés magnétiques et la modélisation indiquent que l'anomalie aéromagnétique associée au Gabbronorite de Lapeyrère résulte d'une variation de l'intensité de l'aimantation induite et rémanente. Le fort contraste d'aimantation à l'intérieur de l'intrusion est attribuable à de faibles variations des teneurs en oxydes de fer et titane qui résultent du fractionnement magmatique. Finalement, la modélisation de l'anomalie régionale magnétique résiduelle associée au Gabbronorite de Lapeyrère concorde avec le modèle gravimétrique.



Nicolas Paradis  
Étudiant



Dr. Léopold Nadeau  
Directeur de recherche



## Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de thèse, le Dr. Léopold Nadeau (Commission géologique du Canada) pour son implication soutenue tout au long du projet. Je remercie également le Dr. Pierre Keating et Ken Buchan (Commission géologique du Canada) pour leur support continue et leurs nombreux conseils. Je suis également très reconnaissant à Pierre Brouillette pour son aide précieuse lors de la préparation de plusieurs figures.

Ma gratitude s'étend également au Dr. Richard Fortier (Université Laval) et au Dr. Michel Malo (INRS-ETE) qui, par leurs commentaires avisés, m'ont permis d'améliorer la qualité du manuscrit avant son dépôt final.

Finalement, je suis reconnaissant à Pierre Brouillette et mon père Jacques pour leur assistance lors des travaux de terrain.

Ce projet a été en partie financé par la Commission géologique du Canada dans le cadre des travaux de géologie régionale réalisés dans la Province de Grenville. J'ai également bénéficié de bourses d'études de l'INRS-ETE.



## Table des matières

Résumé.....	ii
Remerciements.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des figures .....	vi
Liste des tableaux.....	viii
Chapitre 1 - Introduction et cadre géologique .....	1
1.1 Problématique et objectifs.....	1
1.2 Cadre géologique régional .....	3
1.3 Principales unités lithologiques d'extension régionale .....	5
1.4 Pétrologie et structure des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard .....	9
1.4.1 Gabbronorite de Lapeyrère .....	9
1.4.2 Gabbronorite d'Édouard.....	11
1.5 Empreinte structurale et métamorphisme régional .....	11
Chapitre 2 - Étude des anomalies gravimétriques.....	19
2.1 Mesure de la masse volumiques .....	19
2.1.1 Méthodologie .....	19
2.1.2 Résultats.....	20
2.1.3 Discussion .....	23
2.2 Levés gravimétriques antérieurs .....	26
2.3 Nouveau levé gravimétrique .....	26
2.3.1 Localisation et altimétrie.....	26
2.3.2 Mesure du champ gravitationnel.....	27
2.4 Traitement des données.....	28
2.5 Interprétation qualitative.....	29

2.5.1 Principe.....	29
2.5.2 Description de l'anomalie de Bouguer .....	29
2.6 Interprétation quantitative .....	31
2.6.1 Anomalie régionale .....	31
2.6.2 Anomalie résiduelle.....	32
2.6.3 Modélisation.....	32
Chapitre 3 - Étude des anomalies magnétiques.....	49
3.1 Aimantation .....	49
3.1.1 Sources minéralogiques et pétrologique de l'aimantation .....	49
3.1.2 Mesures de la susceptibilité magnétique et de l'aimantation rémanente naturelle .....	52
3.1.3 Résultats .....	57
3.1.4 Interprétation .....	60
3.1.5 Discussion .....	66
3.2 Modélisation des anomalies magnétiques .....	67
3.2.1 Données aéromagnétiques.....	67
3.2.2 Traitements des données .....	68
3.2.3 Interprétation qualitative .....	68
3.2.4 Interprétation quantitative .....	69
Chapitre 4 - Discussion et conclusions	
4.1 Discussion .....	85
4.2 Conclusions .....	87
4.3 Recommandations .....	88
Références .....	89
Annexe 1 - Mesures de la masse volumique.....	93
Annexe 2 - Mesures de la susceptibilité magnétique et de la rémanence magnétique.....	99

## Liste des figures

Figure 1.1	Carte de localisation de la région de Portneuf-Mauricie, et subdivisions tectoniques du secteur centre-sud de la Province de Grenville .....	12
Figure 1.2	Carte géologique simplifiée de la région de Portneuf-Mauricie .....	13
Figure 1.3	Carte de l'anomalie de Bouguer de la région Portneuf-Mauricie .....	14
Figure 1.4	Carte du gradient vertical de l'anomalie de Bouguer de la région Portneuf-Mauricie.....	15
Figure 1.5	Carte du champ magnétiques réduit au pôle de la région Portneuf-Mauricie .....	16
Figure 1.6	Carte du gradient vertical du champ magnétique réduit au pôle de la région Portneuf-Mauricie.....	17
Figure 1.7	Cartes géologiques simplifiées du Gabbronorite de Lapeyrère .....	18
Figure 2.1	Carte de localisation des échantillons retenus pour les mesures de masse volumique .....	35
Figure 2.2	Histogrammes de fréquence et statistiques pour des mesures de masse volumique d'échantillons représentatifs des différents faciès lithologiques du Gabbronorite de Lapeyrère.....	36
Figure 2.3	Histogrammes de fréquence et statistiques pour des mesures de la masse volumique d'échantillons représentatifs du Gabbronorite d'Édouard et des unités lithologiques dominantes de la région Portneuf-Mauricie.....	37
Figure 2.4	Carte de localisation des stations gravimétriques de la région Portneuf-Mauricie.....	40
Figure 2.5	Histogramme de fréquence des valeurs de l'anomalie de Bouguer.....	41
Figure 2.6	Semivariogramme omnidirectionnel de l'anomalies de Bouguer et paramètres d'interpolation.....	41
Figure 2.7	Profils projetés de l'anomalie de Bouguer le long des lignes A) A-A', B) B-B', et C) C-C' de la Figure 1.3.....	42
Figure 2.8	Carte de l'anomalie gravimétrique régionale ( $\lambda > 150$ km).....	43
Figure 2.9	Carte des anomalies gravimétriques résiduelles ( $\lambda < 150$ km). .....	44
Figure 2.10	Profils des anomalies gravimétriques résiduelles le long des lignes A) A-A', B) B-B', et C) C-C' de la Figure 1.3. ....	45
Figure 2.11	Vue aérienne en direction nord-est du modèle gravimétrique 3D des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard. ....	47

Figure 2.12	Vue aérienne en direction nord-ouest du modèle gravimétrique 3D des intrusions granitiques tabulaires de la Suite de Rivière-à-Pierre. ....	48
Figure 3.1	Cartes de distribution de certains traits pétrographiques et géochimiques du Gabbronorite de Lapeyrère .....	72
Figure 3.2	Graphique de l'intensité de l'aimantation induite en fonction du contenu en minéraux métallique.....	73
Figure 3.3	Carte de l'aimantation rémanente naturelle du Gabbronorite de Lapeyrère. ....	74
Figure 3.4	Carte de l'aimantation induite du Gabbronorite de Lapeyrère. ....	74
Figure 3.5	Histogrammes de fréquence de l'aimantation induite pour les principales unités lithologiques de la région d'étude.....	75
Figure 3.6	Anisotropie de la susceptibilité magnétique de l'unité A du Gabbronorite de Lapeyrère . ....	77
Figure 3.7	Histogramme de fréquence de l'aimantation rémanente naturelle . ....	77
Figure 3.8	Projection stéréoscopique des directions d'aimantation rémanente . ....	78
Figure 3.9	Courbes de désaimantation thermique de l'intensité de l'aimantation en fonction de la température pour quinze échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère.....	79
Figure 3.10	Graphique du contenu en minéraux A) opaques (oxydes et sulfures), et B) ferromagnésiens (pyroxènes, amphiboles et biotite) en fonction du rapport Fe/Mg d'échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère. ....	80
Figure 3.11	Graphique de l'aimantation induite en fonction du contenu en minéraux métalliques d'échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère. ....	81
Figure 3.12	Graphique de l'aimantation rémanente en fonction de la composition du plagioclase d'échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère.....	81
Figure 3.13	Caractérisation des anomalies du champ magnétique total résiduel: A) histogramme de fréquence des valeurs de champ magnétique total résiduel, et B) semivariogramme omnidirectionnel des anomalies magnétiques et paramètres d'interpolation.....	82
Figure 3.14	Carte du logarithme en base 10 des anomalies du champ magnétique total résiduel du Gabbronorite de Lapeyrère.....	83
Figure 3.15	Modélisation de l'anomalie aéromagnétique du Gabbronorite de Lapeyrère et de la Suite de Rivière-à-Pierre. ....	84

## Liste des tableaux

Tableau 2.1	Mesures de la masse volumique moyenne des principales unités lithologiques de la région d'étude.....	38
Tableau 2.2	Valeurs de la masse volumique moyenne d'unités lithologiques typiques de la Province de Grenville.....	39
Tableau 2.3	Valeurs d'amplitude de l'anomalie gravimétrique résiduelle associées aux corps géologiques modélisés dans cette étude .....	46
Tableau 3.1	Intensité de l'aimantation rémanente et induite.....	76
Tableau 3.2	Direction de l'aimantation rémanente des unités magmatiques du Gabbronorite de Lapeyrère.....	76
Tableau 3.3	Valeurs des propriétés magnétiques des entités lithologiques retenues pour la modélisation de l'anomalie aéromagnétique associée au Gabbronorite de Lapeyrère .....	76



## Chapitre 1

### Introduction et cadre géologique

#### 1.1 Problématique et objectifs

Les cartes géophysiques, les photographies aériennes et les images satellitaires constituent les principaux outils permettant de compléter, d'étendre et de généraliser les résultats des levés géologiques de terrain en vue de la production de cartes géologiques et de modèles tectoniques. Alors que les photos aériennes et les images satellitaires révèlent essentiellement l'expression géomorphologique (i.e. relief, patron de fracture, bris topographiques, ...) des entités géologiques, les cartes géophysiques mettent en contraste certaines propriétés physiques des roches (i.e. susceptibilité magnétique, densité, ...). Ces outils sont complémentaires puisqu'ils fournissent des informations indépendantes, physiographiques vs propriétés physiques, quant à la nature des corps géologiques.

Les cartes géophysiques sont couramment utilisées dans l'imagerie de l'architecture tectonique des chaînes orogéniques. Leur interprétation qualitative est particulièrement importante dans le cas de la Province de Grenville (e.g. Rivers et al., 1989) notamment à cause du niveau catazonal de la surface d'érosion, de l'absence de relief tectonique, de la présence de couvertures forestières et de dépôts meubles denses et continues, et de la maille des levés géologiques de terrain. Les inférences et conclusions en termes lithologiques, structuraux et tectoniques, dégagées à partir des patrons géophysiques dépendent en tout premier lieu de la justesse des interprétations qualitatives. Celles-ci doivent, autant que faire se peut, s'appuyer sur une

modélisation rigoureuse et sur des confirmations obtenues par des approches indépendantes. De telles études sont malheureusement peu nombreuses, notamment dans la Province de Grenville, limitant ainsi la fiabilité des interprétations géologiques qui en découlent.

La région de Portneuf-Mauricie se situe à la jonction de quatre domaines lithotectoniques de premier ordre dans la mosaïque géologique du secteur centre-sud de la Province de Grenville (Fig. 1.1). Ces domaines présentent des patrons géophysiques contrastants, en relation directe avec les propriétés physiques des roches, leurs traits lithologiques et leurs fabriques tectoniques (Figs. 1.2 à 1.6). La région se distingue entre autre par la présence d'une anomalie régionale de Bouguer allongée vers le nord suivant le grain structural (Figs. 1.3 et 1.4). Cette anomalie comporte trois sommets correspondants aux intrusions gabbronoritiques de Lapeyrère, d'Édouard et d'Étoile. D'autre part, ces intrusions présentent un patron d'anomalies aéromagnétiques de courte longueur d'onde qui contraste avec l'homogénéité pétrographique et compositionnelle des roches (Figs. 1.5 et 1.6).

La présente étude vise la caractérisation et la modélisation des anomalies gravimétriques et magnétiques associées aux intrusions gabbronoritiques de Lapeyrère et d'Édouard. Plus spécifiquement, les objectifs sont de:

- A) caractériser les variations de masse volumique des roches du sous-sol de la région Portneuf-Mauricie, et d'établir les relations entre les valeurs de masse volumique, les unités lithologiques et les variations de l'anomalie de Bouguer;
- B) caractériser les variations des propriétés magnétiques à l'intérieur du Gabbronorite de Lapeyrère, et établir les relations entre les propriétés magnétiques des roches, la

péetrographie et le patron d'anomalies aéromagnétiques;

- C) modéliser les anomalies gravimétriques et magnétiques afin d'établir la forme tridimensionnelle et la taille de ces intrusions;
- D) discuter des implications des modèles en terme du mode de mise en place des intrusions étudiées.

De plus, les résultats de cette étude permettront de mieux comprendre la nature et l'origine des variations régionales de l'anomalie de Bouguer et, à plus grande échelle, des patrons d'anomalies magnétiques. Ainsi, cette étude permettra de mieux caler les interprétations géologiques, structurales et tectoniques qui reposent largement sur l'interprétation des patrons géophysiques.

## **1.2 Cadre géologique régional**

Le socle de la région Portneuf-Mauricie (Fig. 1.1), au centre-sud de la Province de Grenville, appartient aux ceintures allochtones monocyclique et polycyclique (Rivers et al., 1989). Au nord-ouest, le domaine de Mékinac-Taureau, dont l'affiliation à la Ceinture allochtone monocyclique reste à établir, forme un dôme crustal évasé, dominé par des granulites de compositions intermédiaire et felsique (Fig. 1.2; Nadeau et Brouillette, 1994 et 1995). Ce dôme est structuralement recouvert par le terrane allochtone monocyclique de Morin et, du côté est, par le domaine allochtone polycyclique de Portneuf-Mauricie. Tandis que le terrane de Morin se distingue par l'abondance des roches métasédimentaires et des métavolcaniques du Supergroupe de Grenville, tels que défini par Wynne-Edwards (1972), les paragneiss volcano-sédimentaires du Groupe de Montauban (Rondot 1978 et 1986) et les roches métaplutoniques

calco-alcalines du Complexe de La Bostonnais (Rondot, 1978; Hébert et Nadeau, 1995) constituent les ensembles distinctifs du domaine Portneuf-Mauricie. Ces ensembles ont fourni des âges U-Pb de cristallisation ignée se situant entre 1,45 et 1,38 Ga (Nadeau et al., 1992b). Vers l'est, le domaine Portneuf-Mauricie est séparé des grandes intrusions granitiques tardigrenvilliennes (<1,08 Ga; Nadeau et al., 1992a) du domaine du Parc des Laurentides par une zone de cisaillement senestre d'extension régionale.

La région de Portneuf-Mauricie est également sise entre les complexes anorthosite-mangérite-charnockite-granite (suite AMCG) de Lac-Saint-Jean et de Morin (Fig. 1.1), dont la cristallisation ignée se situe entre 1160 et 1130 Ma (e.g. Emslie et Hunt, 1990; Higgins et van Breemen, 1992). Elle est ponctuée d'un grand nombre de petites intrusions gabbroïques dont la composition varie d'anorthositique à ultramafique. Ces roches, qui sont déformées et métamorphisées à des degrés variables, sont issues de suites pétrogénétiquement et temporellement distinctes.

Parmi celles-ci, nous distinguons (Fig. 1.2):

- 1) les masses de méta-diorite et de méta-gabbro appartenant au Complexe de La Bostonnais, datant du Mésoprotérozoïque précoce, et les petites intrusions litées de compositions ultramafique et gabbroïque localement porteuses de petits amas de sulfures à Ni-Cu qui leurs sont spatialement associées;
- 2) des petites masses et des lambeaux démembrés de méta-anorthosite dont les intrusions de Langelier et de La Tuque d'âge indéterminé, et
- 3) une série d'intrusions d'âge tardi-Grenvillien composées essentiellement de gabbro

et de gabbro-norite à textures et minéralogies ignées largement préservées malgré un métamorphisme régional au faciès des amphibolites. Les intrusions de Lapeyrère et de Shawinigan, dont les âges U-Pb de cristallisation ignée sont respectivement de  $1076 \pm 4/-3$  Ma et de  $1069 \pm 2$  Ma (Nadeau et van Breemen, 2001; Corrigan et van Breemen, 1997), sont caractéristiques de cette suite.

Le Gabbro-norite de Lapeyrère, situé à environ 40 km au sud-est de La Tuque, qui affleure sur environ  $160 \text{ km}^2$  constitue la plus vaste de ces intrusions. Elle fait partie, avec les intrusions d'Édouard et d'Étoile situées à quelques dizaines de kilomètres plus au nord, d'un groupe de trois intrusions qui correspondent à une anomalie de Bouguer régionale positive (Figs. 1.3 et 1.4). Cette anomalie gravimétrique est la plus importante de la partie centrale de la Province de Grenville, apparaissant même sur les cartes à l'échelle 1:2 000 000 (Davidson, 1996). Les intrusions d'Édouard et d'Étoile ont des superficies respectives de  $45$  et  $58 \text{ km}^2$ . À l'échelle régionale, les anomalies de Bouguer et les anomalies aéromagnétiques résultent essentiellement du contraste entre les propriétés physiques des corps géologiques sources avec celles des roches encaissantes.

### **1.3 Principales unités lithologiques d'extension régionale**

Les unités lithologiques qui constituent l'encaissant des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard appartiennent soit au Complexe de La Bostonnais, au Groupe de Montauban, à la Suite de Rivière-à-Pierre, ou au Complexe du Parc des Laurentides (Fig. 1.2). À l'exception de la Suite de Rivière-à-Pierre, ces unités comportent plusieurs variétés distinctes de roches spatialement et génétiquement associées. En effet, il est commun de retrouver plusieurs types de

roches contrastantes sur une même aire d'affleurement. Par conséquent, les propriétés physiques des roches encaissantes, notamment la densité et la susceptibilité magnétique, peuvent varier considérablement aux échelles décamétrique, métrique et sub-métrique. Néanmoins, à plus petite échelle, ces unités présentent généralement des propriétés physiques moyennes assez constantes avec des contrastes nets d'une unité à l'autre. La résolution du levé gravimétrique régional est cependant beaucoup plus faible que celle du levé aéromagnétique. Ainsi, quoique certaines unités présentent des signatures magnétiques distinctives et contrastantes qui aident à les circonscrire, le levé gravimétrique ne permet pas une individualisation fine des types lithologiques.

Les descriptions détaillées des unités lithologiques et des éléments structuraux de la région d'étude ont fait l'objet de rapports et de cartes géologiques (Nadeau et Corrigan, 1991; Nadeau et al., 1992a; Hébert et Nadeau, 1995; Nadeau et Brouillette, 1994 et 1995). A partir de ces sources premières de données géologiques, le présent résumé vise à introduire et à souligner les éléments lithologiques et structuraux essentiels des roches encaissantes qui seront invoqués au fil du mémoire.

### ***Groupe de Montauban***

Le Groupe de Montauban, qui remonte à ca. 1450 Ma (Nadeau et al., 1992b), renferme les roches les plus anciennes de la région d'étude. Ce groupe se compose principalement de paragneiss quartzofeldspathiques dans lesquels s'insèrent des quantités mineures d'amphibolite, de quartzite et de gneiss calco-silicaté. Le paragneiss rubané contient entre 5 et 15 % de minéraux mafiques et des traces de sulfures. Le contenu en minéraux mafiques peut localement

atteindre jusqu'à 25%. Il présente un rubanement compositionnel d'épaisseurs centimétrique à décimétrique généralement net. La biotite est invariablement présente et communément accompagnée du grenat et, par endroit, de la sillimanite. Ces roches, qui sont généralement décrites comme des paragneiss, sont issues d'une séquence volcano-sédimentaire fortement déformée et métamorphisée. Des structures volcaniques sont localement préservées, permettant ainsi la reconnaissance par endroits de basalte en coussins, de tufs à lapilli et de cendres pyroclastiques (Nadeau et al., 1999). Les amphibolites se présentent généralement en feuillets et en niveaux boudinés d'épaisseur sub-décamétrique isolés les uns des autres par les gneiss quartzofeldspathiques. Seulement quelques corps ont des épaisseurs suffisantes permettant de les reporter sur les cartes géologiques à l'échelle 1:50 000. Les plus importants correspondent à des anomalies aéromagnétiques positives.

### ***Complexe de La Bostonnais***

Le Complexe de La Bostonnais comprend une suite des roches métaplutoniques de composition variant d'ultramafique à granitique, dominée par la granodiorite, la diorite quartzitique et la tonalite (Rondot, 1978; Gauthier, 1993; Hébert et Nadeau, 1995). Cette suite d'affinité géochimique calco-alkaline a été mise en place entre 1420 et 1371 Ma (Nadeau et al, 1992a).

Ces roches contiennent généralement de 10 à 30% de minéraux mafiques. La hornblende est dominante et généralement accompagnée de quantités moindres de biotite et de grenat, ainsi que de minéraux opaques en quantité trace. Ces roches présentent des structures variant de massives à gneissiques ou migmatitiques, suite à leur réponse hétérogène à la déformation et au métamorphisme régional.

### ***Complexe du Parc des Laurentides***

Ce complexe renferme l'ensemble des orthogneiss de composition granitique (*sensu lato*), variablement migmatitique qui, vers l'est, forment l'encaissant de la Suite de Rivière-à-Pierre et dont la mise en place a précédé l'orogénèse grenvillienne (Hébert et Nadeau, 1995). Les principales unités sont la charnockite, l'alaskite, le gneiss granitique à biotite, et le gneiss granodioritique à hornblende-biotite. Toutes ces roches sont recristallisées, foliées à gneissiques et variablement migmatitiques.

### ***Suite de Rivière-à-Pierre***

La Suite plutonique de Rivière-à-Pierre (Perreault, 1993) comprend des granites et des monzonites porphyroïdes à phénocristaux centimétriques d'orthose perthitique qui montrent par endroits des textures rapakivi ou antirapakivique. Ces roches, localement pyroxénifères, contiennent typiquement près de 10% de hornblende et de biotite. Le zircon, l'allanite, l'apatite, la titanite et la magnétite constituent des phases accessoires répandues. Ces roches présentent des traits texturaux et minéralogiques d'origine ignée remarquablement constants. De composition homogène, elles montrent la signature géochimique typique des granites intraplaques (Perreault, 1993). Quoique présentant par endroit une foliation tectonométamorphique peu marquée, les roches de la Suite de Rivière-à-Pierre sont généralement massives. Elles ont fourni un âge U-Pb de cristallisation de zircon igné ca.  $1058 \pm 2$  Ma (Nadeau et al., 1992b), en accord avec leur mise en place tardi-tectonique et tardi-grenvillienne.

Les grandes masses de granite et de monzonite de la Suite de Rivière-à-Pierre constituent l'élément distinctif du domaine du Parc des Laurentides. Elles forment la plus grande partie

des roches encaissantes à l'est des intrusions gabbronoritiques de Lapeyrère et d'Édouard (Fig. 1.2). De plus, le pluton Gagnon, situé au sud du Gabbronorite de Lapeyrère, qui s'insère entre les orthogneiss du Complexe de La Bostonnais et les paragneiss du Groupe de Montauban, appartient également à cette suite. Le contact entre le Gabbronorite de Lapeyrère et les granites de la Suite de Rivière-à-Pierre est caractérisé par une zone de cisaillement senestre subverticale (Nadeau et al., 1992a). Ce cisaillement se poursuit vers le nord et le sud du Gabbronorite de Lapeyrère.

## **1.4 Pétrologie et structure des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard**

### **1.4.1 Gabbronorite de Lapeyrère**

D'un point de vue lithologique, le Gabbronorite de Lapeyrère a été subdivisé en deux faciès, soit un faciès gabbronoritique et un faciès dioritique (Fig. 1.7a; Nadeau et Brouillette, 1997). Le faciès gabbronoritique renferme un ensemble de roches homogènes principalement constitué de gabbronorite et de gabbronorite à hornblende. D'autre part, le faciès dioritique comprend deux sous-ensembles, l'un constitué de roches homogènes et l'autre de roches hétérogènes. Le faciès dioritique homogène est composé en majeure partie de diorite à hornblende, et de diorite à hornblende et à quartz. Pour sa part, le faciès hétérogène est composé de roches à textures et compositions variées. Ce faciès est caractérisé par une composition allant de la diorite à quartz à la granodiorite. De plus, on retrouve localement de la monzonite. La proportion de surface totale occupée par ces lithologies au niveau de la surface d'érosion correspond à ~59% pour le gabbronorite, ~19% pour le gabbronorite à hornblende, ~18% pour le faciès dioritique homogène, et ~4% pour le faciès dioritique hétérogène. Cette suite lithologique a été interprétée comme étant le résultat d'une diversification à partir d'un même mag-

ma (Nadeau et al., 1998). Les gabbronorites et les diorites représentent les faciès extrêmes de cette diversification tandis que les gabbronorites à hornblende représentent un faciès intermédiaire (Nadeau et al., 1998). De plus, le gabbronorite de Lapeyrère renferme au moins un affleurement de péridotite (wherlite) localisé dans le coin nord-est de l'intrusion. Quoiqu'isolé, cet affleurement peut néanmoins signaler la présence de quantités plus importantes de roches ultramafiques en sous-surface (*communication personnelle de Dr. L. Nadeau*). En outre, le fait que le Gabbronorite de Lapeyrère soit le résultat d'un fractionnement magmatique et que, d'autre part, sa composition en métaux (Ni, Cu, EGP) soit très faible (Nadeau et al., 1998), constituent des indices pouvant suggérer la présence d'une racine ultramafique.

Au niveau structural, le Gabbronorite de Lapeyrère est subdivisé en trois domaines limités par des contacts magmatiques discordants (Fig. 1.7b; Nadeau et Brouillette, 1997). Ainsi, la fabrique magmatique des roches du domaine A est à pendage abrupt vers le sud-ouest tandis que la fabrique magmatique de domaine B est à pendage abrupte vers le nord-est. Par contre, les roches du faciès dioritique du domaine C sont caractérisées par une fabrique magmatique à pendage abrupt qui se moule au contour de l'intrusion (Fig. 1.7b). La fabrique tectonique des roches du Complexe de la Bostonnais et du Groupe de Montauban, qui forment la plus grande partie de l'encaissant, se moule à l'intrusion. Le pendage de la fabrique tectonique est vers le côté de l'encaissant, ce qui suggère que le corps s'évase légèrement en profondeur.

peyrère n'a été faite pour le Gabbronorite d'Édouard. Cependant, les deux intrusions sont similaires au niveau pétrographique (Nadeau et Brouillette, 1997). Au niveau structural, le Gabbronorite d'Édouard montre une foliation magmatique à pendage abrupt. De plus, la fabrique tectonique de l'encaissant immédiat est généralement abrupte. Cette observation suggère que l'intrusion soit profondément enracinée.

### **1.5 Empreinte structurale et métamorphisme régional**

Les ensembles géologiques qui prédominent dans la région présentent une foliation tectonique régionale orientée N-NO et des pendages généralement abrupts. Près des contacts des intrusions gabbronoritiques, la foliation tectonique des roches encaissantes se moule à la forme des intrusions et les pendages sont abrupts (Fig. 1.7). Les roches du Complexe du Parc des Laurentides présentent une foliation tectonique orientée NO à NE à pendage abrupt.

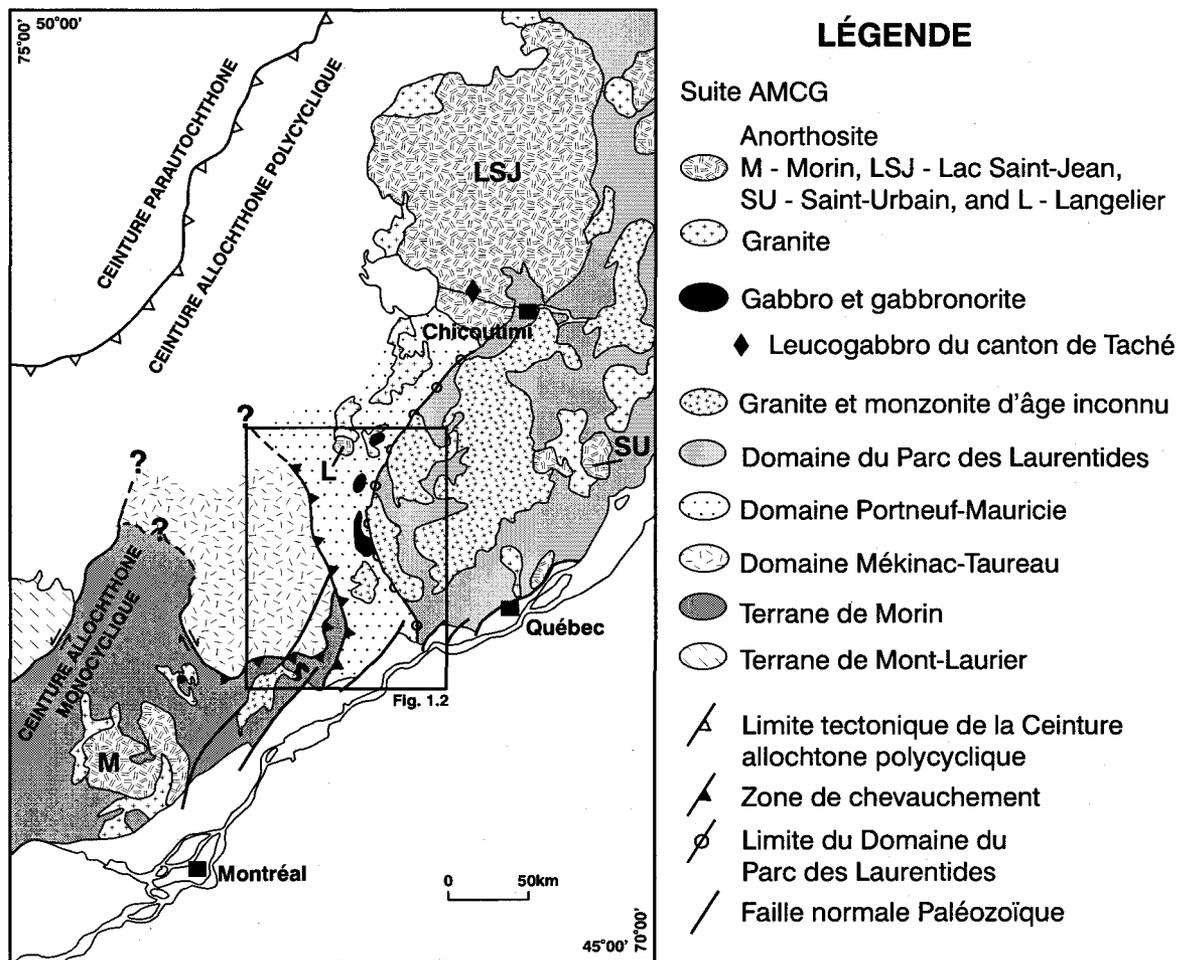


Figure 1.1 Carte de localisation de la région de Portneuf-Mauricie, et subdivisions tectoniques du secteur centre-sud de la Province de Grenville (d'après Nadeau et van Breemen, 2001). L'encadré correspond aux limites de la région d'étude.

