# 2008YF001-01

LES MINES JAG LTEE - RECHERCHE DE GAZ ET DE PETROLE ET MISE EN VALEUR DE LA PROPRIETE TEMISCOUATA - RAPPORT D'ETAPE DES TRAVAUX 2008 - LEVES PEDOGEOCHIMIQUE ET RADIOMETRIQUE SUR LA PROPRIETE TEMISCOUATA


**Documents complémentaires**

*Additional Files*

**Licence**

*License*

**Cette première page a été ajoutée au document et ne fait pas partie du rapport tel que soumis par les auteurs.**

Énergie et Ressources naturelles Québec

**Les Mines JAG ltée**
**Recherche de gaz et de pétrole**
**et mise en valeur**
**de la**

# PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA

## Rapport d'étape des travaux 2008

## Levés pédogéochimique et radiométrique sur la propriété Témiscouata

**RAPPORT**

**préparé par :**

**Marc Richer-LaFlèche, Ph.D., géo**

**INRS-ETE**

**Septembre 2008**

Direction générale des hydrocarbures
et des biocarburants
REÇU LE
12 SEP. 2008

# SOMMAIRE

En mars 2006, **JAG** a obtenu du gouvernement du Québec neuf permis de recherche pour le gaz et le pétrole totalisant 193 587 Ha dans la région du lac Témiscouata, un secteur relativement inexploré jusqu'à présent pour son potentiel en hydrocarbures. La propriété Témiscouata fait partie d'un groupe de trois propriétés jalonnées par **JAG** en 2006, qui font l'objet de travaux d'exploration et de recherche pour le gaz et le pétrole. **JAG** a publié un programme d'exploration quinquennal visant ces propriétés en décembre 2006.

Le présent rapport présente les résultats des travaux d'exploration, d'analyse et de mise en valeur de l'An2 (Phase 1) menés sur la propriété Témiscouata entre novembre 2007 et août 2008. La première phase (An1 et An2) du programme d'exploration de **JAG** vise à déterminer si les conditions géologiques générales ont rendu possible l'accumulation d'hydrocarbures et à vérifier le potentiel pétroligène des roches sédimentaires présentes sur la propriété. Les travaux d'exploration de l'An 2 ont été limités sur la propriété Témiscouata à des levés pédogéochimique et radiométrique réalisés le long de grande section recoupant la stratigraphie sédimentaire régionale. Ainsi, le présent rapport présente les résultats des levés débutés à l'automne 2007 et terminé en août 2008.

Les résultats obtenus au cours de l'An2 de la Phase 1 du programme d'exploration sont préliminaires. Ils seront intégrés à ceux de l'An3 pour éventuellement identifier des zones d'intérêt. Dans l'ensemble les travaux de terrain ont permis de récolter des échantillons sur 750 sites d'échantillonnage.

Des analyses physico-chimiques, des mesures de susceptibilité magnétique et des analyses radiométriques du K, *e*Th et *e*U ont été réalisées sur les échantillons de sol. 750 échantillons de gaz, prélevés dans la zone vadose des sols, ont été analysés par chromatographie gazeuse (FID) et dosés pour le méthane, l'éthane, le propane et le butane (n-butane et i-butane). Ces analyses ont permis de détecter plusieurs zones hautement anomaliques en hydrocarbures sur la propriété Témiscouata

## TABLE DES MATIÈRES

Page


Sommaire 2
Table des matières 3

1. INTRODUCTION 5
1.1. LOCALISATION DE LA PROPRIÉTÉ LAC TÉMISCOUATA 5
1.2 PHYSIOGRAPHIE RÉGIONALE 6

2. CONTEXTES GÉOLOGIQUE 8
2.1 GÉOLOGIE 8
3. CONTEXTE PÉDOLOGIQUE 11
3.1 CONTEXTE RÉGIONAL 11
3.1.1. Le relief et le drainage 12

3.2 VARIATIONS PÉDOLOGIQUES LE LONG DES SECTIONS 13
3.2.1 Secteur du Rang 3 du lac Long 13
3.2.2 Secteur de Packington à St-Jean-de-la-Lande 15
3.2.3 Secteur de St-Louis-du-Ha-Ha 19
3.2.4. Secteur de Notre-Dame-du-Lac (section du Vieux-Rang) 21
3.2.5. Secteur de la Zec Owen 23
4. TRAVAUX D'EXPLORATION DE L'AN 2 25
4.1 MÉTHODOLOGIE 25
4.1.1 Mode d'échantillonnage 25
4.1.2 Localisation des sections 25
4.1.3 Échantillonnage des sols 28
4.1.4 Échantillons prélevés 30
4.1.5 Localisation spatiale des échantillons 33
4.1.6 Séchage des échantillons 34
4.1.7 Tamisage 34
4.1.8 Mesure du pH et de la conductivité électrique en solution 34
4.1.9 Mesure de la susceptibilité magnétique 38
4.2 GÉOCHIMIE DES HYDROCARBURES LIBRES DANS LA ZONE VADOSE DES SOLS 40
4.2.1 Principe de la méthode d'exploration retenue pour l'évaluation du potentiel en gaz naturel et pétrole de la propriété Témiscouata. 40
4.2.2 Utilisation des rapports de concentrations des hydrocarbures légers C1-C4 43
4.3 FACTEURS INFLUENÇANTS LA CONCENTRATION DES GAZ DANS LE SOL 45
4.3.1 Perméabilité et humidité du sol 45
4.3.2 Conditions météorologiques 46
4.4 DÉTERMINATION RADIOMÉTRIQUE DES ÉLÉMENTS : U, TH, K 50

4.4.1. Instrumentation utilisée pour les mesures radiométriques 50
4.4.2. Principes d'utilisation de la méthode radiométrique pour la détection de fuites d'hydrocarbures. 50
4.4.3 Principes physiques 51

4.4.4 Mesure ou estimation des concentrations en K, U et Th 52

5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION 53

5.1 SECTION DU RANG 3 DU LAC LONG (FIG. 25) 53
5.2 SECTION DU RANG DE LA SEIGNEURIE (ST-EUSÈBE)(FIG. 26) 56
5.3 SECTION DU VIEUX RANG (NOTRE-DAME-DU-LAC) (FIG. 27) 58
5.4 SECTION DE ST-LOUIS-DU-HA-HA-ST-JEAN-DE-LA-LANDE (FIG. 28) 60
5.5 SECTION DE LA ZEC OWEN (FIG. 29) 63
5.6 SECTION DE LA RÉSERVE DE RIMOUSKI (FIG. 30) 66
5.7. DONNÉES RADIOMÉTRIQUES (K, eU, eTH SUR LES ÉCHANTILLONS DE SOL) 68
5.7.1 Secteur du Rang 3 du lac Long 68
5.7.2 Secteur de St-Louis du Ha Ha – St-Jean-de-la-Lande 70
5.7.3Secteur du rang de la Seigneurie (St-Eusèbe) 72
5.7.4Secteur du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac 74
5.7.5Secteur de la Zec Owen (Est du Témiscouata) 76
5.7.6Secteur de la Réserve de Rimouski (nord-est de la propriété Témiscouata) 78
5.8. RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES HYDROCARBURES C1-C4 DANS LES SOLS DE LA PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA. 80
5.8.1 Section du rang 3 du lac Long 80
5.8.2 Section de St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande 86
5.8.3 Section du Rang de la Seigneurie de St-Eusèbe 94
5.8.4 Section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac 99
5.8.5 Section de la Zec Owen 104
5.8.6 Section de la Réserve de Rimouski 109

5.7 ORIGINE DES HYDROCARBURES C1-C4 OBSERVÉS DANS LA ZONE VADOSE DES SOLS DE LA PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA. 115

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 117

7. 0 REMERCIEMENTS 120

8. 0 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 121

**Annexe 1** : résultats des analyses en hydrocarbures C1-C4 dans la zone vadose des sols. 122-140

# 1. INTRODUCTION

En mars 2006, **JAG** a obtenu du gouvernement du Québec neuf permis de recherche pour le gaz et le pétrole totalisant 193 587 hectares dans la région du lac Témiscouata (Fig. 1).

La propriété Témiscouata fait partie d'un groupe de trois propriétés jalonnées par **JAG** en 2006, qui font l'objet de travaux d'exploration et de recherche de gaz et de pétrole. **JAG** a publié un programme d'exploration quinquennal visant ces propriétés en décembre 2006 (Laroche et Richer-LaFlèche, 2006). Le présent rapport présente les résultats des travaux d'exploration et de mise en valeur de l'An2 (Phase 1) menés sur la propriété Témiscouata.

L'intervention de terrain et les protocoles analytiques déployés dans cette étude visaient à documenter spatialement la présence d'hydrocarbures C1-C4 dans les sols forestiers et agricoles ainsi que des halos d'altération reliés à la percolation d'hydrocarbures dans les sols de la propriété Témiscouata.

Compte tenu de l'immensité de la propriété, un échantillonnage linéaire le long de 5 sections a été réalisé dans ce projet. Ces sections ont été sélectionnées en fonction de plusieurs paramètres comme la position relative aux limites de la propriété, l'accessibilité, le recoupement d'unités lithostratigraphiques et de structures régionales. De plus, le budget d'opération permettait l'échantillonnage et l'analyse des gaz et sols de 750 stations.

## 1.1. LOCALISATION DE LA PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA

**JAG** a acquis dans la région du lac Témiscouata au Bas St-Laurent, une zone de 193 587 hectares, située dans le bassin sédimentaire des Appalaches. Comparativement à la Gaspésie, le secteur du lac Témiscouata demeure relativement inexploré jusqu'à maintenant pour son potentiel en hydrocarbures et n'a pas fait l'objet d'études détaillées ni de travaux d'exploration pour la recherche de pétrole et de gaz.

La propriété Témiscouata comprend neuf permis : 2006PG846, 2006PG847, 2006PG848, 2006PG849, 2006PG850, 2006PG851, 2006PG852, 2006PG853 et 2006PG854 (Fig. 1).

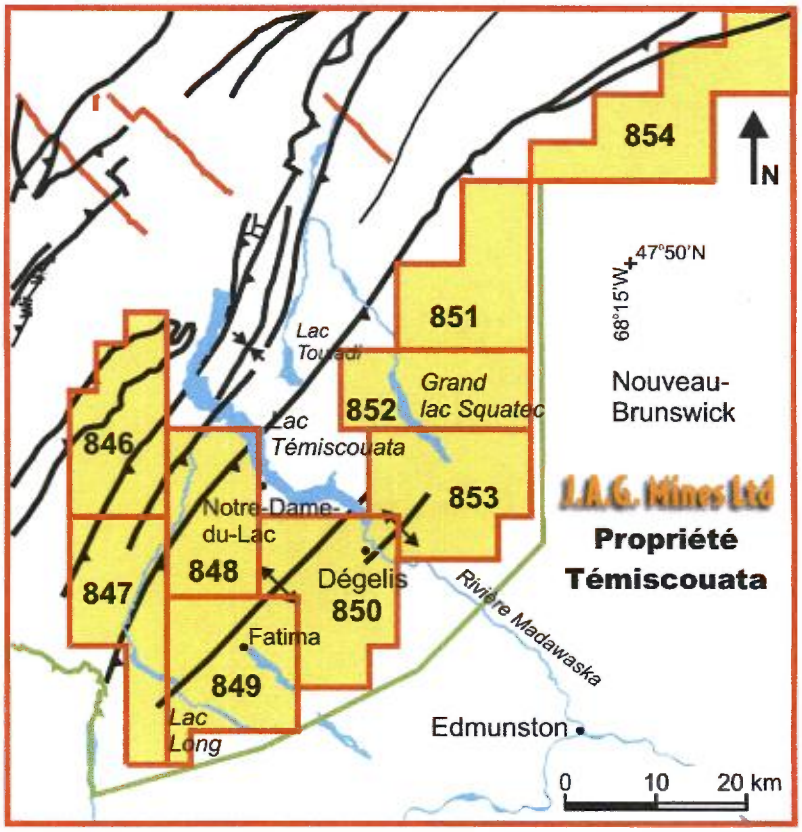



**Figure 1.** Localisation de la propriété Témiscouata, Les Mines **JAG** ltée.

## 1.2 Physiographie régionale

La région du Témiscouata comprend de multiples collines et montagnes, entrecoupées de vallées au fond desquelles on retrouve souvent de longs lacs comme les lacs Long, Témiscouata et Squatec. La chaîne des monts Notre-Dame (constituante des Appalaches) traverse la MRC du Témiscouata du sud-ouest au nord-est. Les sommets des Notre-Dame atteignent fréquemment les 500 mètres dans la région, le point le plus élevé de la MRC étant situé sur le territoire de Pohénégamook (600m). La carte altimétrique de la figure 2 montre bien les variations d'altitude à l'intérieur de la superficie occupée par la propriété Témiscouata de Les Mines JAG Ltée. Les principaux lacs sont à une altitude d'environ 150m. Le secteur de la réserve faunique de Rimouski montre des reliefs pouvant atteignant régulièrement de 450 à 500m d'altitude.

Les principaux lacs du secteur sont les lacs Squatec, Touladi, Pain de Sucre, Long, Lavoie, Dole et Témiscouata. Le lac Témiscouata est l'un des plus grands de la rive sud du Québec. Il mesure 42 km de longueur et de 3 à 6 km de largeur. En hiver, le lac gèle sur toute sa surface. À cette période de

l'année, un pont de glace carrossable est en fonction pour remplacer le traversier entre les localités de Notre-Dame-du-Lac et de Saint-Juste-du-Lac. Le réseau hydrographique du Témiscouata est partagé en deux bassins principaux : celui du fleuve Saint-Laurent (au nord) et celui du fleuve Saint-Jean (au sud). Le fleuve Saint-Jean compte parmi ses principaux affluents la rivière Madawaska qui prend sa source au lac Témiscouata (secteur de Dégelis), lui-même alimenté, entre autres, par la rivière Cabano et le réseau des rivières et lacs Squatec et Touladi.

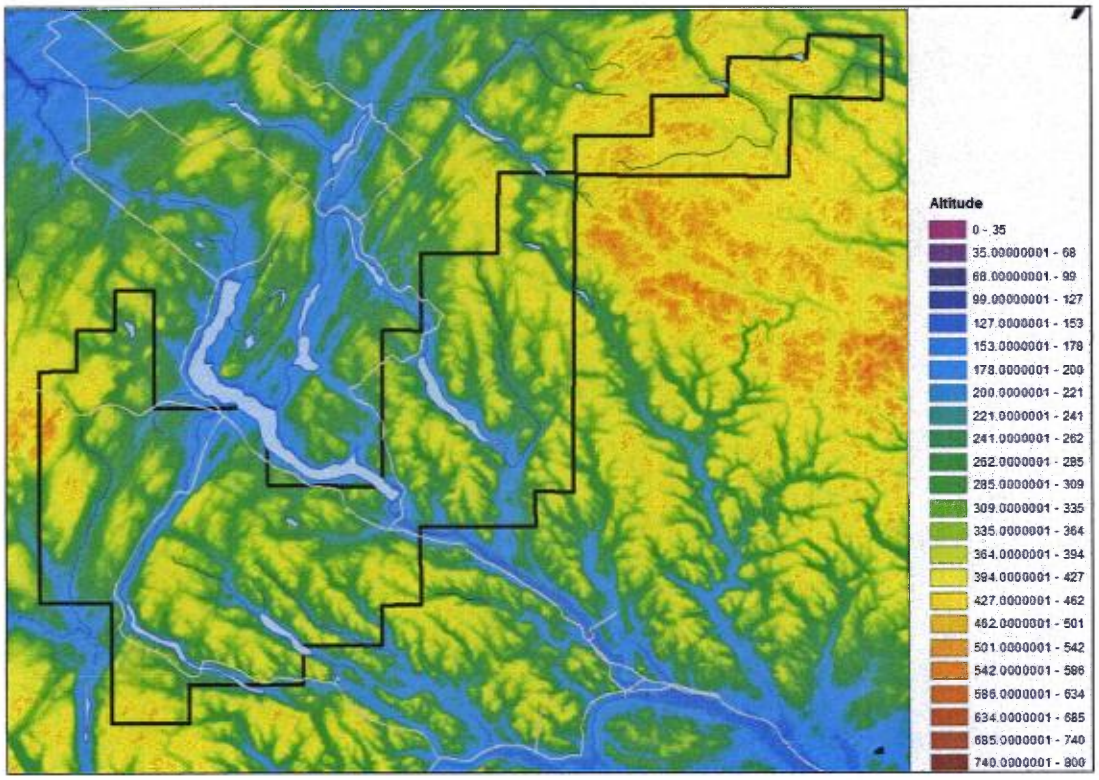



Figure 2. Carte altimétrique de la région du Témiscouata et plus spécifiquement de la propriété Témiscouata de Les Mines JAG ltd. Source : modèle numérique de terrain réalisé à partir des données de la NASA.

# 2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

## 2.1 GÉOLOGIE

La géologie de la région demeure relativement méconnue comparativement à celle de la Gaspésie et n'a pas fait l'objet d'études détaillées ni de travaux d'exploration pour la recherche de gaz et de pétrole. La majeure partie de la propriété est recouverte par les roches dévoniennes de la formation de Témiscouata, constituée d'une succession de roches siliciclastiques (dont une très forte proportion de shales et de mudrocks), de calcaires et de conglomérats (Fig. 3).

Dans la région, la formation de Témiscouata est juxtaposée aux roches du groupe de Chaleurs (Silurien inférieur à Dévonien inférieur) et aux roches du groupe de Cabano (Ordovicien) le long d'une faille régionale inverse orientée NE-SW.

Les roches du groupe de Cabano comportent des grès gris, des mudrocks et des conglomérats. L'extrémité ouest de la propriété est principalement recouverte des roches cambriennes des groupes de Rosaire et de St-Roch, qui incluent des calcaires et des roches sédimentaires siliciclastiques fines à grossières, dont des ardoises, des mudrocks et des grès. Une visite de la partie sud de la propriété a permis d'identifier plusieurs horizons de shales noirs riches en matière organique.