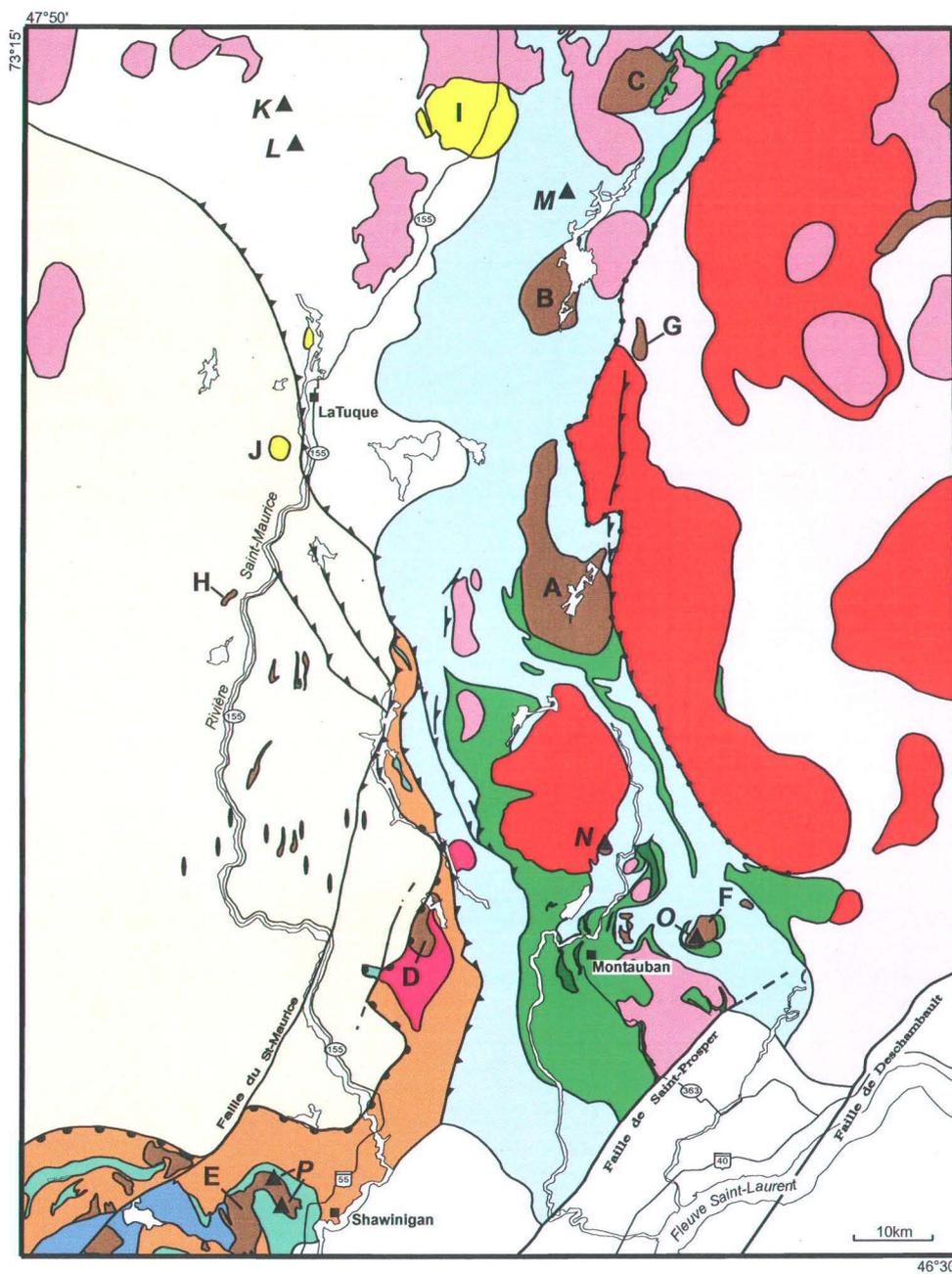


Figure 1.2 Carte géologique simplifiée de la région Portneuf-Mauricie, Province de Grenville (d'après Nadeau et Brouillette, 1994 et 1995).

### LÉGENDE

- Granite et monzonite d'affiliations inconnus
- Suite plutonique de Rivière-à-Pierre: granite et monzonite porphyroïdes
- Suite plutonique de Lejeune: méta-monzonite quartzifère
- Monzonite de Saint-Didace
- Méta-gabbro et méta-ultramafique lités contenant des minéralisations Ni-Cu
- ▲ K- Lac Matte; L- Lac Kennedy; M- Lac Édouard;  
N- Lac-à-la-Vase; O- Lac Nadeau; P- Shawinigan
- Suite gabbro-gabbro-norite
- A- Lapeyrère; B- Édouard; C- Étoile; D- Lejeune; E- Shawinigan; F- Montauban;  
G- Sandford; H- Wessonseau
- Méta-anorthosite
- I- Langelier; J- La Tuque
- TERRANE DE MORIN**
- Paragneiss
- Gneiss non-subdivisés
- DOMAINE DE MÉKINAC - TAUREAU**
- Granulites non-subdivisées
- Suite de Jimmy**
- Méta-gabbro, méta-gabbro anorthositique
- Méta-anorthosite gabbroïque
- DOMAINE PORTNEUF - MAURICIE**
- Complexe de La Bostonnais**
- Principalement granodiorite, monzodiorite et diorite
- Gneiss et orthogneiss non-subdivisés
- Groupe de Montauban**
- Amphibolite et méta-basalte
- Méta-volcanite felsique et méta-sédiment
- DOMAINE DU PARC DES LAURENTIDES**
- Complexe du Parc des Laurentides; gneiss et orthogneiss non-subdivisés
- Zone de cisaillement senestre tardi-grenvillienne
- Limite tectonique du Terrane de Morin
- Limite tectonique du Domaine Portneuf-Mauricie
- Limite du Domaine du Parc des Laurentides

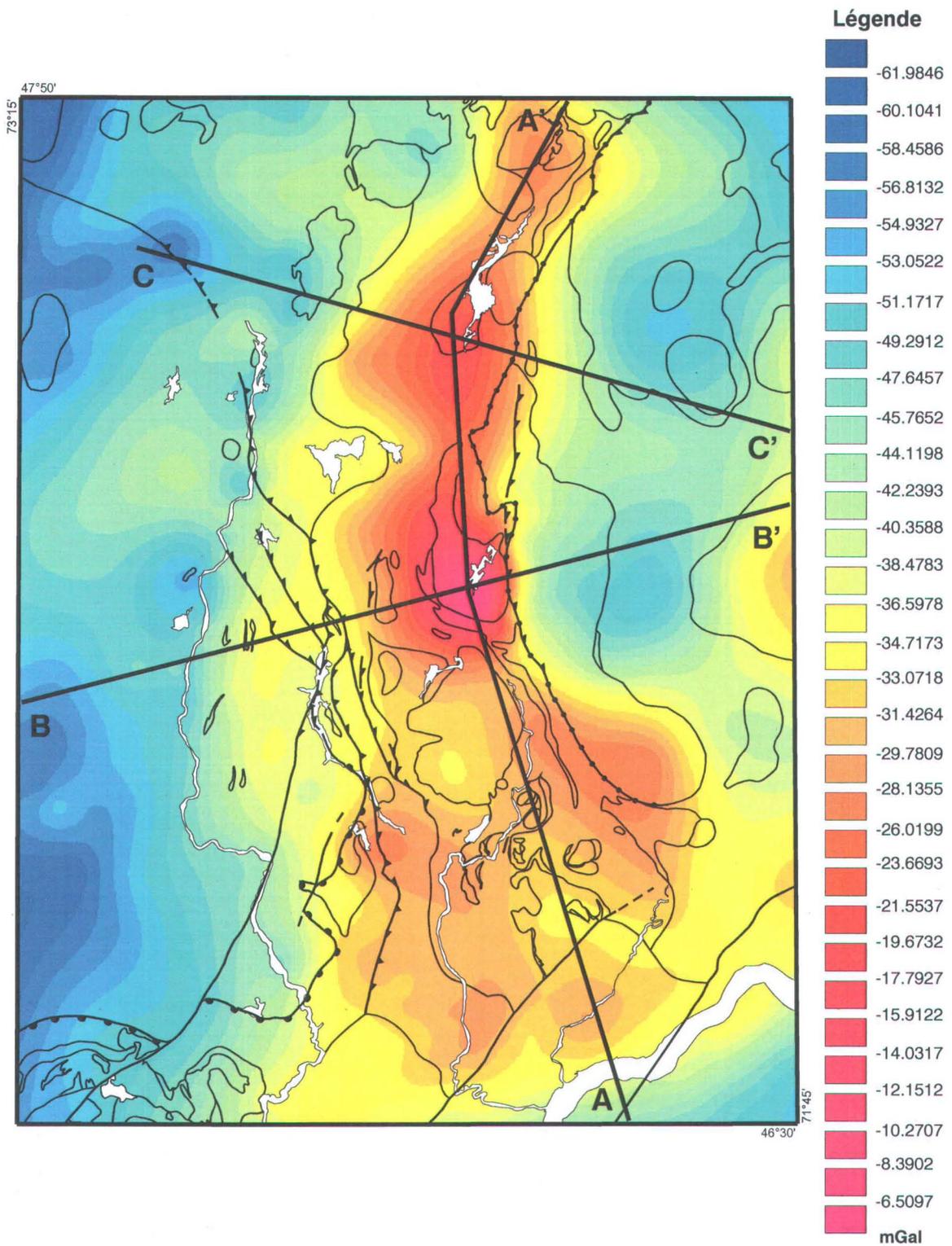


Figure 1.3 Carte de l'anomalie de Bouguer de la région Portneuf-Mauricie (source: Banque nationale des données géophysiques, Commission géologique du Canada).

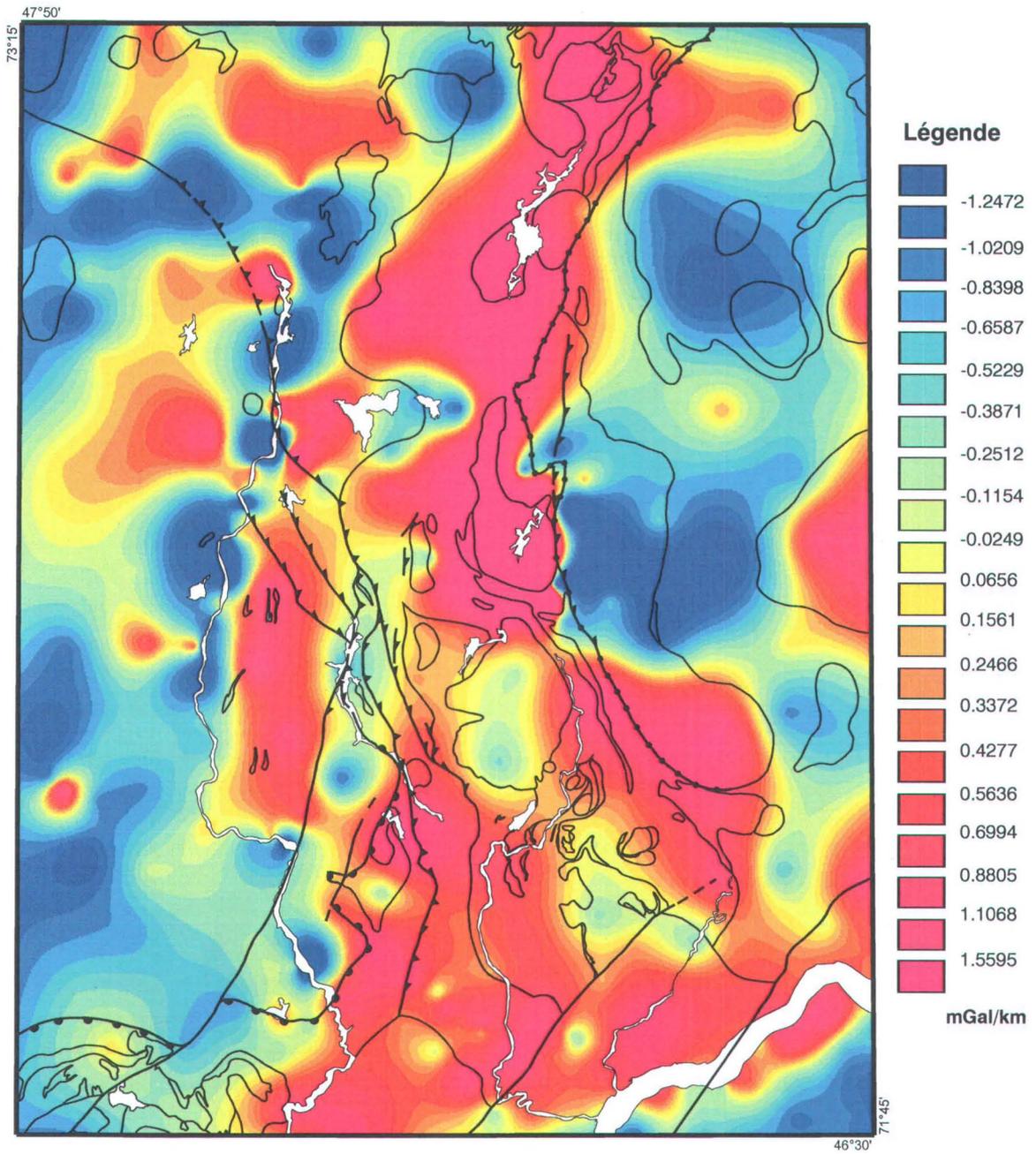


Figure 1.4 Carte du gradient vertical de l'anomalie de Bouguer de la région Portneuf-Mauricie (source: Banque nationale des données géophysiques, Commission géologique du Canada).

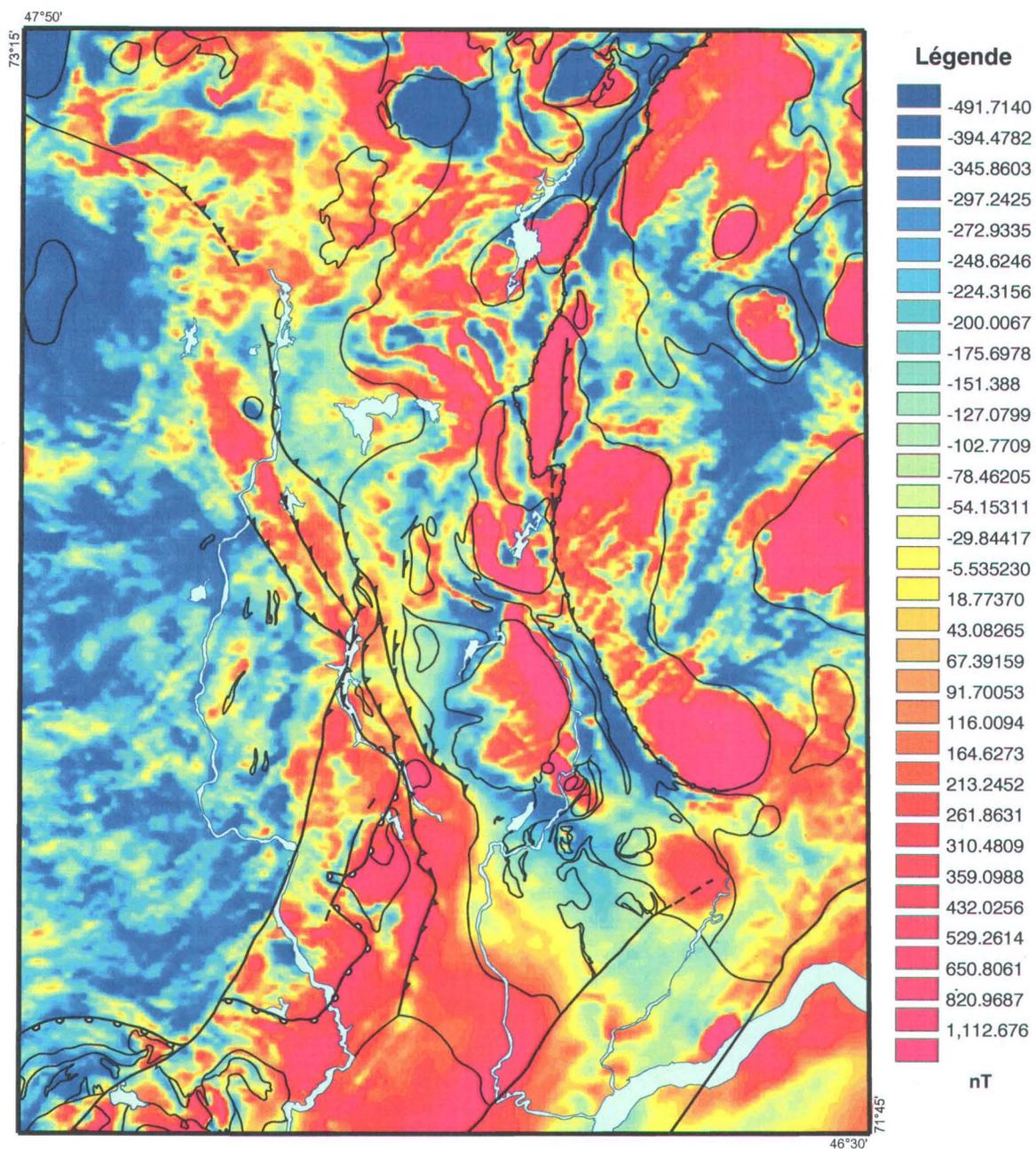


Figure 1.5 Carte du champ magnétique réduit au pôle de la région Portneuf-Mauricie (source: Banque nationale des données géophysiques, Commission géologique du Canada).

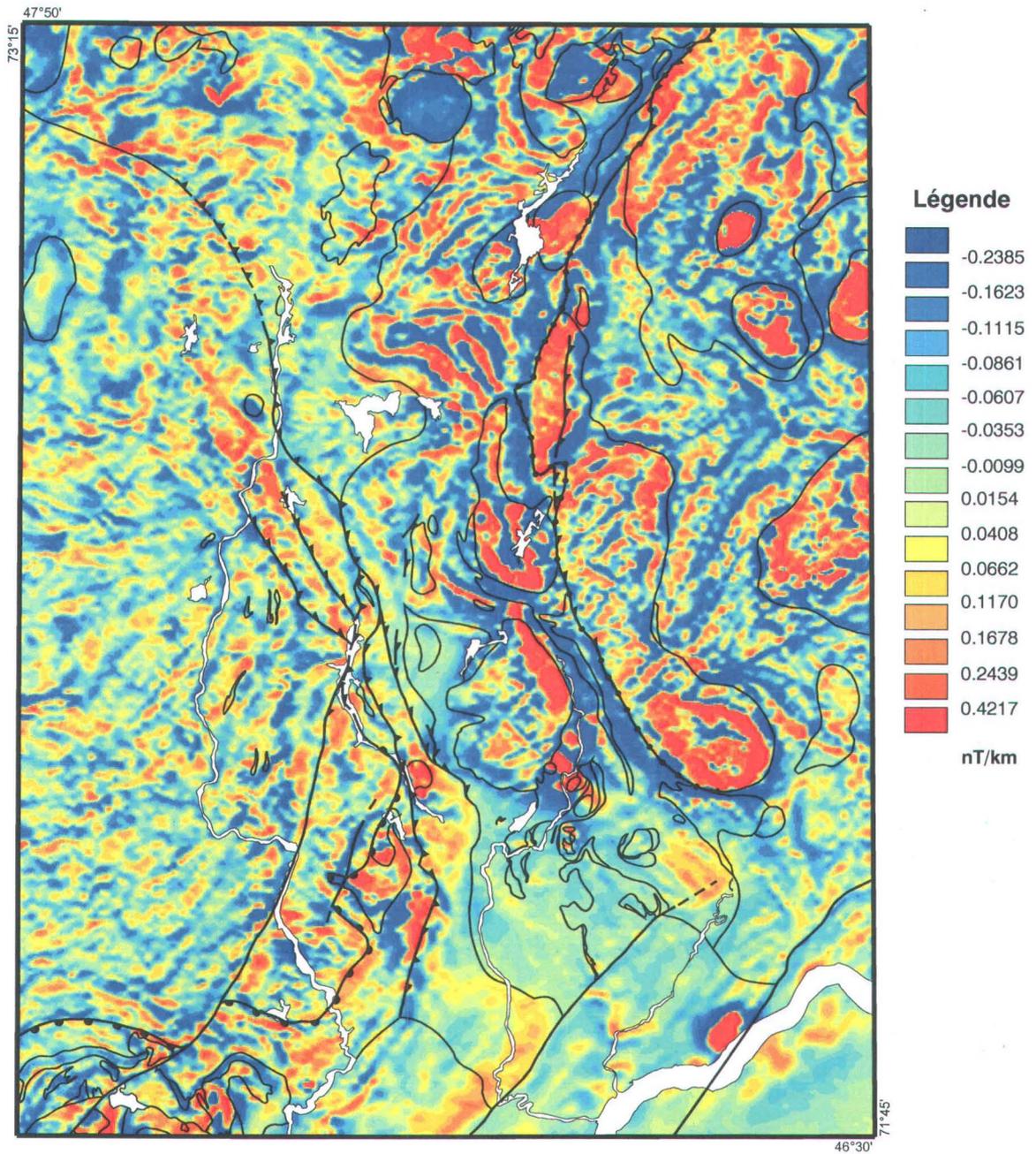


Figure 1.6 Carte du gradient vertical du champ magnétique réduit au pôle de la région Portneuf-Mauricie (source: Banque nationale des données géophysiques, Commission géologique du Canada).

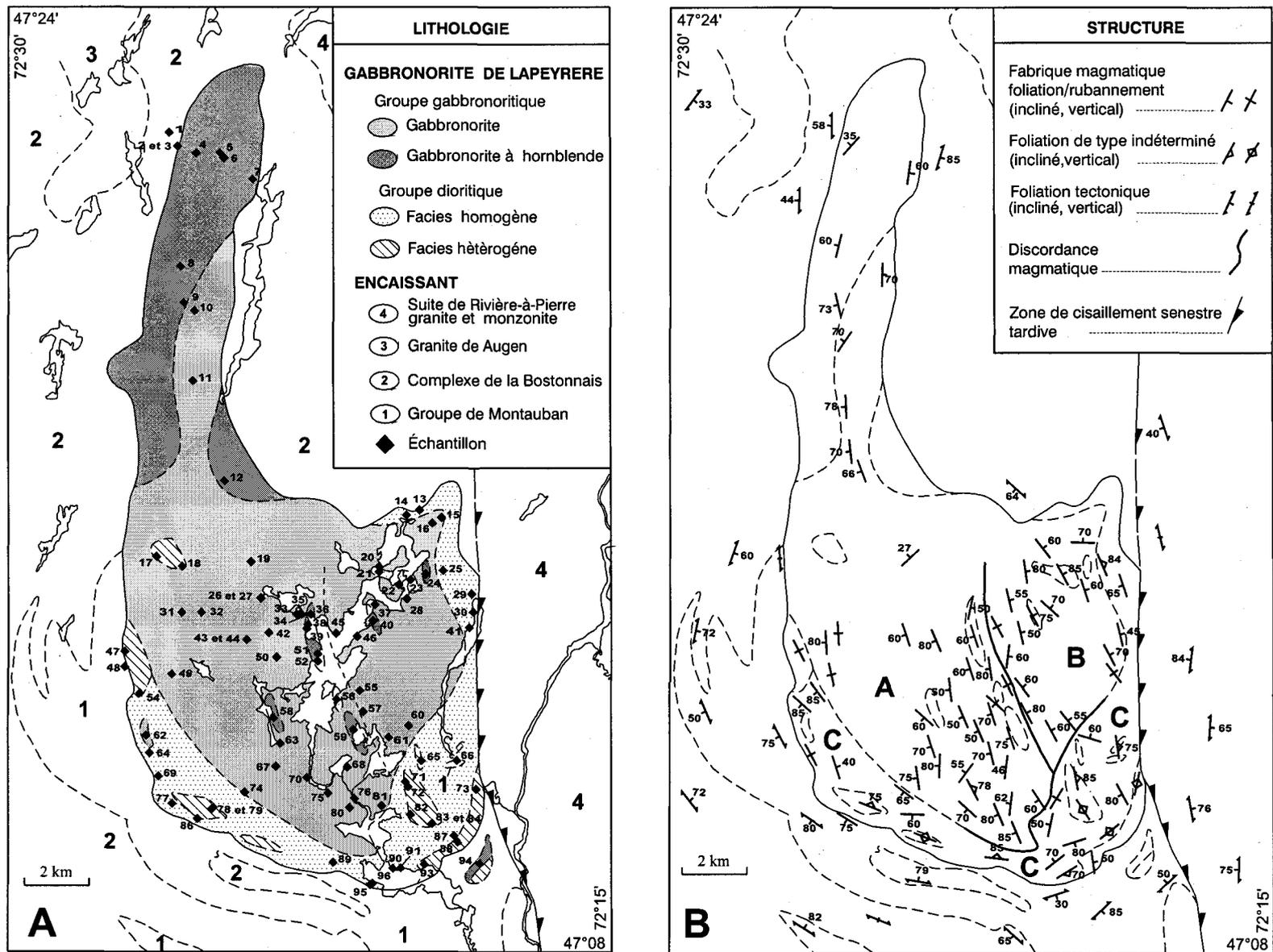


Figure 1.7 Cartes géologiques simplifiées du Gabbronorite de Lapeyrère: A) unités lithologiques, B) structure (d'après Nadeau et Brouillette, 1997).

## Chapitre 2

### Étude des anomalies gravimétriques

#### 2.1 Mesure de la masse volumique

##### 2.1.1 Méthodologie

Au total, cent quatre-vingt-huit mesures de masse volumique ont été effectuées à partir des échantillons prélevés lors du levé régional de cartographie géologique de Nadeau et al. (1992a) et du levé détaillé de Nantel (travaux inédit réalisés en 1982) du Gabbronorite de Lapeyrère. La Figure 2.1 montre la distribution géographique des sites d'échantillonnage dans la région d'étude. Les surfaces altérées ont été enlevées des échantillons afin d'obtenir une meilleure précision lors de la mesure de masse volumique. De plus, les échantillons de grandes tailles ont été préférés. Le poids moyen des échantillons est de 0.76 kg. La méthode << poids sec - poids submergé >> (Muller, 1967; Hutchison, 1974) a été choisie pour effectuer la mesure de la masse volumique. Une balance électronique munie d'une remise à zéro a été employée. L'erreur associée à cette méthode de mesure est estimée à moins de  $0,01 \text{ g/cm}^3$  lorsqu'elle est appliquée sur des échantillons frais et non poreux (Feininger et Goodacre, 1995). Les histogrammes de fréquence, la valeur moyenne et l'écart type des mesures de la masse volumique pour chacune des unités lithologiques principales de la région d'étude sont donnés aux figures 2.2 et 2.3. Les valeurs moyennes sont reportées au Tableau 2.1.

## 2.1.2 Résultats

### *Gabbronorite de Lapeyrère*

Tel qu'indiqué à la section 1.4, le Gabbronorite de Lapeyrère présente quatre faciès lithologiques distincts (Fig. 1.7). Ces unités montrent des valeurs de masse volumique variables. Les échantillons de gabbronorite et de gabbronorite à hornblende présentent des masses volumiques qui se confondent avec une valeur moyenne de  $2,92 \text{ g/cm}^3$ . Par contre, les valeurs de masse volumique des échantillons des faciès - dioritique homogène et - dioritique hétérogène sont beaucoup plus variables avec des valeurs moyennes de  $2,85$  et  $2,74 \text{ g/cm}^3$  respectivement.

Afin de simplifier la modélisation, une valeur moyenne pondérée de la masse volumique a été calculée pour l'ensemble de l'intrusion de Lapeyrère à l'aide de l'équation suivante:

$$\rho_T = 0.78 \rho_g + 0.18 \rho_{dh} + 0.04 \rho_{dt}$$

où

$\rho_T$  est la masse volumique moyenne du Gabbronorite de Lapeyrère,

$\rho_g$  est la masse volumique du groupe gabbronoritique,

$\rho_{dh}$  est la masse volumique du faciès dioritique homogène, et

$\rho_{dt}$  est la masse volumique du faciès dioritique hétérogène.

Cette moyenne tient compte des superficies relatives couvertes par chacun des types lithologiques. Les superficies relatives ont été évaluées à partir de la carte géologique détaillée (Fig. 1.7) et de l'étude pétrographique. La masse volumique moyenne ainsi calculée pour le Gabbronorite de Lapeyrère est donc de  $2,90 \text{ g/cm}^3$ . Puisque les écart-

types des valeurs moyennes de masse volumique de chacun des faciès sont petits (Fig. 2.2) et que les superficies relatives couvertes par chacun des faciès sont bien définies, l'incertitude associée à la valeur moyenne de masse volumique pour l'ensemble du corps est considérée comme étant faible.

### ***Gabbronorite d'Édouard***

Le levé de terrain et l'étude pétrographique ont montré que le Gabbronorite d'Édouard présente pour l'essentiel qu'un seul faciès lithologique. Ces roches sont semblables aux gabbronorite et gabbronorite à hornblende de l'intrusion de Lapeyrère. La masse volumique moyenne obtenue à partir de 11 échantillons représentatifs est de  $2,90 \text{ g/cm}^3$  (Fig. 2.3a). Cette valeur correspond à la valeur moyenne calculée pour le Gabbronorite de Lapeyrère.

### ***Suite de Rivière-à-Pierre***

Les observations de terrain et l'étude pétrographique des échantillons de granite et de monzonite de la Suite de Rivière-à-Pierre ont montré l'homogénéité texturale et modale de cette unité. La valeur moyenne de la masse volumique mesurée sur vingt échantillons est de  $2,68 \text{ g/cm}^3$  (Fig. 2.3b). L'écart-type de  $0,04 \text{ g/cm}^3$  reflète bien l'homogénéité lithologique de cette unité. La valeur moyenne de la masse volumique de la Suite de Rivière-à-Pierre est identique à la valeur de  $2,68 \text{ g/cm}^3$  rapportée par Simmons (1964) pour des granites des Adirondacks et près de celle de  $2,70 \text{ g/cm}^3$  déterminée par Kearey (1978) pour l'unité de quartz-monzonite avoisinant le Complexe de Morin (Tableau 2.2).

### *Complexe de La Bostonnais et Groupe de Montauban*

Comme c'est le cas dans la plupart des études gravimétriques, les valeurs moyennes de masse volumique des roches qui forment la trame régionale, i.e. les roches encaissantes et le socle, sont celles auxquelles sont attachées les plus grandes incertitudes (e.g. Telmat et al., 1997 et 2000; Feininger, 1993; Thomas, 1990; Kearey, 1978). Les mesures de masse volumique montrent généralement un grand étalement et des distributions qui s'éloignent d'une population normale (Tableau 2.2). L'étalement provient du fait que ces corps géologiques sont invariablement hétérogènes, renfermant plusieurs types de roches de masses volumiques différentes et en proportions variables.

Les histogrammes de fréquence des mesures de masse volumique des échantillons du Complexe de la Bostonnais et du Groupe de Montauban sont relativement étendus avec des valeurs d'écart-type respectivement de 0,098 et 0,125 g/cm<sup>3</sup> (Fig. 2.3c et d). Ces forts étalements reflètent la variabilité des types de roches observables à l'intérieur des unités lithologiques à l'échelle de l'affleurement. La structure litée des faciès gneissiques, le degré variable de migmatisation et la proportion variable d'amphibolite et de pegmatite constituent les sources principales de cette variabilité. Puisque de forts étalements sont observés dans les valeurs de la masse volumique, que la taille de l'échantillonnage du Complexe de La Bostonnais et de celle du Groupe de Montauban est petite, et que les superficies relatives couvertes par chacun des types de roches n'ont pas été cartographiées en détail, des marges d'erreur plus importantes sont attachées aux valeurs moyennes de masse volumique déduites pour ces unités.

La masse volumique moyenne pour le Complexe de la Bostonnais a donc été évaluée en tenant compte des estimations des volumes occupés par les différents types de roches (L. Nadeau, *communication personnelle*). Suivant cette approche, deux valeurs limites ont été obtenues, soient 2,76 et 2,79 g/cm<sup>3</sup>. Puisque, d'une part, la valeur moyenne de 2,78 g/cm<sup>3</sup> obtenue pour le Groupe de Montauban est très semblable à celles obtenues pour le Complexe de La Bostonnais et que, d'autre part, ce dernier constitue la plus grande partie des roches encaissantes des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard, une valeur moyenne de 2,79 g/cm<sup>3</sup> a été retenue comme masse volumique régionale des roches encaissantes. Il est important de noter que cette valeur a également été adoptée pour les roches du Complexe du Parc des Laurentides qui constituent à l'est de la région d'étude une partie importante de l'encaissant de la Suite de Rivière-à-Pierre.

### 2.1.3 Discussion

#### *Masse volumique moyenne des roches encaissantes*

La valeur moyenne de 2,79 g/cm<sup>3</sup> établie pour la masse volumique des roches encaissantes (Complexe de La Bostonnais, Groupe de Montauban et Complexe du Parc des Laurentides) se situe au milieu de la plage de variation des valeurs de masse volumiques rapportées dans la littérature pour des roches métamorphiques comparables (Tableau 2.2). Les valeurs moyennes de masse volumique retenues pour divers secteurs de la Province de Grenville sont largement dépendantes des prémices faites quant aux abondances relatives des divers types de roches (i.e. Keary 1978). La valeur de 2,79 g/cm<sup>3</sup> adoptée dans la présente étude est semblable à celle retenue par Kearey (1978) pour les roches encaissantes du Complexe de Morin (2,78 g/cm<sup>3</sup>). Cette valeur est légèrement supérieure à celles utilisées par Loncarevic (1989) et Thomas (1990) respectivement pour

les intrusions gabbroïques de Sept-Îles ( $2,76 \text{ g/cm}^3$ ) et de Lac-Saint-Jean ( $2,74 \text{ g/cm}^3$ ). D'autre part, cette valeur est inférieure à celle adoptée par Feininger (1993) pour modéliser l'anorthosite de Château-Richer ( $2,84 \text{ g/cm}^3$ ).

### ***Contraste de masse volumique***

Les roches des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard, dont la masse volumique moyenne est de  $2,90 \text{ g/cm}^3$ , sont celles qui présentent les masses volumiques les plus élevées de la région. Elles donnent lieu à un contraste de masses volumiques de  $\sim 0,11 \text{ g/cm}^3$  par rapport à la valeur moyenne de  $\sim 2,79 \text{ g/cm}^3$  retenue pour les gneiss encaissants (Complexe de La Bostonnais et Groupe de Montauban). D'autre part, la Suite de Rivière-à-Pierre renferme les roches dont la masse volumique moyenne de  $2,68 \text{ g/cm}^3$  est la plus faible, pour des contrastes de masse volumique de  $\sim 0,22$  et  $\sim 0,11 \text{ g/cm}^3$  par rapport aux intrusions gabbroïques de Lapeyrère et d'Édouard, et aux roches encaissantes respectivement.

### ***Incertitude sur les contrastes des masse volumique***

Les contrastes de masse volumique entre les valeurs moyennes de masse volumique des différentes unités lithologiques d'extension régionale constituent un facteur déterminant lors de la modélisation, influant à la fois sur la forme et l'épaisseur des corps modélisés. Tel qu'indiqué plus haut, l'incertitude attachée à la valeur moyenne de la masse volumique des roches gabbroïques (Lapeyrère et Édouard) est très petite puisque sa détermination s'appuie sur des études de terrain et pétrographiques détaillées et sur un grand nombre de mesures de masse volumique (Fig. 2.2). Quoique le nombre de mesures soit moindre dans le cas de la Suite de Rivière-à-Pierre, une incertitude très petite est

également associée à la valeur moyenne compte tenu de l'homogénéité lithologique au niveau de la texture, de la minéralogie et de la composition de ces roches (Fig. 2.3). Par contre, l'incertitude sur la valeur moyenne retenue pour les roches encaissantes est beaucoup plus grande due à l'hétérogénéité lithologique de ces unités, au nombre restreint de mesures et à l'échelle de la cartographie (Fig. 2.3).

Une estimation de l'incertitude sur la masse volumique peut être obtenue par l'application de l'équation suivante:

$$\text{Variance de l'estimation} = \frac{\text{Variance observée}}{N}$$

Les valeurs de précision ainsi obtenues (Tableau 2.1) représentent une surestimation de l'incertitude puisque l'échantillonnage n'a pas été effectué de manière aléatoire. En effet, la répartition des types de roches lors de l'échantillonnage réalisé au cours des levés géologiques est dans une large mesure représentative de la superficie relative couverte par chaque type de roche.

Finalement, la variance associée aux contrastes de masse volumique utilisée lors de la modélisation est obtenue en additionnant la variance associée à l'encaissant et aux corps modélisés, Gabbronorite de Lapeyrère et Suite de Rivière-à-Pierre. Dans les deux cas, on obtient une variance de l'ordre de 0,0015 ce qui se traduit par des incertitudes sur les contrastes de masse volumique de l'ordre de  $\pm 0,04 \text{ g/cm}^3$  ( $\pm 2\sigma$ ). Puisque la distribution des échantillons est dans une large mesure représentative du volume relatif de chaque type de roche qui compose les unités lithologiques d'extension régionale, cette valeur peut être réduite de 68 %, compte tenu du fait que chaque échantillon prélevé (et chacune des

mesures de masse volumique) est représentatif d'au moins une dizaine d'affleurements intermédiaires visités lors des travaux de terrain. Compte tenu de cet effet, l'incertitude associée aux valeurs de contraste de masses volumiques est réduite considérablement et évaluée à approximativement  $\pm 0,013 \text{ g/cm}^3$ .

## **2.2 Levés gravimétriques antérieurs**

Des levés gravimétriques (Fig. 2.4) ont été réalisés par la Commission géologique du Canada à l'échelle nationale à différentes reprises dans la région principalement en 1951 et en 1972. La maille d'échantillonnage de ce réseau de station est de l'ordre de 10 km. Ces levés ont été suivis en 1993 d'un levé de soixante-dix-neuf stations de mesure réalisé au dessus du Gabbronorite de Lapeyrière avec une maille d'échantillonnage de 2 km. Ce levé a été réalisé par M. P. Brouillette sous la supervision du Dr. T. Feininger. L'ensemble de ces valeurs a été intégré à la *Banque nationale de données gravimétriques* au cours de la présente étude.

## **2.3 Nouveau levé gravimétrique**

### **2.3.1 Localisation et altimétrie**

La position et l'altitude des stations gravimétriques ont été déterminées en utilisant un SDPG (système différentiel de positionnement géographique) Trimble Pro-XL. Les éphémérides ont été enregistrées par l'unité mobile pendant au moins 10 minutes à chaque station de mesure gravimétrique. Les données de positionnement enregistrées par l'unité mobile ont été traitées par correction différentielle avec les éphémérides collectées par la station de base toujours localisée à moins de 30 km de l'unité mobile. Les stations de base ont été installées au-dessus de points géodésiques du réseau national. Les filtres

suivants ont été utilisés: PDOP < 4; SNR > 6; masque d'élévation de 150. La correction différentielle a été réalisée à l'aide du logiciel Pathfinder Office. La précision sur l'altitude des stations est estimée à  $\pm 2$  m, ce qui correspond à une erreur de  $\pm 0,4$  mGal sur la valeur de l'anomalie de Bouguer. La précision sur l'altitude a été établie par comparaison avec celles des points géodésiques.

### **2.3.2 Mesure du champ gravitationnel**

Un nouveau levé gravimétrique de 380 stations a été réalisé en 1999 (Fig. 2.4). Des lectures gravimétriques ont été effectuées le long de certaines routes secondaires de la région avec un espacement de 2 km. Le gravimètre a été transporté à l'intérieur d'un berceau afin d'amortir les chocs. Les déplacements ont été facilités par l'utilisation d'un camion GMC Suburban 1993 pour la majeure partie du levé. Des véhicules tout terrain (VTT) et des autoneiges ont été utilisés pour atteindre certains secteurs inaccessibles. Les lectures gravimétriques ont été réalisées en circuit fermé en effectuant une lecture au début et à la fin de la journée sur une station de référence du réseau national. De plus, deux nouvelles stations gravimétriques de base ont été établies au cours de la présente étude, l'une à La Tuque et l'autre au pont de traverse à l'embouchure de la rivière Mattawin. Un gravimètre Lacoste & Rondberg modèle 074 a été utilisé pour l'ensemble du projet. La précision du gravimètre est généralement estimée à 0,05 mGal. Par contre, étant donné que le levé a été réalisé le long de routes parfois cahoteuses et que des erreurs de fermeture associées à la dérive instrumentale de plus de 0,2 mGal ont été observées, une valeur de précision de 0,1 mGal est probablement plus appropriée.

## 2.4 Traitement des données

Les valeurs d'anomalies de Bouguer ont été calculées à l'aide du logiciel PCGravVB développé par Géomatique Canada (1999). Ce logiciel calcule les valeurs d'anomalies de Bouguer en tenant compte des variations théoriques de l'attraction luni-solaire. De plus, il redistribue l'erreur de fermeture sur l'ensemble des stations. Une masse volumique crustale de  $2,67 \text{ g/cm}^3$  a été utilisée pour le calcul de l'anomalie de Bouguer.

Des corrections topographiques ont été appliquées à l'ensemble des données gravimétriques. La correction topographique à appliquer à chaque station a été calculée à l'aide du logiciel Triter développé par la Géomatique Canada. Les modèles numériques d'élévation de terrain à l'échelle 1 : 250 000 ont été utilisés (SNRC 31I et 31P). Les corrections topographiques appliquées varient entre 0 et 2 mGal.

Une analyse spatiale a été réalisée sur l'ensemble des données gravimétriques du projet. Les données gravimétriques forme une courbe normale (Fig. 2.5). L'analyse du semivariogramme omnidirectionnel (Fig. 2.6) a permis d'établir les paramètres d'interpolation soient: modèle linéaire, avec une valeur de palier de  $125 \text{ mGal}^2$ , et une portée 30 km. L'interpolation a été réalisée par Krigeage ordinaire à l'aide du logiciel G-stat. Aucune anisotropie n'a été utilisée pour l'interpolation.

Un filtrage spectral a également été appliqué sur la carte de l'anomalie de Bouguer à l'aide du logiciel G-stat. Un filtre passe-bas cosinusoidale avec une longueur d'onde de coupure de 140 à 160 km a été utilisé. La justification de l'utilisation des ce filtre est faite à la section 2.6.1.

## **2.5 Interprétation qualitative**

### **2.5.1 Principe**

La modélisation d'une anomalie gravimétrique associée à un certain phénomène géologique doit tenir compte du fait qu'une anomalie gravimétrique représente la somme des contributions des corps géologiques localisés à différentes profondeurs. Ce sont les variations de masse volumique dans la croûte qui sont principalement responsables des anomalies gravimétriques de longueurs d'ondes inférieures à 170 km (Zheng et Arkani-Hamed, 1998). Par contre, les anomalies de moyennes et grandes longueurs d'ondes ( $\lambda > 170$  km) sont pour leur part généralement associées aux variations de masse volumique profondes dans la croûte ou à l'ondulation du Moho.

### **2.5.2 Description de l'anomalie de Bouguer**

Le secteur centre-sud de la Province de Grenville est caractérisé par une anomalie de Bouguer (Figs. 1.3 et 1.4) composée de différentes sources et de longueurs d'ondes diverses. Les figures 2.7b et 2.8 illustrent la décroissance de l'anomalie de Bouguer vers l'ouest à partir du haut gravimétrique localisé au-dessus du Gabbro-norite de Lapeyrère pour atteindre son minimum au-dessus du Complexe anorthosite de Morin. Vers l'est, les valeurs d'anomalies de Bouguer diminuent au-dessus de la Suite de Rivière-à-Pierre, dont la composition est essentiellement granitique, pour ensuite remonter légèrement au-dessus des roches du Complexe du Parc des Laurentides. De plus, une seconde anomalie de grande longueur d'onde est observée (Figs. 1.3 et 2.8) vers le nord en direction du Lac Saint-Jean. Finalement l'anomalie de Bouguer est relativement stable au sud du Gabbro-norite de Lapeyrère. Ainsi, au niveau spectral, au moins deux types d'anomalies

sont reconnus : i) des anomalies de courtes longueur d'ondes, associées aux corps gabbroïques affleurants et au massif granitique de la Suite de Rivière-à-Pierre, et ii) de grandes longueurs d'ondes, associées aux changements de densité en profondeur et principalement observées dans l'axe est-ouest ainsi que dans l'axe nord-sud.

L'observation des coupes est-ouest et nord-sud (Fig. 2.7a) permet d'estimer l'amplitude des anomalies associées aux intrusions de Lapeyrère et d'Édouard. L'anomalie de Bouguer associée au Gabbronorite de Lapeyrère est caractérisée par une amplitude de l'ordre de 25 mGal. L'anomalie est très aiguë donnant lieu à un fort gradient vertical. Il est aussi possible de constater sur les coupes nord-sud et est-ouest que les points d'inflexion de l'anomalie correspondent étroitement aux contacts des intrusions. Pour sa part, l'anomalie générée par le Gabbronorite d'Édouard semble représenter la superposition de deux niveaux de source. La première anomalie, de plus courte longueur d'onde et d'une amplitude de l'ordre de 8 mGal, est intimement liée au corps affleurant puisque les points d'inflexion correspondent aux contacts de l'intrusion. La seconde anomalie est pour sa part beaucoup plus large et ses points d'inflexion ne correspondent pas au contact géologique en surface. Finalement, une anomalie d'environ 10 mGal est observée au-dessus du Gabbronorite Étoile. Notez cependant que la faible densité de station gravimétrique dans ce secteur ne permet pas d'imager adéquatement l'anomalie de Bouguer qui lui est associée.

## 2.6 Interprétation quantitative

### 2.6.1 Anomalie régionale ( $\lambda > 150$ km)

Puisque la présente étude vise à caractériser des corps géologiques qui s'étendent depuis la surface, l'influence des anomalies dues à des masses profondes doit être soustraite. Pour ce faire, un filtrage spectral passe-haut cosinusoidale, réalisé avec le logiciel GMT 3.4, avec une longueur d'onde de coupure de 150 km (160-140 km) a été appliqué sur la carte de l'anomalie de Bouguer. Le choix de cette longueur d'onde de coupure est justifié par les faits suivants : i) les anomalies régionales ont été enlevées (est-ouest et nord-sud), et ii) l'amplitude des anomalies locales associées aux corps gabbroïques a été conservée. Ce filtrage a permis d'isoler une anomalie régionale (Fig. 2.8) orientée est-ouest et centrée sur le Complexe anorthositique de Morin. La longueur d'onde supérieure à 150 km et la localisation de cette anomalie laissent croire qu'elle est essentiellement produite par un contraste de masse volumique localisé en profondeur. D'ailleurs, Kearey (1978) a interprété dans ce secteur une telle perturbation. Par contre, une seconde composante est aussi observée dans l'axe nord-sud (Fig. 2.7a et 2.8) où l'anomalie de Bouguer diminue progressivement à partir du Gabbronorite de Lapeyrère vers le Lac-Saint-Jean. La présence d'une importante quantité de roches anorthositiques profondément ancrées dans la croûte, soit le Complexe anorthosite de Lac-Saint-Jean, pourrait expliquer ce phénomène. D'ailleurs, Thomas (1990) a proposé un modèle où ce complexe est décrit comme un biseau s'amincissant vers le sud. Ce modèle est cependant difficile à réconcilier avec nos observations. L'anomalie associée au Complexe anorthosite de Lac-Saint-Jean pourrait également être interprétée comme la somme d'au moins deux anomalies, soit une anomalie de courte longueur d'onde (résiduelle) associée à l'anorthosite qui serait superposée à une anomalie de plus grande longueur d'onde

associée à la présence d'une variation de masse volumique à plus grande profondeur. Un modèle similaire a par ailleurs été proposé par Kearey (1978) pour l'anomalie associée au Complexe anorthosite de Morin. De plus, Duncan et Garland (1977) ont discuté de la présence possible d'un approfondissement du MOHO dans ce secteur lié à l'effondrement crustal associé aux structures du graben du Saguenay.

### **2.6.2 Anomalie résiduelle ( $\lambda < 150$ km)**

La Figure 2.9 présente la carte de l'anomalie résiduelle. Les profils nord-sud et est-ouest (Fig. 2.10) ont été produites à partir de cette carte. Les valeurs d'amplitude des anomalies des principaux corps géologiques sont présentées au Tableau 2.3. L'observation des différents profils permet de constater que l'anomalie régionale a été enlevée et que l'amplitude de l'anomalie résiduelle associée aux corps gabbroïques a été conservée.

### **2.6.3 Modélisation**

#### ***Contraintes***

Une modélisation 3D a été réalisée à l'aide du logiciel Grav3D développé par l'USGS. L'anomalie résiduelle de Bouguer présentée sous la forme d'une carte à la Figure 2.9 a été utilisée pour la modélisation. Le niveau de référence a été fixée à 4 mGal afin d'établir une valeur de référence commune pour les intrusions de Lapeyrère et d'Édouard pour la modélisation 3D. L'utilisation de ce niveau de référence permet d'utiliser des valeurs d'amplitude d'anomalie comparables à celles observées sur la carte de l'anomalie de Bouguer (Fig. 1.3). Les valeurs moyennes de masse volumique utilisées sont celles présentées et discutées à la section 2.1. L'erreur de modélisation est estimée à ~2 mGal.

## *Résultats*

Les figures 2.11 et 2.12 présentent les formes et dimensions des corps géologiques imagés par la modélisation. Les modèles retenus sont ceux qui s'avèrent les plus simples, obtenus pas l'assemblage d'un nombre minimum de blocs aux formes géométriques les plus simples possibles.

Ainsi, notre modélisation montre que le corps principal du Gabbronorite de Lapeyrère s'évaserait légèrement vers le bas pour atteindre une profondeur de l'ordre de 8 km. D'autre part, la protubérance qui se prolonge vers le nord serait plus mince, soit de l'ordre de 2 km d'épaisseur. L'évasement du corps vers le bas est conforme à l'orientation de la fabrique tectonique dans l'encaissant, qui globalement se moule au corps intrusif et qui présente un pendage abrupt de direction opposée au contact.

D'autre part, le Gabbronorite d'Édouard peut être subdivisé en deux niveaux distincts. La partie supérieure plus étroite de l'intrusion se prolongerait verticalement sur environ 3 km, tandis que la partie inférieure plus étendue atteindrait une profondeur de l'ordre de 8 km et présenterait une largeur de l'ordre de 25 km. Les intrusions de Lapeyrère et d'Édouard ne sont pas forcément en continuité physique en sous-surface. La modélisation indique cependant que si tel n'était pas le cas, les deux corps devraient cependant être très rapprochés l'un de l'autre. La forme du Gabbronorite d'Édouard s'apparenterait à celles de la plupart des Montérégiennes, telle qu'imaginée par la modélisation gravimétrique de Feininger et Goodacre (1995). Ces derniers ont démontré que les intrusions des monts Royal, Saint-Bruno, Saint-Hilaire et Rougemont présentent une section horizontale beaucoup plus petite en surface qu'en profondeur.

Enfin, selon le modèle, la Suite de Rivière-à-Pierre forme un corps tabulaire relativement mince et dont l'épaisseur augmente vers l'est pour atteindre approximativement 3 km d'épaisseur (Fig. 2.12).

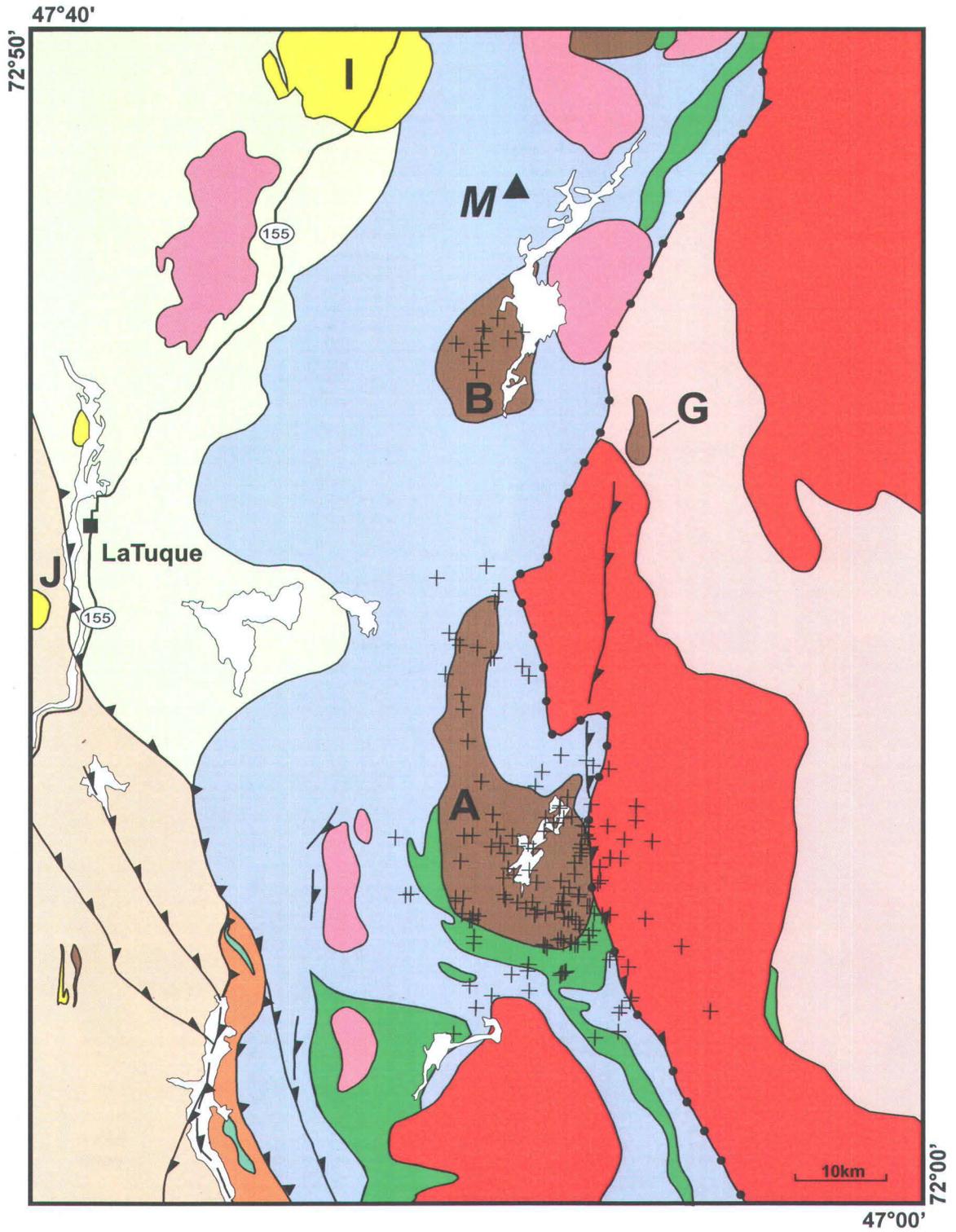


Figure 2.1 Carte de localisation des échantillons retenus pour les mesures de la masse volumique. La légende est conforme à celle de la Figure 1.2.

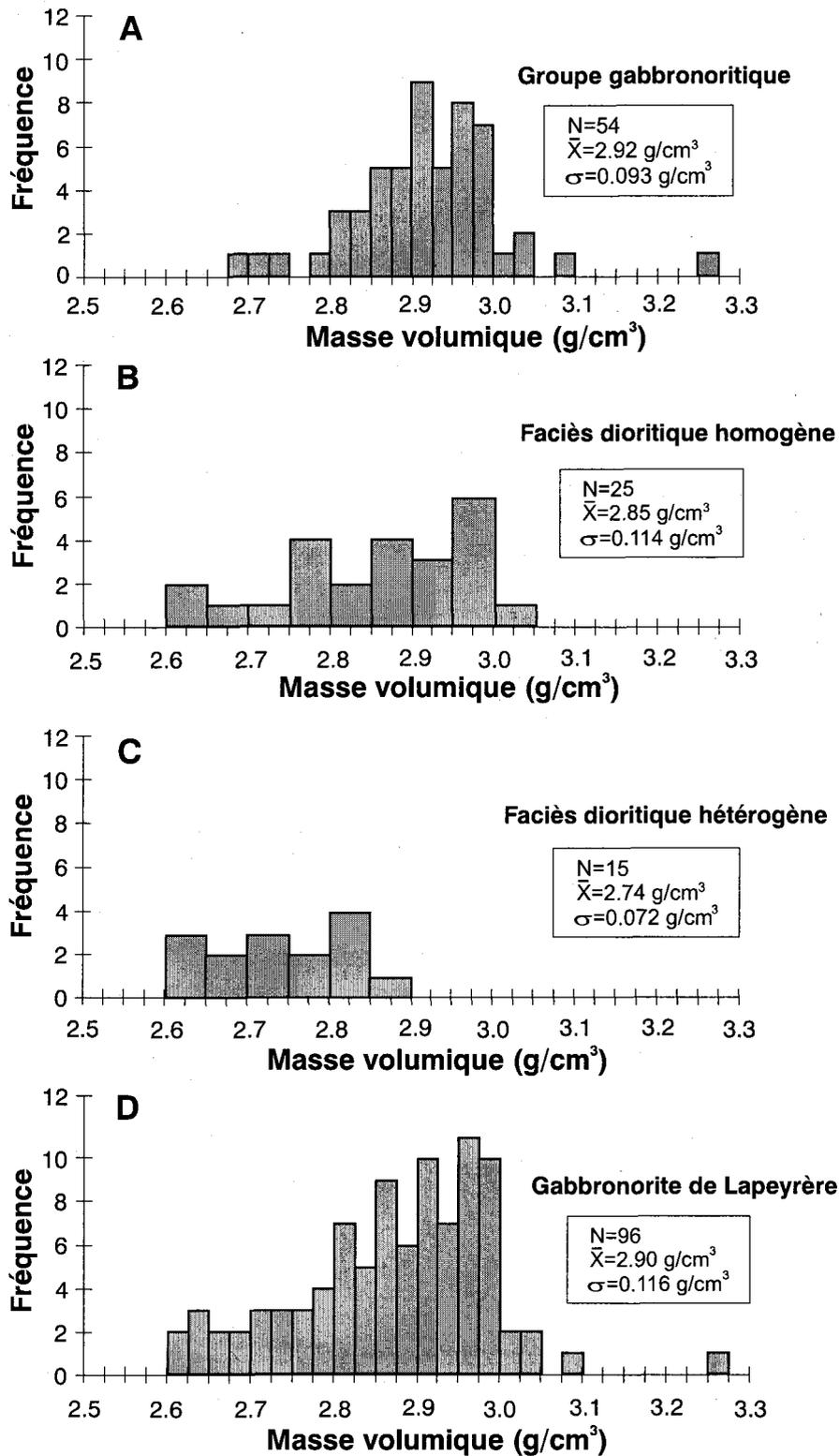


Figure 2.2 Histogrammes de fréquence et statistiques pour des mesures de la masse volumique d'échantillons représentatifs des différents faciès lithologiques du Gabbronorite de Lapeyrère.

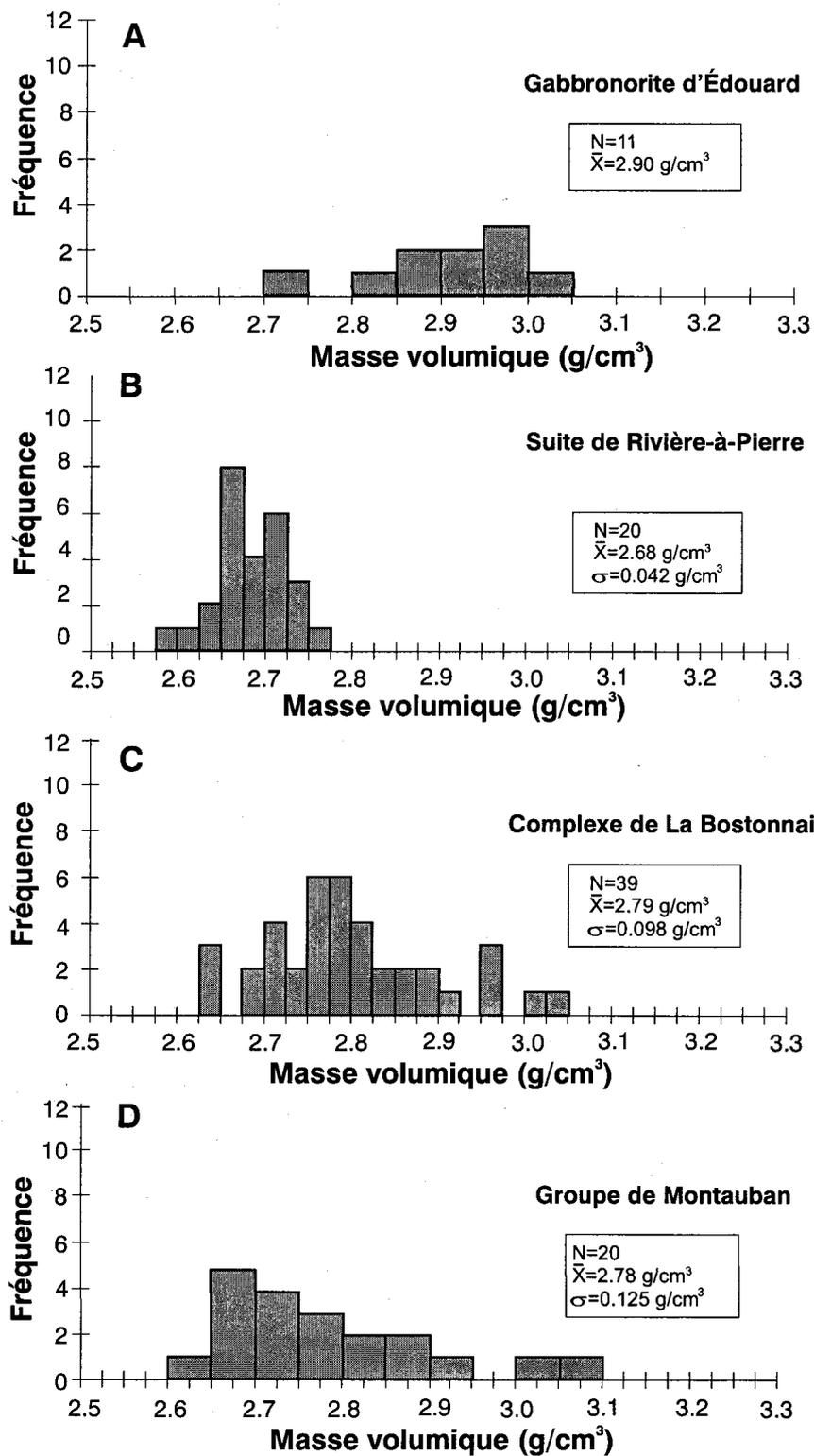


Figure 2.3 Histogrammes de fréquence et statistiques pour des mesures de la masse volumique d'échantillons représentatifs du Gabbronorite d'Édouard et des unités lithologiques dominantes de la région Portneuf-Mauricie.

**Tableau 2.1** Mesures de la masse volumique moyenne des principales unités lithologiques de la région d'étude: 1 - Gabbronorite de Lapeyrère et d'Édouard, 2 - Complexe de la Bostonnais, 3 - Groupe de Montauban , et 4 - Suite de Rivière à Pierre.

Lithologie	1	2	3	4
$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> ) Masse volumique moyenne	2.90	2.79	2.78	2.68
Fourchette des mesures	2.600- 3.100	2.625 - 3.050	2.600 - 3.100	2.575 - 2.775
N Taille de l'échantillon	96	39	20	20
$\sigma$ Écart-type	0.116	0.098	0.125	0.042
Précision ( $\pm 2\sigma$ )	0.024	0.031		0.019

**Tableau 2.2** Valeurs de la masse volumique moyenne d'unités lithologiques typiques de la Province de Grenville. Sources: 1 - Simmons (1964), 2 - Thomas (1974), 3 - Kearey (1978) et Emslie (1975), et 4 - Feininger (1993).

Localité	Lithologie	N	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>	$\sigma$	Fourchette
Adirondacks <sup>1</sup>	gneiss	48	2.64		2.53 - 3.16
	granite	23	2.67		2.62 - 2.76
	amphibolite	14	3.01		2.86 - 3.09
Lac Fournier et Rivière Romaine <sup>2</sup>	quartzofeldspathic gneiss	169	2.72	0.10	
	paragneiss	26	2.77	0.08	
	migmatite	17	2.73	0.08	
Portneuf - Mauricie (présente étude)	Groupe de Montauban	20	2.78	0.125	2.60 - 3.10
	Complexe de La Bostonnais	39	2.79	0.098	2.62 - 3.05
Terrane de Morin <sup>3</sup>	paragneiss, quartzite et marbre	185	2.82	0.17	2.58 - 3.35
	quartz-monzonite	35	2.70		2.60 - 2.76
Château-Richer <sup>4</sup>	gneiss encaissant	178	2.849	0.193	2.58 - 3.34

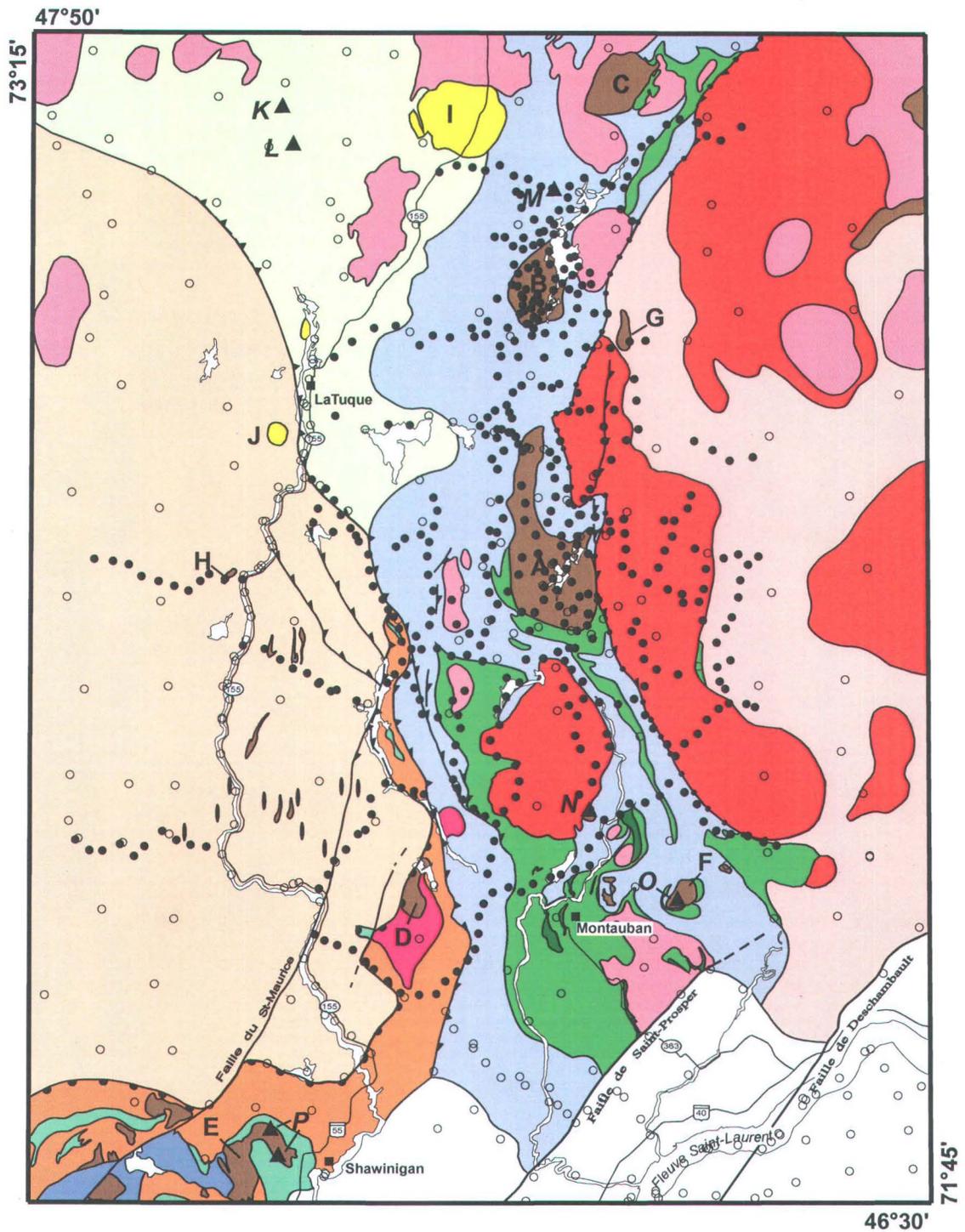


Figure 2.4 Carte de localisation des stations gravimétriques de la région Portneuf-Mauricie.  
 Légende: ○ - levés antérieurs, et ● - nouveau levé.