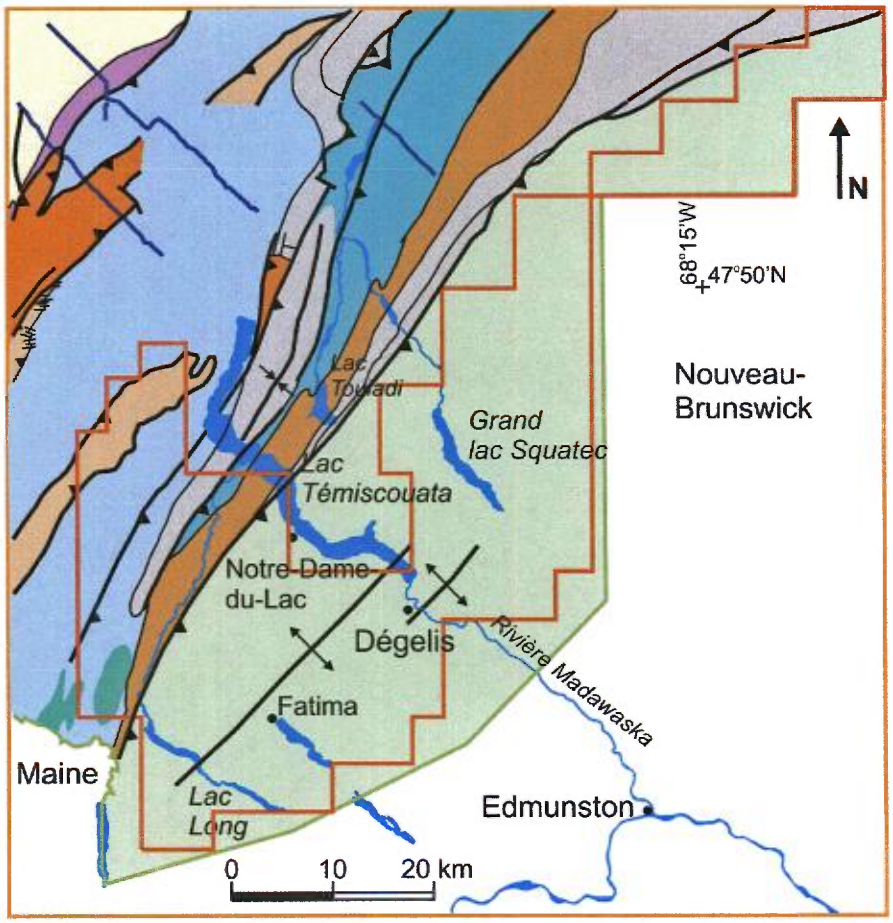
Pour la section du rang 3 du lac Long, les roches observées sont de la Formation de Témiscouata (Dévonien). Une faille inverse passant à quelques kilomètres au nord met en contact tectonique les roches de la Formation de Témiscouata au sud et les roches du Groupe de Cabano au nord (Ordovicien à Silurien).

La grande section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande met en contact un grand nombre d'unités lithostratigraphiques. Du nord vers le sud, l'on observe les roches cambriennes des Groupes de Rosaire et de St-Roch au nord puis les roches du Groupe de Cabano (Ordovicien-Silurien) et finalement les roches de la Formation de Témiscouata au sud de la rivière Cabano. Notez qu'entre le rang Beauséjour

et la rivière Cabano, des roches du Groupe de Chaleurs sont présentes dans une structure synclinale relativement étroite.

Les sections du rang de la Seigneurie de St-Eusèbe, du Vieux-Rang de Notre-Dame-du-Lac et de la Zec Owen recoupent essentiellement des unités de roches de la Formation de Témiscouata. Notez que dans la partie nord de la Zec Owen, une faille régionale inverse met en contact les roches de la Formation de Témisouata au sud et les roches du Groupe de Chaleurs au nord.

La section de la Réserve de Rimouski recoupe surtout des roches de la Formation de Témiscouata. Cependant, l'extrémité nord de la section passe près d'une faille qui met en contact les roches du Groupe de Chaleurs au nord et les roches de la Formation de Témiscouata au sud.




SILURIEN À DÉVONIEN
- Formation de Témiscouata
- Groupe de Chaleurs

ORDOVICIEN À SILURIEN
- Groupe de Cabano

Supergroupe de Québec
- Formation de Rivière Ouelle

CAMBRIEN À ORDOVICIEN
- Groupe de Trois-Pistoles

CAMBRIEN
- Groupe de St-Roch
- Formation de l'Orignal
- Groupe de Trinité
- Groupe de Rosaire
- Groupe de Caldwell
- Faille inverse
- Antiforme
- Ligne sismique

*(Modifié de: MRNFQ, carte SI-21N-C2G-03F)*

**Figure 3.** Géologie de la propriété Témiscouata, Les Mines **JAG** ltée.

# 3. CONTEXTE PÉDOLOGIQUE

## 3.1 CONTEXTE RÉGIONAL

La propriété Témiscouata se situe dans une aire appartenant aux régions climatiques 5L et 6L, telles que les définit la classification canadienne des climats pour l'agriculture. Ces régions comportent une saison de végétation fraîche, des sécheresses estivales rares et des conditions d'humidité excessives, particulièrement aux endroits ou les sols sont argileux. Les sols de la propriété Témiscouata appartiendraient à la classe de température boréale fraîche et aux sous-classes d'humidité perhumide et subaquique. Ces classes sont définies respectivement en régime humide non saturé et en régime saturé aquique; le premier régime définit les conditions d'humidité du sol, lorsque celui-ci est soumis à des périodes et à des intensités variables de déficience en eau au cours de la saison de végétation; quant au second régime, c'est celui dans lequel les sols sont saturés d'eau pendant des périodes importantes de la saison de végétation (Rochefort, 1980).

Les matériaux originels des sols de la propriété Témiscouata proviennent principalement de tills glaciaires, de dépôts d'alluvions fluvioglaciaires ou glacio-lacustres et de matériaux organiques (tourbières, sols organiques). Ces derniers résultent surtout de l'accumulation de débris végétaux plus ou moins décomposés en raison de l'acidité naturelle du mileu.

L'influence des activités anthropiques sur les sols est localement importante au Témiscouata. Les travaux de défrichement, de brûlage et de mise en culture, modifient l'état du sol originel de façon parfois considérable. Ainsi, la structure dominante podzolique des sols rencontrés lors de l'échantillonnage de 2008 est souvent partiellement ou totalement perturbée. En contexte agricole le labourage, le planage, l'épierrage et le drainage des terres homogénéisent le sol en détruisant la stratigraphie du sol primaire. Ceci résulte en la formation de sols agricoles homogènes en texture et en composition. Ces perturbations et l'ajout de fertilisants, de dérivation animale ou chimique, modifient également les propriétés physicochimiques des sols agricoles. De la même façon, l'exploitation intensive et mécanisée de la ressource forestière perturbe les sols.

### 3.1.1. Le relief et le drainage

Le relief conditionne l'évolution pédogénétique des sols par son influence sur le drainage, le ruissellement et l'érosion. Sur la propriété Témiscouata, le relief très complexe est modelé, en bonne partie, par l'allure et l'intensité des plissements des roches sédimentaires appalachiennes et par la présence de grandes failles régionales créant de grandes cassures topographiques visibles en imagerie satellitaire .

Les différences observées dans le drainage, dans l'épaisseur de l'horizon de surface et dans la teneur de ce dernier en matière organique sont étroitement liées aux variations du relief du terrain. Les sols de la propriété Témiscouata qui ont un drainage rapide à très rapide reposent sur un sous-sol très perméable (ex. tills quaternaires, dépôts fluvio-glaciaires). Les conditions de drainage rapides à très rapides de ces sols sont attribuables à la fois à leur position dans le relief et à la perméabilité très grande de leur substratum quaternaire (Rochefort, 1980).

Les sols mal drainés de la région sont constitués d'alluvions d'argiles et de loams limoneux, interstratifiés de sables fins. Ils sont souvent associés à des vallées glacio-lacustres. Parfois ils se situent en bas de pente des coteaux et collines constitués de tills glaciaires, ainsi qu'au fond des vallées morainiques où ils forment des terrains plats ou de relief légèrement concave.

On trouve les sols organiques souvent en association géographique avec les sols minéraux mentionnés ci-dessus. Leurs matériaux sont constitués des débris des plantes qui se sont accumulées sur les sites d'anciens lacs ou étangs, d'étangs de barrage et de bras morts. Les conditions de drainage, très mauvaises, de tous ces sols minéraux et organiques ont pour cause commune leur situation dans les parties basses de terrains où convergent les eaux de ruissellement et/ou de suintement provenant des sites plus élevés du relief.

.

Les conditions écologiques et climatiques de la région du Témiscouata sont particulièrement favorables à la formation dans les sols d'horizons illuviaux de caractère podzolique. La présence de tels horizons est liée la position des sols dans le relief et conséquemment à leurs conditions de drainage. On constate, en effet, que les sols ayant de tels horizons dans leur sous-sol recouvrent pratiquement toutes les pentes supérieures convexes du territoire (Rochefort, 1980).

Dans les différentes sections échantillonnées dans ce projet, le podzol est le type de sol dominant. Les sols argileux et ou organiques constituent généralement moins de 5% des sols échantillonnés. Les sols agricoles sont dominants dans certains secteurs cultivés comme ceux de Packington et du rang Beauséjour au sud du village de St-Louis-du-Ha-Ha.

### 3.2 VARIATIONS PÉDOLOGIQUES LE LONG DES SECTIONS

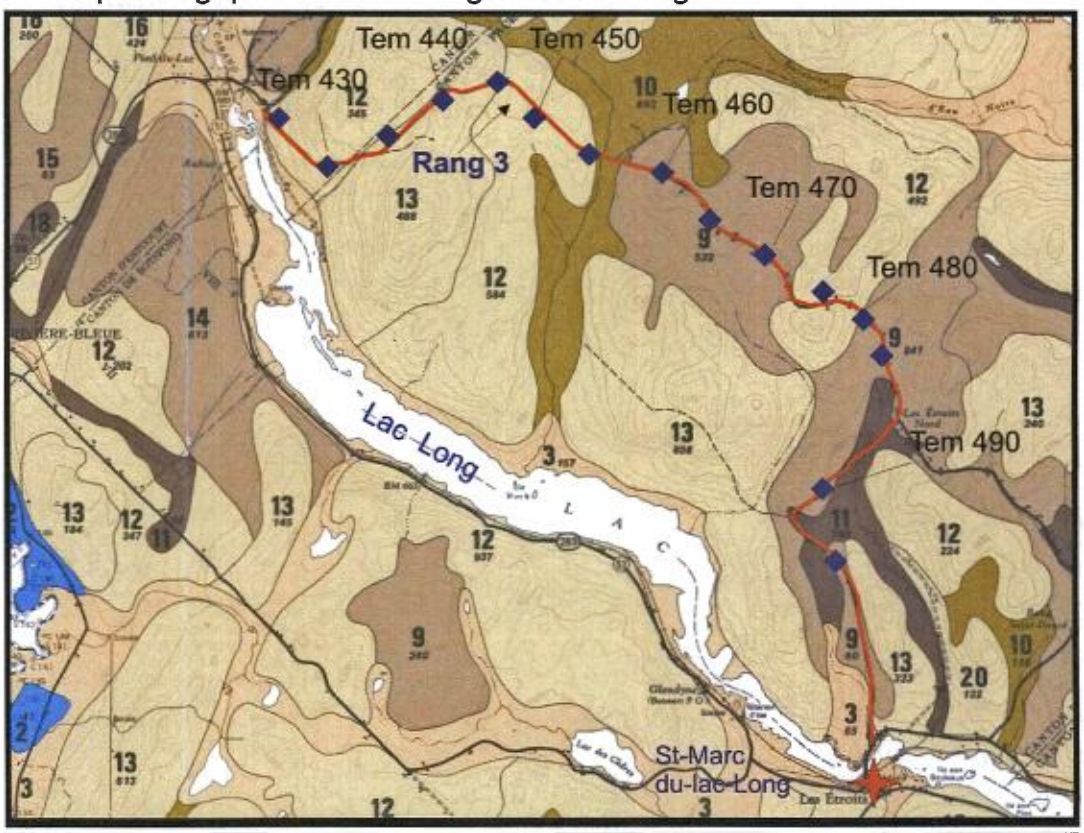
À partir des cartes pédologiques contenues dans le rapport de Rochefort (1981), nous avons ajouté la trace des principales sections réalisées dans ce projet. Notez que les cartes de Rocherfort sont les seules cartes pédologiques modernes disponibles pour la propriété Témiscouata et l'ensmeble de la MRC du même nom.

#### 3.2.1 Secteur du rang 3 du lac Long

La carte pédologique présentée à la figure 4 montre une forte anisotropie orientée grossièrement NNE-SSO à NE-SO et ce perpendiculairement aux berges du lac Long. Une unité de loams à sables grossiers et graveleux (unité 3), qui correspond à des sols développés sur des sédiments fluvio-glaciaires, longe les berges actuelles du lac Long.

Les podzols humo-ferriques reposant sur un till de dérivation local et régional sont les unités pédologiques dominantes du secteur (unités 12 et 13). Ces sols, formés sur un substrat bien drainé, occupent l'essentiel des hauts topographiques. En plusieurs endroits sur la carte, l'on note la présence d'unités de sols organiques et de gleysols (unité 11) développées sur des dépôts fluvio-glaciaires relativement mal drainés. Ces unités riches en matières organiques peuvent influencer les résultats des analyses de gaz dans les sols car la dégradation de la matière organique en milieu réducteur peut former du méthane (méthanogénèse bactérienne). Notez que la partie sud de la section du rang 3 recoupe l'unité de sols organiques en deux endroits entre les stations Temis-486 et 495

Carte pédologique section Rang 3 du lac Long




| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | Argiles, argiles limoneuses | 11 | Gleysol, sols organiques sur dépôts fluvio-glaciaires |
| 3 | Loam à sables grossiers graveleux fluvio-glaciaires | 12, 13 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique sur till local ou régional |
| 9 | Loam à fragments de cherts et ardoises | 14 | Podzol humo-ferrique, loam, fgts ardoise et chert |
| 10 | Loam sur tills de fond avec sols organiques | 15 | Podzol loameux-sableux, caillouteux sur till de fond régional. |

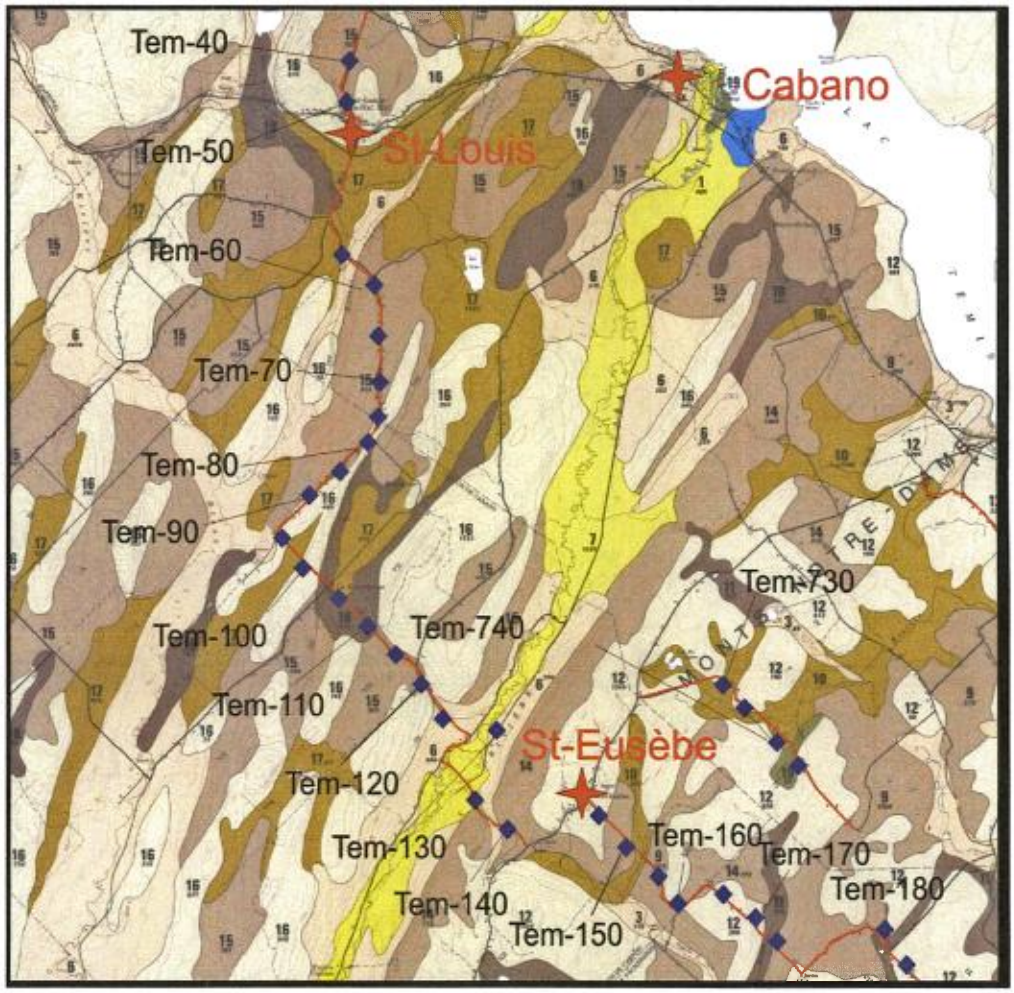
Figure 4. Carte pédologique modifiée du secteur du lac Long permettant de visualiser le tracé de la section du rang 3 du lac Long et la position des principales stations d'échantillonnage. Modifiée de Rochefort (1981).

### 3.2.2 Secteurs central et sud de la section reliant St-Louis–du-Ha-Ha et St-Jean-de-la-Lande

La carte de la figure 5 montre une anisotropie dominante orientée NE-SO et localement parallèle aux unités lithostratigraphiques régionales. Une unité de sols sableux et de loams glacio-lacustres (unité 7) relie St-Eusèbe et Cabano. Deux carrières de sables et granulats exploitent cette unité qui est par ailleurs très épaisse près de la rivière Cabano dans la municipalité de St-Eusèbe. L'unité borde une importante colline située au sud de la rivière Cabano. Comme pour les autres secteurs de la région, le sol dominant est un podzol reposant sur un till local ou régional. Le long de la section, des gleysols avec sols organiques en proportion variable (unité 11) sont présents dans les secteurs des stations Temis-102 à 111, Temis-173 à 175 et Temis-180 à 182. Notez que ces unités sont surtout présentes dans des dépressions topographiques.

La carte de la figure 5 ne montre pas la présence de tourbières le long de la section. La localisation de ces unités est pertinente car dans certains cas ces dernières peuvent produire du méthane biogénique par décomposition de la matière organique en place.