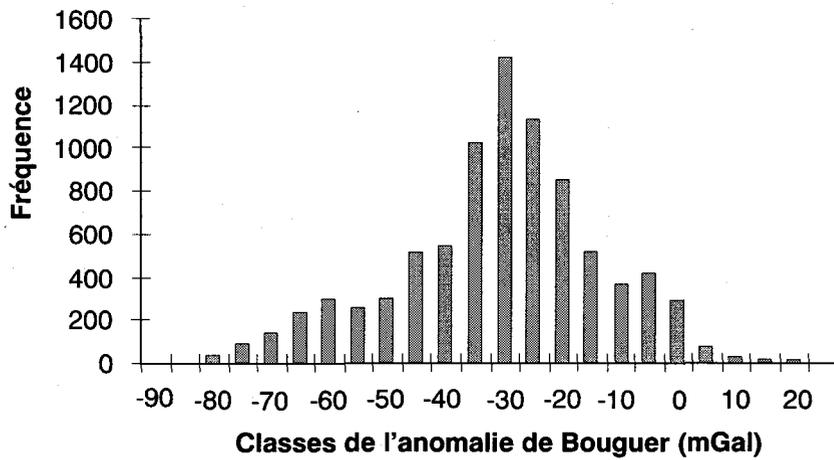


Figure 2.5 Histogramme de fréquence de l'anomalie de Bouguer.

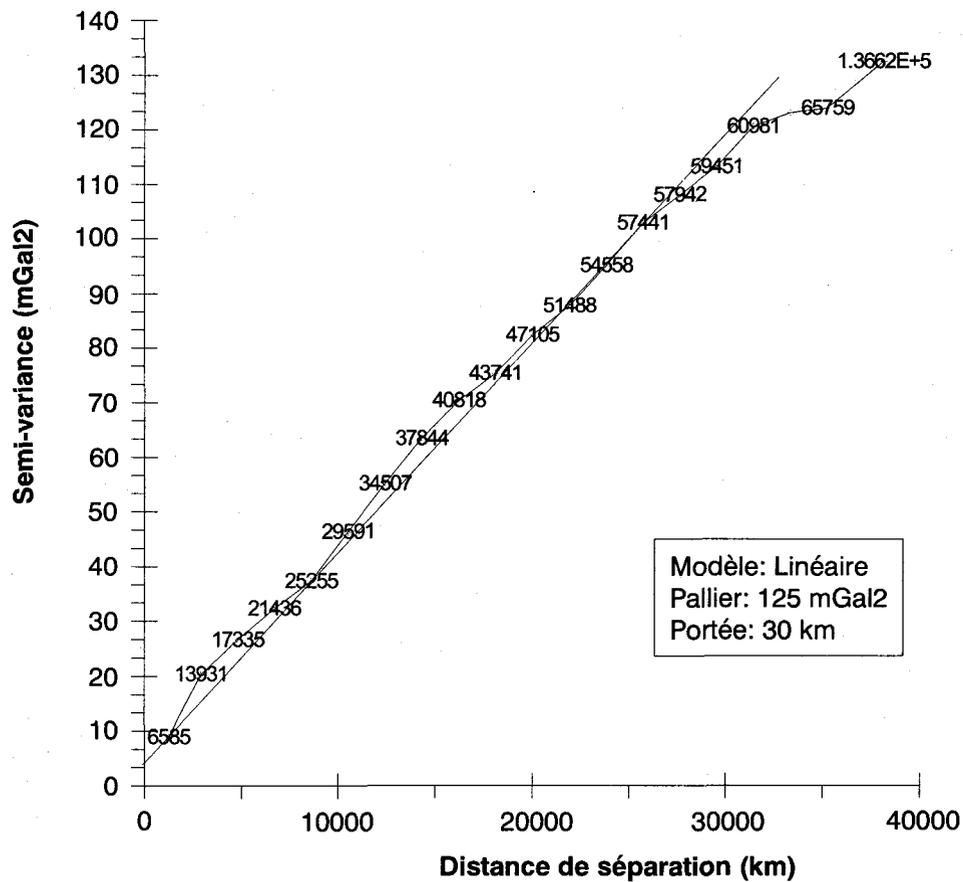


Figure 2.6 Semivariogramme omnidirectionnel de l'anomalie de Bouguer et paramètres d'interpolation.

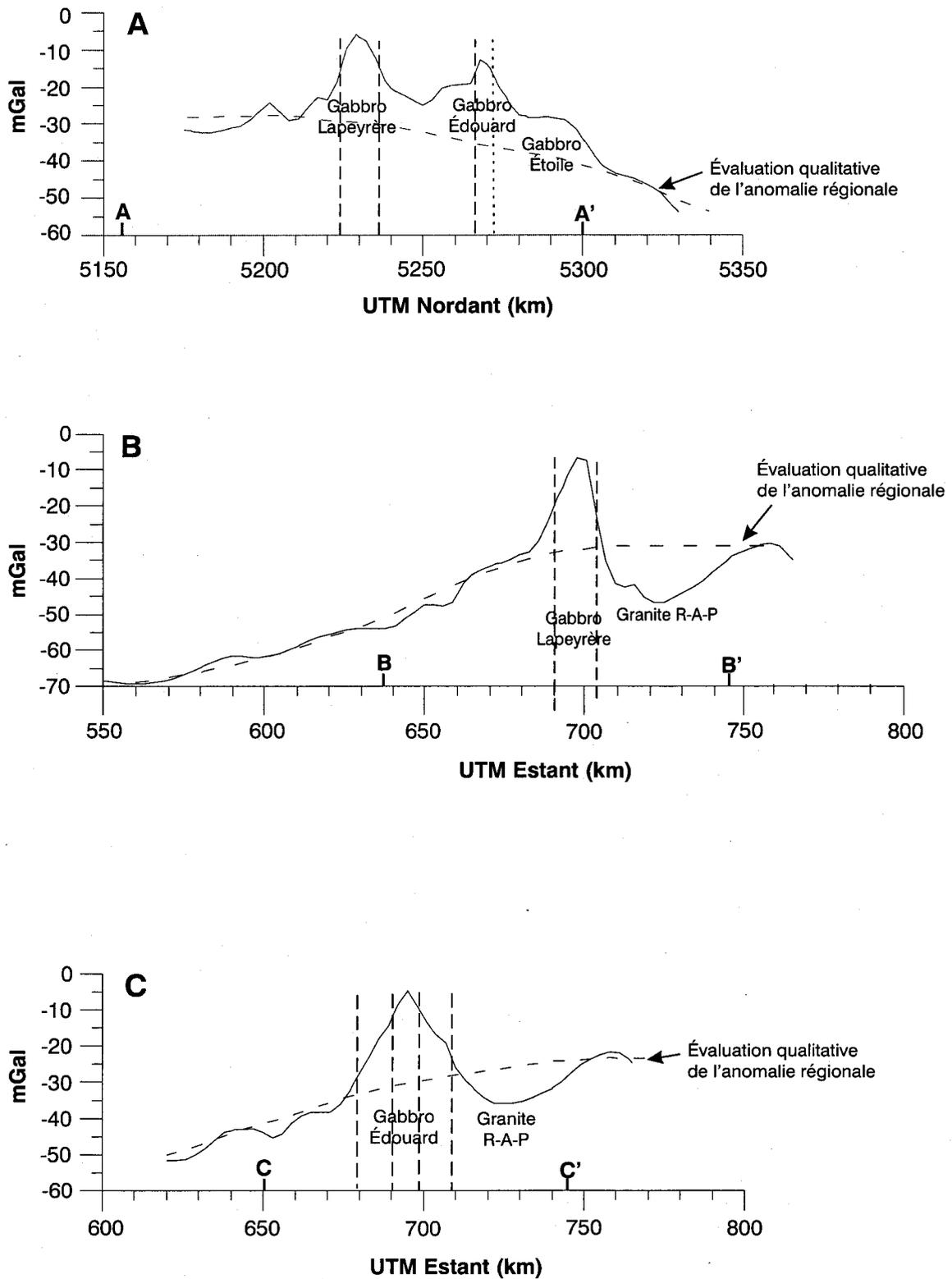


Figure 2.7 Profils projetés de l'anomalie de Bouguer le long des lignes A) A-A', B) B-B', et C) C-C' de la Figure 1.3. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

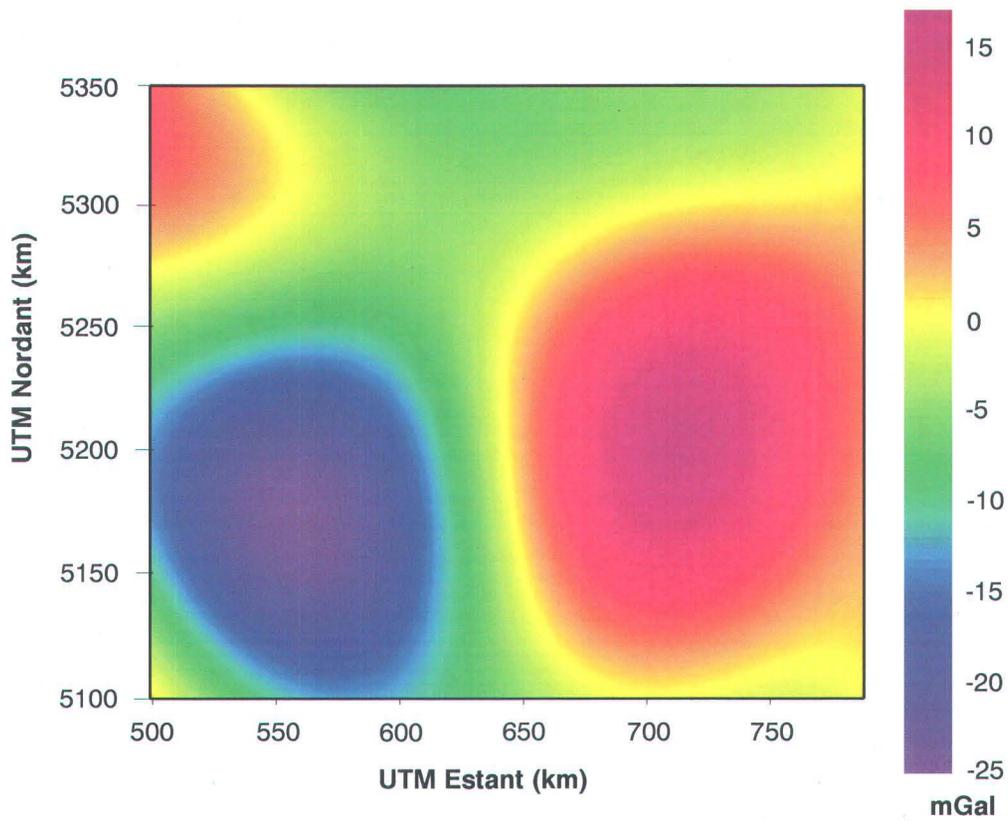


Figure 2.8 Carte de l'anomalie gravimétrique régionale ( $\lambda > 150\text{km}$ ). Grille UTM, NAD 27, zone 18.

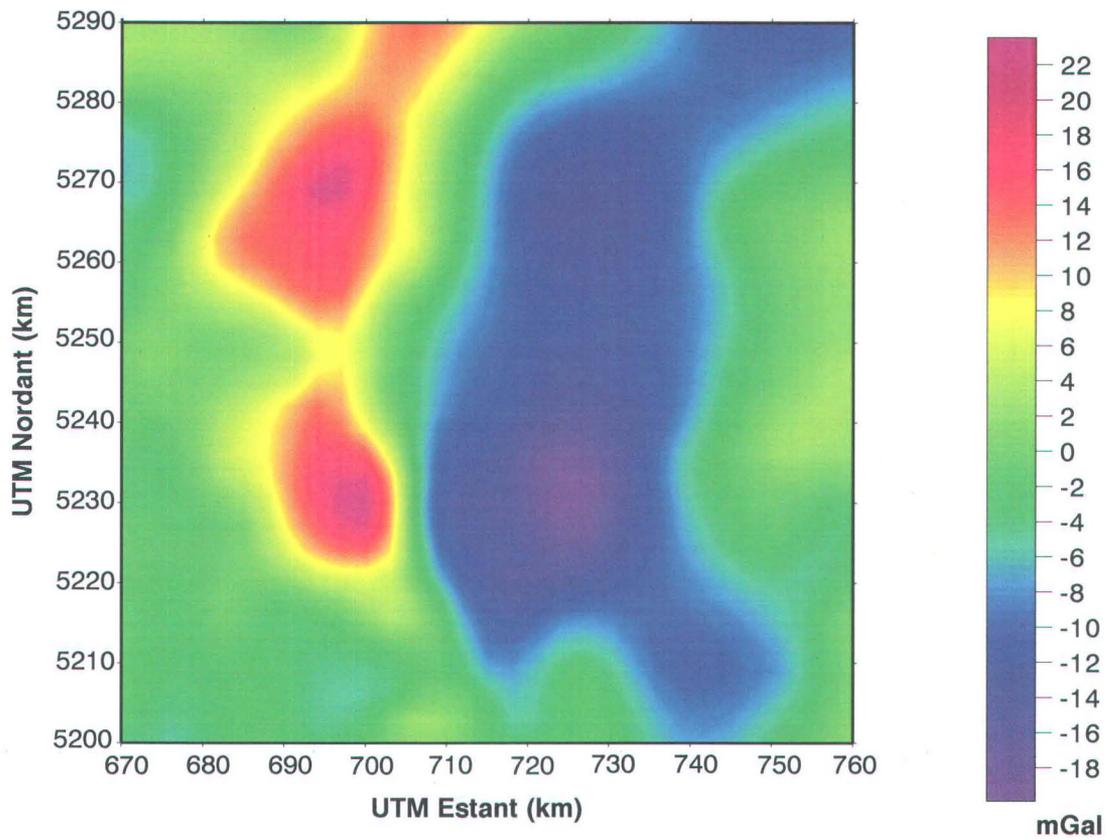


Figure 2.9 Carte de l'anomalie résiduelle de Bouguer ( $\lambda < 150\text{km}$ ). Grille UTM, NAD 27, zone 18.

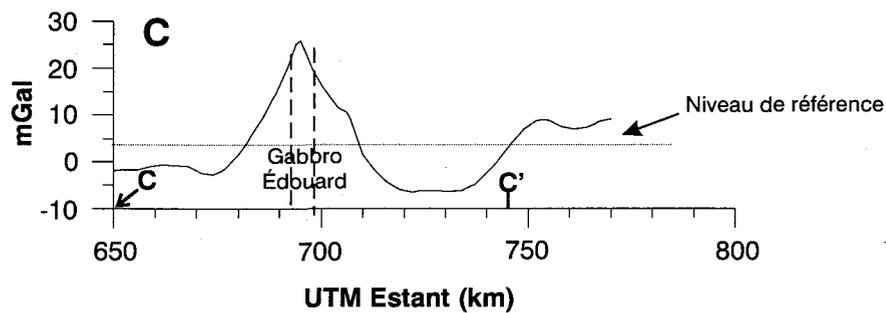
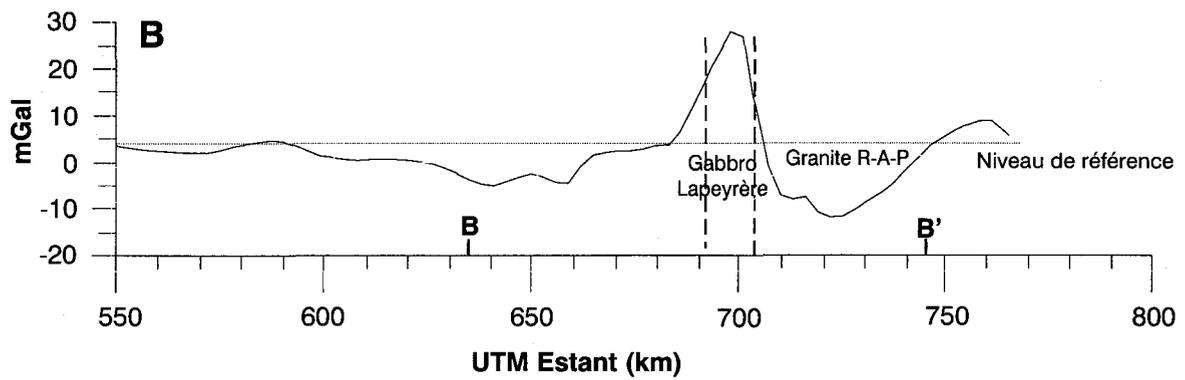
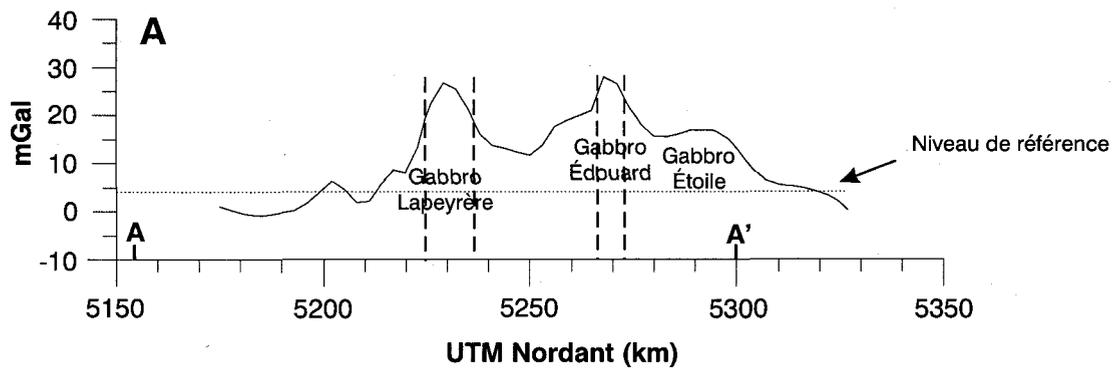


Figure 2.10 Profils des anomalies gravimétriques résiduelles de Bouguer le long des lignes A) A-A, B) B-B', et C) C-C' de la Figure 1.3. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

**Tableau 2.3** Valeurs d'amplitude de l'anomalie gravimétrique résiduelle associées aux corps géologiques modélisés dans cette étude.

Corps géologique	Amplitude de l'anomalie résiduelle (mGal)
Gabbronorite de Lapeyrère	23
Gabbronorite d'Édouard	25
Suite de Rivière-à-Pierre	17

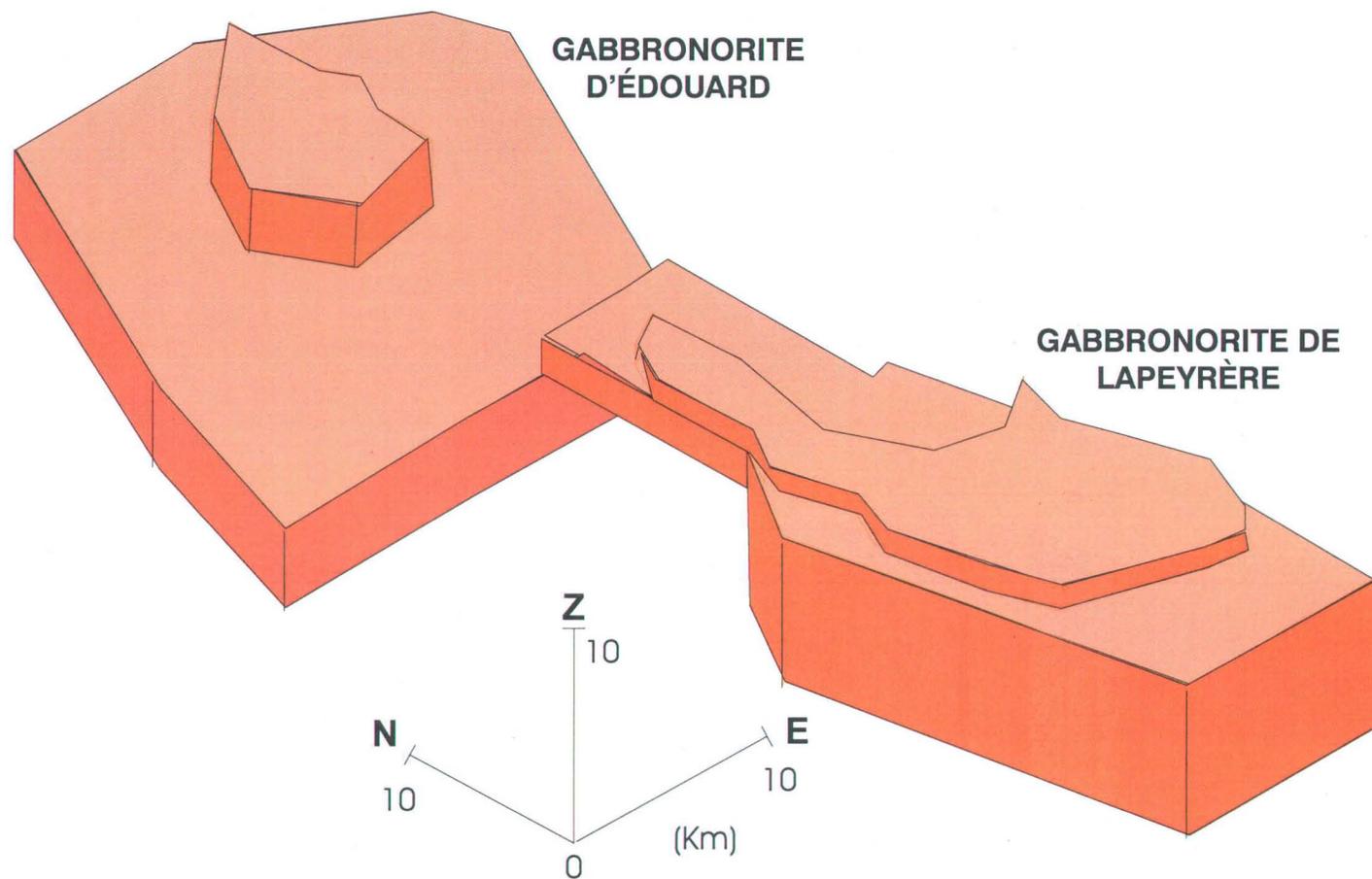


Figure 2.11 Vue aérienne en direction nord-est du modèle gravimétrique 3D des intrusions de Lapeyrère et d'Édouard. Le contraste de masse volumique entre les corps gabbronoritiques et les roches encaissantes utilisé pour ce modèle est de  $0,11\text{g/cm}^3$ .

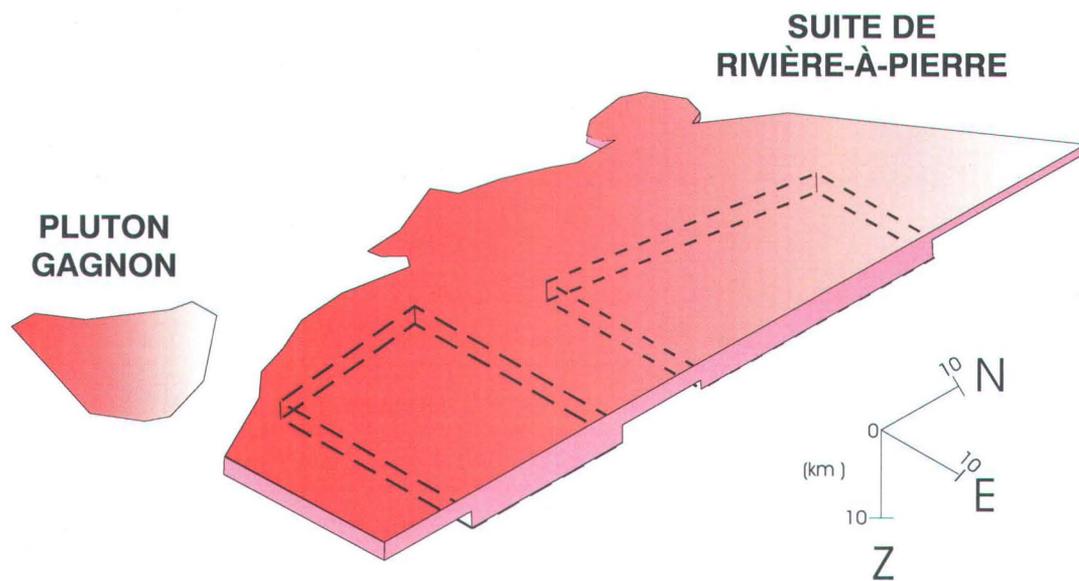


Figure 2.12 Vue aérienne en direction nord-ouest du modèle gravimétrique 3D des intrusions granitiques tabulaires de la Suite de Rivière-à-Pierre. Le contraste de masse volumique entre les blocs granitiques de la Suite de Rivière-à-Pierre et les roches encaissantes utilisé pour ce modèle est de  $0,11\text{g/cm}^3$ .

## Chapitre 3

### Étude des anomalies magnétiques

#### 3.1 Aimantation

##### 3.1.1 Sources minéralogiques et pétrologique de l'aimantation

Les assemblages de minéraux magnétiques peuvent être divisés en deux catégories soient i) les minéraux magnétiques grossiers généralement contenus dans la phase interstitielle, et ii) les minéraux magnétiques très fins que l'on retrouve communément en inclusions dans les pyroxènes et les plagioclases. Ces deux catégories d'assemblages sont responsables de propriétés magnétiques différentes. Les grains grossiers de la phase interstitielle donnent lieu à l'aimantation induite et les grains plus fins en inclusions notamment dans le plagioclase et les pyroxènes à l'aimantation rémanente (Clark, 1999).

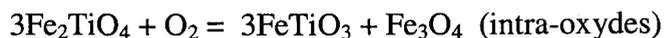
##### *Les minéraux magnétiques interstitiels*

L'étude pétrographique a permis d'établir que les principaux minéraux métalliques présents dans les roches du Gabbronorite de Lapeyrère sont les oxydes de fer et de titane communs soient la magnétite, la titanomagnétite, l'ilménite et l'hématite qui accompagnent les sulfures usuels tels que la pyrite, la pyrhotite et la chalcopyrite. Les oxydes de fer et de titane représentent généralement entre 70 et 100% des opaques et les sulfures rarement plus de 2 à 3%. L'hématite est rarement observée (0,5%) tandis que l'ilménite et la magnétite se retrouvent à peu près dans la même proportion. La taille des grains d'oxydes de la phase interstitielle varie généralement de quelques dixièmes de millimètre à quelques millimètres.

L'association titanomagnétite-ilménite représente l'assemblage le plus commun. La couleur relativement pâle de la titanomagnétite suggère un faible contenu en titane. L'ilménite se présente soit en exsolutions lamellaires dans la titanomagnétite ou en grains adjacents (à la magnétite) de formes irrégulières (lobe, moulage interstitiel). Aucune texture en treillis et zonage radial dans les grains n'a été reconnu. Les textures lamellaires suggèrent soit une origine primaire ou de l'oxydation (Haggerty, 1991). Aucune variation entre les échantillons dans la composition de la titanomagnétite n'a été décelée au microscope. La coexistence de la magnétite relativement pauvre en titane (très clair) et de l'ilménite n'est pas surprenante étant donné la cristallisation lente du Gabbronorite de Lapeyrère (Nadeau et Brouillette, 1997). En effet, il est reconnu que la cristallisation lente favorise le rééquilibrage inter-oxydes et intra-oxydes (Clark, 1999; Frost et Lindsley, 1991) selon les réactions suivantes :



magnétite titanifère + hématite = ilménite + magnétite



magnétite titanifère + oxygène = ilménite + magnétite

Une texture zébrée formée par l'exsolution d'hématite dans l'ilménite est aussi observée localement dans quelques échantillons. L'observation de cet assemblage suggère une fugacité élevée. De telles exsolutions d'hématite dans l'ilménite sont observées autant dans les échantillons provenant de la région du bas magnétique et pauvres en opaques que dans ceux provenant de la région du haut magnétique et riches en opaques. De plus, le rapport ilménite-magnétite est relativement constant à l'intérieur de l'unité A (1:2 à 2:1) et entre les unités A, B et C (Fig. 1.7 et 3.1). Cette observation suggère que la fugacité

était relativement homogène à l'intérieur du Gabbronorite de Lapeyrère lors de sa cristallisation.

La Figure 3.2 illustre la variation de l'intensité de l'aimantation induite en fonction de la quantité de minéraux métalliques. La relation théorique entre le contenu en minéraux magnétiques (%) et l'aimantation a été tracée pour la magnétite et la pyrrhotite (Clark et al., 1992). Étant donné que l'ilménite a une susceptibilité magnétique comparable à celle de la pyrrhotite (Clark et al., 1992; Telford et al., 1990) et que l'ilménite et la magnétite représentent dans la plupart des cas environ 80% des minéraux métalliques, l'ensemble des échantillons devrait tomber entre la courbe de la magnétite et celle de pyrrhotite (l'ilménite) (Fig. 3.2). La dispersion des données est explicable par les variations du rapport ilménite / magnétite mais aussi par le fait que les mesures d'aimantation ont été prises sur des échantillons provenant des mêmes affleurements plutôt que des échantillons utilisés pour le calcul du contenu en minéraux opaques. De plus, la variation du contenu en sulfures non-magnétiques et l'erreur d'estimation du contenu en opaques représentent aussi des facteurs à la source de la dispersion des données.

En dépit d'assemblages magnétiques de composition relativement constante, un fort contraste dans la quantité d'opaques est observé. D'après les travaux de Nadeau et Brouillette (1997), les échantillons provenant du cœur de l'unité A (Fig. 1.7a) et de l'unité B ont de très faibles contenus en opaques (<1%) comparativement aux échantillons provenant de la partie externe de l'unité A et de la partie interne de l'unité C où le contenu en opaques atteint localement 5% (Fig. 3.1a).

### ***Les minéraux magnétiques fins en inclusion***

Les minéraux magnétiques les plus fins se présentent soit i) en inclusion de petits grains de forme isotrope ou en prismes dans les pyroxènes et les plagioclases (dans une moindre mesure), soit ii) en inclusion suivant les plans de clivages des pyroxènes, formant des grains lamellaires. La taille des inclusions varie de quelques microns à plusieurs centaines de microns. Les principaux minéraux observés en inclusions sont la magnétite et l'ilménite. Étant donné la taille fine de ces grains, il est difficile d'évaluer au microscope la proportion relative des différents minéraux. De plus, il n'est pas possible de voir au microscope la configuration des grains (monodomaine, pseudo-monodomaine ou multidomaine), rendant l'identification des phases responsables de l'aimantation rémanente impossible.

### **3.1.2 Mesures de la susceptibilité magnétique et de l'aimantation rémanente naturelle**

Les données sur les propriétés magnétiques des roches proviennent de plusieurs sources:

- 1) mesures de susceptibilité magnétique et d'aimantation rémanente naturelle sur des carottes de forage orientées prélevées sur le terrain,
- 2) mesures de susceptibilité magnétique et d'aimantation rémanente naturelle sur des échantillons non orientés,
- 3) mesures de susceptibilité magnétique autour des sites d'échantillonnage de carottes et sur l'ensemble des affleurements, et
- 4) mesures de susceptibilité magnétique sur des échantillons.

Les sections suivantes décrivent la méthodologie employée sur le terrain et en laboratoire afin de mesurer les propriétés magnétiques des roches.

### *Procédure sur le terrain*

L'échantillonnage de carottes a été réalisé en novembre 1999 et en août 2000. Des carottes de 2,5 cm de diamètre ont été prélevées à l'aide d'une foreuse JSK-10 de Boyles. Lors des forages, une attention particulière a été portée au niveau de la pression d'eau pour éviter une surchauffe des échantillons. Les quelques échantillons qui ont été chauffés n'ont pas été conservés pour éviter toute contamination de l'aimantation naturelle des échantillons. Les carottes ont été orientées à l'aide d'une boussole Brunton et d'un cylindre métallique équipé d'une tête munie d'un niveau. Les directions obtenues lors des mesures étaient vérifiées par des lectures additionnelles prises à 1,5 m au-dessus de l'affleurement. La direction du cylindre était ajustée de manière à ce que le sommet de la carotte ait un pendage vers la droite (règle de la main droite). Ainsi, la direction de la carotte était lue sur la boussole et l'inclinaison sur le cylindre. La longueur moyenne des carottes ainsi prélevées est de 5 cm. Ces mêmes carottes ont ensuite été coupées en spécimens d'une longueur standard de 2,2 cm. La localisation des sites d'échantillonnage pour la détermination de l'aimantation rémanente apparaît à la Figure 3.3. De plus, trois mesures de susceptibilité magnétique étaient effectuées autour de chaque trou à l'aide d'un susceptibilitémètre KT-5 de Exploranium. Des mesures de susceptibilité magnétique étaient aussi réalisées le long d'une coupe à travers l'affleurement à un intervalle d'environ 1 m. Les forages ont été localisés à l'aide d'un GPS (Système de Positionnement Global) Garmin 12. Lorsque plus d'un forage était réalisé sur un affleurement, la position relative des forages était mesurée à l'aide d'un topofil et d'une boussole.