Section St-Louis du Ha-Ha-St-Jean-de-la-Lande (centre)



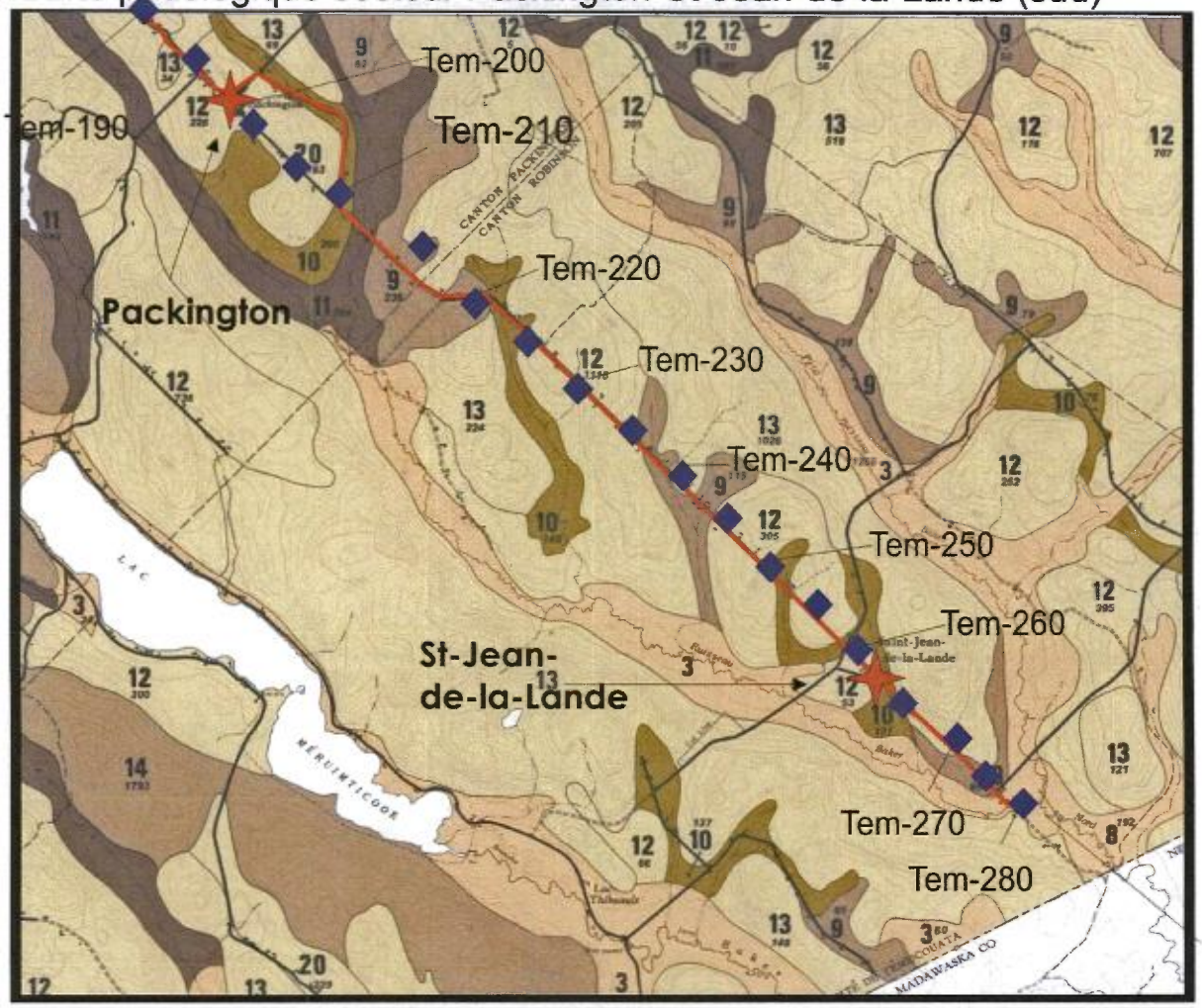

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Sols sableux-loameux et loams glacio-lacustres | 12, 13 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique sut till local ou régional |
| 2 | Argiles glacio-lacustres | 15 | Loam, loam sableux, caillouteux sur till de fond régional |
| 3 | Loam à sables grossiers graveleux fluvio-glaciaires | 16 | loam sableux fin à pierreux sur till local ou régional |
| 7 | Sols sableux-loameux et loams glacio-lacustres | 17 | Loam, loam sableux sur till de fond régional |
| 8 | Loam à sableux et sablweux- grossiers | 18 | Gleysol et terres noires |
| 9 | Loam à fragments de cherts et ardoises | 19 | Tourbières |
| 10 | Loam sur tills de fond avec sols organiques | 20 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |
| 11 | Gleysols, sols organiques sur dépôts fluvio-glaciaires | | |

Figure 5. Carte pédologique modifiée du secteur de St-Eusèbe-St-Louis-du-Ha-Ha permettant de visualiser le tracé de la partie centrale de la section St-Louis-du-Ha-Ha-St-Jean-de-la-Lande. Les principales stations d'échantillonnage sont indiquées sur la carte. Modifiée de Rochefort (1981).

La figure 6 montre la partie sud de la section St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. La carte pédologique présente une forte anisotropie orientée NO-SE et ce parallèlement aux berges du lac Méruimticook. Dans ce secteur, l'unité de loams à sables grossiers et graveleux (unité 3) correspond à des sols développés sur des sédiments fluvio-glaciaires. Ces unités sont localisées dans des bas-reliefs topographiques.

Les podzols humo-ferriques reposant sur un till de dérivation local sont les unités pédologiques dominantes du secteur (unités 12 et 13). Ces sols, formés sur un substrat bien drainé, occupent l'essentiel des hauts topographiques. En plusieurs endroits sur la carte, l'on note la présence d'unités de sols organiques (unité 11) développés sur des dépôts fluvio-glaciaires relativement mal drainés. Ces unités riches en matières organiques peuvent influencer les résultats des analyses de gaz dans les sols car la dégradation de la matière organique en milieu réducteur peut former du méthane. Notez qu'au sud du village de Packington, la section recoupe une unité de sols organiques.

Carte pédologique secteur Packington-St-Jean-de-la-Lande (sud)




| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Loam à sables grossiers graveleux fluvio-glaciaires | 10 | Loam sur tills de fond avec sols organiques |
| 8 | Loam à sableux et sablweux- grossiers | 11 | Gleysols, sols organiques sur dépôts fluvio-glaciaires |
| 9 | Loam à fragments de cherts et ardoises | 12, 13 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique sur till local ou régional |
| | | 20 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |

Figure 6. Carte pédologique modifiée du secteur de Packington-St-Jean-de-la-Lande permettant de visualiser le tracé de la partie sud de la section St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande ainsi que la position des principales stations d'échantillonnage. Modifiée de Rochefort (1981).

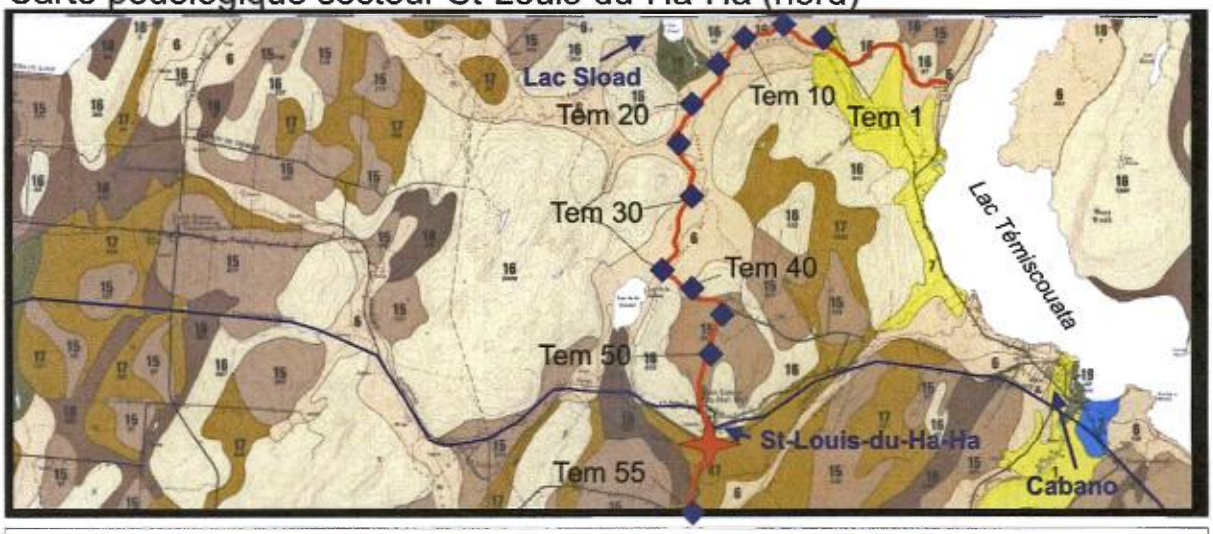
### 3.2.3 Secteur de St-Louis-du-Ha-Ha

La carte pédologique présentée à la figure 7 présente les principaux contrastes pédologiques observés entre St-Louis-du-Ha-Ha et le lac Sload situé un peu plus au nord. Cette carte montre une importante couverture de sédiments sablo-loameux et de loams glacio-lacustres sur le côté ouest du lac Témiscouata et une unité d'argiles glacio-lacustres située près de l'embouchure de la rivière Cabano dans la municipalité du même nom.

Le long de la trajectoire de la section pédogéochimique, les contrastes pédologiques sont marqués. Au sud du village de St-Louis la carte montre la présence d'une unité de gleysol avec terres noires située dans une dépression très mal drainée (unité 18). La saturation en eau dans ce secteur ne permettait pas l'échantillonnage de gaz en zone vadose. La partie habitée du village de St-Louis-du-Ha-Ha repose sur un loam sableux podzolique développé sur un till local. Au nord du village et le long de la rivière de la Savane, l'unité dominante est un brunisol gleyifié. Cette unité se bute sur une tourbière située au sud du lac Sload.

Les podzols humo-ferriques reposant sur un till de dérivation local ou régional sont également les unités pédologiques dominantes du secteur (unités 15, 16 et 17). Ces sols, formés sur un substrat bien drainé, occupent l'essentiel des hauts topographiques et les flancs des collines.

Carte pédologique secteur St-Louis-du-Ha-Ha (nord)




| | |
|---|---|
| 1 | Sols sableux-loameux et loams glacio-lacustres |
| 2 | Argiles glacio-lacustres |
| 3 | Loam à sables grossiers graveleux fluvio-glaciaires |
| 7 | Sols sableux-loameux et loams glacio-lacustres |
| 8 | Loam à sableux et sablweux- grossiers |
| 9 | Loam à fragments de cherts et ardoises |
| 10 | Loam sur tills de fond avec sols organiques |
| 11 | Gleysols, sols organiques sur dépôts fluvio-glaciaires |
| 12, 13 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique sut till local ou régional |
| 15 | Loam, loam sableux, caillouteux sur till de fond régional |
| 16 | loam sableux fin à pierreux sur till local ou régional |
| 17 | Loam, loam sableux sur till de fond régional |
| 18 | Gleysol et terres noires |
| 19 | Tourbières |
| 20 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |

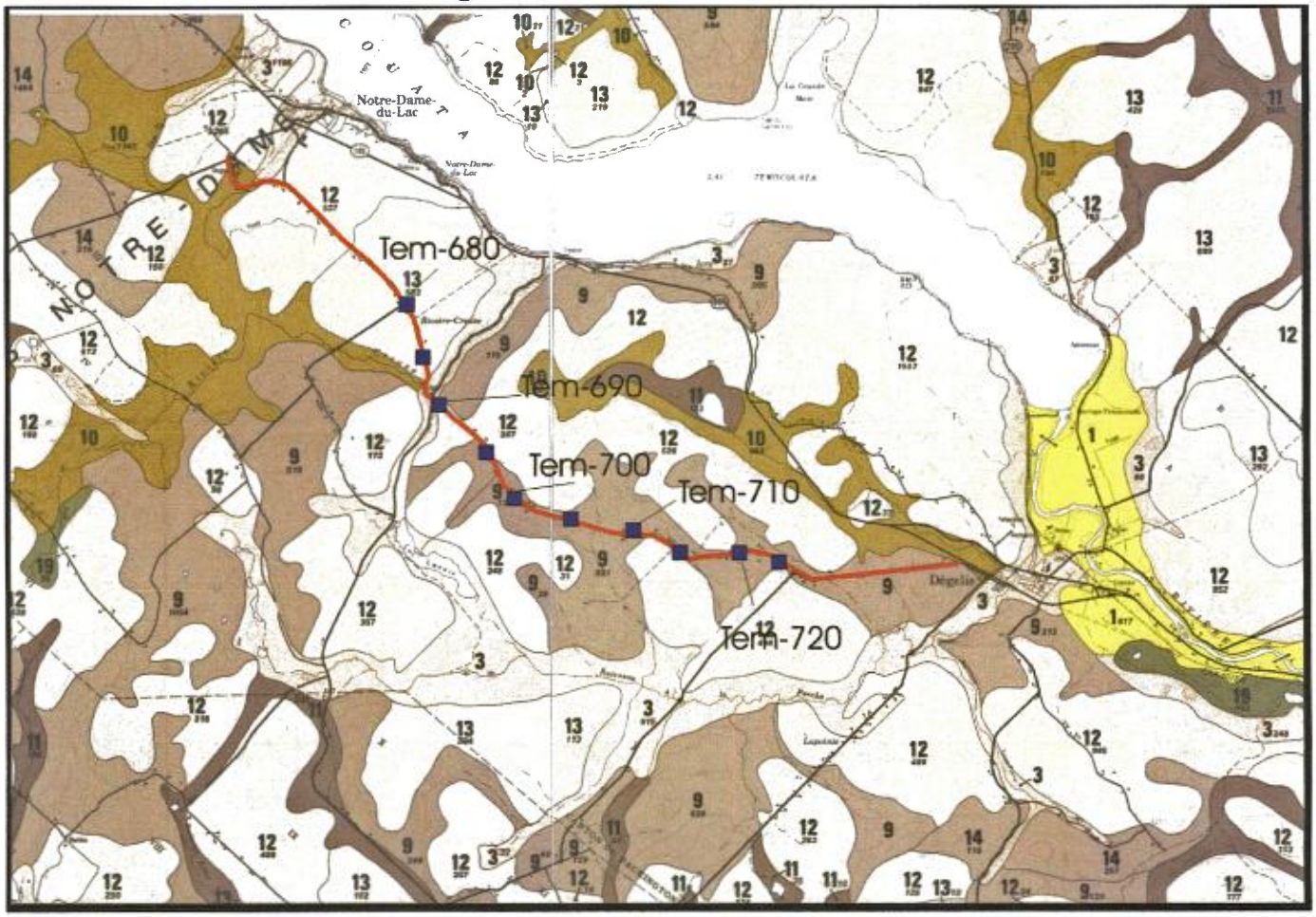
Figure 7. Carte pédologique modifiée du secteur de St-Louis-du-Ha-Ha-Cabano permettant de visualiser le tracé de la partie nord de la section St-Louis-du-Ha-Ha-St-Jean-de-la-Lande et la position des principales stations d'échantillonnage. Modifiée de Rochefort (1981).

### 3.2.4. Secteur de Notre-Dame-du-Lac (section du Vieux-Rang)

La carte pédologique présentée à la figure 8 montre les contrastes pédologiques observés dans le secteur du Vieux-Rang de Notre-Dame-du-Lac et dans la partie sud du lac Témiscouata. La carte pédologique montre la prédominance des sols podzoliques développés sur des substrats de tills le long de la section. Les sédiments glacio-lacustres du lac Témiscouata (unité 1) ne sont pas présents en raison de l'altitude plus élevée de la section.

Des sols plus organiques seraient présents dans le secteur des stations Temis-680 à 690. L'examen des fosses creusées dans le sol a montré la présence de sols organiques aux stations Temis-683, 685, 691 ce qui supporte l'interprétation du pédologue ayant compilé la carte. Cependant, le contact de l'unité 10 sur la carte passe probablement plus au nord. Des derniers ont également été observés dans les fosses des stations Temis-703 et 727. Ces sols organiques n'ont pas de continuités dans l'axe nord-sud car les stations adjacentes ne montraient pas la présence de sols organiques. La présence de ces sols n'est pas indiquée sur la carte pédologique.