### *Mesures en laboratoire*

L'ensemble des procédures de désaimantation et des mesures d'aimantation rémanente et d'anisotropie de la susceptibilité magnétique a été réalisé au laboratoire de paléomagnétisme de la Commission géologique du Canada à Ottawa suivant le protocole en vigueur.

### *Aimantation rémanente naturelle*

Les mesures d'aimantation rémanente naturelle ont été réalisées à l'aide d'un magnétomètre à rotation (spinner magnetometer) Schonstedt SSM-1. L'aimantation rémanente de chaque spécimen a été mesurée le long de ses trois axes à deux reprises.

### *Désaimantation dans un champ magnétique alternatif (AF)*

Chacun des cinquante-six échantillon (un spécimen par échantillon) a été soumis à un programme de désaimantation AF en dix étapes (25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000 Oersted) à l'aide d'un appareil Schonstedt GSD-1. L'aimantation rémanente était mesurée entre chaque étape à l'aide d'un appareil Schonstedt SSM-1.

### *Désaimantation thermique*

Seize échantillons ont été soumis à un programme de désaimantation thermique en dix-huit étapes (200, 300, 350, 400, 450, 475, 500, 520, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 610, 630, 650, 670 °C) utilisant une fournaise Schonstedt TSD-1. Les mesures ont été réalisées à l'intérieur d'une pièce à l'abri du champ magnétique terrestre. De plus, entre les étapes de chauffage, les échantillons étaient placés à l'intérieur d'un abri magnétique (Helmholtz

coils). L'aimantation rémanente était mesurée entre chaque étape à l'aide du Schonstedt SSM-1.

### Anisotropie de la susceptibilité magnétique

La susceptibilité magnétique a été mesurée sur seize échantillons à l'aide d'un susceptibilimètre JH-8 meter de Geoinstruments. La susceptibilité magnétique de chaque spécimen a été mesurée le long de ses trois axes à deux reprises afin d'obtenir la forme et l'orientation de l'ellipse de l'anisotropie de la susceptibilité magnétique.

### Mesures de susceptibilité magnétique sur les échantillons

Des mesures de susceptibilité magnétique ont été prises sur plus de deux cents échantillons prélevés au cours de levées géologiques antérieures. Les stations d'échantillonnage sont présentées sur la carte de l'aimantation induite (Fig. 3.4). Les mesures de susceptibilité magnétique ont été réalisées à l'aide du KT-5 de Exploranium G.S. Limited. Seuls les échantillons possédant au moins une face dont le diamètre est supérieur à 60 mm et une épaisseur de 20 mm ont été mesurés. Pour chaque échantillon, la moyenne des mesures prises sur les faces dont le diamètre est supérieur à 60 mm a été calculée. Plusieurs corrections sont nécessaires pour transformer les valeurs de susceptibilité magnétique apparente obtenues à l'aide du KT-5 en valeurs de susceptibilité magnétique absolues:

1) Une première correction, selon les spécifications du manufacturier Exploranium, est nécessaire pour les valeurs de susceptibilité magnétique apparentes supérieures à  $5 \times 10^{-2}$  SI. Elle est donnée par l'équation :

$$K_b = K_a / (1 - (K_a/2))$$

2) Une seconde correction, également selon les spécifications du manufacturier, est nécessaire pour tenir compte de la taille des faces sur lesquelles les mesures sont obtenues.

3) Afin d'évaluer l'effet de l'altération et de l'irrégularité des surfaces sur les mesures de susceptibilité magnétique avec le KT-5, vingt échantillons ayant des surfaces dont l'amplitude des irrégularités est variable ont été choisis. Une lecture de KT-5 a ensuite été effectuée pour chaque surface ainsi qu'une estimation de l'irrégularité de chaque surface (mm). Chaque échantillon était ensuite coupé de manière à aplanir la surface de mesure. Une lecture a ensuite été prise sur chacune des nouvelles surfaces lisses et fraîches. Pour chaque surface, un facteur de correction a été calculé. Ce facteur tient compte de l'altération de la surface et de son irrégularité. Ce facteur de correction a ensuite été comparé au facteur de correction théorique pour l'irrégularité des surfaces données par le fabricant (Exploranium) en fonction de l'amplitude des irrégularités des surfaces qui ont été estimées. Après comparaison de ces deux facteurs de correction, une différence moyenne de 5% a été obtenue. Cette valeur a été utilisée comme facteur de correction pour l'altération. De plus, l'utilisation d'un facteur de correction par estimation de l'amplitude des irrégularités s'avère efficace.

#### Mesures de susceptibilité magnétique sur les affleurements

Étant donné le très grand nombre de mesures à prendre sur les affleurements, l'amplitude des irrégularités n'a pas été mesurée sur le terrain. Un facteur de correction pour l'altération et pour les irrégularités a été calculé en comparant les valeurs de susceptibilité magnétique mesurées sur les carottes à l'aide du JH-8 de Geoinstruments avec les valeurs mesurées autour des trous à l'aide du KT-5. Les valeurs obtenues avec le JH-8 sont

systématiquement supérieures à celles obtenues avec le KT-5. Un facteur moyen de 1,48 a été calculé entre les deux séries de données.

### **3.1.3 Résultats**

Cette section présente les résultats des mesures de l'intensité et de l'anisotropie de la susceptibilité magnétique. Les résultats des mesures de l'intensité et de l'orientation de l'aimantation rémanente naturelle sont aussi présentés dans cette section.

#### ***Aimantation induite***

Au total, deux cent soixante-dix stations de mesure de la susceptibilité magnétique ont été utilisées. De ces deux cent soixante-dix stations, cent quatre-vingt-trois proviennent de mesures effectuées sur des échantillons. Les quatre-vingt sept stations de mesure additionnelles ont été prises directement sur les affleurements. Les histogrammes de fréquence du logarithme en base 10 de l'aimantation induite pour les principales unités lithologiques de la région sont présentés à la Figure 3.5. De façon semblable à plusieurs études régionales (Clark et Emmerson, 1991; Henkel, 1976), les valeurs d'aimantation induite suivent une distribution lognormale bimodale. La distribution bimodale reflète les sous-populations paramagnétiques dont l'aimantation est essentiellement produite par les silicates et ferrimagnétiques dont l'aimantation est essentiellement produite par les oxydes. La moyenne pour chaque unité géologique a été calculée à partir des valeurs d'aimantation transformées en logarithme en base 10. De plus, l'écart-type indiqué représente un facteur d'ordre de magnitude.

À l'exception de la Suite de Rivière-à-Pierre qui montre une aimantation induite relativement homogène ( $\sigma = 0,32$  ordre de magnitude), les valeurs d'aimantation sont très variables et ce, même à l'intérieur d'unités magmatiques à première vue monotones tel que l'unité A du Gabbronorite de Lapeyrère. La Figure 3.4 illustre la variation de l'aimantation induite à travers le Gabbronorite de Lapeyrère. Les valeurs d'aimantation induite les plus faibles, de  $10^{-2}$  à 1 A/m, sont observées dans le centre de l'unité A, dans l'unité B ainsi que dans l'unité C. Par contre, les valeurs d'aimantation les plus fortes, de 1 à 10 A/m sont localisées en périphérie de l'unité A, à l'extrême ouest de l'unité B et dans la partie interne de l'unité C. À partir de ces observations, il apparaît clair qu'il n'existe pas de relation directe entre l'aimantation et les unités magmatiques reconnues lors de l'étude pétrographique. Des domaines magnétiques ont donc été délimités afin d'établir les zones où l'aimantation est relativement stable. Les unités magmatiques B et C correspondent étroitement à des domaines magnétiques. Par contre, l'unité magmatique A a été subdivisée en deux domaines magnétiques soit A1 et A2. Les propriétés magnétiques de ces domaines sont résumées au Tableau 3.1.

### ***Anisotropie de la susceptibilité magnétique***

L'anisotropie de la susceptibilité magnétique a aussi été évaluée à partir de quatorze spécimens provenant de l'unité A (Fig. 3.6). Une valeur moyenne d'anisotropie de 1,2 a été calculée. Cette valeur est typique des valeurs observées dans les intrusifs (Clark et Emmerson, 1991). Pour sa part, la foliation magnétique est orientée à  $340^\circ$  et présente un pendage de  $66^\circ$ . Elle est conforme à la foliation magmatique reportée pour l'unité A (Nadeau et Brouillette, 1997). De plus, les linéations magnétiques sont orientées à  $237^\circ$  avec une plongé abrupte de  $59^\circ$ .

Puisque la grande majorité des mesures de susceptibilité magnétique obtenues à l'aide du KT-5 ont été effectuées à la verticale de telle façon que le champ inducteur soit à peu près parallèle au champ magnétique ambiant, il n'est pas nécessaire d'appliquer de correction pour l'anisotropie de la susceptibilité magnétique. Par contre, les mesures réalisées sur les échantillons représentent des valeurs intermédiaires puisque la moyenne des faces a été calculée. Ainsi, un facteur de correction doit être appliqué pour tenir compte de l'anisotropie de la susceptibilité magnétique. L'anisotropie de la susceptibilité magnétique n'a pas été mesurée pour l'unité B. Par contre, sachant que la foliation magmatique est relativement homogène (N070/070), il est possible d'anticiper que  $\sigma_3$  soit orienté N070/070. Par contre, aucune information n'est disponible sur l'orientation des linéations magnétiques. Par conséquent,  $\sigma_1$  peut être localisé le long du plan de foliation et formé un angle compris entre 19 et 90 degrés avec l'orientation du champ magnétique ambiant. À partir de ces données, il est donc possible d'établir que le facteur de correction se situe entre 0,98 et 1,08. Un facteur de correction de 1,04 a donc été retenu. L'amplitude de l'anisotropie selon les trois axes est la suivante :  $\sigma_1 = 1,10$ ,  $\sigma_2 = 0,99$  et  $\sigma_3 = 0,91$ .

### *Aimantation rémanente*

#### Intensité

L'histogramme de fréquence de l'aimantation rémanente naturelle est caractéristique d'une distribution lognormale qui représente l'ensemble des échantillons pris dans la région (Fig. 3.7). Parmi ces échantillons, deux proviennent de la Suite de Rivière-à-Pierre et deux du Complexe de La Bostonnais. Ces données montrent que les patrons de

variation spatiale de l'aimantation rémanente et induite sont très semblables (Fig. 3.3 et 3.4; Tableau 3.1). Par contre, l'amplitude du contraste est légèrement plus faible dans le cas de l'aimantation rémanente.

#### Direction d'aimantation rémanente

Les directions d'aimantation rémanente des échantillons du Gabbronorite de Lapeyrière sont présentées à la Figure 3.8. Les échantillons dont la composante d'aimantation principale avait une coercivité inférieure à 100 Oe ont été enlevés. En dessous de cette coercivité, la direction d'aimantation risque d'avoir été modifiée entre l'échantillonnage et la mesure des propriétés magnétiques (Dr. K. Buchan, *communication personnelle*, 2000). Une direction d'aimantation moyenne a été calculée pour chaque unité magmatique (Tableau 3.2). Ainsi, l'unité A présente une direction d'aimantation moyenne de N134/68. Cette valeur est comparable à celle de N119/46 obtenue pour l'unité B. Par contre, l'unité C présente une direction d'aimantation à N30/72, plus près du champ magnétique ambiant. Il est à noter qu'il n'existe pas de différence importante entre la direction d'aimantation des roches provenant du cœur de l'unité A et celle provenant de sa périphérie.

### **3.1.4 Interprétation**

#### *Relation entre l'aimantation et la pétrologie magnétique*

##### Aimantation induite

Les facteurs qui contrôlent l'intensité de l'aimantation induite d'une roche sont bien établis (Grant, 1985; Clark, 1999; O'Reilly, 1984). Il s'agit i) de la composition des

assemblages de minéraux magnétiques; ii ) du volume relatif occupé par ces assemblages; et iii) de la granulométrie, la forme et la configuration des grains.

Les assemblages magnétiques ainsi que la granulométrie et la taille des grains sont relativement constants à l'intérieur du Gabbronorite de Lapeyrère. Par contre, une variation importante du contenu en minéraux magnétiques est observée. La relation entre le contenu en minéraux métalliques (généralement constitués par plus de 80% de minéraux magnétiques) et l'intensité de l'aimantation induite des échantillons provenant du Gabbronorite de Lapeyrère est illustrée à la Figure 3.2. Deux observations importantes sont tirées :

- 1) la majorité des échantillons se situent dans le champ défini par les courbes théoriques de la magnétite et de la pyrrhotite (ou de l'ilménite); et
- 2) il n'y a pas d'évidence d'une diminution de l'aimantation induite normalisée par le contenu en opaques.

Ces observations sont conformes aux observations pétrographiques qui indiquent que l'assemblage dominant (magnétite-ilménite) se présente globalement dans une proportion similaire dans les zones de forte et de faible aimantation induite. Le contraste dans le contenu en minéraux magnétiques serait donc suffisant pour expliquer le contraste d'aimantation induite.

#### Aimantation rémanente

Trois facteurs contrôlent l'intensité de l'aimantation rémanente naturelle d'une roche :

- 1) la taille, la forme et la configuration des grains (monodomaine, pseudomonodomaine ou multidomaine) ;

2) la quantité de grains magnétiques; et

3) la composition des grains.

La configuration des grains (monodomaine, pseudo-monodomaine ou multidomaine) dépend entre autre de leur taille et de leur forme. Les grains monodomaines ou pseudo-monodomaines qui sont responsables de l'aimantation rémanente ont généralement une taille inférieure à 20 um (Clark, 1999). Il n'est cependant pas possible de déterminer à l'aide des techniques de microscopie communes quels sont les grains responsables de l'aimantation rémanente. Par contre, la désaimantation thermique, traitée à la section suivante, a permis d'identifier les minéraux responsables de l'aimantation rémanente.

Il n'est pas possible de relier quantitativement le contraste d'aimantation rémanente au contenu en inclusions d'oxydes dans les feldspaths et les pyroxènes. Par contre, il est possible de constater à la Figure 3.3 que les faciès extrêmes (cœur de A, unité B et faciès monzodioritique de l'unité C) présentent la plus faible aimantation rémanente, et que ce sont les faciès intermédiaires qui présentent la plus forte aimantation rémanente. Plusieurs études de compilation (Clark, 1999) ont mis en évidence la forte aimantation rémanente que présentent généralement les intrusions gabbroïques. Cette tendance est due aux inclusions d'oxydes de fer et de titane («clouding») qui sont généralement observées dans les plagioclases de composition intermédiaire (Smith et Brown, 1980).

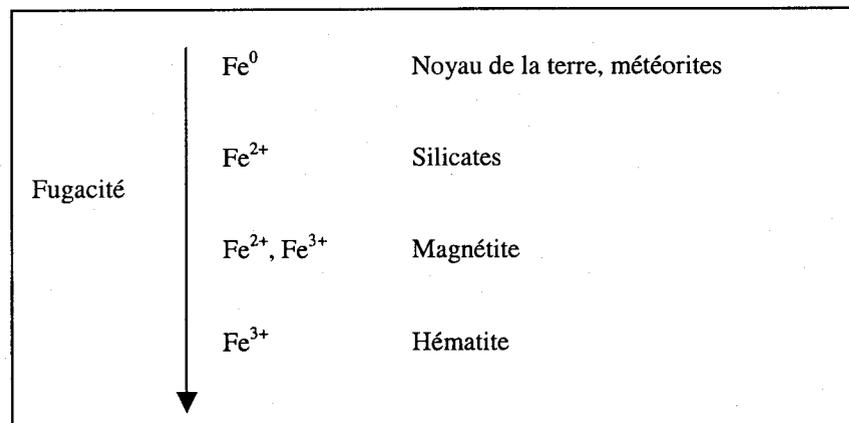
### Désaimantation thermique

La désaimantation thermique a permis de déterminer la composition des inclusions responsables de l'aimantation rémanente naturelle. La Figure 3.9 illustre la décroissance de l'intensité de l'aimantation avec l'augmentation de la température. La température de

blochage dominante est d'environ 570°C. Cette température est caractéristique d'une magnétite très pure (>95% Mt). La magnétite représenterait, dans la majorité des cas, plus de 80% de l'intensité de l'aimantation. Cependant, un nombre important d'échantillons présentent une décroissance progressive de l'intensité entre 300 et 560 °C. Cette décroissance progressive est attribuable à la présence de titanomagnétite de composition variable. De plus, trois échantillons provenant de l'unité B montrent une importante quantité de pyrrhotite dont la température de blocage se situe entre 200 et 300 °C. Finalement, les minéraux aux températures de blocage inférieures à 200° C tel que l'ilménite (100°C <TB <150°C) et la titanomagnétite (0°C <TB <580°C) représentent généralement moins de 20% de l'intensité de l'aimantation.

#### ***Relation entre la quantité d'opagues et la géochimie***

Les principaux facteurs qui contrôlent la quantité et la composition des assemblages magnétiques sont les suivants: i) la fugacité de l'oxygène du système, et ii) le contenu en fer, titane et magnésium. La fugacité de l'oxygène détermine, en première approximation, l'état sous lequel le fer se retrouve ( $\text{Fe}^0$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ). Ainsi, tel qu'illustré ci-bas, l'état d'oxydation du fer et la nature des minéraux dépendent de la fugacité de l'oxygène.



Dans un système naturel, la présence du magnésium et du titane joue cependant un rôle important affectant la stabilité relative des silicates, de la magnétite et de l'hématite (Frost, 1991). Ainsi, l'incorporation du magnésium par les silicates permet de les stabiliser à des fugacités élevées, même en présence d'hématite. De la même manière, le titane et le fer ferreux se substituent au fer ferrique dans la magnétite et l'hématite (Frost, 1991). Il en résulte une stabilisation des oxydes au dépens des silicates.

En dépit d'assemblages de minéraux magnétiques relativement uniformes à travers le Gabbronorite de Lapeyrère, un fort contraste dans la quantité d'oxydes de fer et titane est observé (Fig. 3.1a). Ainsi, une augmentation du contenu en opaques est observée à partir du centre de l'unité A (soit dans l'unité A1) pour atteindre un maximum dans la partie externe de l'unité A ou dans la partie interne de l'unité C. De plus, les valeurs dans l'unité B sont comparables aux valeurs de l'unité A1. D'autre part, les patrons de distribution obtenus pour le rapport Fe/Mg (Fig. 3.1c) et le contenu en titane (Fig. 3.1d) sont semblables à celui du contenu en opaques (Fig. 3.1 a). Le fait que l'augmentation du rapport Fe/Mg soit accompagnée d'une augmentation de la quantité de minéraux métalliques opaques (Fig. 3.10a) et d'une diminution du contenu en silicates de fer (Fig. 3.10b) illustre la stabilisation préférentielle des oxydes de fer et de titane par rapport aux silicates ferromagnésiens. De plus, il existe une relation directe entre le contenu en titane et le contenu en opaques.

La majorité des résultats provenant des échantillons du Gabbronorite de Lapeyrère suivent les relations décrites ci-haut. Par contre, les échantillons les plus évolués de

l'unité C (monzodiorites, syénite) montrent de très forts rapports Fe/Mg. En fait, ces échantillons possèdent un contenu en fer relativement faible (2-5%) et des contenus en magnésium (0,1-1%) et en titane (0,2-0,5%) extrêmement faibles. Dans ces roches, le  $Fe^{3+}$  est probablement incorporé à la biotite.

Les seules échantillons qui ne répondent pas aux relations précédentes sont ceux de composition quartz-monzodiorite qui contiennent très peu de fer et d'opakes. Ce sont les échantillons:

Ouep 31	(2.47%)
90-RG-1-9332	(4.37%)
90-NKD-3-0227	(1.25%)
90-NKP-2-9527	(5.17%)
90-RG-19535	(6.54%)

Puisque le rapport Fe/Mg est un indicateur de fractionnement magmatique et que la corrélation entre le rapport Fe/Mg et l'aimantation induite (Fig. 3.11) est bien établie dans le cas présent, il est possible de déduire que la variation de l'aimantation induite est le résultat d'un fractionnement magmatique à l'intérieur du Gabbronorite de Lapeyrière.

Finalement, le gradient d'aimantation rémanente observé à l'intérieur de l'intrusion est probablement lié à la variation du contenu en inclusions métalliques qui change systématiquement avec la calcicité du plagioclase (Fig. 3.12). En effet, l'aimantation rémanente est maximale pour des valeurs de l'ordre de An<sub>53</sub>. Selon Smith et Brown (1980), ce sont les plagioclases de compositions intermédiaires qui présentent la plus grande quantité d'inclusions. Donc, indirectement, par le biais de la variation de la

composition du plagioclase, il est établi que le fractionnement magmatique est responsable de la variation de l'aimantation rémanente.

### **3.1.5 Discussion**

Les mesures d'anisotropie de la susceptibilité magnétique ont permis d'établir que pour l'unité A du Gabbronorite de Lapeyrère, les foliations magnétiques à pendage abrupt sont à peu près parallèles au plan de foliation magmatique reconnu par Nadeau et Brouillette (1997 et 1998). Nos mesures indiquent également la présence d'une linéation magnétique qui n'a pas été reconnue lors des travaux de terrain.

Les patrons de variation de l'aimantation induite et de la quantité de minéraux magnétiques grossiers à l'intérieur du Gabbronorite de Lapeyrère sont également en corrélation avec les patrons de variations géochimiques. Il existe donc un lien étroit entre le fractionnement magmatique (rapport Fe/Mg), la quantité de minéraux magnétiques grossiers, et les propriétés magnétiques. De plus, la fine variation dans la composition du plagioclase à partir du cœur de l'unité A vers l'unité C qui illustre la différenciation pourrait aussi avoir joué un rôle dans la formation d'inclusions de minéraux magnétiques responsables de l'aimantation rémanente.

#### ***Implications sur la mise en place***

Plusieurs exemples d'intrusions présentant des zonations magmatiques causant des zonations de propriétés magnétiques sont décrits dans la littérature. Par exemple, Vignerresse et Bouchez (1997) présentent un cas d'intrusions magmatiques successives accolées tandis que Gleizes et al. (1993), Bateman et Chapell (1979) ainsi que Clark et al.

(1992) présentent des exemples de zonation attribuable à la cristallisation fractionnée. Les variations du cœur de l'unité A à l'unité C sont corrélables au fractionnement magmatique responsable de la diversification observée (gabbronorite - gabbronorite à hornblende - diorite). Par contre, l'unité B semble posséder les caractéristiques du cœur de A.

## **3.2 Modélisation des anomalies magnétiques**

### **3.2.1 Données aéromagnétiques**

Les données aéromagnétiques disponibles (Figs. 1.5 et 1.6) pour le Gabbronorite de Lapeyrère parviennent de la Commission géologique du Canada. Il s'agit d'un levé aéroporté de type navigation visuelle, réalisé en 1962, à une altitude de 305 m par rapport au niveau du sol suivant des lignes de vol de d'orientation nord-sud. L'espacement entre les lignes de vol dans la région a été légèrement variable, soit entre 960 m à 600 m, mais l'espacement recherché était de 805 m (i.e. demi-mile). Les données ont été acquises avec un magnétomètre <<flux-gate>> analogique dont le niveau zéro était ajusté à l'oeil. Des lignes est-ouest ont été volées à un intervalle d'environ 30 km pour raccorder les lignes entre elles et appliquer des corrections pour les variations diurnes du champ magnétique. Les données ont ensuite été nivelées graphiquement et contournées manuellement. Autour de 1980, les données numériques correspondant aux points d'intersections entre les lignes de vols et de les contours isovaleurs magnétiques ont été extraites pour constituer la base de donnée numérique. Le levé réalisé dans ce secteur (#14) a été ajusté aux levés adjacents. Le champ magnétique résiduel comporte donc une certaine part d'incertitude, surtout pour les grandes longueurs d'ondes (>100km) (Dr. P. Keating, *communication personnelle*, 2001). Le Gabbronorite de Lapeyrère est traversé au total par quatorze

lignes de vol. Le bas aéromagnétique principal est défini par trois lignes de vol et le haut aéromagnétique principal par environ dix lignes.

### 3.2.2 Traitements des données

Les données aéromagnétiques ont d'abord été transformées en logarithme de base 10 (Isaaks et Srivastava, 1989) pour obtenir une distribution expérimentale qui s'approche de la normale (Fig. 3.13a). Un semivariogramme omnidirectionnel (Fig. 3.13b) a ensuite été déterminé afin d'établir les paramètres d'interpolation spatiale. L'interpolation a été réalisée par krigage ordinaire avec le logiciel Surfer 6.01 (1995) en utilisant un modèle sphérique défini selon les paramètres suivants:

pallier	=	$7.3 \times 10^{-6} (\log_{10}(nT))^2$
portée	=	10 km
effet de pépite	=	$5 \times 10^{-7} (\log_{10}(nT))^2$
distance d'interpolation	=	0.2 km

Aucune valeur d'anisotropie n'a été utilisée pour l'interpolation.

### 3.2.3 Interprétation qualitative

La signature aéromagnétique associée au Gabbronorite de Lapeyrère (Figs. 1.5 et 1.6) est caractérisée par plusieurs anomalies de petites longueurs d'onde mais de fortes amplitudes (atteignant près de 3000 nT). En comparaison aux unités géologiques voisines tel le Complexe de La Bostonnais, le Groupe de Montauban et la Suite de Rivière-à-Pierre, les variations spatiales du champ magnétique sont d'une amplitude beaucoup plus élevée pour des anomalies de longueurs d'onde équivalentes.

Puisque les données de propriétés physiques sont seulement disponibles pour le Gabbronorite de Lapeyrère, l'interprétation des données magnétiques a été faite pour:

- 1) le bas magnétique localisé au cœur de l'unité A soit, au centre géographique de l'intrusion et qui se prolonge vers le nord (Fig. 3.14);
- 2) le haut magnétique qui forme une couronne autour du bas magnétique central et qui épouse le pourtour de l'unité A; et
- 3) le bas magnétique localisé au-dessus de l'unité B.

L'amplitude des variations dans le champ magnétique est de l'ordre de 3000 nT.

### **3.2.4 Interprétation quantitative**

#### ***Contraintes***

La modélisation magnétique a été réalisée à l'aide du logiciel 2.5D GM-SYS le long d'une coupe est-ouest (Fig. 3.14) où la majorité des échantillons ont été prélevés. L'extension verticale des corps a été fixée par rapport aux dimensions observées en surface. La modélisation a été réalisée en utilisant une distance de séparation de 300 m pour simuler l'élévation du levé. Le modèle intègre les propriétés magnétiques des roches soit : i) la direction et l'intensité de l'aimantation rémanente, ii) la direction, l'intensité et l'anisotropie de l'aimantation induite (Tableau 3.3). Ces unités ont été subdivisées sur la base de leur uniformité magnétique (Figs. 3.4 et 3.6). Puisque le Groupe de Montauban, la Suite de Rivière-à-Pierre ainsi que les unités B et C du Gabbronorite de Lapeyrère sont relativement homogènes au niveau de leurs propriétés magnétiques, une seule valeur a été adoptée pour chaque unité. Par contre, étant donné le fort contraste de propriétés physiques à l'intérieur de l'unité A, celle-ci a été subdivisée en deux sous-unités: soit l'unité A1 au coeur de l'unité A, et l'unité A2 au pourtour (Figs.

3.3 et 3.4). Les valeurs d'intensité d'aimantation induite et rémanente attribuées aux différentes unités du Gabbronorite de Lapeyrère (A1, A2, B, C), au Groupe de Montauban et à la Suite de Rivière-à-Pierre représentent la moyenne des logarithmes en base 10. Les valeurs d'aimantation induite ont été calculées à partir de l'équation suivante :

$$M = k H$$

Où M représente l'intensité de l'aimantation induite (A/m), k (SI) représente la susceptibilité magnétique et H, l'intensité du champ magnétique au moment du levé, en 1962 (voir un peu plus loin dans cette section).

Les valeurs de direction d'aimantation rémanente utilisées pour chaque unité représentent la moyenne des directions d'aimantation présentées à la Figure 3.8 et au Tableau 3.2. Le Groupe de Montauban et le Complexe de La Bostonnais ont été utilisés comme encaissant.

De plus, les paramètres utilisés dans la modélisation qui définissent le champ magnétique régional correspondent aux valeurs au moment du levé en 1962 selon le modèle DGRF60: une déclinaison de  $342.6^{\circ}$ , une inclinaison de  $75.6^{\circ}$  et une intensité totale de 58 146 nT.

### ***Résultats***

La modélisation (Fig. 3.15) a permis d'expliquer les variations du champ magnétique à partir des propriétés physiques et magnétiques qui ont été mesurées et des contraintes physiques telles que les contacts géologiques en surface. La modélisation aéromagnétique suggère que le Gabbronorite de Lapeyrère soit constitué d'unités

géologiques subverticales qui se prolongent jusqu'à une profondeur d'environ 8 km. Les unités situées à l'est présentent un pendage vers l'est tandis que les unités situées dans la partie ouest de l'intrusion présentent un pendage vers l'ouest. Le corps granitique de la Suite de Rivière-à-Pierre a une épaisseur de l'ordre de 4 km en s'épaississant vers l'est.

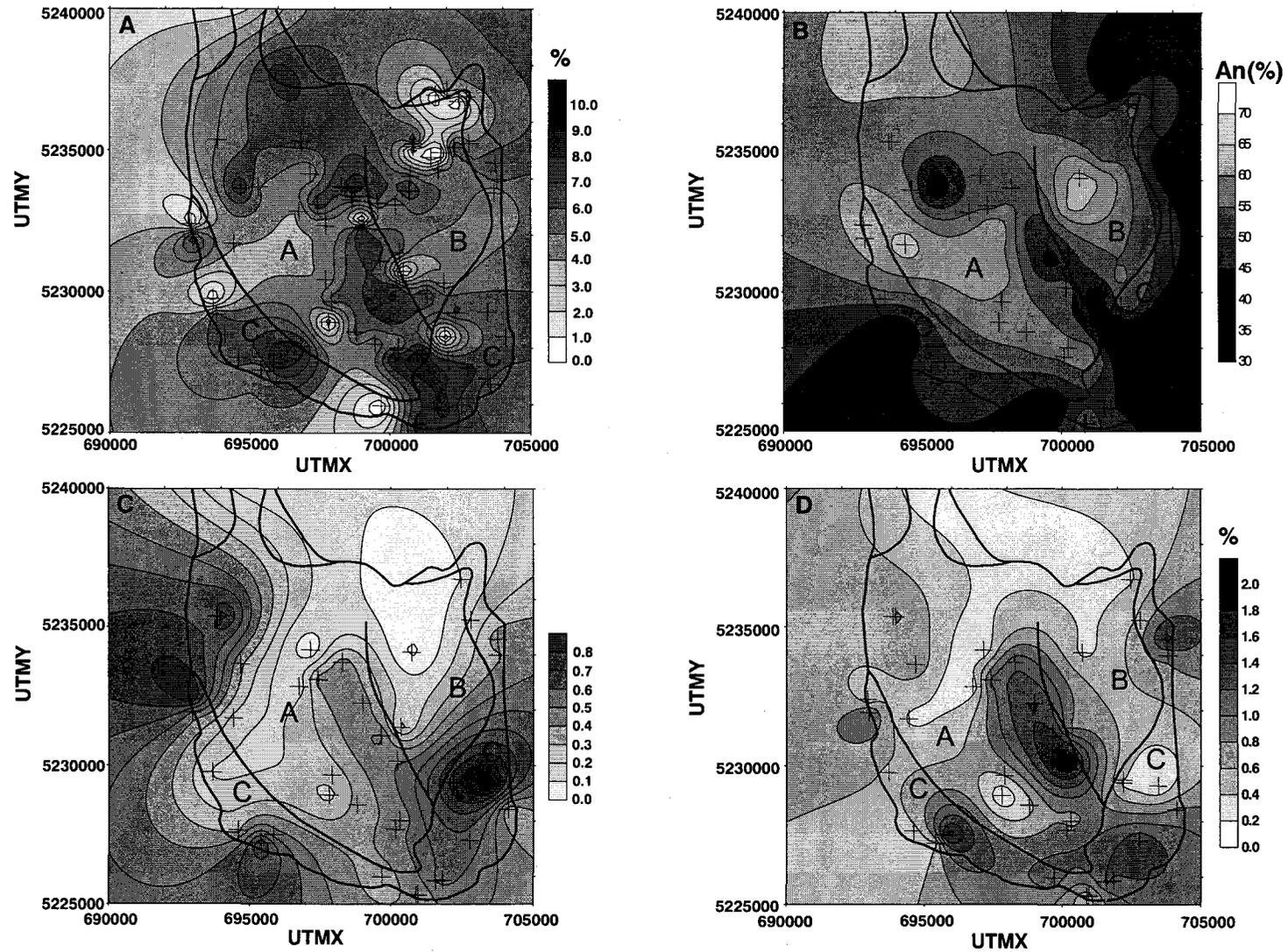


Figure 3.1 Cartes de distribution de certains traits pétrographiques et géochimiques du Gabbronorite de Lapeyrère: A) contenu en minéraux métalliques (%), B) calcicité du plagioclase, C) Mg#, et D) contenu en TiO<sub>2</sub>. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

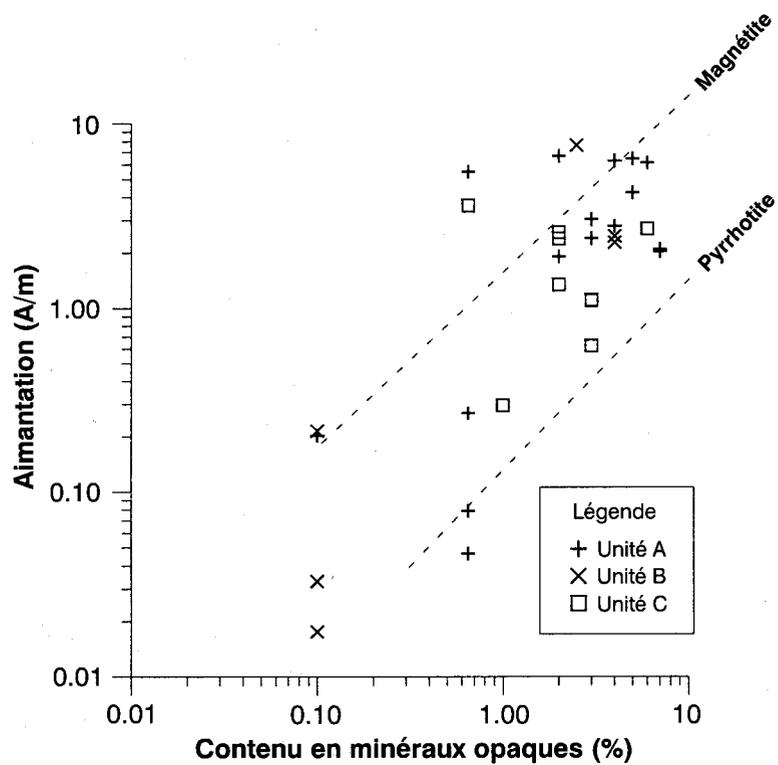


Figure 3.2 Graphique de l'intensité de l'aimantation induite en fonction du contenu en minéraux métalliques.