# Section du Vieux-Rang de Notre-Dame-du-Lac




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Sols sableux-loameux et loams glacio-lacustres | 10 | Loam sur tills de fond avec sols organiques |
| 2 | Argiles glacio-lacustres | 11 | Sols organiques sur dépôts fluvio-glaciaires |
| 3 | Loam à sables grossiers graveleux fluvio-glaciaires | 12, 13 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |
| 8 | Loam à sableux et sablweux- grossiers | 19 | Tourbières |
| 9 | Loam à fragments de cherts et ardoises | 20 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |

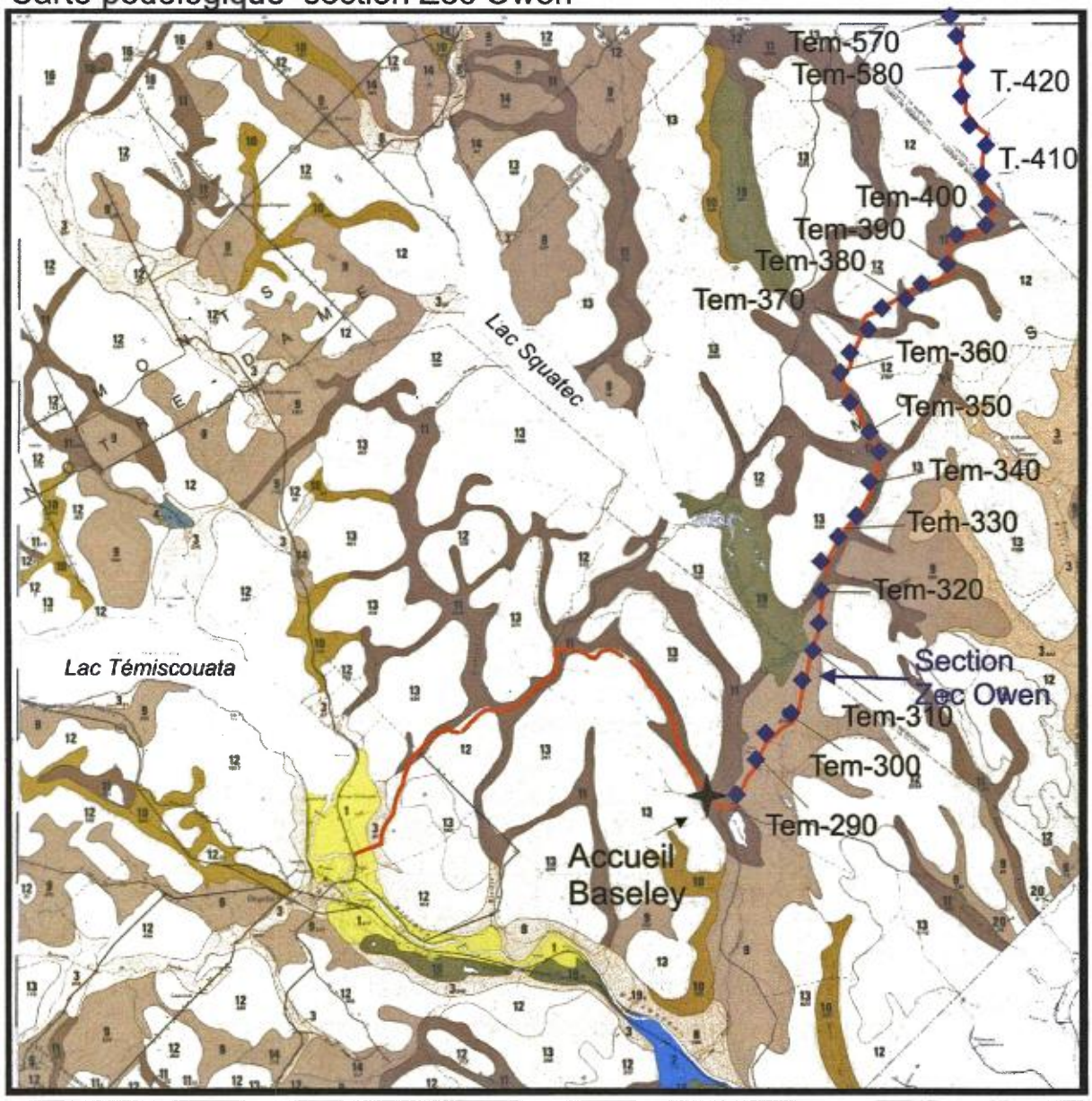
Figure 8. Carte pédologique modifiée du secteur de la section du Vieux-Rang de Notre-Dame-du-Lac permettant de visualiser le tracé de la section et la position des stations d'échantillonnage. Modifiée de Rochefort (1981).

### 3.2.5. Secteur de la Zec Owen

La carte pédologique présentée à la figure 9 montre une grande diversité pédologique. La partie sud du secteur du lac Témiscouata montre la présence d'une importante unité glacio-lacustre constituée de sables-loameux et de loams (unité 1) qui passe graduellement à des argiles glacio-lacustres (unité 2) le long de la rivière Madawaska. A l'opposé, le lac Squatec montre au sud une importante unité de tourbière (unité 19). La présence de cette dernière doit être tenue en considération car pouvant influencer les résultats des analyses d'hydrocarbures dans les sols. Un autre secteur situé plus au nord dans la Zec Owen montre également la présence de tourbières. Ce secteur n'a toutefois pas été échantillonné lors du levé de terrain.

Les podzols humo-ferriques reposant sur un till de dérivation local ou régional sont les unités pédologiques dominantes du secteur (unités 12 et 13). Ces sols, formés sur un substrat bien drainé, occupent l'essentiel des hauts topographiques et les flancs des collines. En plusieurs endroits sur la carte, l'on note la présence d'unités de sols organiques (unité 11) développés sur des dépôts fluvio-glaciaires relativement mal drainés. Ces unités riches en matières organiques peuvent également influencer les résultats des analyses de gaz dans les sols. L'orientation des ces unités est soit parallèle aux unités lithostratigraphiques régionales ou perpendiculaire.

Carte pédologique section Zec Owen




| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Sols sableux-loameux et loams glacio-lacustres | 10 | Loam sur tills de fond avec sols organiques |
| 2 | Argiles glacio-lacustres | 11 | Sols organiques sur dépôts fluvio-glaciaires |
| 3 | Loam à sables grossiers graveleux fluvio-glaciaires | 12, 13 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |
| 8 | Loam à sableux et sablweux- grossiers | 19 | Tourbières |
| 9 | Loam à fragments de cherts et ardoises | 20 | Podzol humo-ferrique orthique, lithique |

Figure 9. Carte pédologique modifiée du secteur de la Zec Owen permettant de visualiser le tracé de la section de la Zec Owen et la position des principales stations d'échantillonnage. Modifiée de Rochefort (1981).

# 4. TRAVAUX D'EXPLORATION DE L'AN 2

## 4.1 MÉTHODOLOGIE

### 4.1.1 Mode d'échantillonnage

L'échantillonnage des échantillons de gaz et de sol a été réalisé le long de cinq sections recoupant différentes parties de la propriété Témiscouata. Une distance inter-échantillon moyenne de 150m a été utilisée comme pas d'échantillonnage. Dans certains cas, l'espacement était plus important en raison de la présence d'obstacles empêchant l'échantillonnage (ex. cours d'eau, zone inondée, secteur résidentiel).

### 4.1.2 Localisation des sections

Initialement, 3 sections étaient prévues au contrat initial. En raison des premiers résultats obtenus lors du levé, nous avons ajouté quelques courtes sections additionnelles dans des secteurs à haute probabilité de présence d'hydrocarbures dans les sols (Fig. 10).

D'ouest en est, les sections réalisées sont les suivantes :

1) ***Rang 3*** du Lac Long (15 km)
2) ***St-Louis-du Ha-Ha - St-Jean-de-la-Lande*** (65 km) (Fig. 11)
3) ***Rang de la Seigneurie***, St-Eusèbe (9 km)
4) ***Rang du vieux Chemin*** (Vieux Rang), Notre-Dame-du-Lac (8 km)
5) ***Zec Owen***, chemin principal (61 km)
6) ***Réserve de Rimouski*** (14 km)

Les photographies présentées à la figure 11, montrent un aperçu de la physiographie de section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. Notez que les terres agricoles constituent une proportion importante de la superficie de ce secteur.

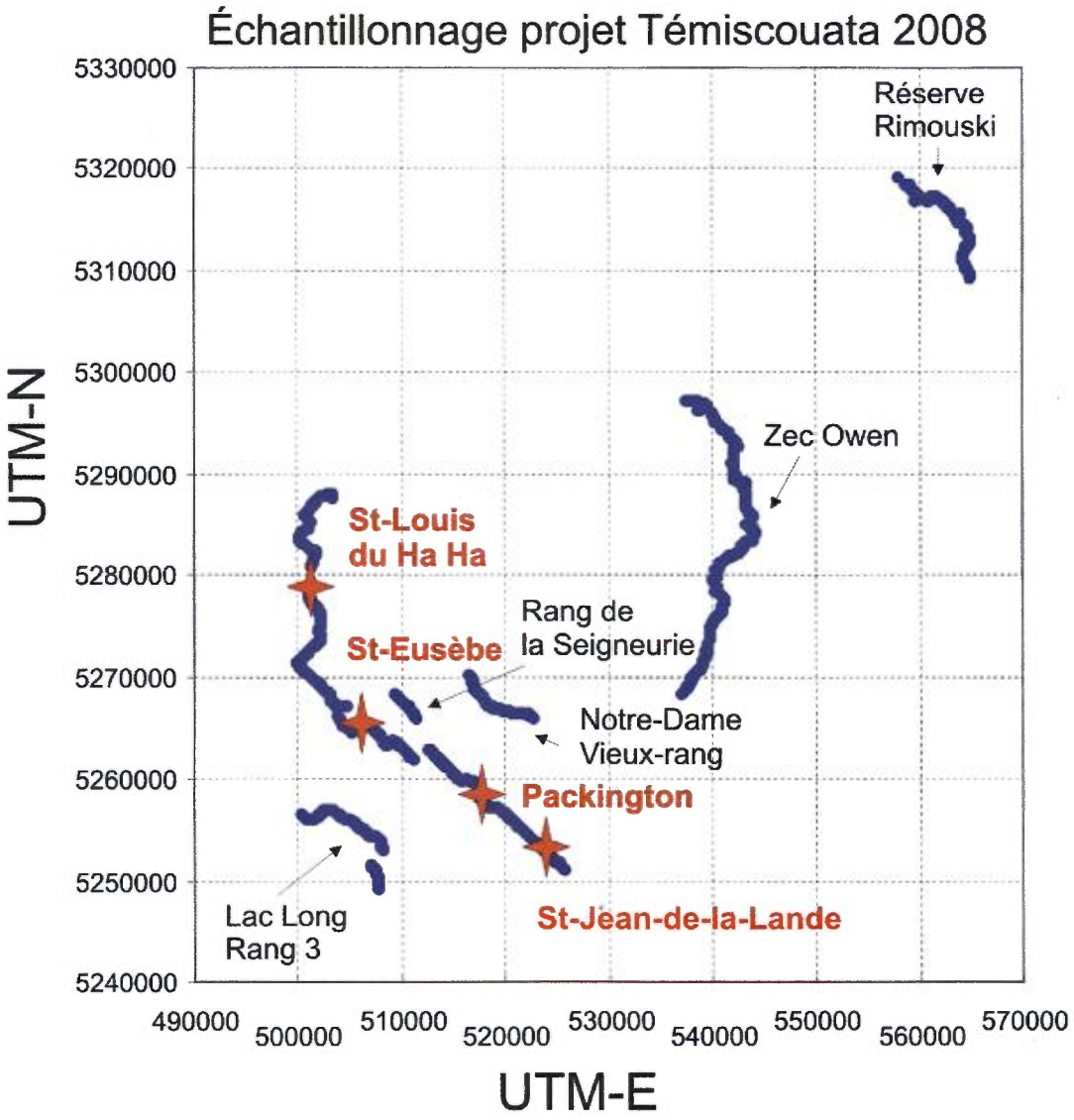



Figure 10. Carte de localisation des sections échantillonnées lors de la campagne de terrain de l'été 2008.

Figure 11. Photographies de terrain montrant la physiographie le long de la section St-Louis du Ha Ha- St-Jean-de-la-Lande. A et B : secteur St-Louis du Ha Ha, C, D et E : rang Beauséjour, F : carrière de shale, G : sablière de St-Eusèbe près de la rivière Cabano. H : secteur de St-Jean de la Lande près de la frontière avec le Nouveau-Brunswick.

### 4.1.3 Échantillonnage des sols

Compte tenu de l'immensité de la propriété Témiscouata et des variations naturelles ou anthropiques rencontrées sur le terrain, plusieurs types de sol ont été observés et échantillonnés. Pour fin d'efficacité opérationnelle, nous avons subdivisé les sols en fonction des catégories suivantes :

1) *Podzol*
2) *Sol organique*
3) *Sol agricole*
4) *Sol perturbé (non contaminé)*
5) *Sol naturel mal stratifié (d'affinité podzolique)*

La figure 12 montre une photographie d'un podzol type de la région du Témiscouata montrant la structuration interne normale d'un podzol. Les subdivisions montrées sur cette figure sont celles retenues pour la description des sols dans le présent rapport. Notez que pour chacune des stations d'échantillonnage, un échantillon de l'horizon B (30 cm) et un de l'humus devaient être prélevés. Toutefois, notez que pour les stations sur sol agricole ou des stations sur sol forestier perturbé par l'activité humaine, ces horizons n'étaient pas présents ou identifiables. Pour ces stations, l'horizon d'humus qui est généralement négligeable (ou absent) et les horizons A et B sont souvent mélangés. Dans ce cas, l'échantillon de sol minéral prélevé était prélevé à 30 cm de profondeur et ce indépendament de la stratigraphie su sol.

Pour éviter toutes chances de contamination, nous avons évité les sols contaminés de type technosol. Pour les différents secteurs du présent rapport, ces sols peuvent être situés près d'exploitation agricoles ou d'anciens moulins à bois. De plus nous avons évité les secteurs montrant la présence d'anciens garages ou postes d'essence pouvant être contaminés par des hydrocarbures. Après vérification avec les municipalités de la région, les tracés des sections sélectionnées dans ce projet ne recoupent pas d'anciens dépotoirs municipaux.

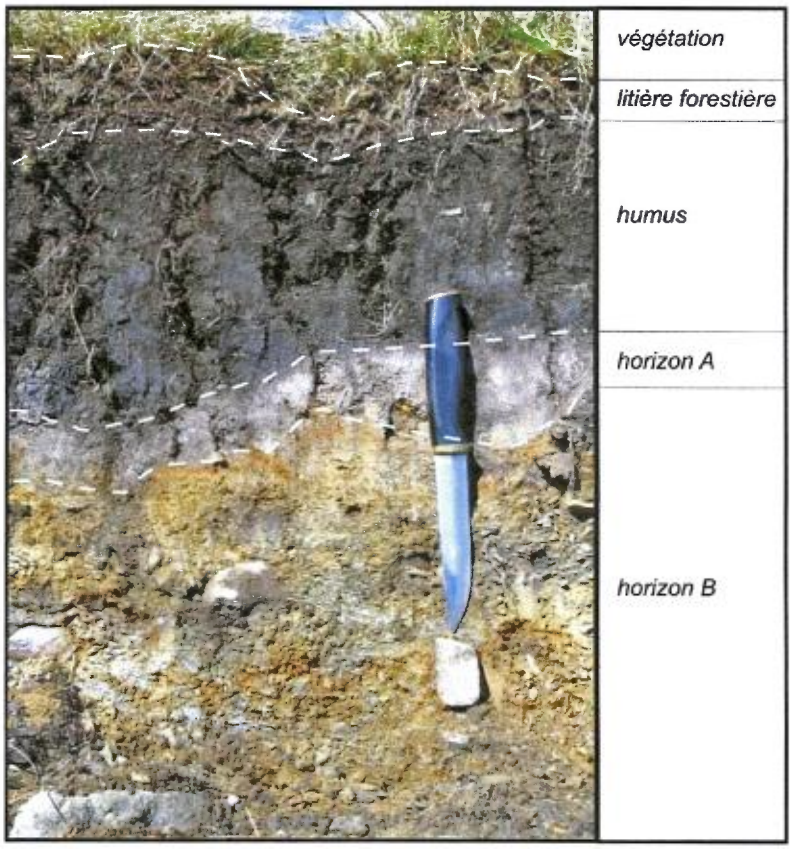



Figure 12. Section type d'un podzol de la région du Témiscouata. Notez la structuration interne des couches et la nomenclature terminologique utilisée dans ce rapport pour décrire les horizons de sol.

### 4.1.4 Échantillons prélevés

L'objectif premier de l'échantillonnage du sol était de prélever un échantillon représentatif de l'horizon B des sols (lorsque préservé). Pour simplifier le processus d'échantillonnage, nous avons fixé une profondeur de 30 cm pour le prélèvement de ces échantillons. Notez que pour l'exploration gazière, cet horizon est le plus fréquemment échantillonné.

Pour l'échantillonnage de sols agricoles (laboures) ou de sols forestiers fortement perturbés, l'horizon B n'étant plus présent, nous avons tout de même prélevé un échantillon à 30 cm de profondeur. Pour ces sites, une note a été ajoutée à la banque de donnée pour identifier la présence de sols perturbés.

Notez que contrairement à l'horizon A des sols podzoliques, l'horizon B est un horizon d'accumulation caractérisé par de fortes concentrations en éléments traces et autres composés solubilisés lors du lessivage de l'horizon A.

Nous avons de plus échantillonné un échantillon d'humus (lorsque présent sur un site), car en exploration minérale, cet horizon est souvent échantillonné. Cet horizon est entre autre enrichi en métaux traces provenant de la décomposition de la matière végétale accumulée dans la litière forestière. Toutefois, cet horizon est plus vulnérable à la contamination atmosphérique. Des éléments comme le Pb tendent à fortement se concentrer dans cet horizon. Les composés humiques présents dans l'humus ont un très fort potentiel de fixation des métaux. Par exemple, Aznar (2007) démontre que pour les sols de la Vallée de la York en Gaspésie, des éléments comme le Pb, As, Cd, et le Cu ont été concentrés dans cet horizon et ce à des concentrations nettement supérieures aux valeurs naturelles observées dans les sols éloignés de l'usine de Murdochville (ex. Parc de la Gaspésie).

Dans le cas du Témiscouata, notez qu'il n'y a pas d'activité pyrométallurgique et seules les retombées en Pb atmosphérique de sources diffuses (ex. circulation routière) peuvent influencer la composition chimique de l'humus. Les échantillons d'humus seront analysés et interprétés dans un autre rapport d'exploration.

Les échantillons de sol ont été prélevés à la pèle en faisant une fosse de 40 à 50 cm et en sectionnant les racines et éliminant les blocs glaciaires. Par la suite, la surface du pédon a été nettoyée à l'aide d'une spatule en plastique (non-métallique) (Fig. 13b). L'échantillon d'humus a été prélevé après l'élimination de la litière forestière. L'horizon B (ou l'échantillon à 30 cm de profondeur) a été prélevé à l'aide d'une pèle en plastique. Les échantillons d'humus et de sol minéral ont été transférés dans des sacs en plastique de type *Nasco Whirl-Pack*. Compte tenu de l'influence probable de la température du sol sur la concentration des gaz, nous avons systématiquement mesuré la température du sol à 5 cm et à 30 cm de profondeur (thermomètre numérique).

Figure 13. Photographies montrant différentes étapes du processus d'échantillonnage. A: séquence de till quaternaire en bordure de chemin forestier (Zec Owen,), B: excavation pour l'échantillonnage des horizons B et de l'humus, C: piquet de bois numéroté au site d'échantillonnage, D: Edith Chouinard lors de l'échantillonnage du gaz, E: bouteilles sous vide pour le stockage du gaz, F: station météorologique de l'INRS-ETE installée près de l'érablière des Chouinard (St-Eusèbe)..

### 4.1.5 Localisation spatiale des échantillons

Les stations d'échantillonnage ont été positionnées au DGPS et une cote altimétrique a été mesurée pour chacun des échantillons (Fig. 14). De plus, à chaque station un piquet d'arpentage avec une plaque en aluminium numérotée a été planté pour identifier le site d'échantillonnage (Fig. 13c). Des rubans de couleurs vives ont été fixés aux arbres en bordure de chemin et près des sites d'échantillonnage. Ainsi, il est très facile de repérer les stations d'échantillonnage pour un éventuel rééchantillonnage.