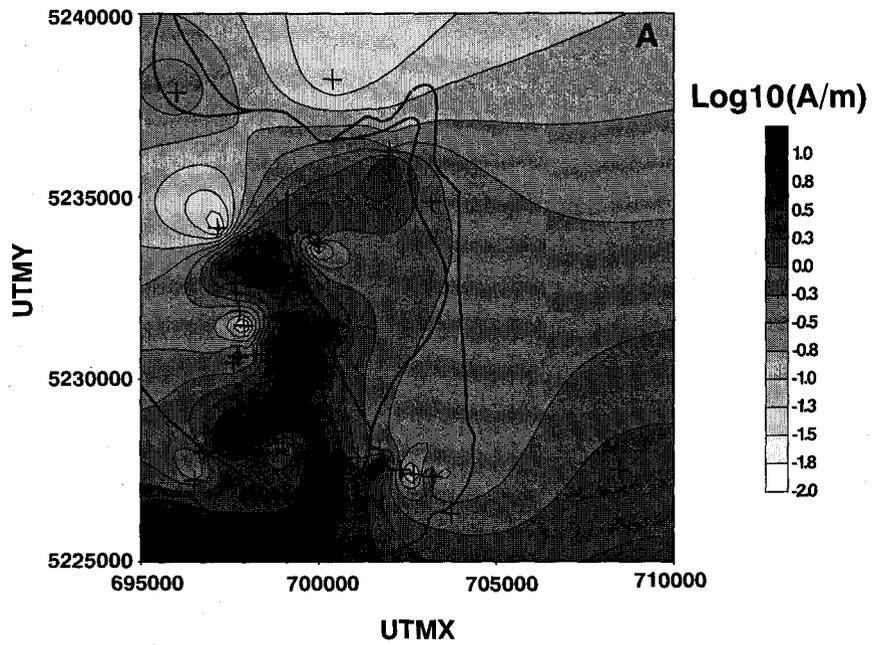


Figure 3.3 Carte de l'aimantation rémanente naturelle du Gabbronorite de Lapeyrère. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

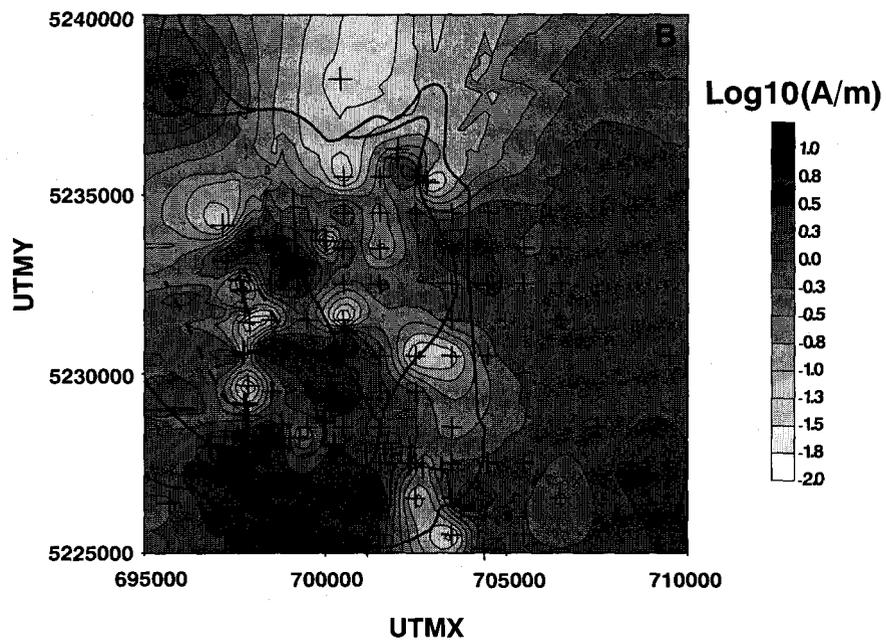


Figure 3.4 Carte de l'aimantation induite du Gabbronorite de Lapeyrère. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

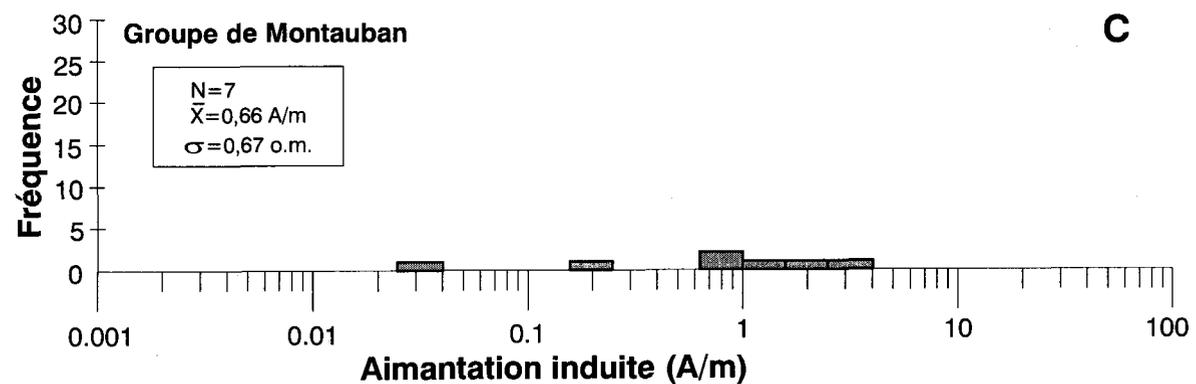
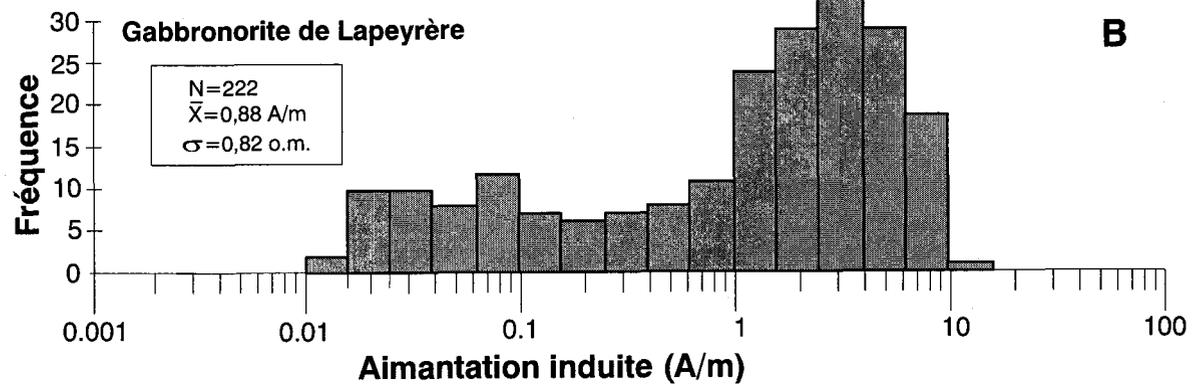
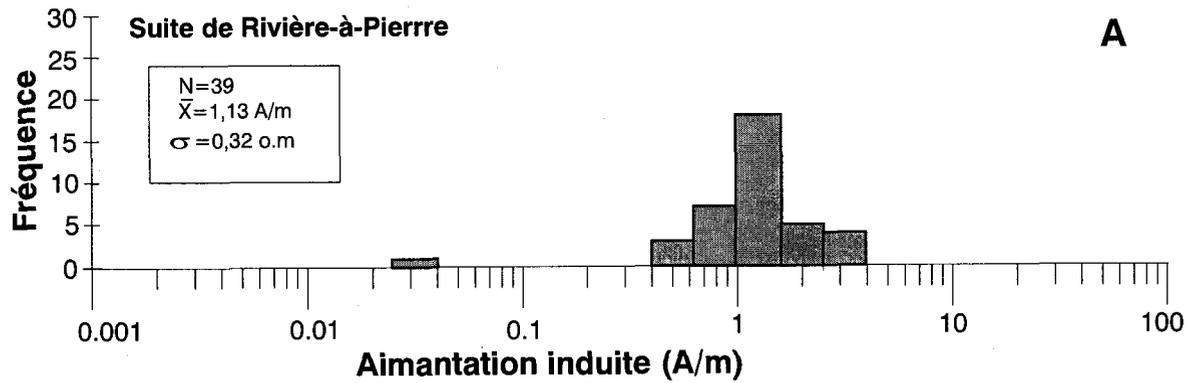


Figure 3.5 Histogrammes de fréquence de l'aimantation induite pour les principales unités lithologiques de la région d'étude.

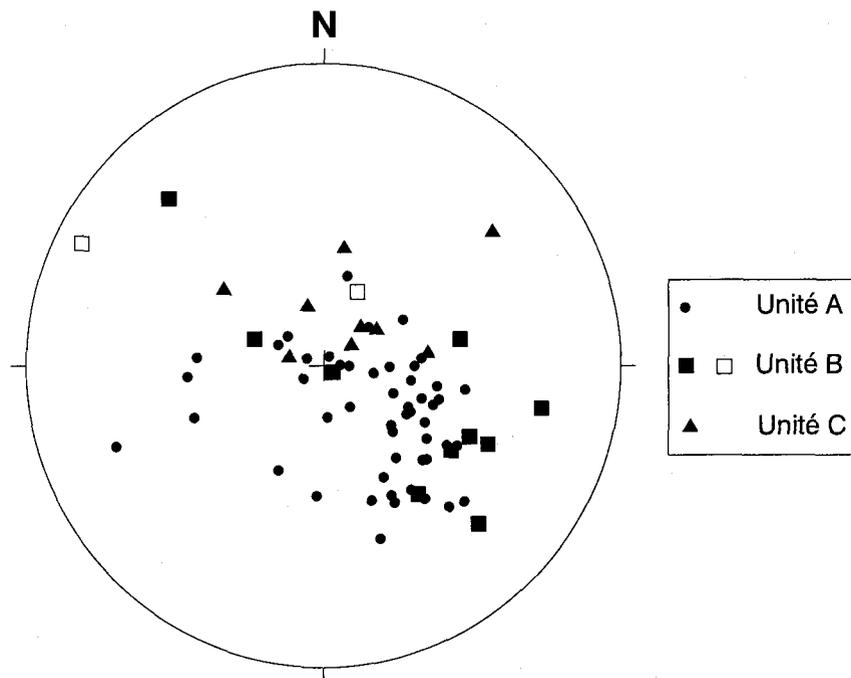


Figure 3.8 Projection stéréoscopique des directions d'aimantation rémanente.

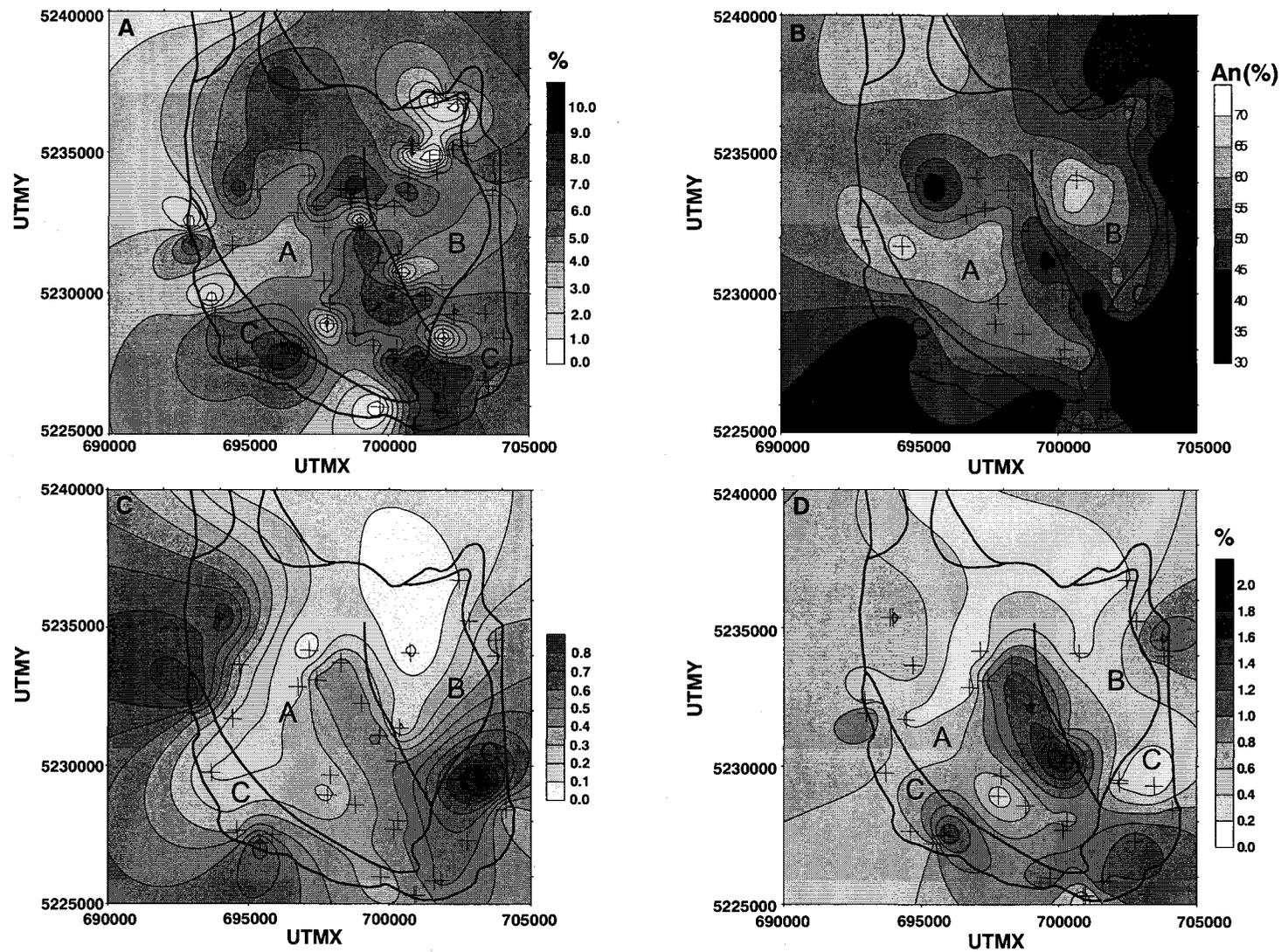


Figure 3.1 Cartes de distribution de certains traits pétrographiques et géochimiques du Gabbronorite de Lapeyrère: A) contenu en minéraux métalliques (%), B) calcicité du plagioclase, C) Mg#, et D) contenu en TiO<sub>2</sub>. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

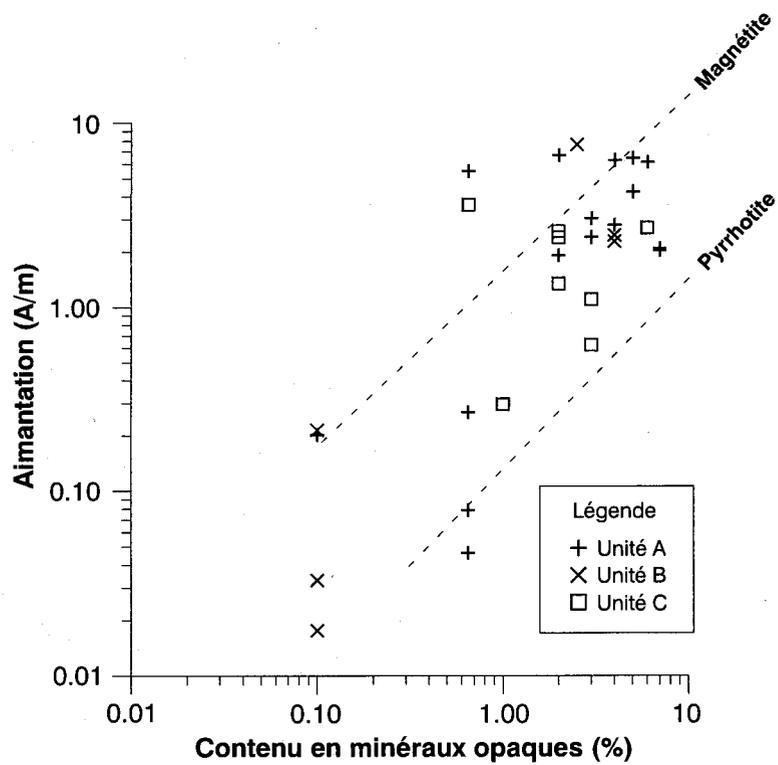


Figure 3.2 Graphique de l'intensité de l'aimantation induite en fonction du contenu en minéraux métalliques.

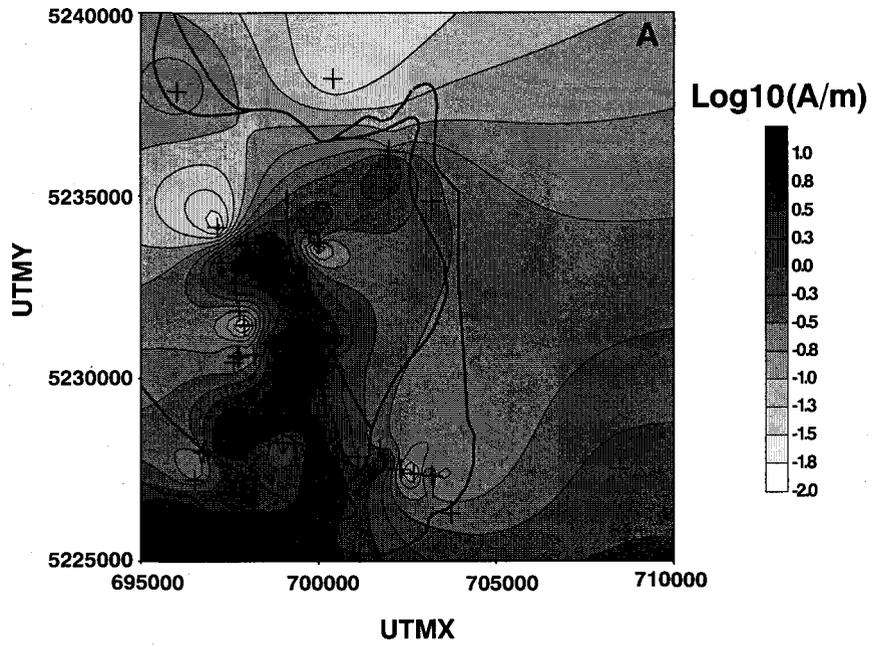


Figure 3.3 Carte de l'aimantation rémanente naturelle du Gabbronorite de Lapeyrère. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

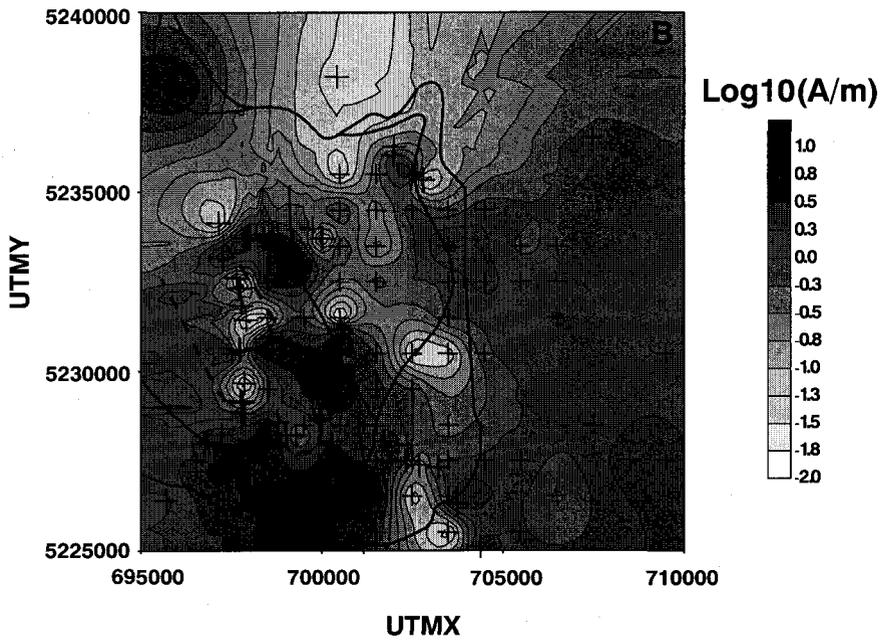


Figure 3.4 Carte de l'aimantation induite du Gabbronorite de Lapeyrère. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

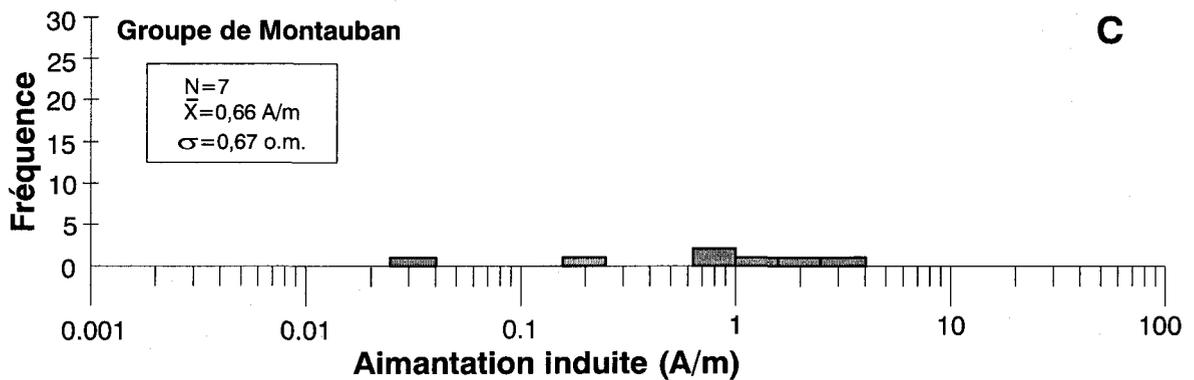
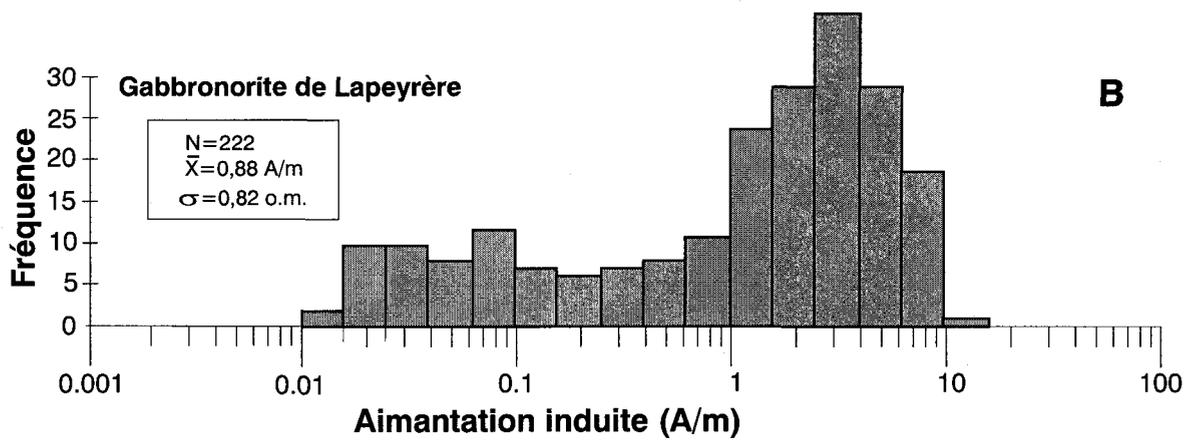
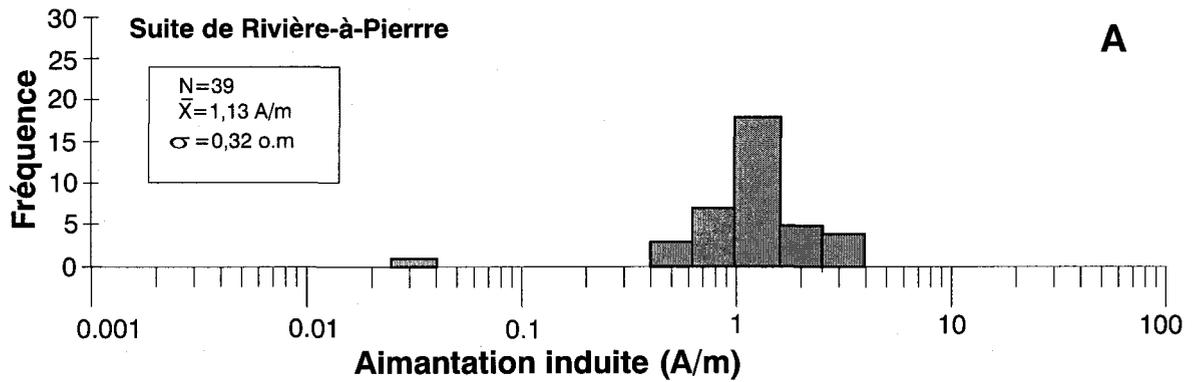


Figure 3.5 Histogrammes de fréquence de l'aimantation induite pour les principales unités lithologiques de la région d'étude.

**Tableau 3.1** Intensité de l'aimantation rémanente et induite.

Unité géologique	Aimantation rémanente			Aimantation induite			
	X[A/m]*	N	$\sigma[\text{Log}_{10}(\text{A/m})]**$	X[A/m]*	N	$\sigma[\text{Log}_{10}(\text{A/m})]**$	
Gabbronorite de Lapeyrère	A1	1,04	15	0,74	0,19	13	0,63
	A2	3,64	48	0,57	2,62	48	0,66
	B	0,74	9	0,76	0,2	9	0,62
	C	0,83	12	0,63	1,9	11	0,45
Groupe de Montauban	3	3	-	0,73	6	-	
Suite de Rivière-à-Pierre	1,8	2	-	1,14	38	0,32	

\* Moyenne du logarithme en base 10 des valeurs d'aimantation.

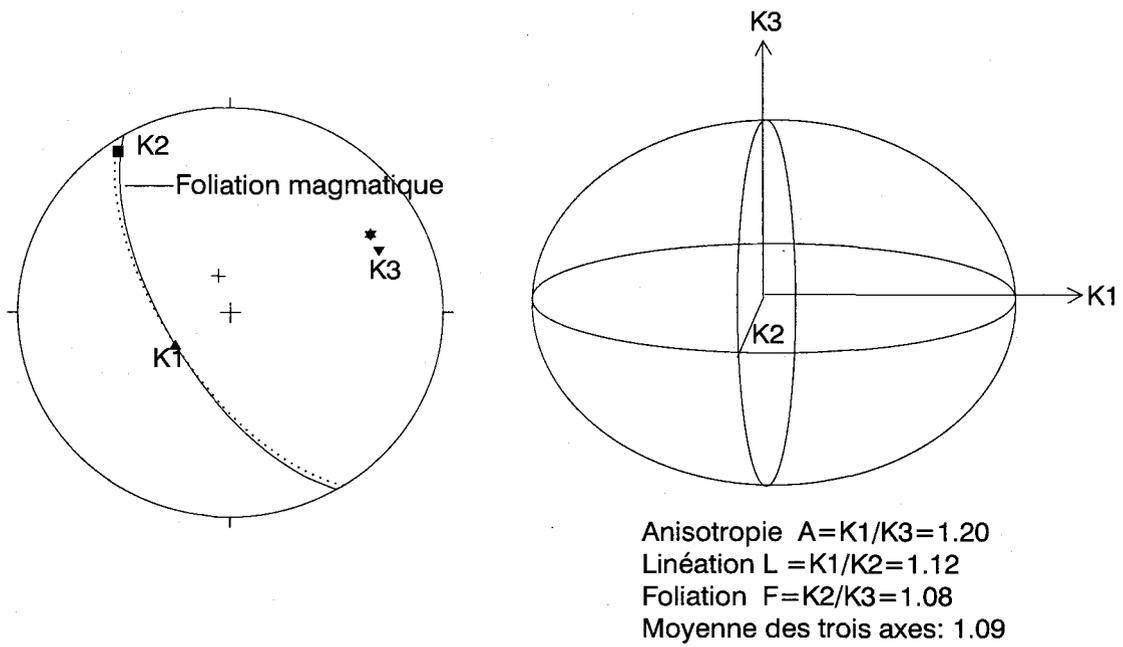
\*\* L'écart type représente un ordre de magnitude.

**Tableau 3.2** Directions de l'aimantation rémanente des unités magmatiques du Gabbronorite de Lapeyrère.

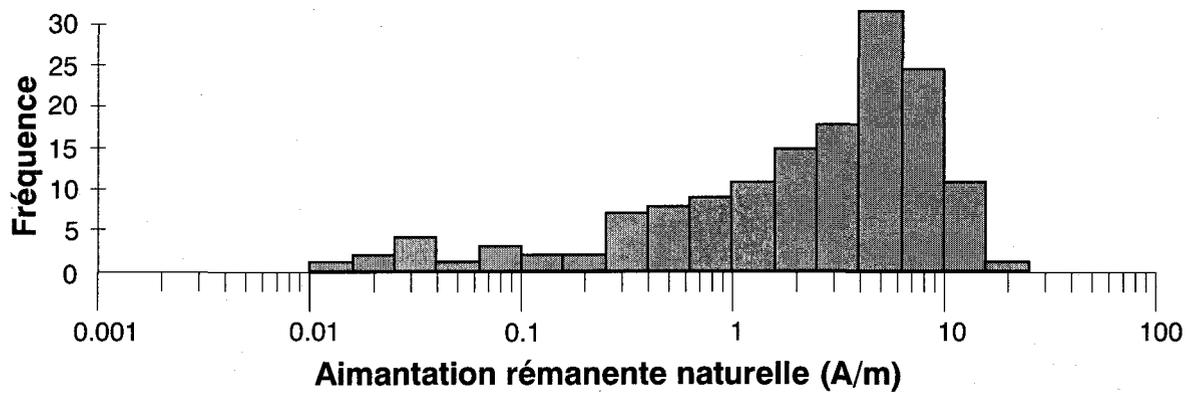
Gabbronorite de Lapeyrère	Direction d'aimantation rémanente		
	Direction / Pendage	N	K
A	N134 / 68	90	4,85
B	N119 / 46	46	0,35
C	N30 / 72	72	1,69

**Tableau 3.3** Valeurs des propriétés magnétiques des entités lithologiques retenues pour la modélisation de l'anomalie aéromagnétique associée au Gabbronorite de Lapeyrère.

Unité géologique		Gabbronorite de Lapeyrère				Suite de Rivière-à-Pierre	Groupe de Montauban
		A1	A2	B	C		
Intensité (A/m)	Rémanente	1,26	3,47	0,72	0,83	1,8	3,0
	Induite	0,33	2,3	0,30	2,0	1,13	0,66
Direction / pendage	Rémanente	126/81	141/66	145/55	348/77	110/65	110/65
Susceptibilité (cgi)		0,00057	0,00393	0,00051	0,00350	0,00194	0,00113



**Figure 3.6 Anisotropie de la susceptibilité magnétique de l'unité A du Gabbronorite de Lapeyrère.**



**Figure 3.7 Histogramme de fréquence de l'aimantation rémanente naturelle.**

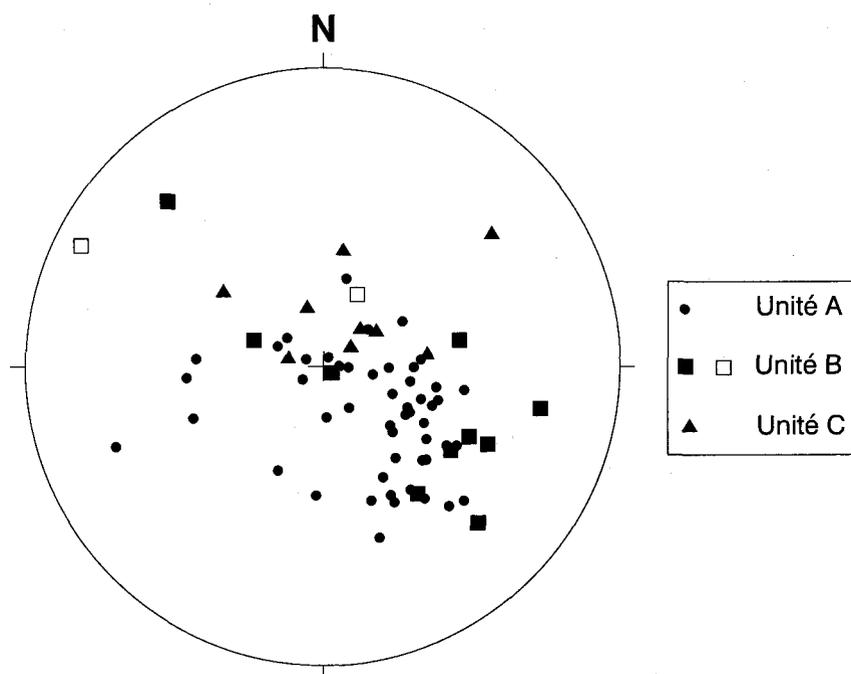
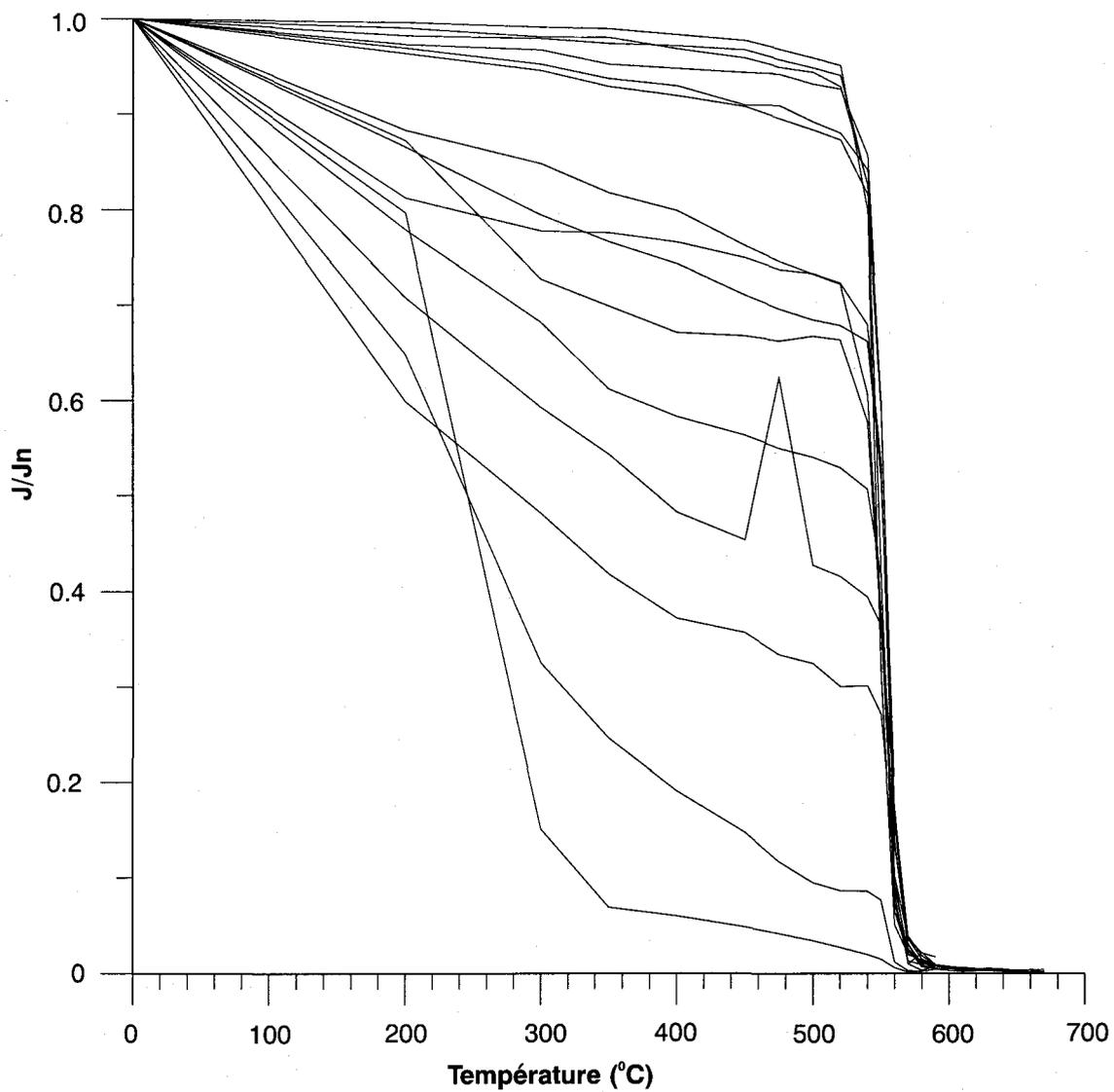


Figure 3.8 Projection stéréoscopique des directions d'aimantation rémanente.



**Figure 3.9** Courbes de désaimantation thermique de l'intensité de l'aimantation en fonction de la température pour quinze échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère.

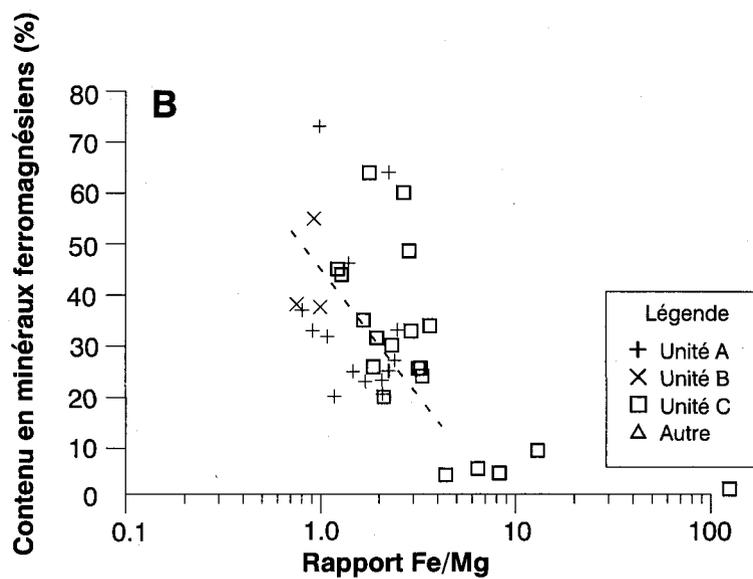
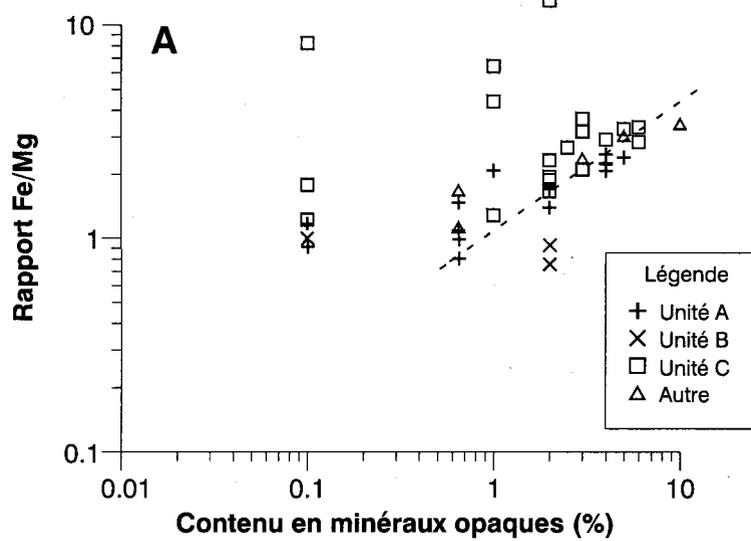


Figure 3.10 Graphique du contenu en minéraux A) opaques (oxydes et sulfures), et B) ferromagnésiens (pyroxènes, amphiboles et biotite) en fonction du rapport Fe/Mg d'échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère.

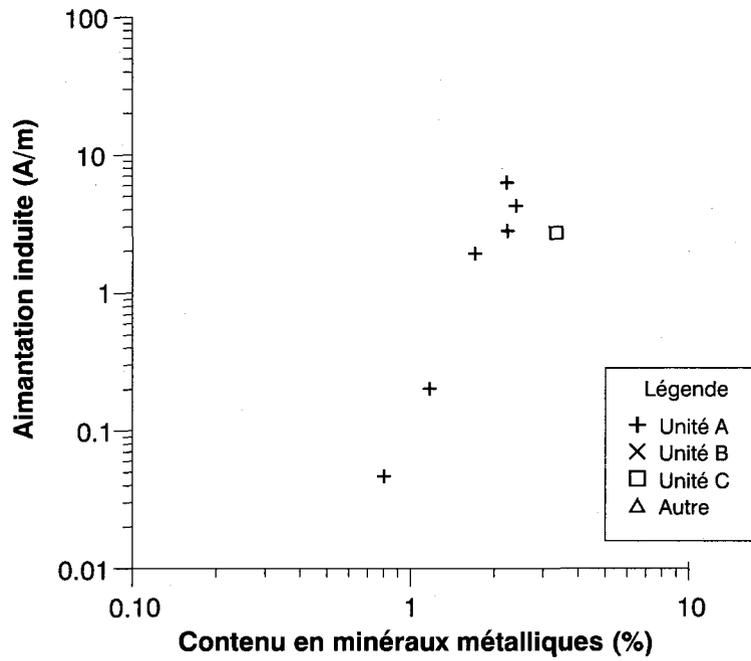


Figure 3.11 Graphique de l'aimantation induite en fonction du contenu en minéraux métalliques d'échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère.

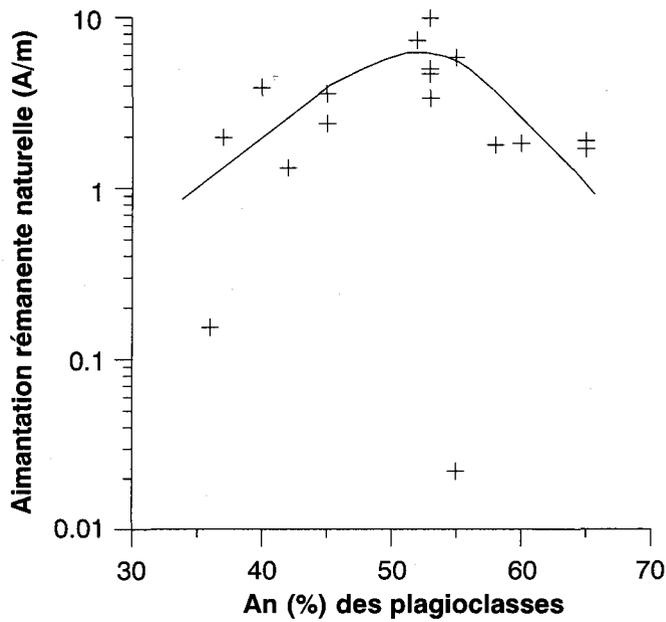


Figure 3.12 Graphique de l'aimantation rémanente en fonction de la composition du plagioclase d'échantillons représentatifs du Gabbronorite de Lapeyrère.

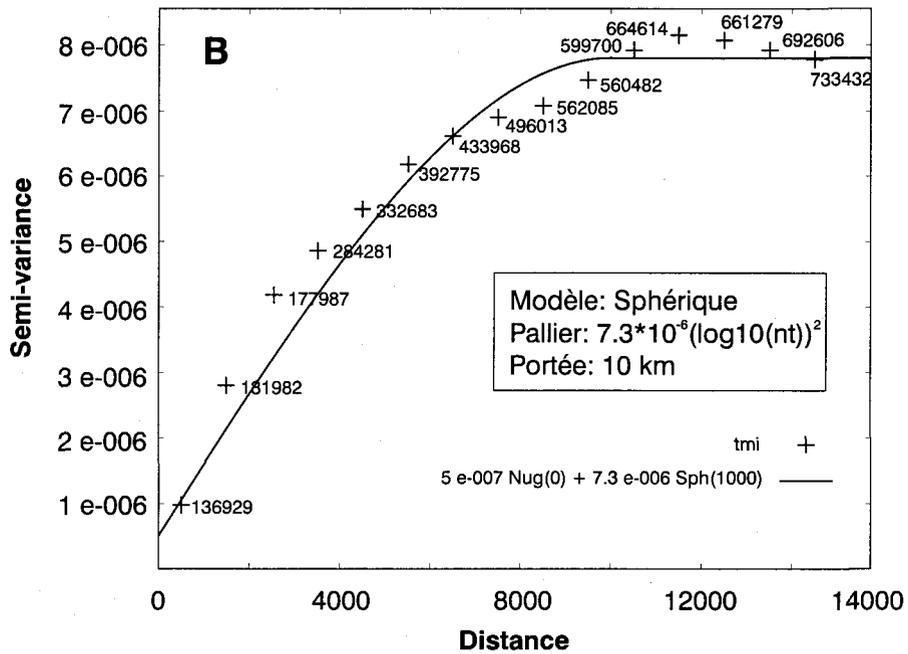
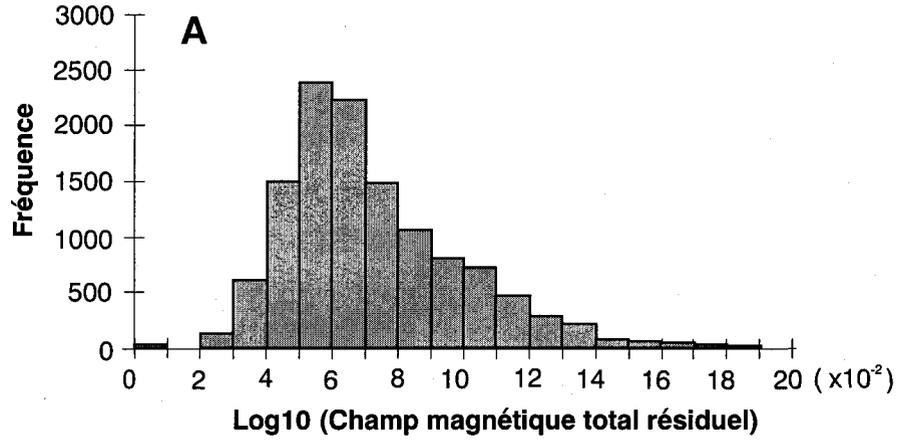


Figure 3.13 Caractérisation des anomalies du champ magnétique total résiduel: A) histogramme de fréquence des valeurs de champ magnétique total résiduel, et B) variogramme omnidirectionnel des anomalies magnétiques et paramètres d'interpolation.

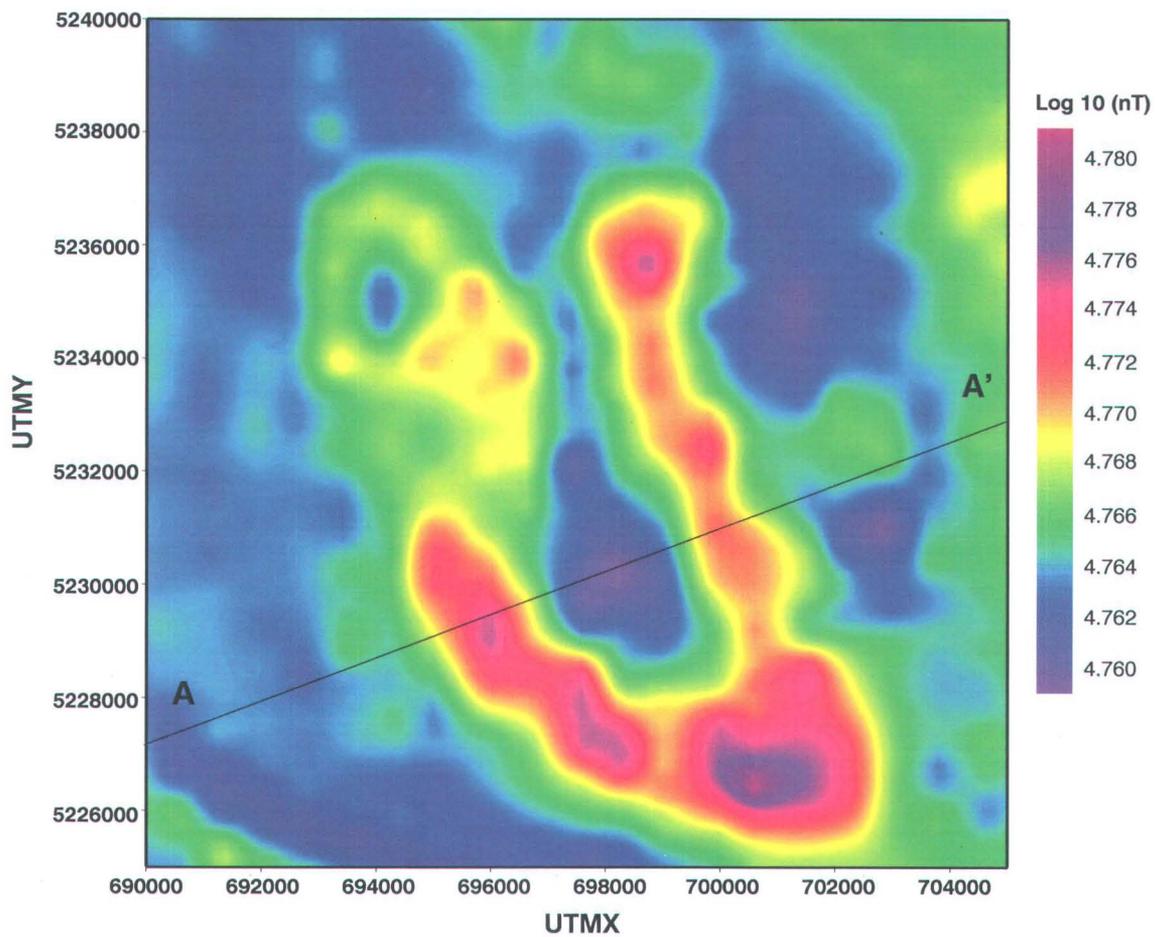


Figure 3.14 Carte du logarithme en base 10 des anomalies du champ magnétique total résiduel du Gabbronorite de Lapeyrère. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

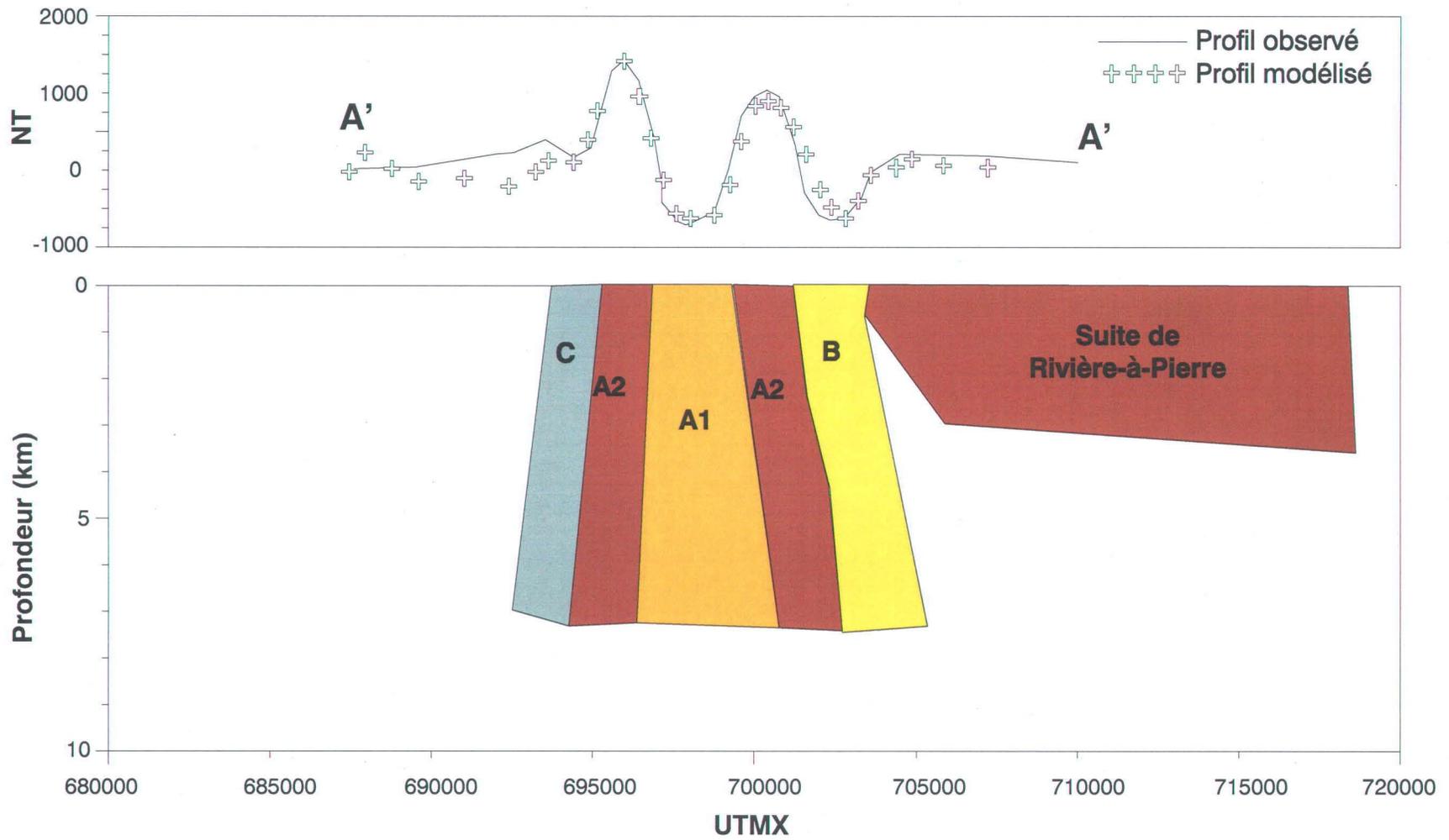


Figure 3.15 Modélisation aéromagnétique du Gabbronorite de Lapeyrère et de la Suite de Rivière-à-Pierre. Grille UTM, NAD 27, zone 18.

## Chapitre 4

### Discussion et conclusions

#### 4.1 Discussion

##### *Robustesse du modèle tridimensionnel*

Quoique les modèles gravimétriques (3D) et le modèle magnétique (2D) découlant de notre modélisation soient géométriquement et géologiquement simples et robustes, ces modèles n'en demeurent pas moins dépendant des prémices faites quant à la représentativité des valeurs moyennes des propriétés physiques des roches utilisées lors de la modélisation, notamment de celles de la masse volumique et de la susceptibilité magnétique.

Dans le cas du modèle gravimétrique, l'erreur associée à la mesure de la masse volumique moyenne des roches encaissantes cause la plus forte source d'incertitude. Par exemple, une variation de  $0,01 \text{ g/cm}^3$  sur la valeur du contraste des masses volumiques appliquée à un modèle cylindrique peut conduire à une variation de près de 1 km sur l'épaisseur du corps modélisé (e.g. Telford et al., 1991). Cependant, tel que discuté à la Section 2.1.3, nous estimons que l'incertitude associée aux valeurs de contraste de masse volumique est nettement plus petite. D'autre part, l'utilisation de valeurs de masse volumique plus extrêmes conduit à la modélisation de corps géologiques de tailles irréalistes.

Il est également important de noter que la modélisation des anomalies gravimétrique et magnétique ne permet pas de prouver ou d'infirmier la présence de conduits d'alimentation localisés à grande profondeur sous les intrusions à l'étude. Dans le même

ordre d'idée, le modèle gravimétrique suggère la présence d'une importante masse gabbronoritique entre les intrusions de Lapeyrère et d'Édouard, mais sans toutefois prouver leur connexion en sous-surface.

### ***Mode de mise en place du Gabbronorite de Lapeyrère***

La configuration des domaines magnétiques et magmatiques du corps principal du Gabbronorite de Lapeyrère rappelle celles documentées dans plusieurs études d'intrusions magmatiques composites (e.g. Vignerresse et Bouchez, 1997) qui découlent de l'accolement d'unités magmatiques sub-verticales donnant lieu à une foliation primaire également sub-verticale. En effet, plusieurs observations suggèrent que le Gabbronorite de Lapeyrère représente un accolement d'intrusions :

- 1) La foliation magmatique de l'unité C se moule au contour des unités A et B.
- 2) La présence d'une discordance dans les pendages des foliations magmatiques entre les unités A, B et C.
- 3) La présence de linéations magnétiques sub-verticales et présumées d'origine magmatique dans l'unité A.
- 4) La correspondance entre les discordances magnétiques et lithologiques notamment entre les unités A et B ainsi qu'à l'intérieur de l'unité A.

## 4.2 Conclusions

- 1) Le modèle gravimétrique 3D suggère que le Gabbronorite de Lapeyrère atteint une profondeur de l'ordre de 8 km en s'évasant légèrement vers le bas. Quoique de dimension modeste en surface, le Gabbronorite d'Édouard présente en sous-surface un important volume et une forme très évasée s'apparentant à celle des intrusions montérégiennes. La connexion en sous-surface de ces deux corps est très probable.
- 2) L'étude des propriétés magnétiques des roches et la modélisation de l'anomalie magnétique associée au Gabbronorite de Lapeyrère permet d'expliquer quantitativement l'anomalie magnétique observée et propose un modèle pratiquement identique à celui indépendamment obtenu par la modélisation gravimétrique.
- 3) Des variations de grandes amplitudes autant dans l'aimantation induite que dans l'aimantation rémanente sont à la source du patron de l'anomalie aéromagnétique spectaculaire qui marque le Gabbronorite de Lapeyrère.
- 4) L'analyse des données d'anisotropie de la susceptibilité magnétique a permis de reconnaître et de définir l'orientation des linéations magnétiques. Ces linéations sont sub-verticales dans le plan de la foliation magmatique.
- 5) Les variations de l'aimantation induite observées à l'intérieur du Gabbronorite de Lapeyrère résultent de variations du contenu en minéraux magnétiques (magnétite, titanomagnéte et ilménite).
- 6) L'analyse des données pétrographiques et géochimiques suggère que les différents faciès lithologiques du Gabbronorite de Lapeyrère résultent d'un fractionnement magmatique. Ultiment, ce fractionnement magmatique est à la source des

variations d'aimantation induite et rémanente observées dans les roches du Gabbronorite de Lapeyrère.

#### **4.3 Recommandations**

L'extension de l'étude gravimétrique vers le nord pour couvrir le Gabbronorite d'Étoile permettrait de confirmer l'importance régionale de cette suite intrusive et de mieux caractériser les anomalies gravimétriques régionales de longueurs d'onde supérieures à 150 km qui ont une origine crustale profonde.

## RÉFÉRENCES

- BATEMAN, P.C., et CHAPPELL, B.W., 1979, Crystallisation, fractionation and solidification of the Tuolumne intrusive series, Yosemite National Park, California. *Geological Society of America Bulletin*, v. 90, p. 465-482.
- CLARK, D.A., 1999, Magnetic petrology of igneous intrusions : implications for exploration and magnetic interpretation. *Exploration Geophysics*, v. 30 ; p. 5-26.
- CLARK, D.A. et EMMERSON, D.W., 1991, Notes on magnetization characteristics in applied geophysical studies. *Exploration Geophysics*, v. 22, p. 547-555.
- CLARK, D.A., FRENCH, D.H., LACKIE, M.A., et SCHMIDT, P.W., 1992, Magnetic petrology : Application of integrated rock magnetic and petrological techniques to geological interpretation of magnetic surveys. *Exploration Geophysics*, v. 23, p. 65-68.
- CORRIGAN, D., et van BREEMEN, O., 1997, U-Pb age constraints for lithotectonic evolution of the Grenville Province along the Mauricie transect, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 34, p. 299-316.
- DAVIDSON, A., 1996, Geology of the Grenville Province. Geological Survey of Canada, Open File 3346
- DUNCAN, P.M. et GARLAND, G.D., 1977, A gravity Study of the Saguenay area, Qc. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 14, p. 145-152.
- EMSLIE, R.F., 1975, Major rock units of the Morin Complex, southwestern Quebec. Geological Survey of Canada, Paper 74-48, 37 pp. and map.
- EMSLIE, R.F., et HUNT, P.A., 1990, Ages and petrogenetic significance of igneous mangerite-charnockite suites associated with massif anorthosites, Grenville Province. *Journal of Geology*, v. 98, p. 213-231.
- FEININGER, T., 1993, Geology and geophysics of the "type" anorthosite, Château-Richer, Quebec. *The Canadian Mineralogist*, v. 31, p. 849-859.
- FEININGER, T., et GOODACRE, A.K., 1995, The eight classical Montereian hills at depth and the mechanism of their intrusion. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 32, p. 1350-1364.
- FROST, B.R., 1991, Magnetic petrology : factors that control the occurrence of magnetite in crustal rocks. *Dans*: Lindsley, D.H., éd., *Oxide minerals : petrologic and magnetic significance. Reviews in Mineralogy*, v. 25, p. 489-509.
- FROST, B.R. et LINDSLEY, D.H., 1991, Occurrence of iron-titanium oxides in igneous rocks. *Dans*: Lindsley, D.H., éd., *Oxide minerals : petrologic and magnetic significance. Reviews in Mineralogy*, v. 25, p. 433-467.
- GAUTHIER, E., 1993, Géochimie et pétrologie du Complexe de La Bostonnais et du gabbro du Lac Lapeyrière. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 129 pp.
- GLEIZES, G., NÉDÉLEC, A., BOUCHEZ, J.L., AUTRAN, A., et ROCHETTE, P., 1993, Magnetic susceptibility of the Mont-Louis Andorra ilmenite Type granite (Pyrenees) : a new tool for petrographic characterization and regional mapping of zoned granite plutons. *Journal of Geophysical Research*, v. 98 , p. 4317-4331.