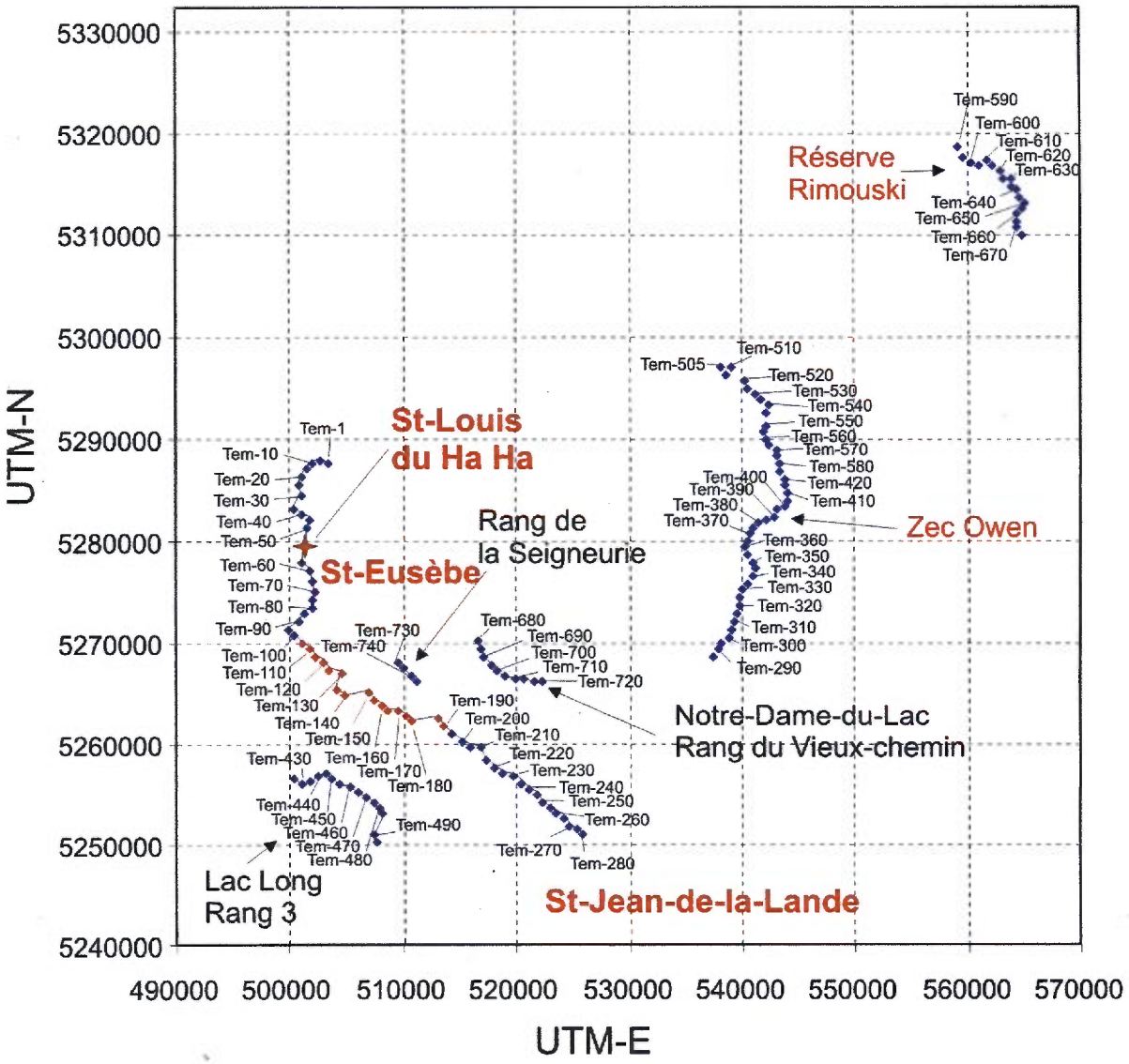



Figure 14. Carte de localisation des échantillons de sol et de gaz prélevés lors de la campagne de terrain de l'été 2008.

### 4.1.6 Séchage des échantillons

Les échantillons de sol et d'humus ont été séchés à une température de 45°C pendant 7 jours pour éliminer l'eau contenue dans les sacs. Notez qu'une température trop élevée peut détériorer les propriétés physico-chimiques des échantillons.

### 4.1.7 Tamisage

Pour éliminer les fragments de roches grossiers et les racines, les échantillons ont été systématiquement tamisés à une maille de 4 mm. La fraction minérale supérieure à 4 mm a été nettoyée et conservée dans des sacs de plastique pour une éventuelle vérification lithologique. La fraction inférieure à 4 mm a été transférée dans des sacs de plastique *Nasco Whirl-Pack* pour entreposage et utilisation ultérieure.

### 4.1.8 Mesure du pH et de la conductivité électrique en solution

La dégradation biochimique des hydrocarbures en $CO_2$ peut provoquer une augmentation du pH et de la conductivité électrique des sols suite à des réactions avec les cations basiques disponibles. Lorsque ces cations basiques sont présents en quantités suffisantes, la dégradation des hydrocarbures peut se traduire par une précipitation de carbonates secondaires. Dans certains cas, cette précipitation secondaire peut cimenter le sol en une masse relativement compacte rendant difficile la circulation de courants électriques dans le sol.

Le pH et la conductivité électrique (C.E.) en solution ont été mesurés en prélevant 15g de sol sec et en ajoutant 15 ml d'eau MilliQ (Millipore) dans des tubes à décanter Falcon. Après un mélange sur une table à oscillation horizontale (250 rpm) pendant 25 minutes, les échantillons ont décantés 10 minutes. Le pH et la C.E. ont été mesurés sur les solutions à l'aide d'un potentiomètre Orion et d'électrodes spécifiques pour le pH et la conductivité électrique.

Dans l'ensemble des échantillons analysés, les mesures du pH varient de 3,2 à 7,2 (Fig. 15). Par principe, rappelons qu'un pH neutre est théoriquement à 7. Lorsque le pH est supérieur à 7, le milieu est basique et lorsque plus petit que 7 le milieu devient acide. Compte tenu de la présence de $CO_2$ atmosphérique et d'autres polluants acidifiants (nitrates, sulfates) dans l'atmosphère, les précipitations continentales sont normalement inférieures à 7. Par exemple, le pH annuel moyen des précipitations varie de 4,28 à 4,60 sur le territoire situé au sud de la latitude 50°N et sa moyenne y est de l'ordre de 4,35, ce qui correspond à une précipitation 18 fois plus acide qu'une précipitation en équilibre avec le $CO_2$ atmosphérique, dite «précipitation normale» (pH=5,6).

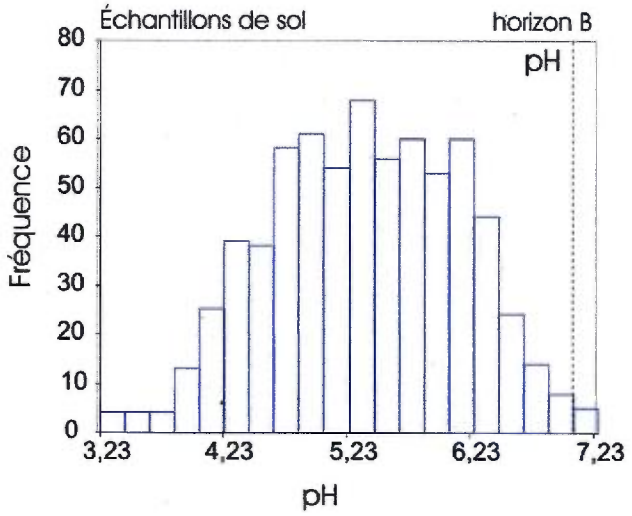



Figure 15. Distribution des valeurs de pH dans l'ensemble des échantillons de sol du projet Témiscouata.

Dans le cas de la propriété Témiscouata, les sols naturels forestiers sont systématiquement plus acides (plus faible pH) ce qui est conforme avec la nature même des podzols (Fig. 16). Le bon drainage de ces sols favorisent des conditions de déséquilibre chimique qui se traduisent par une exportation importante des cations basiques vers les eaux souterraines. En moyenne, l'acidité des sols forestiers est de 10 fois supérieure à celle des sols agricoles de la région. L'ajout de fertilisants agricoles explique probablement cette différence d'acidité.

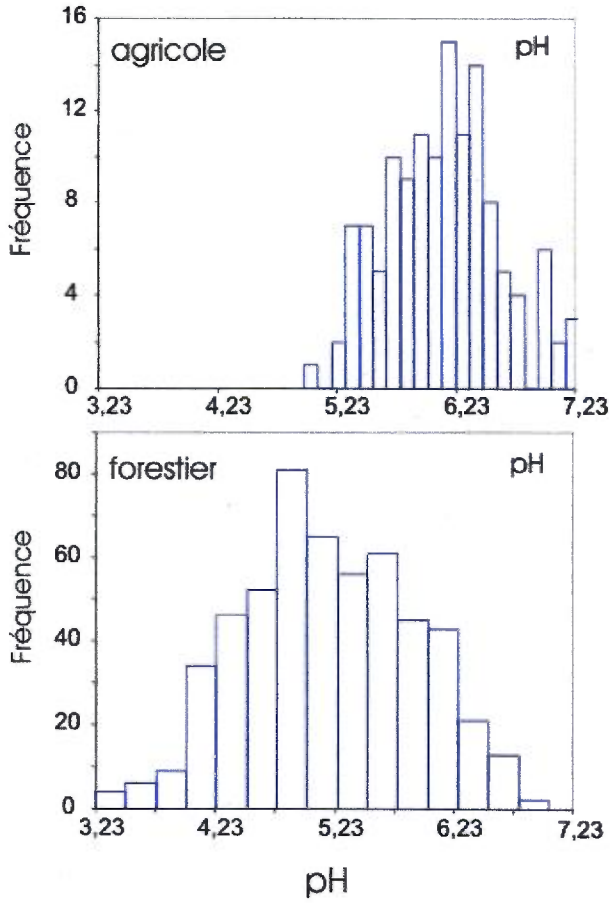



Figure 16. Comparaison des valeurs de pH mesurées dans les sols agricoles et forestiers de la propriété Témiscouata.

La mesure de la conductivité électrique dans les sols permet d'évaluer rapidement la proportion de sels dissous dans le sol. Dans ce rapport, la conductivité électrique en solution est exprimée en *u*S/cm. Dans l'ensemble des échantillons analysés en 2008, la conductivité électrique varie de 0 à 1310 *u*S/cm. L'examen de la figure 17 montre que la majorité des échantillons de sols du Témiscouata contient une proportion négligeable de sels dissous. Lorsque subdivisées en sols agricoles ou forestiers, les données de la figure 18 montrent la présence d'une sous population d'échantillons forestiers marquée par de plus hautes valeurs de conductivité électrique. La figure 18 souligne la présence d'une sous-population d'échantillons forestiers caractérisée par une plus forte conductivité électrique.

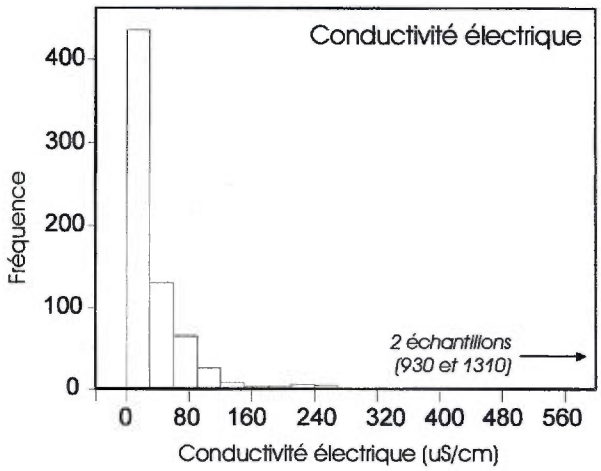



Figure 17. Distribution des valeurs de conductivité électrique des échantillons de sol du projet Témiscouata.

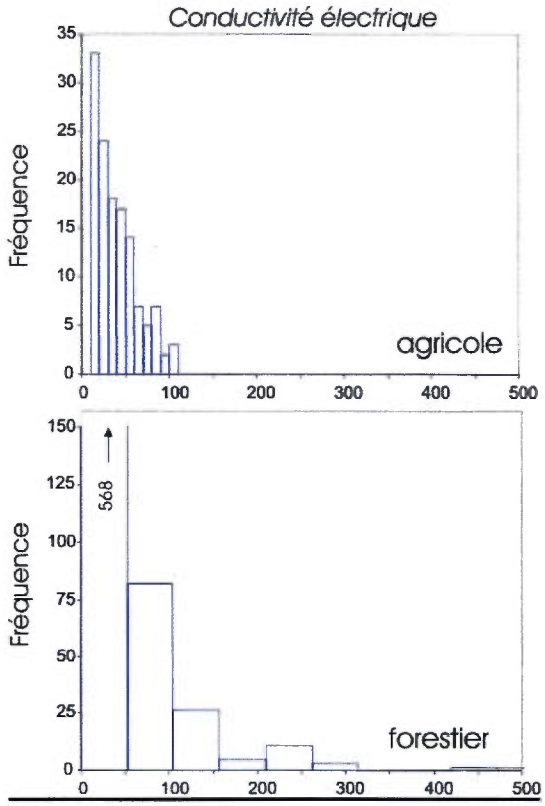



Figure 18. Comparaison des valeurs de conductivité électrique (*u*S/cm) mesurées dans les sols agricoles et forestiers de la propriété Témiscouata. Deux échantillons forestiers avec des valeurs de 930 et 1310 *u*S/cm ont été retirés des données pour faciliter la comparaison entre les deux groupes d'échantillons.

### 4.1.9 Mesure de la susceptibilité magnétique

La mesure de la susceptibilité magnétique des échantillons de sol minéral a été réalisée à l'aide d'une sonde de susceptibilité magnétique MP1 de la compagnie d'instrumentation géophysique *GDD inc* de Québec.

L'unité de mesure de la susceptibilité magnétique mesurée par la sonde MP1 est exprimée en $10^{-3}$ SI. Pour améliorer la précision analytique, un zéro instrumental a été effectué entre chacune des analyses et 3 réplicas ont été mesurés pour chaque échantillon.

La susceptibilité magnétique des sols est un paramètre intéressant à mesurer pour la prospection gazière et pétrolière car les micro-fuites d'hydrocarbures et leurs dégradations microbiennes en sub-surface peuvent rendre le milieu réducteur ce qui favorise un changement de spéciation des oxydes et hydroxydes de fer. Une augmentation de la proportion de magnétite dans un halo d'altération ce traduit par une augmentation rapide de la susceptibilité magnétique du sol qui souvent peut aussi être détectée par un levé magnétometrique au sol.

La figure 19 montre l'étalement des valeurs de susceptibilité magnétique mesurées dans les échantillons de sol du projet Témiscouata. Ces valeurs varient de 0 à 2,5 * $10^{-3}$ SI.

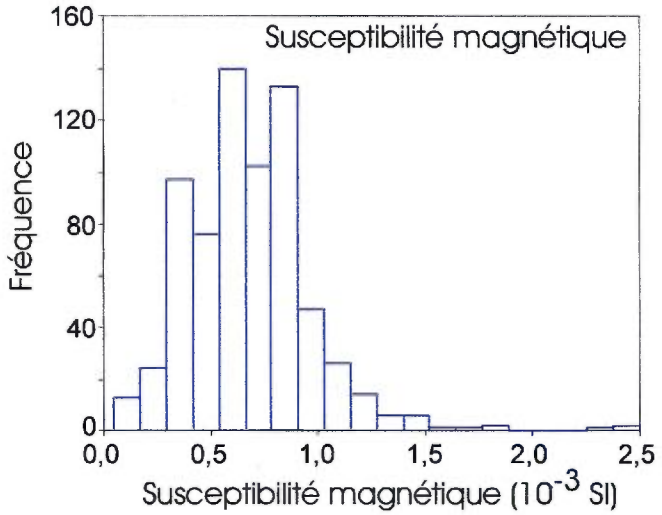



Figure 19. Distribution des valeurs susceptibilité magnétique des échantillons de sol du projet Témiscouata.

A l'exception d'une dizaine d'échantillons de sols forestiers, les valeurs de susceptibilité magnétique des sols agricoles et forestiers se superposent (Fig. 20). Ce paramètre semble moins affecté par les perturbations provoquées par l'exploitation des terres agricoles.

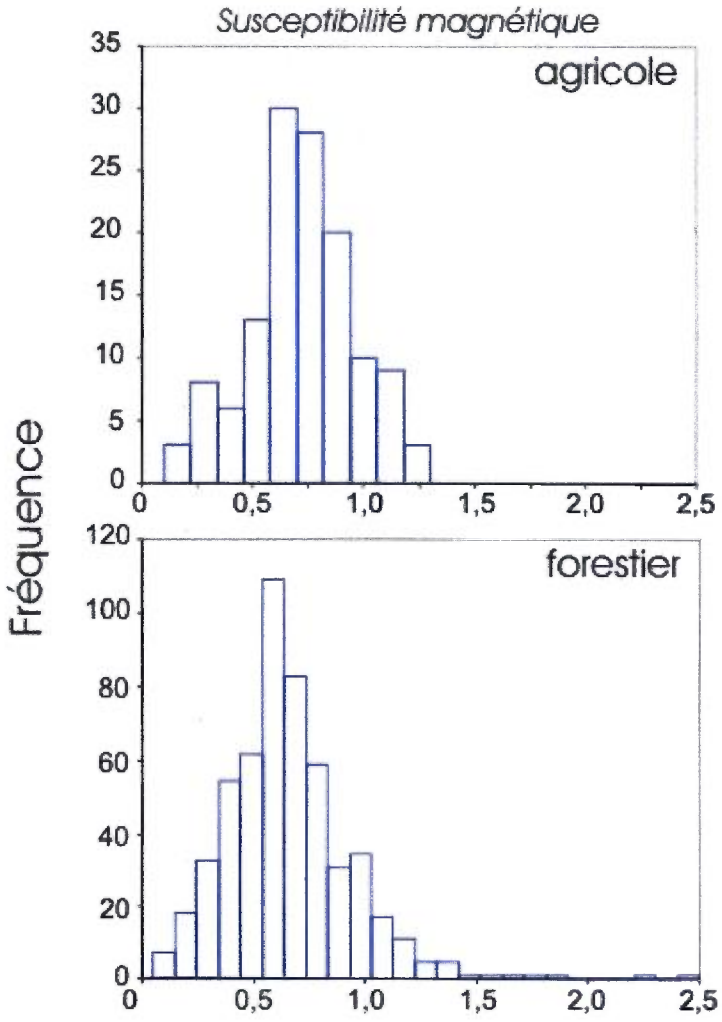



Figure 20. Comparaison des valeurs de susceptibilité magnétique ($10^{-3}$ SI) mesurées dans les sols agricoles et forestiers de la propriété Témiscouata.

## 4.2 GÉOCHIMIE DES HYDROCARBURES LIBRES DANS LA ZONE VADOSE DES SOLS

### 4.2.1 Principe de la méthode d'exploration retenue pour l'évaluation du potentiel en gaz naturel et pétrole de la propriété Témiscouata.

Quoique relativement peu utilisées dans l'Est du Canada, les méthodes de prospection géochimique des hydrocarbures (composantes du gaz naturel) dans les sols sont utilisées depuis les années 1920 aux États-Unis et ailleurs dans le monde. Les premiers levés étaient rudimentaires en raison des technologies analytiques disponibles à l'époque. Le développement de nouveaux détecteurs FID ultra-sensibles couplés à des chromatographes à gaz performant permet aujourd'hui de détecter la présence des hydrocarbures C1-C4 en concentrations de l'ordre du ppb.

La migration des hydrocarbures vers la sub-surface est un processus naturel communément observé dans les milieux terrestres et aquatiques. Les méthodes pédogéochimiques permettent d'identifier la présence d'hydrocarbures dans les sols, mais elles ne permettent cependant pas de prédire la profondeur ni le volume d'hydrocarbures contenus dans un réservoir (Saunders et al., 1999).

Plusieurs méthodes indirectes permettent de localiser des zones cryptiques de dégazage : méthode du Head Space Gas, méthode de l'extraction acide, méthode de la désorption thermique et l'analyse des gaz libres dans la zone vadose des sols (Schumacher, 2000; Monson et Shurr, 2003). Les trois premières méthodes permettent, à des degrés variables, d'extraire les hydrocarbures absorbés sur les particules de sols (ou sédiments). Dans un contexte de transport glaciaire d'intensité et de directions variables, l'interprétation des données peut être compliquée par la présence de particules dérivées de roches mères riches en matières organiques (charbons, shales bitumineux, etc..) de provenance distale. Dans ce cas, les teneurs en gaz désorbés ne refléteront pas l'importance des fuites d'hydrocarbures situées sous l'échantillon. Pour minimiser ce problème, il est préférable d'analyser la fraction gazeuse libre présente dans la zone vadose des sols (Tedesco, 1995). Cette dernière n'est pas influencée par la provenance des particules sédimentaires présentes dans les formations quaternaires. Toutefois, elle peut être influencée par des processus secondaires comme des variations de saturation en eau des sols. Dans ce projet, nous avons choisi l'analyse de la fraction gazeuse libre de la zone vadose des sols pour évaluer le potentiel en hydrocarbures des différents secteurs de la propriété Témiscouata.

Pour des raisons de coût et d'efficacité, les géochimistes utilisent généralement la chromatographie gazeuse couplée à un système de détection FID (détecteur à flamme) pour doser les différents types d'hydrocarbures (Tedesco, 1995). Dans le cas présent, la technique analytique permet d'obtenir des limites de détection de l'ordre de quelques dizaines de ppb pour le méthane ($C_1$), l'éthane ($C_2$), le propane ($C_3$) et le butane ($C_4$).

Dans ce projet, les échantillons de gaz ont été prélevés à l'aide d'une sonde en acier spécifiquement conçue pour l'échantillonnage des gaz dans les sols. La sonde est mise en place à environ 1m dans le sol à l'aide d'un percuteur à axe vertical fixé au sommet de la sonde. Compte tenu de l'abondance des blocs glaciaires dans les tills échantillonnés, plusieurs tentatives d'insertion de la sonde devaient être complétées afin d'atteindre la cible fixée à 1m de profondeur dans le sol. Lors des travaux de terrain, plusieurs sondes ont été détruites en raison de la dureté du terrain (abondance des blocs de roches). Ceci a provoqué des retards dans l'échantillonnage et un coût élevé pour le remplacement de l'équipement.

Suite a l'insertion de la sonde à la profondeur voulue, une seringue étanche pour les gaz a été insérée dans un septum hermétique situé dans la partie supérieure de la sonde. Un premier volume de gaz équivalent à celui de la tubulure interne de la sonde a été prélevé puis éliminé dans le but de purger la sonde de toutes traces d'échantillons antérieurs ou d'air atmosphérique accumulée pendant le transport de la sonde. Une fois cette étape complétée, l'opérateur prélève un second échantillon de 20cc et insère ce dernier dans une bouteille pour analyse en chromatographie gazeuse (Fig. 21). Ces bouteilles ont préalablement été conditionnées thermiquement (four à convection) pour éliminer toutes traces d'hydrocarbures. Par la suite, elles ont été encapsulées sous un vide puissant. Un septum d'un centimètre d'épaisseur assure l'étanchéité de la bouteille. Des essais en laboratoire ont montré que les bouteilles conservaient le vide prescrit pour une durée de plus de 8 mois ce qui est de beaucoup supérieur au cycle complet de préparation, d'échantillonnage et d'analyse des échantillons (moins de 1 mois).

Une fois l'injection de gaz complétée, les échantillons sont numérotés et maintenus au frais et à l'obscurité jusqu'à l'analyse finale.

Figure 21. Injection du gaz provenant de la zone vadose du sol. La bouteille utilisée est spécialement conçue pour le prélèvement et le stockage du gaz.

### 4.2.2 Utilisation des rapports de concentrations des hydrocarbures légers C1-C4.

L'utilisation de rapport de concentrations des hydrocarbures C1-C4 dans l'évaluation des données provenant de levés de gaz libres dans la zone vadose des sols permet de prédire le type d'hydrocarbure probablement présent dans des formations géologiques présentes sous la surface. En ce sens, ces rapports peuvent être utilisés pour déduire la présence d'huile, de condensats (*wet gas*) ou de gaz secs (*dry gas*).

Jones et Drozd (1983) ont compilés une large banque de données provenant de multiples levés pédogéochimiques réalisés au dessus de champs d'hydrocarbures variés allant de l'huile au gaz secs. Ces auteurs ont démontrés de forts contrastes dans les rapports de concentrations en hydrocarbures C1-C4 se traduisant par des rapports méthane/éthane, méthane/propane et méthane-butane variables en fonction du type de gisement d'hydrocarbures présents en profondeur (Fig. 22h).

La figure 22 montre le résultat des travaux de Jones et Drozd (1983) avec des exemples d'analyses de 3500 échantillons de gaz C1-C4 provenant de la littérature scientifique. Notez la différence dans les rapports C1/C2, C1/C3 et C1/C4 entre les domaines du pétrole, des condensats et du gaz sec.

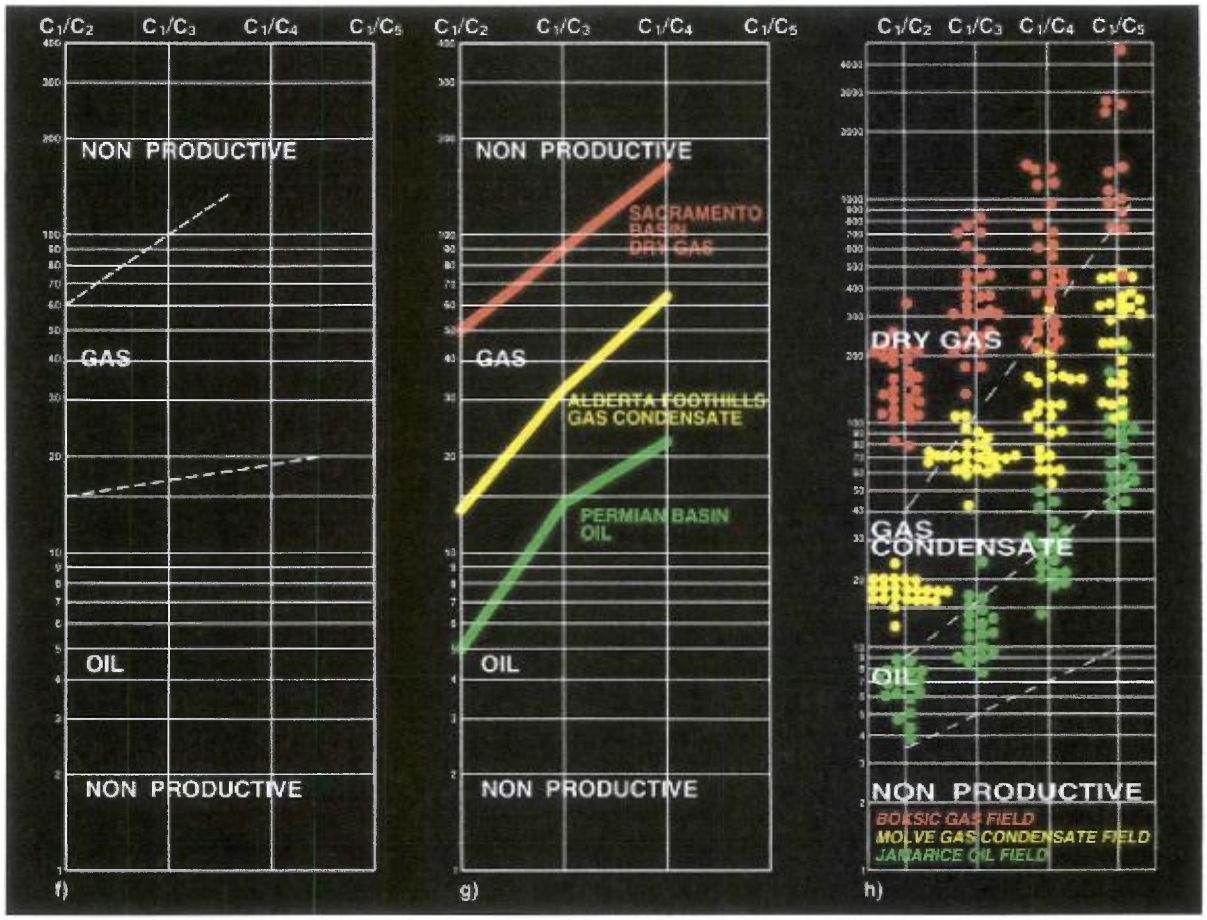



Figure 22. Illustration du principe de fractionnement des hydrocarbures C1-C4 en fonction de la nature des hydrocarbures présents en profondeur (modifié de Jones et Drozd, 1983). Les diagrammes au centre et à la droite de la figure montrent une compilation de données d'échantillons de gaz prélevés au dessus de gîtes d'huile, de condensats de gaz et de gaz sec.

## 4.3 FACTEURS INFLUENÇANTS LA CONCENTRATION DES GAZ DANS LE SOL

### 4.3.1 Perméabilité et humidité du sol

La perméabilité du sol est un des principaux paramètres contrôlant le mouvement des gaz dans un sol. Ce paramètre permet de mesurer l'efficacité qu'un liquide ou un gaz a pour se déplacer au travers des roches et des sols. La perméabilité est fonction de la granulométrie et de la proportion d'eau dans le sol. Les sols à granulométrie fine comme les sols argileux sont donc moins perméables. Lors qu'un sol contient beaucoup d'argiles granulométriques, le transport du gaz devient très limité. Ces sols sont de plus souvent saturés d'eau ce qui diminue la vitesse de diffusion des gaz dans la zone vadose du sol (zone non saturée en eau dans laquelle l'eau n'occupe pas complètement la porosité total).

L'échantillonnage des gaz contenus dans les sols est surtout applicable dans des conditions ou la zone vadose du sol est composée de sols relativement secs et de granulométrie moyenne à grossière. En général les tills, particulièrement abondants au Témiscouata, forment de bons substrats pour ce type d'échantillonnage. Les échantillons provenant de sites argileux et saturés en eau sont problématiques car la concentration mesurée en gaz sera faible même si le secteur est affecté par la présence de micro fuites d'hydrocarbures. Ceci explique pourquoi il est préférable d'échantillonner le sol (excavation) lors d'un levé de gaz en zone vadose car lors de l'interprétation, l'analyste pourra tenir compte des des propriétés des sols dans l'interprétation des résultats.

Même si le sol n'est pas saturé en eau, la présence d'une forte humidité peut diminuer l'efficacité du déplacement des hydrocarbures dans le sol. L'humidité influence la perméabilité en réduisant le volume des pores. Lorsque l'humidité du sol atteint 80-90% de l'état de saturation en eau, les méthodes d'échantillonnages des gaz dans la zone vadose ne sont plus effectives.

Dans le cas ou l'épaisseur de la zone vadose est trop fine, il y a de fortes chances que les hydrocarbures soient dilués par un mélange avec l'air atmosphérique. Ceci provoque une forte dilution des concentrations en hydrocarbures mesurées dans les sols. Dans le cas de

l'échantillonnage au Témiscouata, ce contexte a été rencontré en plusieurs endroits et le plus souvent au sommet de collines (ex. secteur de Packington).

Notez que la présence d'une fine couche imperméable en surface peut avoir l'effet contraire en concentrant localement les hydrocarbures. Ce cas est cependant rare dans un milieu naturel ou agricole, mais en milieu urbain, une couche de revêtement bitumineux ou une ancienne dalle de béton enfouis dans le sol peut concentrer les hydrocarbures. Notez également que la présence de glace tard à l'automne en sub-surface pourrait également modifier le régime de circulation des hydrocarbures en concentrant localement ces derniers.

### 4.3.2 Conditions météorologiques

En général les précipitions ont un effet de courte durée sur la concentration en gaz dans la zone vadose. Après une heure, les conditions redeviennent favorables à la circulation des hydrocarbures si le sol est relativement grossier et donc bien drainé. En présence d'un sol argileux ou silto-argileux, l'accumulation de fortes précipitations peut provoquer une saturation en eau du sol relativement longue. Ces sols ne devraient pas être échantillonnés après une forte pluie.

D'un autre coté, les fortes variations de pressions atmosphériques peuvent influencer les concentrations de gaz dans le sol en augmentant ou diminuant la vitesse de diffusion des gaz vers l'atmosphère. Dans un contexte de forte pression atmosphérique, la diffusion peut être ralentie tandis que sous de basse pression les hydrocarbures contenus dans la zone vadose peuvent plus facilement atteindre l'atmosphère.

Compte tenu de ces considérations techniques, nous avons installé une station météorologique autonome (avec panneaux solaires) sur le site de l'érablière de la famille Chouinard à St-Eusèbe (Fig. 13f). La station de modèle *Vantage Pro2 Plus* (*Davis ACR systems inc.*) possède une sonde de température, une sonde d'humidité relative de l'air, un pluviomètre, une sonde barométrique, une sonde de mesure d'ensoleillement et de rayonnement UV ainsi qu'un anémomètre permettant la mesure de l'orientation et de la vitesse du vent. Les données sont transférées vers une console par onde radio et archivées pour traitement ultérieur.

La figure 23 montre les conditions météorologiques moyennes journalières lors du levé pédogéochimique au Témiscouata. Lors de la période d'échantillonnage, la température maximale enregistrée a été de 28,7 °C la journée du 7 juillet 2008 et la température minimale de 1,3 °C a été enregistrée le 14 juin 2008 (Figure 23). Dans l'ensemble, la température moyenne quotidienne a varié de 12,8 à 21,9 °C. Durant cette période, la quantité de précipitation a été modérée quoique des précipitations aient été enregistrées 27 jours sur un total de 36 jours d'enregistrement de la station météorologique. Les précipitations ont été négligeables ou modérées pour les périodes du 12 au 15 juin, du 18 au 21 juin, du 24 au 25 juin, du 1 au 2 juillet, du 4 au 8 juillet et du 10 au 12 juillet. Elles ont été particulièrement abondantes pour les périodes du 26 au 30 juin, du 9 juillet et du 13 au 14 juillet.

Pendant la période d'acquisition des données météorologiques, les vents dominants étaient en moyenne de provenance du sud-sud-ouest à Ouest dans 60% du temps. Les vents soufflaient de l'est-sud-est ou du sud-sud-est dans seulement 12% du temps.

Les données journalières moyennées de la vitesse du vent montrent des valeurs s'échelonnant entre 2,3 et 8,9 km/h pour une vitesse moyenne durant la période de 5,3 km/hr. La vitesse maximale enregistrée à la station de St-Eusèbe a été de 53,1 km/h le 22 juin 2008.