- GM-SYS, 1991, GM-SYS 1.88 user's manual. Northwest Geophysical Associates, inc., Corvallis, Oregon, 97 pp.
- GRANT, F.S., 1985, Aeromagnetism, geology and ore environments - I. magnetite in igneous, sedimentary and metamorphic rocks : an overview. *Geoexploration*, v. 23, p. 303-333.
- GRAV-3D, 1992, Potential-Field Geophysical Software Version 2.0. U.S. Geological Survey, Denver, Colorado.
- GSTAT - PEBESMA, E.J., et WESSELING, C.G., 1998, Gstat: a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. *Computers and Geoscience*, v. 24, no. 1, p. 17-31.
- HAGGERTY, S.E., 1991, Oxide textures - a mini-atlas. *Dans*: Lindsley, D.H., éd., Oxide minerals : petrologic and magnetic significance. *Reviews in Mineralogy*, v. 25, p. 129-137.
- HÉBERT, C., et NADEAU, L., 1995, Géologie de la région de Talbot (Portneuf). Ministère des Ressources naturelles, Québec, Étude 95-01, 10 pp., carte 2213, échelle 1:50 000.
- HENKEL, H., 1976, Studies of density and magnetic properties of rocks from northern Sweden. *Pure and Applied Geophysics*, v. 114 ; p. 235-249.
- HIGGINS, M.D., et van Breemen, O., 1992, The age of the Lac-Saint-Jean Anorthosite Complex and associated mafic rocks, Grenville Province, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 29, p. 1412-1423.
- HUTCHISON, C.S., 1974, Laboratory handbook of petrographic techniques. John Wiley & Sons, New York, p. 335-246.
- ISAAKS, E.H. et SRIVASTAVA, R.M., 1989, Applied Geostatistics. Oxford University Press, 561 pp.
- KEAREY, P., 1978, An interpretation of the gravity field of Morin anorthosite complex, south-west Quebec. *Geological Society of America Bulletin*, v. 89, 467-475.
- MULLER, L.D., 1967, Density determination. *Dans*: Physical methods in determinative mineralogy, Academic Press, J. Zussman éd., London, p. 459-466.
- NADEAU, L., et BROUILLETTE, P., 1994, Structural map of the La Tuque area (NTS 31P), Grenville Province, Quebec. Geological Survey of Canada, Open File 2938, scale 1:250 000.
- NADEAU, L., et BROUILLETTE, P., 1995, Structural map of the Shawinigan area (NTS 31I), Grenville Province, Quebec. Geological Survey of Canada, Open File 3012, scale 1:250 000.
- NADEAU, L., et BROUILLETTE, P., 1997, Field relationships and petrology of the Lapeyrère gabbro-norite, south-central Grenville Province, Quebec. *Dans*: Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 97-1E, p. 61-71
- NADEAU, L., BROUILLETTE, P., et BÉDARD, J., 1998, Geochemistry and petrogenesis of the Lapeyrère gabbro-norite, south-central Grenville Province, Quebec. *Dans*: Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 98-1C; p. 179-188.
- NADEAU, L., BROUILLETTE, P., et HÉBERT, C., 1992a: Geology and structural relationships along the east margin of the St. Maurice tectonic zone, north of Montauban, Grenville Orogen, Quebec. *Dans*: Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 92-1C, p. 139-146.

- NADEAU, L., BROUILLETTE, P et HÉBERT, C., 1999, New observations on relict volcanic features in medium-grade gneiss of Montauban Group, Grenville Province, Quebec. *Dans: Current Research, Geological Survey of Canada, 99-1E, p. 1949-1960.*
- NADEAU, L., et van BREEMEN, O., 2001, U-Pb zircon age and regional setting of the Lapeyrère gabbro-norite, Portneuf-Mauricie region, south-central Grenville Province, Quebec. *Dans: Radiogenic Age and Isotopic Studies: Report 14; Geological Survey of Canada, Current Research Paper 2001-F6, 8 pp.*
- NADEAU, L., van BREEMEN, O., et HÉBERT, C., 1992b, Géologie, âge et extension géographique du Groupe de Montauban et du Complexe de La Bostonnais. Résumé de conférences, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DV 92-03, p. 35-39.
- NADEAU, L., and CORIGAN, D., 1991, Preliminary notes on the geology of the St-Maurice tectonic zone, Grenville Orogen, Quebec. *Dans: Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 92-1E, p. 245-255.*
- O'REILLY, W., 1984, Rock and mineral magnetism. Glasgow , Blackie, 222 pp.
- PCGRAV VB, 1999, Gravity Data processing system user's guide. Géomatique Canada, 66 p.
- PERREAULT, S., 1993, La suite plutonique de Rivière-à-Pierre, Portneuf: pétrologie, géochimie et mise en place pendant l'orogénèse grenvillienne. Résumé de conférences, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DV 93-03, p. 25-29.
- RIVERS, T., MARTIGNOLE, J., GOWER, C.F., et DAVIDSON, A., 1989, New tectonic divisions of the Grenville Province, southeast Canadian Shield. *Tectonics, v. 8, p. 63-84.*
- RONDOT, J., 1978, Région de Saint-Maurice, Québec. Ministère des Richesses naturelles, Québec, DPV-594, 85 pp.
- RONDOT, J., 1986, Géosutures dans le Grenville. *Dans: The Grenville Province, Moore, J.M., Davidson, A., and Baer, A.J. édés., Geological Association of Canada, Special Paper 31, p. 313-325.*
- SIMMONS, C., 1964, Gravity survey and geological interpretation, northern New York. *Geological Society of America Bulletin, v. 75, p. 81-98.*
- SMITH, J.V., et BROWN, W.L., 1980, Feldspar Minerals, v.1. Springer-Verlag.
- SURFER, 1995, Surface mapping system, version 6.01. Golden Software, Golden, Colorado.
- TELFORD, W.M., GELDART, L.P., SHERIFF, R.E., et KEYS, D.A., 1990 : Applied Geophysics, 2<sup>e</sup> édition. Cambridge University Press, 770 pp.
- TELMAT, H., ANTONUK, C.N., et MARESCHAL, J.-C., 1997, Gravity modelling along a Lithoprobe seismic traverse, northern Grenville Province, western Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences, v. 34; p. 127-134*
- TELMAT, H., MARESCHAL, J.-C., GARIÉPY, C., DAVID, J., et ANTONUK, C.N., 2000, Crustal models of the eastern Superior Province, Quebec, derived from new gravity data. *Canadian Journal of Earth Sciences, v. 37, p. 385-397*
- THOMAS, M.D., 1974, The correlation of gravity and geology in southwestern Quebec and southern Labrador. Earth Physics Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Gravity Map Series Nos. 64-67, 96-98, 49 pp.

THOMAS, M.D., 1988, Deep structure of Middle Proterozoic anorthositic intrusions in the Eastern Canadian Shield : Insights from Gravity modelling. *Dans*: Gower, C.F., Rivers, T., et Ryan, B., édés., Mid-Proterozoic Laurentia-Baltica. Geological Association of Canada, Special Paper 38, p. 353-371.

TRITER 3.0, 1996, A Gravitational terrain correction program for IBM compatible personale Computers. Geomatique Canada, 30 pp.

VIGNERESSE, J.L., et BOUCHEZ, L.L., 1997, Successive granitic magma batches during pluton emplacement : the case of Cabeza de Araya (Spain). *Journal of Petrology*, v. 38 ; p. 1767-1776.

WESSEL, P., et SMITH, W.H.F., 2001, GMT 3.4, the Generic mapping tool.

WYNNE-EDWARDS, H.R., 1972, The Grenville Province. *Dans*: Price, R.A., et Douglas, R.J.W. édés., Variations in tectonic styles in Canada. Geological Association of Canada, Special Paper 11, p. 263-334.

ZHENG, Z., et ARKANI-HAMED, J., 1998, Joint inversion of gravity and magnetic anomalies of eastern Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 35, p. 832-853.

**Annexe 1 :**  
**Mesures de la masse volumique**

**Suite de Rivière-à-Pierre**

<b>Numéro de l'échantillon</b>	<b>UTM Est(m)</b>	<b>UTM Nord(m)</b>	<b>Poids air (g)</b>	<b>Poids eau (g)</b>	<b>Différence</b>	<b>Masse volumique</b>
90NKP-0090A	705538	5238985	585.15	364.91	220.24	2.6568743
90NKD-10721 A	707425	5221150	420.57	261.4	159.17	2.6422693
90NKD-10430 A	704875	5230150	590.75	375.11	215.64	2.7395196
90NKD-10527 A	705225	5227700	529.05	330	199.05	2.6578749
90NKD-10527 B	705225	5227700	256.4	160.03	96.37	2.660579
90NKD-10334 A	703900	5234500	1496.32	933.02	563.3	2.6563465
90NKD-10624 A	706350	5224550	573.42	358.13	215.29	2.6634772
90NKD-20721 A	707550	5221425	701.99	440.28	261.71	2.6823201
90NKD-10530 A	705050	5230400	789.61	493.18	296.43	2.6637317
90NKD-10531 A	705000	5231425	813.46	513.68	299.78	2.7135233
90NKD-20532 A	705750	5232150	400.83	253.24	147.59	2.7158344
90NKD-10433 A	704050	5233575	490.32	306.19	184.13	2.6629012
90NKD-20333 A	703850	5233775	609.39	377.96	231.43	2.6331504
90NKD-10432 A	704250	5232750	775.88	483.7	292.18	2.6554863
90NKD-10436 A	704250	5236200	561.96	347.37	214.59	2.6187614
90NKD-10534 A	705500	5234550	570.29	358.22	212.07	2.6891592
90NKS-10735 A	707650	5235050	869.71	548.31	321.4	2.706005
90NKS-10736 B	707625	5236150	855.12	525.52	329.6	2.5944175
90NKS-30632 A	706550	5232100	1017	641.11	375.89	2.7055788
70427E	704604	5227846	354.72	222.55	132.17	2.6838163
70527A	705824	5227766	780.38	489.76	290.62	2.6852247
70633A	706796	5233567	1364.62	866.08	498.54	2.7372327
70532A	705742	5232108	558.34	352.65	205.69	2.7144732
70833A	708890	5233470	1180.94	750.93	430.01	2.7463082
70827A	708500	5227500	1660.26	1061.35	598.91	2.772136
70723A	707250	5223775	1469.3	926.67	542.63	2.7077382

### Gabbronorite de Lapeyrère : faciès gabbronoritique

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
90NKL-0100A	696461	5247334	978.43	613.8	364.63	2.6833502
90NKL-0120A	694081	5248286	664.27	435.75	228.52	2.9068353
90NKD-10027 A	700950	5227800	422.13	280.94	141.19	2.989801
90NKD-10028 A	700300	5228015	152.35	98.25	54.1	2.8160813
90NKD-10524 A	705850	5224325	479.32	302.74	176.58	2.7144637
90NKD-20229 A	702700	5229800	965.55	640.92	324.63	2.9743092
90NKD-20332 A	703450	5232250	591.38	385.03	206.35	2.8659074
90NKD-30235 A	702200	5235150	497.74	328.25	169.49	2.9366924
90NKP-10230 A	702050	5230300	689.27	452.35	236.92	2.9092943
90NKS-29729 A	697750	5229150	769.97	510.92	259.05	2.9722833
90NKL-10B	696461	5247334	1148.63	761.75	386.88	2.9689568
90NKL-10&3	695426	5248127	724.2	472.74	251.46	2.8799809
90NKL-12B	694081	5248286	729.47	489.23	240.24	3.0364219
90NKL-12C	694081	5248286	1443.58	967.81	475.77	3.0341972
90NKL-19734A	697152	5234177	338.14	223.79	114.35	2.9570617
90NKL-19635	697152	5234177	317.68	207.09	110.59	2.8725925
90NKL-19733A	696826	5235326	542.12	359.93	182.19	2.9755749
90NKL-19633A	697422	5233102	416.47	275.37	141.1	2.9515946
90NKL-19633B	696752	5232850	398.41	276.22	122.19	3.2605778
90NKL-40025	696752	5232850	336.34	218.75	117.59	2.8602772
90NKL-20027A	700950	5225330	488.18	321.58	166.6	2.9302521
90NKL-133&4	700150	5227700	1025.02	655.8	369.22	2.7761768
90NKS-43	694802	5240936	1136.89	746.84	390.05	2.9147289
90NKS-19928B	699450	5228150	972.17	638.5	333.67	2.9135673
90NKS-19730	697700	5230450	846.77	537.28	309.49	2.7360173
90NKD-10331	703050	5231700	810.67	532.08	278.59	2.9099034
OUEP-99	694310	5244494	477.69	314.92	162.77	2.9347546
OUEP-101	694428	5243371	220.45	144.85	75.6	2.9160053
OUEP-110	695903	5237837	55.51	35.94	19.57	2.8364844
OUEP-88	702452	5236734	518.99	341.53	177.46	2.9245464
OUEP-66	694676	5233663	778.26	506.45	271.81	2.8632501
OUEP-144	695301	5233695	349.03	224.38	124.65	2.8000802
OUEP-62	694431	5231695	483.65	316.66	166.99	2.8962812
OUEP-72	697710	5232338	407.94	266.89	141.05	2.8921659
69833S	698342	5233717	1119.62	738.86	380.76	2.9404874
69832O	698760	5232909	1874.73	1248.14	626.59	2.9919565
69831B	698066	5231174	1315.75	851.4	464.35	2.8335307
69933B	699548	5233139	509.94	344.75	165.19	3.0869907
69932B	699925	5232745	1049.78	681.04	368.74	2.8469382
70035B	700823	5235136	913.81	599.92	313.89	2.9112428
70034N	700724	5234095	955.92	635.4	320.52	2.9824036

**Gabbronorite de Lapeyrère : faciès gabbronoritique (Suite)**

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
70136A	701893	5236058	985.8	655.34	330.46	2.9831144
70135H	701847	5235881	1274.81	846.33	428.48	2.9751914
70134J	701456	5234757	1049.17	694.92	354.25	2.9616655
70235A	702814	5235248	900.04	590.94	309.1	2.9118085
70332A	703464	5232857	879.83	583.87	295.96	2.9728004
69830E	698469	5230701	1186.64	763.44	423.2	2.8039698
69728A	697869	5228829	828.46	541.63	286.83	2.8883311
69931A	699653	5231085	829.96	553.03	276.93	2.9970029
70030B	700218	5230153	1135.37	759.28	376.09	3.0188785
69828B	698785	5228585	1339.98	870.41	469.57	2.853632
69928B	699933	5228644	851.97	565.32	286.65	2.9721612
70027B	700128	5227695	850.89	561.35	289.54	2.9387649
69728A	697900	5228830	828.46	541.63	286.83	2.8883311

**Gabbronorite de Lapeyrère : faciès dioritique hétérogène**

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
90NKD-10326 A	703500	5226975	751.55	484.53	267.02	2.8145832
90NKD-20227 A	702350	5227450	819.93	508.52	311.41	2.6329598
90NKD-30227 A	702675	5227360	331.85	215.25	116.6	2.8460549
90NKD-30227 B	702675	5227360	170.69	105.55	65.14	2.6203562
90NKD-10128 A	701900	5228525	433.32	270.83	162.49	2.6667487
90NKD-10228 A	702050	5228400	629.68	402.47	227.21	2.7713569
90NKD-10229 A	702300	5229300	227.66	141.27	86.39	2.6352587
90NKD-20228 A	702175	5228500	211.28	132.37	78.91	2.6774807
90NKP-19527 A	695250	5227150	647.65	410.49	237.16	2.7308568
90NKP-19427A	694600	5227650	773.44	498.31	275.13	2.8111802
90NKP-29527A	695400	5227200	929.08	586.35	342.73	2.7108219
OUEP-30	704113	5228411	781.27	496.95	284.32	2.7478545
70428C	704265	5228429	312.46	202.96	109.5	2.853516
70326A	703573	5226583	684.25	439.3	244.95	2.7934272
69527C	695205	5227287	824.39	530.28	294.11	2.8029989

### Gabbronorite de Lapeyrère : faciès dioritique homogène

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
90NKD-10327 A	703250	5227300	403.97	258.31	145.66	2.7733764
90NKD-20127 A	701650	5227900	677.08	440.47	236.61	2.8615866
90NKD-40227 A	702950	5227550	719.9	458.29	261.61	2.7518061
90NKD-30228 A	702250	5228725	1107.98	721.17	386.81	2.8644037
90NKD-30228 B	702250	5228725	398.45	263.7	134.75	2.9569573
90NKD-10329 A	703400	5229100	413.97	257.38	156.59	2.6436554
90NKD-30334 A	703575	5234600	675.99	445.87	230.12	2.9375543
90NKD-10333 A	703575	5233150	1013.62	673.63	339.99	2.981323
90NKD-10125 A	701100	5225165	204.16	134.05	70.11	2.9119954
90NKD-10225 A	702350	5225550	706.03	452.36	253.67	2.7832617
90NKD-10226 A	702400	5226150	670.52	431.05	239.47	2.8000167
90NKD-30225 A	702150	5225750	1035.08	653.98	381.1	2.7160325
90NKP-39428 A	694700	5228850	856.34	569.75	286.59	2.9880317
90NKP-39428 C	694700	5228850	1092.62	725.8	366.82	2.9786271
90NKP-49527 A	695500	5227650	664.3	435.09	229.21	2.8982156
90NKP-39527A	695850	5227500	1076.54	708.63	367.91	2.9260961
90NKP-39527B	695850	5227500	740.14	494.02	246.12	3.0072322
90NKD-10332	703600	5232500	363.16	240.81	122.35	2.968206
OUEP-31	703460	5229289	430.91	266.42	164.49	2.6196729
70330A	703093	5230836	1199.8	794.24	405.56	2.9583785
70025A	700803	5225384	520.72	336.91	183.81	2.8329253
70125F	701913	5225839	708.87	462.09	246.78	2.8724775
70225M	702164	5225745	941.06	604.61	336.45	2.7970278
69428A	694105	5228601	766.94	478.51	288.43	2.6590161

### Gabbronorite d'Édouard

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
	694200	5269000	167.585	108.075	59.51	2.8160813
	695100	5270000	958.64	605.48	353.16	2.7144637
	698200	5271000	603.46875	400.575	202.89375	2.9743092
	694800	5268000	739.225	481.2875	257.9375	2.8659074
	695200	5269500	995.48	656.5	338.98	2.9366924
	695300	5271000	551.416	361.88	189.536	2.9092943
	696300	5272000	923.964	613.104	310.86	2.9722833
	693200	5270000	689.178	457.05	232.128	2.9689568
	697100	5270500	362.1	236.37	125.73	2.8799809
	695200	5271200	656.523	440.307	216.216	3.0364219
	694050	5272100	1587.938	1033.318	555.72	2.8574426

### Groupe de Montauban

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
90NKD-10418 C	704850	5218300	319.07	203.5	115.57	2.7608376
90NKD-10618 A	706600	5218800	792.54	516.96	275.58	2.8758981
90NKD-10426 A	704250	5226150	449.79	304.34	145.45	3.0924029
90NKD-20425 A	704300	5225650	658.01	411.81	246.2	2.6726645
90NKD-30325 A	703450	5225450	966.5	623.25	343.25	2.815732
90NKD-20225 A	702950	5225600	571.6	364.87	206.73	2.7649591
90NKD-50225 A	702850	5225550	807.06	501.28	305.78	2.6393486
90NKD-50325 A	703250	5225450	970.76	635.7	335.06	2.8972721
90NKL-10223 A	702125	5223050	407.74	255.06	152.68	2.6705528
90NKL-10223 C	702125	5223050	350.2	218.52	131.68	2.6594775
90NKL-10223 D	702125	5223050	513.72	322.34	191.38	2.684293
90NKL-20223 A	702200	5223200	594.77	391.12	203.65	2.92055
90NKL-30223 A	702325	5223235	720.68	454.19	266.49	2.7043416
90NKL-40223 A	702475	5223300	376.9	238.42	138.48	2.7216927
90NKL-50223 A	702575	5223400	500.52	318.4	182.12	2.7482978
90NKL-19418 A	694150	5218425	936.17	607.23	328.94	2.8460206
90NKP-19229 A	692850	5229500	270.31	180.43	89.88	3.0074544
90NKS-29525 A	695550	5225900	914.29	583.75	330.54	2.7660495
90NKS-39525 A	695600	5225400	518.57	327.33	191.24	2.7116189
71426A	704550	5226550	764.86	476.75	288.11	2.6547499

### Complexe de La Bostonnais

Numéro de l'échantillon	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Poids air (g)	Poids eau (g)	Différence	Masse volumique
90NKL-0080	698863	5246745	944.54	602.41	342.13	2.7607635
90NKL-0090A	696704	5247347	1101.87	706.1	395.77	2.784117
90NKL-0131	693284	5249184	629.31	403.72	225.59	2.7896183
90NKL-0350	700137	5242875	944.42	587.84	356.58	2.6485501
90NKL-0360	699366	5246009	928.74	594.83	333.91	2.7814082
90NKL-0860A	696006	5254420	810.63	511.81	298.82	2.7127702
90NKL-0900	692265	5253425	476.9	303.44	173.46	2.749337
90NKL-1360	696990	5252498	872.87	561.55	311.32	2.803771
90NKP-0010A	700005	5237527	680.77	450.31	230.46	2.9539616
90NKP-0020A	700492	5238643	660.8	420.02	240.78	2.744414
90NKP-0040A	701196	5239101	544.43	350.85	193.58	2.812429
90NKP-0060B	703824	5239590	1050.44	653.63	396.81	2.6472115
90NKP-0070A	704346	5239202	834.1	538.29	295.81	2.8197154
90NKP-0100A	701895	5239967	605.4	375.92	229.48	2.6381384
90NKS-0580	693036	5246044	873.15	586.66	286.49	3.0477504
90NKD-10620 A	706825	5220650	1027.2	654.71	372.49	2.7576579
90NKD-20620 A	706650	5220250	578.06	362.69	215.37	2.6840321
90NKD-20334 B	703750	5234550	647.48	415.85	231.63	2.7953201
90NKP-19029 A	690700	5229100	1101.19	696.82	404.37	2.7232238
90NKP-19029 B	690700	5229100	652.66	412.23	240.43	2.7145531
90NKP-19029 B	690700	5229100	291.89	183.44	108.45	2.6914707
90NKP-18933 A	689450	5233450	1074.37	684.37	390	2.7547949
90NKP-29029 A	690325	5229050	823.74	540.18	283.56	2.9049937
90NKP-29029 A	690325	5229050	1173.3	762.99	410.31	2.8595452
90NKP-29029 A	690325	5229050	658.7	436.95	221.75	2.9704622
90NKS-19923 A	699700	5223850	1083.58	702.11	381.47	2.8405379
90NKS-19923 A	699700	5223850	776.12	504.81	271.31	2.8606391
90NKS-29923 A	699655	5223350	1177.19	770.66	406.53	2.8957027
90NKS-39823 B	698450	5223050	364.22	243.59	120.63	3.0193153
90NKS-19621 A	696955	5221400	508.57	326.71	181.86	2.7964918
90NKS-39520 B	695800	5220450	1105.64	709.69	395.95	2.7923728
90NKS-19921 A	699800	5221850	538.3	342.99	195.31	2.7561313
90NKS-19522 A	695300	5222150	769.31	502.33	266.98	2.8815267
90NKL-12&2A	693797	5248708	2261.35	1496.17	765.18	2.9553177
90NKL-137A	696676	5251658	792.91	514.32	278.59	2.8461538
71125A	711275	5225400	1312.59	830.7	481.89	2.7238374
71320A	713500	5220500	1866.91	1194.1	672.81	2.7747953
90NKD-20334A	703750	5234550	943.38	609.12	334.26	2.822294
70333A	703820	5233902	559.43	357.45	201.98	2.7697297

## Annexe 2 :

### Mesures de la susceptibilité magnétique et de la rémanence magnétique

Spécimen	Station	dh	Ih	M (A/m)	K (SI)
035601	1-9729-1	32	87	3.743	0.00324
035701	1-9729-2	100	82	3.976	0.00357
035702	1-9729-2	85	84	4.341	0.00357
021401	1-9730-1	153	46	0.946	0.00159
021402	1-9730-1	151	49	0.924	0.00159
021501	1-9730-2	265	52	2.244	0.00159
036801	1-9730-3	128	51	1.576	0.00237
036802(-)	1-9730-3	118	-48	1.042	0.00237
036901	1-9730-4	132	54	2.713	0.00124
036902	1-9730-4	135	50	1.966	0.00124
037301	1-9731-1	132	37	0.276	0.02582
037302	1-9731-1	135	33	0.306	0.02582
037401	1-9732-1	145	57	1.804	0.00577
037402	1-9732-1	139	58	1.991	0.00577
034901	1-9828-1	20	63	1.005	0.06077
034902	1-9828-1	9	68	0.934	0.06077
036601	2-9730-1	146	80	0.791	n/d
036602	2-9730-1	148	73	0.500	n/d
036701	2-9730-2	179	75	0.608	n/d
036702	2-9730-2	173	77	0.646	n/d
021801	2-9731-1	90	53	0.033	0.00075
021802	2-9731-1	90	52	0.033	0.00075
021901	2-9731-2	166	47	0.033	0.00075
010901	697/28ALPHA	-	-	5.907	0.02163
010601	698/28B-1	-	-	16.170	0.04288
010602	698/28B-2	-	-	11.330	0.03957
034801	2-9928-1	203	60	2.887	0.00711
034802	2-9928-1	204	58	3.018	0.00711
038201	6-9833-1	161	59	2.424	0.06083
038202	6-9833-1	160	43	1.265	0.06083
037501	1-9732-2	129	62	1.648	0.00114
037502	1-9732-2	134	69	1.786	0.00114
037601	1-9732-3	97	67	4.272	0.00329
037602	1-9732-3	103	65	4.489	0.00329
022001	1-9733-1	113	62	5.005	0.13522
022002	1-9733-1	120	66	4.972	0.13522
021701	1-9830-2	273	55	0.594	0.08964
034601	1-0027-1	61	65	6.322	0.08477
034602	1-0027-1	60	65	6.006	0.08477
035501	1-0028-1	99	76	3.381	0.05176
036301	1-0029-1	159	41	9.853	0.06729
036302	1-0029-1	164	38	7.316	0.06729
036501	1-0030-1	125	46	8.397	0.06954
036502	1-0030-1	116	47	8.347	0.06954
036401	1-0030-2	135	42	6.206	0.07014

Spécimen	Station	dh	lh	M (A/m)	K (SI)
036402	1-0030-2	150	44	6.304	0.07014
034401	1-0127-1	111	59	1.871	0.04386
034402	1-0127-1	109	57	1.523	0.04386
034301	1-0127-2	83	64	1.892	0.04386
034302	1-0127-2	89	62	2.058	0.04386
023001	1-9628-1	91	65	3.806	0.13866
023101	1-9628-2	107	57	3.410	0.13866
023201(-)	1-9728-1	341	-75	14.850	0.09572
023202(-)	1-9728-1	275	-75	10.153	0.09572
021601	1-9830-1	145	47	8.448	0.11160
021602	1-9830-1	144	49	8.459	0.11160
022301	1-9833-1	160	59	5.478	0.17586
022302	1-9833-1	144	51	4.972	0.17586
035001	1-9928-1	132	65	8.473	0.04531
035002	1-9928-1	135	63	9.818	0.04531
023301	2-0026-1	132	54	7.634	0.07563
023302	2-0026-1	118	56	7.854	0.07563
022901	2-0027-2	152	60	12.320	0.09137
035901	2-0029-1	103	57	1.920	0.12848
035902	2-0029-1	152	40	2.700	0.12848
035401	2-9728-1	85	83	10.095	0.02801
035402	2-9728-1	102	87	9.423	0.02801
021301	2-9729-1	286	87	6.523	0.00590
021302	2-9729-1	293	83	6.941	0.00590
038001	2-9733-1	183	54	4.833	0.13011
038101	2-9833-1	244	27	11.573	0.20504
038102	2-9833-1	253	26	13.644	0.20504
023401	3-0026-1	99	53	6.171	0.13013
023402	3-0026-1	103	63	8.250	0.13013
036201	3-0029-1	113	49	3.585	0.14194
036202	3-0029-1	87	50	4.415	0.14194
036101	3-0029-2	53	68	6.485	0.14473
036102	3-0029-2	128	67	3.985	0.14473
038301	3-9733-1	154	49	7.130	0.04187
038302	3-9733-1	150	50	7.626	0.04187
038901	3-9833-1	136	39	5.048	0.09860
038902	3-9833-1	140	34	6.226	0.09860
039001	3-9833-2	123	61	3.091	0.09242
039002	3-9833-2	116	55	4.343	0.09242
035101	3-9928-1	207	73	6.463	0.05498
035201	3-9928-2	67	59	7.240	0.06893
035202	3-9928-2	32	66	5.663	0.06893
035801	4-0029-1	56	69	2.129	0.25275
035802	4-0029-1	40	79	4.715	0.25275
039101	4-9833-1	116	69	4.150	0.05843
039102	4-9833-1	108	70	4.057	0.05843
035301	4-9928-1	120	61	7.599	0.05150
035302	4-9928-1	116	65	5.638	0.05150
038801	5-9833-1	248	51	4.818	0.08270
039201	7-9833-1	304	81	12.484	0.04503

Spécimen	Station	dh	Ih	M (A/m)	K (SI)
039202	7-9833-1	197	77	7.262	0.04503
010201	OUEP 143	0	0	4.279	0.04371
037901	1-9933-1	145	46	3.570	0.16398
037902	1-9933-1	142	46	3.340	0.16398
037701	1-9933-2	97	35	4.845	0.16398
037702	1-9933-2	105	18	6.199	0.16398
037801	1-9933-3	117	41	4.756	0.16398
037802	1-9933-3	131	53	5.409	0.16398
037001	2-0030-1	138	10	1.368	0.12358
037002	2-0030-1	131	44	1.650	0.12358
037101	1-0531-1	131	32	10.981	0.11915
037102	1-0531-1	348	23	8.459	0.11915
037201	1-0531-2	116	39	3.327	0.11915
022101	1-9734-1	112	62	0.022	0.00100
022102	1-9734-1	105	61	0.022	0.00100
022201	1-9734-2	121	64	0.011	0.00100
038401	1-0033-1	315	18	0.137	0.00192
038402	1-0033-1	318	32	0.079	0.00192
038601	1-0033-2	295	68	0.246	0.00079
038602	1-0033-2	285	72	0.301	0.00079
038501	1-0033-3	210	87	0.084	0.00114
038502	1-0033-3	98	83	0.101	0.00114
038701(-)	1-0033-4	294	-9	3.679	0.00153
038702(-)	1-0033-4	299	-11	3.379	0.00153
039401(-)	1-0136-1	18	-78	3.568	0.03773
039402(-)	1-0136-1	28	-58	7.667	0.03773
022701	1-0236-1	79	52	0.286	0.00616
022401	1-9934-1	117	43	1.221	0.02036
022402	1-9934-1	114	46	1.001	0.02036
022501(-)	1-9934-2	90	-49	3.487	0.02036
010401	OUEP 99	0	0	0.055	0.00224
034701	1-0128-1	50	79	0.825	0.06410
034702	1-0128-1	39	72	0.678	0.06410
034101	1-0227-1	345	73	0.262	0.02517
033901	1-0327-1	303	49	4.094	0.03594
033902	1-0327-1	313	62	4.663	0.03594
034001	1-0327-2	90	61	0.354	0.01897
034002	1-0327-2	76	61	0.256	0.01897
022801	1-0334-1	26	80	0.660	n/d
022802	1-0334-1	79	79	0.550	n/d
034501	1-9627-1	57	30	1.510	0.08733
034502	1-9627-1	47	27	1.012	0.08733
021101	1-9627-2	10	57	2.134	0.11382
021201	1-9627-3	129	72	0.517	0.11382
021202	1-9627-3	297	54	0.572	0.11382
034201	2-0227-1	55	72	0.183	0.02618
023601	3-0227-1	325	83	0.066	0.00330
010101	OUEP 021	0	0	4.488	0.07527
010301	OUEP 123	0	0	8.008	0.05917

Spécimen	Station	dh	Ih	M (A/m)	K (SI)
023501	1-0326-1	357.1	51.1	0.748	0.06582
021001	1-9526-2	121.7	36.3	15.73	0.03392
021002	1-9526-2	118.5	41.4	10.78	0.03392
010701	707/23	-	-	2.409	-
010801	708/27	-	-	1.386	-

Numéro de l'échantillon	K(SI)	UTM Est(m)	UTM Nord(m)	Unité
704-27A	0.01914488	704500	5227500	R
704-27B	0.02366216	704500	5227500	R
704-27G	0.027333083	704500	5227500	R
704-30B	0.018930249	704500	5230500	R
704-32G	0.044889072	704500	5232500	R
704-34A	0.033733308	704500	5234500	R
705-25B	0.02301566	705500	5225500	R
705-27E	0.031422591	705500	5227500	R
705-32A	0.030582647	705500	5232500	R
705-33A	0.01839386	705500	5233500	R
706-26A	0.026275954	706500	5226500	R
706-26B	0.010628021	706500	5226500	R
706-31A	0.032540375	706500	5231500	R
706-31D	0.039659511	706500	5231500	R
706-32A	0.030939387	706500	5232500	R
706-32C	0.022266684	706500	5232500	R
706-33A	0.054941704	706500	5233500	R
706-33A	0.024991888	706500	5233500	R
706-33A	0.037717587	706500	5233500	R
707-28A	0.022962412	707500	5228500	R
707-36A	0.026474934	707500	5236500	R
709-27A	0.049023751	709500	5227500	R
709-30A	0.028727605	709500	5230500	R
710-23D	0.042983174	710500	5223500	R
710-23E	0.01187164	710500	5223500	R
710-23E	0.009097669	710500	5223500	R
710-24A	0.057829353	710500	5224500	R
710-24A	0.056025073	710500	5224500	R
711-25A	0.023338861	711500	5225500	R
711-26A	0.016679234	711500	5226500	R
712-23B	0.019789033	712500	5223500	R
712-26A	0.022369552	712500	5226500	R
712-26A	0.000716986	712500	5226500	R
713-23C	0.019037559	713500	5223500	R
713-30A	0.023769949	713500	5230500	R
715-22C	0.020003838	715500	5222500	R
707/23	0.028367488	707250	5223775	R
708/27	0.062581668	708500	5227500	R
693-28A	0.123872474	693500	5228500	M
703-25A	0.005015855	703500	5225500	M
703-25B	0.015872805	703500	5225500	M
703-25D	0.014792878	703500	5225500	M
704-26A	0.000896308	704500	5226500	M
1-0425-K	0.053102373	704400	5225100	M
704-27E	0.000695891	704500	5227500	M