***Provenance des vents à la station de St-Eusèbe (juin-juillet 2008)***

| | |
|---|---|
| N : | 0% |
| NNE : | 0% |
| NE : | 3% |
| ENE : | 0% |
| E : | 0% |
| ESE : | 6% |
| SE : | 0% |
| SSE : | 6% |
| S : | 0% |
| SSW : | 22% |
| SW: | 22% |
| WSW: | 8% |
| W: | 8% |
| WNW: | 14% |
| NW: | 0% |
| NNW: | 0% |

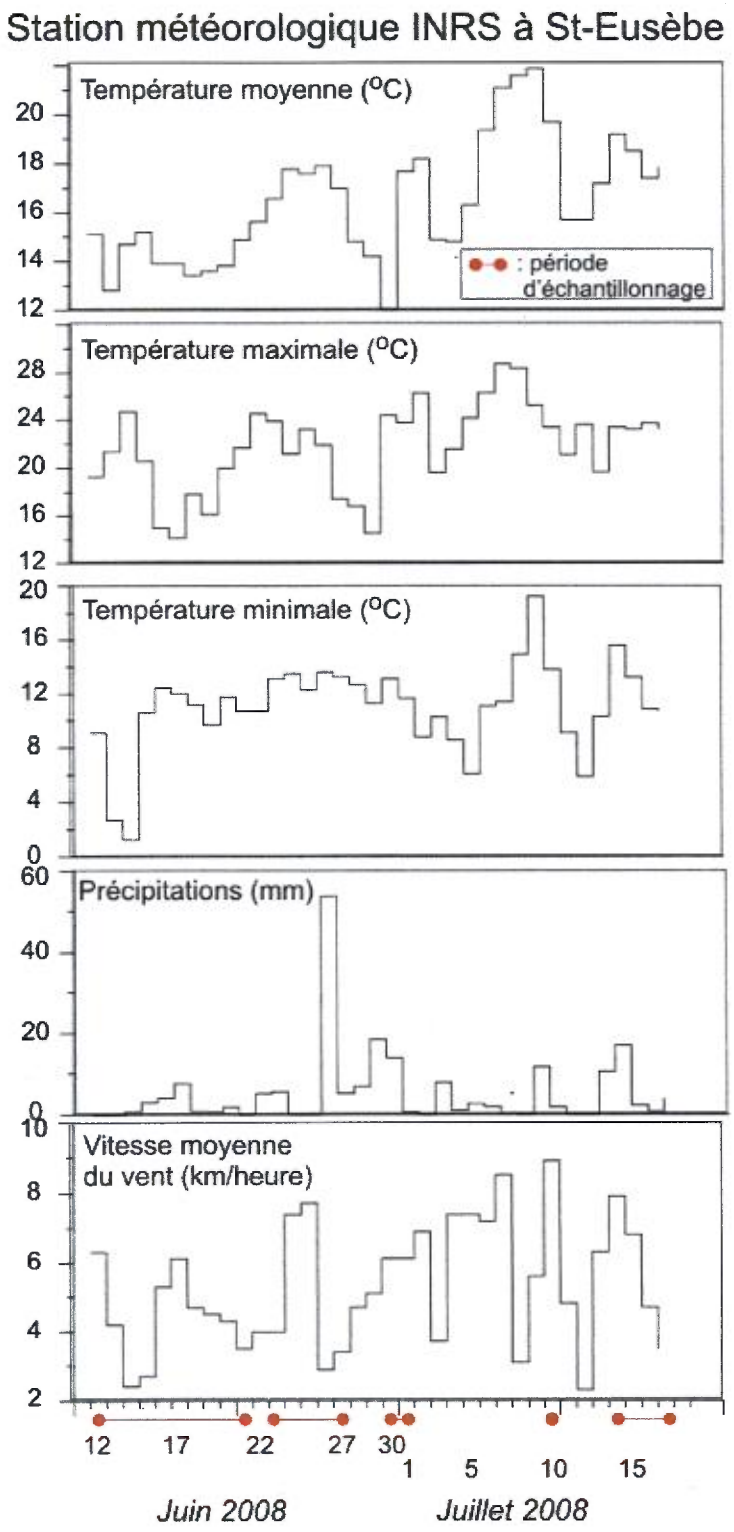



Figure 23. Synthèse de données météorologiques mesurées à la station météorologique de St-Eusèbe (*Érablière Chouinard*).

La figure 24 présente une compilation de la moyenne journalière des données de pression atmosphérique (en Bars) enregistrées à la station de St-Eusèbe. En général, les plus fortes précipitations sont normalement associées aux périodes de fortes chutes de pression atmosphérique. Les périodes d'échantillonnage sont indiquées en rouge sur cette figure et les journées de précipitation supérieures à 5 mm sont indiquées en bleu.

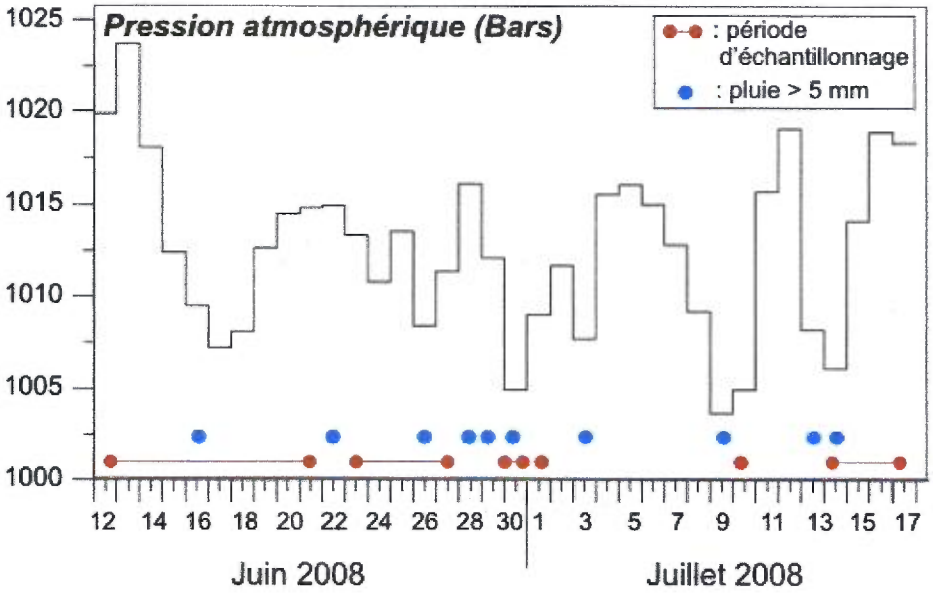



Figure 24. Synthèse des données barométriques mesurées à la station météorologique de St-Eusèbe (*Érablière Chouinard*). Les moyennes journalières de précipitations supérieures à 5 mm sont indiquées en bleu sur le diagramme.

Notez que pour la campagne d'échantillonnage, l'équipe de terrain n'a pas procédé à des travaux lors de précipitations abondantes. Les travaux d'échantillonnage étaient normalement arrêtés avant les précipitations plus abondantes enregistrées vers la fin d'après midi.

## 4.4 DÉTERMINATION RADIOMÉTRIQUE DES ÉLÉMENTS : U, TH, K

La dégradation microbienne des hydrocarbures présents dans les sols consomme de l'oxygène et rend le milieu réducteur, ce qui favorise la précipitation de l'uranium transporté par les eaux souterraines ($UO_2^{2+}$)[1]. L'uraninite ($UO_2$) ainsi précipitée s'accumule progressivement dans les sols et peut être détectée grâce à un spectromètre gamma portable à haute résolution. À l'inverse, le potassium (K) sera progressivement lessivé par les fluides réducteurs et acides dans la zone de dégazage. La superposition de zones lessivées en K et enrichies en U a été observée au-dessus ou à proximité de plusieurs réservoirs d'hydrocarbures.

### 4.4.1. Instrumentation utilisée pour les mesures radiométriques

Pour l'acquisition de données radiométriques, nous avons utilisé un spectromètre gamma portable. L'appareil utilisé est le système RS-230 de la compagnie *Radiation Solutions inc.* de Mississauga (Ontario).

### 4.4.2. Principes d'utilisation de la méthode radiométrique pour la détection de fuites d'hydrocarbures.

La croûte terrestre contient des radionucléides d'uranium, de thorium et de potassium distribués d'une façon hétérogène sur la Terre. Ces éléments émettent des rayons gammas à haute énergie lors de leurs décroissances radioactives.

L'uranium est le plus mobile des trois radionucléides énumérés ci-haut. En contexte oxydant, cet élément est mobile et soluble dans l'eau et peut être déplacé latéralement par le mouvement des eaux souterraines. Dans un contexte réducteur, comme celui normalement associé aux micro-fuites d'hydrocarbures, le milieu devient rapidement réducteur et l'uranium peut devenir insoluble et précipiter. Un cas fréquent est la rencontre d'eaux souterraines oxydantes et de matériaux riches en matières organiques (ex. tourbière) qui peut favoriser une accumulation d'uranium.

Pour l'exploration gazière ou pétrolière, la distribution des radionucléides comme l'uranium et le potassium devient perturbée au voisinage de fuites d'hydrocarbures ce qui permet la détection de secteurs anomaliques potentiellement associés à la présence d'hydrocarbures en profondeur. Un enrichissement apical en uranium peut être associé à une zone de micro-fuites d'hydrocarbures suite à la réduction de l'uranium et à sa précipitation. La décomposition des hydrocarbures en sub-surface produit beaucoup de $CO_2$ qui par réaction avec l'eau forme de l'acide carbonique capable de solubiliser le potassium des sols (et autres substrats) en produisant des anomalies caractérisées par une forte diminution de concentrations en potassium.

### 4.4.3 Principes physiques

Les rayons gammas sont les radiations les plus pénétratives en provenance de sources naturelles ou artificielles. Les rayons gammas sont naturellement atténués par l'interaction avec la matière. En fonction de la gamme d'énergie impliquée pour le K, l'U et le Th (de 0,5 à 3 MeV), l'énergie du rayonnement gamma est atténuée par le principe d'interaction Compton qui implique une collision de photons avec des électrons. Ce transfert d'énergie vers les électrons se traduit par une chute d'intensité de l'énergie des photons qui seront déviés de leurs trajectoires initiales.

La densité atomique des matériaux est un facteur important pour l'atténuation du rayonnement. En général, les rayons gammas peuvent se déplacer de 700 mètres dans l'air, de 50cm dans les roches et de quelques centimètres dans une plaque de plomb.

Une forte saturation en eau du sol ou la présence d'une importante couverture de neige peut ainsi invalider les résultats d'un levé radiométrique. Par exemple, une épaisseur de neige de 10cm équivaut à l'atténuation observée pour une couche d'air de 10m ce qui réduit le signal enregistré par le détecteur d'environ 7%. La présence d'une couche de matière organique pauvre en radionucléides de 2 cm d'épaisseur peut réduite de 35% le signal enregistré par le détecteur gamma.

### 4.4.4 Mesure ou estimation des concentrations en K, U et Th

Les concentrations typiques de la croûte terrestre en K, U et Th sont respectivement de 2 à 2,5% pour le potassium, de 2 à 3 ppm pour l'uranium et de 8 à 12 ppm pour le thorium. Le $^{40}K$ est l'isotope radioactif du potassium et sa proportion de 0,012% du potassium total est constant dans la nature. Ceci permet une détermination directe des concentrations en K connaissant l'activité du $^{40}K$. A l'opposé les deux isotopes de l'uranium $^{238}U$ et $^{235}U$ ne produisent pas directement de rayonnements gammas ce qui nécessite une estimation de concentration basée sur l'activité d'isotopes fils émetteurs de rayonnement gamma. Pour l'uranium, le $^{214}Bi$ et le $^{214}Pb$ sont utilisés pour estimer une concentration équivalente en uranium (eU). Cette concentration équivalente suppose par apriori une désintégration à l'équilibre de l'uranium. Sachant que l'uranium se déstabilise en radionucléides secondaires comme le radon (gazeux), cet apriori est parfois faux ce qui peut fausser les résultats de données radiométriques. Tout comme l'uranium, l'estimation des concentrations en $^{232}Th$ (et en Th) sont mesurées indirectement en mesurant l'activité du $^{208}Tl$ qui est un émetteur de rayonnement gamma. Toutefois, dans la nature, la chaine de décroissance d thorium est presque tout le temps à l'équilibre ce qui se traduit par des estimations de valeurs de *e*Th plus robustes.

Les spectromètres enregistrent le rayonnement gamma dans un domaine spectral compris entre 0 et 3 MeV. Le K est normalement mesuré dans une fenêtre de 1,37 à 1,57 MeV, l'uranium entre 1,66 et 1,86 MeV et le thorium entre 2,41 et 2,81 MeV.

**Radionucléide et intervalle d'acquisition du spectre gamma utilisés pour l'estimation des concentrations en K, U et Th.**

| Élément | Radionucléide | Intervalle |
|---|---|---|
| **K -->** | **$^{40}K$ (1,46 Mev)** | **1,37 à 1,57 MeV** |
| **U -->** | **$^{214}Bi$ (1,765 MeV)** | **1,66 à 1,86 MeV** |
| **Th -->** | **$^{208}Tl$ (2,614 MeV)** | **2,41 à 2,81 MeV** |

# 5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

## 5.1 SECTION DU RANG 3 DU LAC LONG (FIG. 25)

**Altitude** : Le long de la section du rang 3 du Lac Long, l'altitude varie de 215 à 409m et la moyenne altimétrique pour cette section est de 337 mètres. Dans l'ensemble, les variations topographiques sont relativement modérées dans la partie sud mais beaucoup plus accidentées dans la partie nord de la section. Certaines cassures topographiques pourraient être associées à de failles ou à des contrastes lithologiques.

**Milieu** : En général cette section est dominée par un milieu forestier ayant été variablement affecté par la coupe de bois. 20% de la section est constitué d'une forêt de conifères tandis que les feuillus occupent 80%. La proportion agricole n'est que de 10% mais devait être beaucoup plus importante il y une cinquantaine d'années. 13% de la section est occupée par des plantations d'épinette. Dans ce secteur, l'on note également la présence d'une érablière ainsi que quelques habitations.

**Pente** : La pente du terrain peut être considérée comme faible a négligeable sur 52% et moyenne sur 47% de la section.

**Type de sol** : Un peu plus de 50% des sols semblent avoir été perturbés par l'activité forestière et agricole. Ailleurs, les podzols sont le type de sol le plus fréquent. Une surface géographiquement retreinte contient des sols organiques riches en humus.

**Épaisseur de sol** : L'épaisseur de dépôts quaternaires et de sol est généralement faible dans cette région. Suite au déluge de l'été 2008, une proportion importante du chemin de terre a été érodée et les affleurements rocheux étaient visibles sur des centaines de mètres.

**pH** : Le pH est généralement plus acide dans la partie nord de la section. Dans l'ensemble, ce paramètre montre une certaine hétérogénéité à courte fréquence reflétant la présence de sols variablement perturbés par l'activité agricole ou forestière. En général, les secteurs à plus hautes activités en hydrocarbures C1-C4 semblent correspondre à des zones de diminution de pH.

**Conductivité électrique** : La conductivité électrique varie d'une façon remarquable dans cette section. La partie Nord (25 premières stations) est systématiquement plus conductrice avec une valeur moyenne de 75 *u*s/cm par rapport à la partie Sud qui montre une valeur moyenne de l'ordre de 10 *u*S/cm. Ces grandes variations de conductivité électrique suggèrent la présence d'unités géologiquement et pédologiquement distinctes dans les parties Nord et Sud ou l'impact d'un processus secondaire impactant la chimie des sols dans la partie Nord. L'augmentation de la conductivité électrique pourrait être reliée à la présence d'un halos d'altération relié à la présence d'hydrocarbures en sub-surface tel que suggéré par un nombre él4evé d'anomalies en n-paraffine C2-C4 dans ce secteur.

**Susceptibilité magnétique :** La susceptibilité magnétique mesurée sur les échantillons de sol varie légèrement dans les parties nord et centre de la section mais la fin de la section vers le sud montre une chute importante des valeurs mesurées. Dans ce secteur, les valeurs sont inférieures à 0,5 * $10^{-3}$ SI. Les valeurs anomaliques les plus fortes sont observées dans la

partie nord de la section. La présence d'hydrocarbures dans ces sols pourraient en partie expliquer ces dernières.

La section du rang 3 du lac Long est marquée par un fort enrichissement de la conductivité électrique auquel est associée une chute relative des valeurs de pH. Ces perturbations sont surtout présentes dans le premier 4000m de la section (zone nord). Ces variations locales des propriétés physico-chimiques des sols pourraient marquées la présence d'un halo d'altération associé à des fuites d'hydrocarbures en sub-surface (Fig. 25).

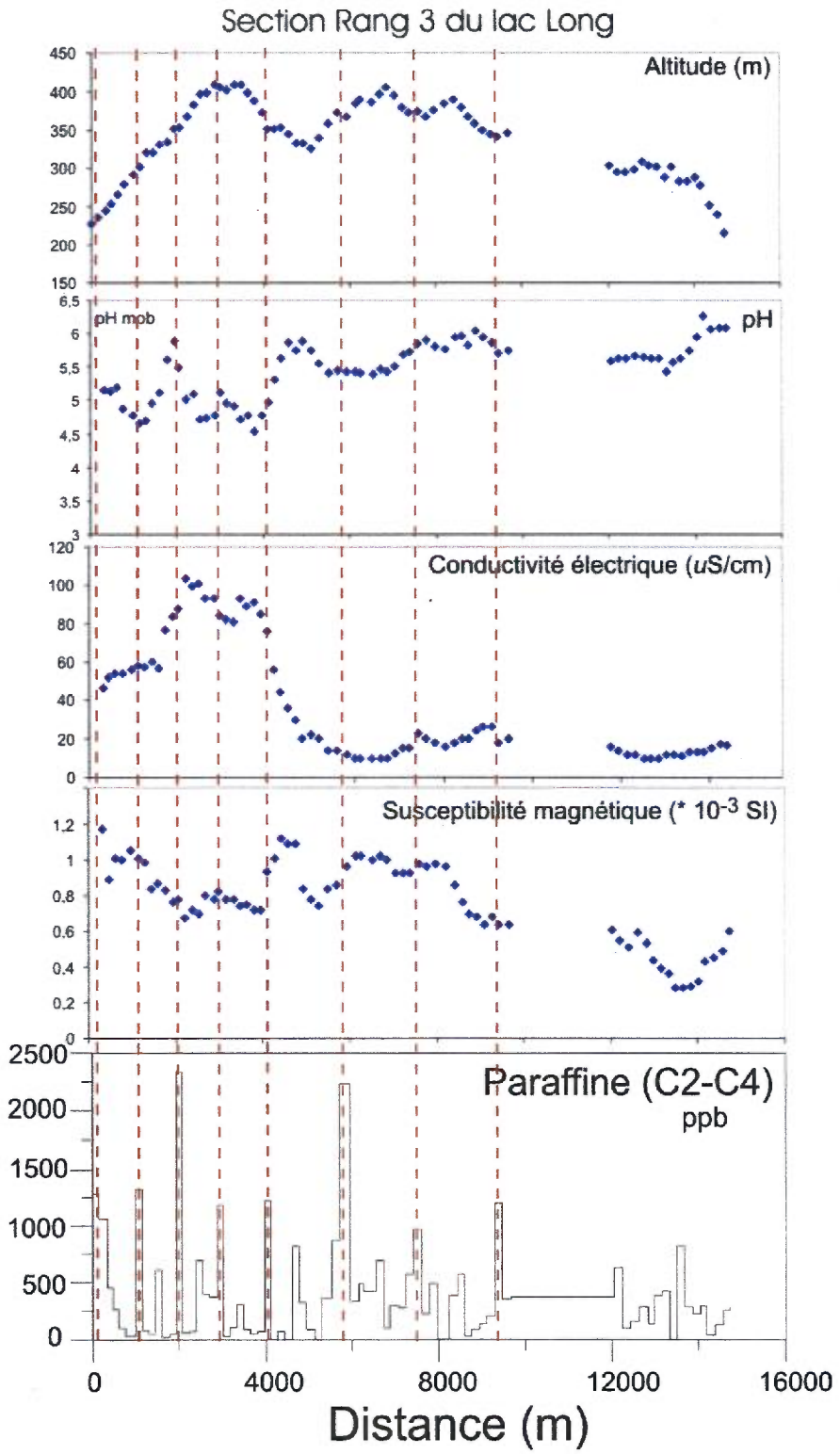



Figure 25. Variations de l'altitude, du pH, de la conductivité électrique et de la susceptibilité magnétique en fonction de la distance cumulée le long de la section du rang 3 du lac Long (Témiscouata).

## 5.2 Section du rang de la Seigneurie (St-Eusèbe) (Fig. 26)

**Altitude** : Le long de la section du rang de la Seigneurie, l'altitude varie de 282 à 349 m et la moyenne altimétrique pour cette section est de 337 mètres. Dans l'ensemble, les variations topographiques sont relativement modérées dans la partie centrale mais plus accidentées dans les parties Nord et Sud de la section. Certaines cassures topographiques pourraient être associées à la présence de failles ou à des contrastes lithologiques.

**Milieu** : En général cette section est dominée par un milieu forestier ayant été variablement affecté par la coupe de bois et la repousse forestière. Les plantations d'épinettes constituent un pourcentage important du milieu forestier de la section (environ 35%). La proportion de terres agricoles esttoutefois importante et se situe à environ 35 %. Ces terres devaient occuper une plus grande superficie avant l'aménagement des plantations de conifères dans ce secteur. Dans cette section, l'on note également la présence d'érablières ainsi que plusieurs habitations et fermes.

**Pente** : La pente du terrain peut être considérée comme faible a intermédiaire le long de la section. De bons dénivelés topographiques sont observés dans la partie nord de la section.

**Type de sol** : Un peu plus de 50% des sols semblent avoir été perturbés par l'activité forestière et agricole. Toutefois, les podzols sont abondants car observés dans 40% des stations d'échantillonnage. 5% des stations échantillonnées montent la présence de sols riches en matières organiques.

**Épaisseur de sol** : L'épaisseur de dépôts quaternaires et de sol est variable dans cette région.

**pH** : Les données de pH varient de 4,4 à 6,59 pour une moyenne de 5,41. Les valeurs les plus élevées sont observées aux plus basses altitudes le long de la section. La figure 26 montre une augmentation du pH qui correspond au pic de la n-paraffine C2-C4 laissant supposer un lien de cause à effet avec la forte activité en hydrocarbures et le pH du sol

**Conductivité électrique** : Les données de conductivité électrique varient de 20 à 90 pour une moyenne de 43 $u$S/cm. Les valeurs de conductivité électrique tendent à être plus élevées dans les parties basses de la section. Les valeurs les plus élevées de conductivité électrique correspondent au pic d'intensité maximal associé aux hydrocarbures C2-C4 (n-paraffine C2-C4).

**Susceptibilité magnétique :** Les données de susceptibilité magnétique varient de 0,20 à 0,70 $*10^{-3}$ SI pour une moyenne de 0,48 $*10^{-3}$ SI. Dans cette section, les valeurs les plus faibles de susceptibilité magnétique correspondent aux valeurs les plus élevées en n-paraffine C2-C4.

La zone située entre 2000 et 2600m est particulière car elle montre une chute de la susceptibilité magnétique qui corrèle avec une hausse de la conductivité électrique et du pH des sols (Fig. 26). Cette zone correspond à une zone enrichie en hydrocarbures représentée par la n-paraffine C2-C4. Ces observations suggèrent qu'une partie significative des propriétés physico-chimiques des sols de ce secteur soit contrôlée par la présence d'halos d'altération associés à la circulation d'hydrocarbures.

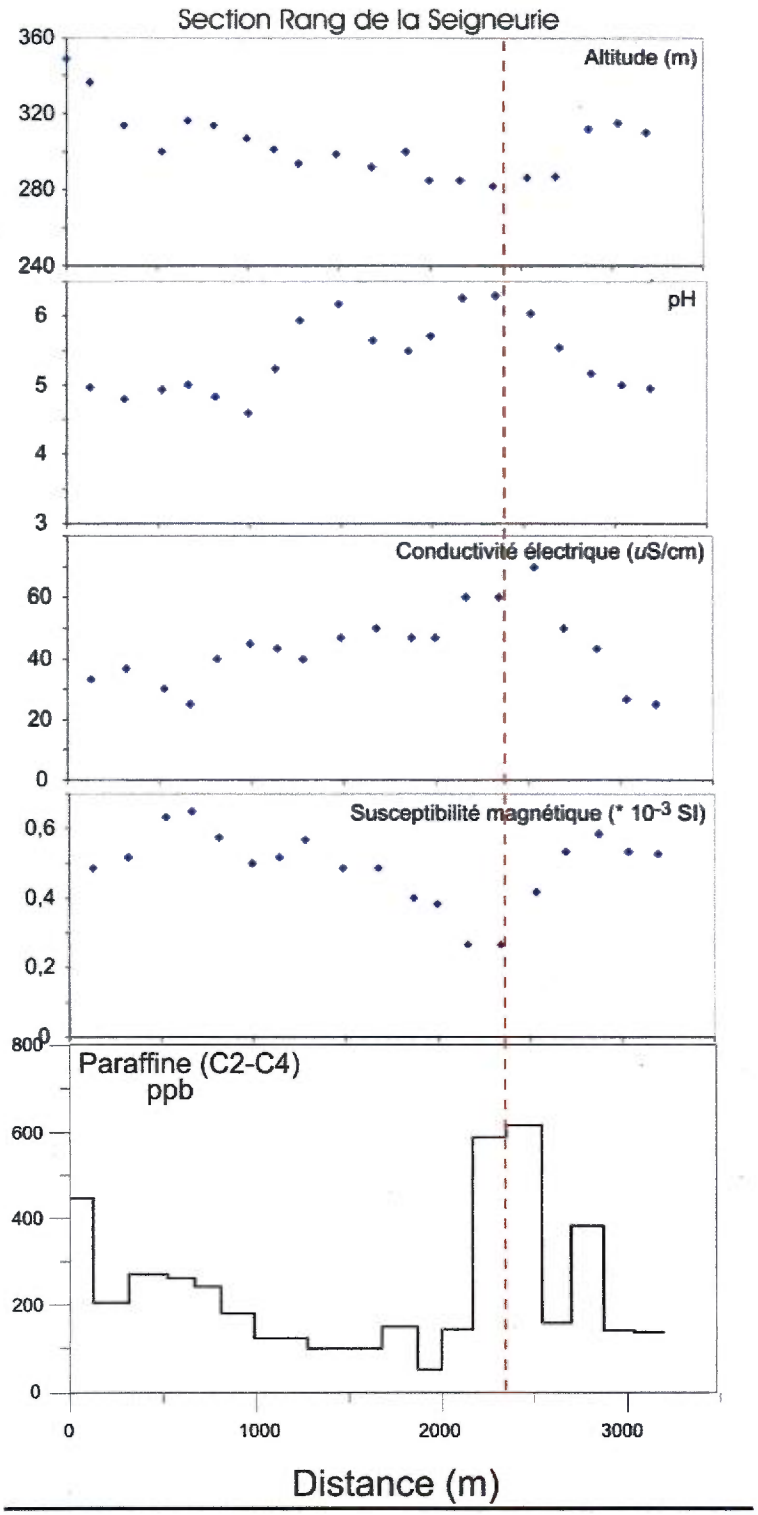



Figure 26. Variations de l'altitude, du pH, de la conductivité électrique et de la susceptibilité magnétique en fonction de la distance cumulée le long de la section du rang de la Seigneurie (St-Eusèbe, Témiscouata).

## 5.3 Section du Vieux Rang (Notre-Dame-du-Lac) (Fig. 27)

**Altitude** : Le long de la section du vieux rang de Notre-Dame-du-Lac, l'altitude varie de 232 à 355 m et la moyenne altimétrique pour cette section est de 306 mètres. Dans l'ensemble, les variations topographiques sont importantes dans la partie nord de la section.

**Milieu** : En général cette section est dominée par un milieu forestier ayant été variablement affecté par la coupe de bois et la repousse forestière. 28% des stations échantillonnées étaient sur des plantations d'épinettes. Les terres agricoles constituent environ 34% de la section et ce pourcentage devait être le double avant l'aménagement des plantations de conifères. Ces zones agricoles sont surtout concentrées au début (nord) et à la fin de la section (sud).

**Pente** : La pente du terrain peut être considérée comme faible à négligeable pour 92% des stations et intermédiaire dans le reste de la section. Un bon dénivelé topographique est observé dans la partie nord de la section.

**Type de sol** : Un peu plus de 58% des sols (36% agricole et 22% perturbés) semblent avoir été affectés par l'activité agricole ou forestière. Les podzols ne sont observés que dans 18% des stations d'échantillonnage. 6% des stations échantillonnées montent la présence de sols riches en matières organiques.

**Épaisseur de sol** : L'épaisseur de dépôts quaternaires et de sol est variable dans cette région.

**pH** : Les données de pH varient de 4,91 à 7,02 pour une moyenne de 5,90. Les valeurs de pH varient d'une façon monotone et peu structurée dans l'espace. Toutefois, en fin de section vers le sud, les plus hautes valeurs de pH sont associées aux plus fortes valeurs en n-paraffine C2-C4.

**Conductivité électrique** : Les données de conductivité électrique varient de 10 à 90 pour une moyenne de 32 $u$S/cm. Les valeurs de conductivité électrique varient fortement le long de la section. Les valeurs de conductivité électrique sont systématiquement plus élevées dans les 15 dernières stations de la section (partie sud). Dans ce secteur, les plus hautes concentrations en hydrocarbures (soulignées par la concentration en n-paraffine C2-C4) sont observées.

**Susceptibilité magnétique :** Les données de susceptibilité magnétique varient de 0,3 à 1,3 $*10^{-3}$ SI pour une moyenne de 0,67 $*10^{-3}$ SI. Les valeurs de susceptibilité magnétique sont plus élevées dans la partie sud. Il est important de souligner qu'une forte chute de la susceptibilité magnétique est associée aux fortes concentrations en hydrocarbures observées à la fin de la section.

La section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac montre une forte augmentation de la conductivité électrique et du pH des sols dans le secteur compris entre 6000 et 9000 mètres (secteur Sud). Ces variations des propriétés physico-chimiques pourraient s'expliquer par la présence d'un halos d'altération ou d'une unité quaternaire et ou pédologique distincte (Fig. 27).

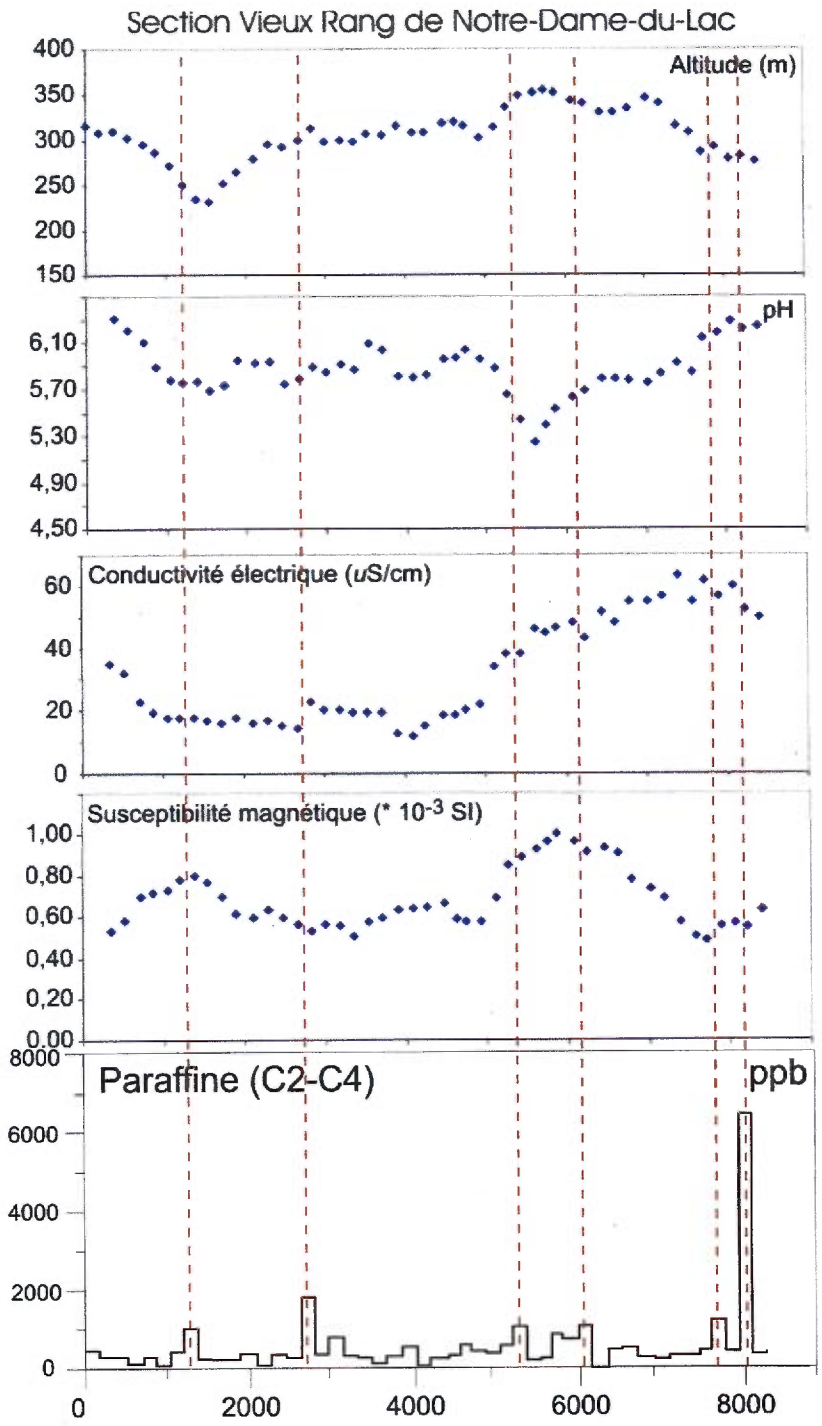



Figure 27. Variations de l'altitude, du pH, de la conductivité électrique et de la susceptibilité magnétique en fonction de la distance cumulée le long de la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac-Long (Témiscouata).

## 5.4 Section de St-Louis-du-Ha-Ha-St-Jean-de-la-Lande (Fig. 28)

**Altitude** : Le long de la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande, l'altitude varie de 190 à 394m et la moyenne altimétrique pour cette section est de 299 mètres. Dans la première partie de la section s'échelonnant du lac Sload au village de St-Louis du Ha Ha l'altitude augmente d'une façon régulière. En se dirigeant vers le sud, l'on observe une forte chute altimétrique qui débute après le village de St-Louis. Ce dénivelé semble associé à une faille régionale et au passage à des roches sédimentaires plus jeunes vers le sud. Le secteur compris entre 27000 et 35000 m correspond au secteur de la rivière Cabano qui constitue une dépression topographique dans la région (Fig. 3). Cette dépression est associée à une zone de faille importante qui marque le contact entre des roches ordoviciennes à siluriennes et des roches dévoniennes situées au sud de la dépression (Fig. 28).

**Milieu** : En général cette section est dominée par un milieu forestier (à 75% de la section) ayant été variablement affecté par la coupe de bois, la repousse forestière et par l'aménagement de plantations d'arbres. Les terres agricoles constituent environ 22% de la section et la zone occupée par des maisons d'environ 3%. Les zones agricoles sont surtout concentrées au sud du village de St-Louis-du-Ha-Ha (rang Beauséjour), dans le secteur de St-Eusèbe et dans le secteur de Packington et St-Jean-de-la-Lande.

**Pente** : La pente du terrain peut être considérée comme faible à négligeable pour 58% des stations, intermédiaire pour 23% et forte pour 19% de la section. Un bon dénivelé topographique est observé dans les parties nord, centre et sud de la section.

**Type de sol** : La majorité des sols sont de type forestier. Ces derniers sont des podzols relativement bien structurés. Localement, des sols organiques se sont formés au dessus de sols argileux relativement mal drainés. Ces derniers sont surtout présents dans la partie nord entre le nillage de St-Louis-du-Ha-Ha et le lac Sload. En de très nombreux endroits, la structure du sol forestier est mal définie (voir perturbé). Ces sols correspondent à des secteurs ayant fait l'objet de nombreuses récoltes forestières dans le passé.

**Épaisseur de sol** : L'épaisseur de dépôts quaternaires et de sol est variable dans cette région. Par endroit l'on note a peine 30 cm de sol et dans le secteur de la rivière Cabano (côté sud) les dépôts quaternaires peuvent atteindre plus de 40m d'épaisseur.

**pH** : Les données de pH varient de 3,23 à 7,27 pour une moyenne de 5,80. Les valeurs de pH varient d'une façon complexe avec des domaines de hautes valeurs relativement larges et des zones de transition relativement abruptes. Lorsque comparées aux données d'hydrocarbures n-paraffine C2-C4 il semble y avoir une corrélation entre la présence de petites augmentations des valeurs de pH et la présence d'hydrocarbures en concentrations anomaliques.

**Conductivité électrique** : Les données de conductivité électrique varient énormément le long de cette section (de 5 à 1310 *u*S/cm). La moyenne est de 37 *u*S/cm ce qui démontre que les valeurs élevées sont peu fréquentes. Les valeurs de conductivité électrique sont très élevées vers 5000m et plus spécifiquement dans la section forestière comprise entre le lac Sload et le village de St-Louis. Cette zone anomalique est marquée aussi par un très faible pH. Dans ce secteur, l'on observe des cédrières reposant sur des sols organiques (humus) épais situés au dessus d'horizons argileux relativement imperméables (faible drainage).

**Susceptibilité magnétique :** Les données de susceptibilité magnétique varient de 0,1 à 2,5 $*10^{-3}$ SI pour une moyenne de 0,72 $*10^{-3}$ SI. La section montre une multitude d'anomalies qui semblent organisées dans l'espace. Il est probable que, localement, le mécanisme responsable de l'augmentation de la susceptibilité magnétique soit relié à la formation d'halos d'altération reliés à la circulation d'hydrocarbures vers la surface. Plus spécifiquement, l'on note une chute significative de la susceptibilité magnétique au voisinage de zones à fortes concentrations en hydrocarbures.

La section de St-Louis-du-Ha-Ha-St-Jean-de-la-Lande montre de nombreuses anomalies dans la distribution spatiale des propriétés physico-chimiques des sols. La fréquence et le mode soudain d'apparition de ces anomalies ne suggèrent pas un contrôle lithologique ou pédogénique particulier. Une partie de ces anomalies pourrait s'expliquer par la formation d'halos d'altération reliés à la circulation d'hydrocarbures telle que suggéré par la distribution spatiale de la n-paraffine C2-C4.

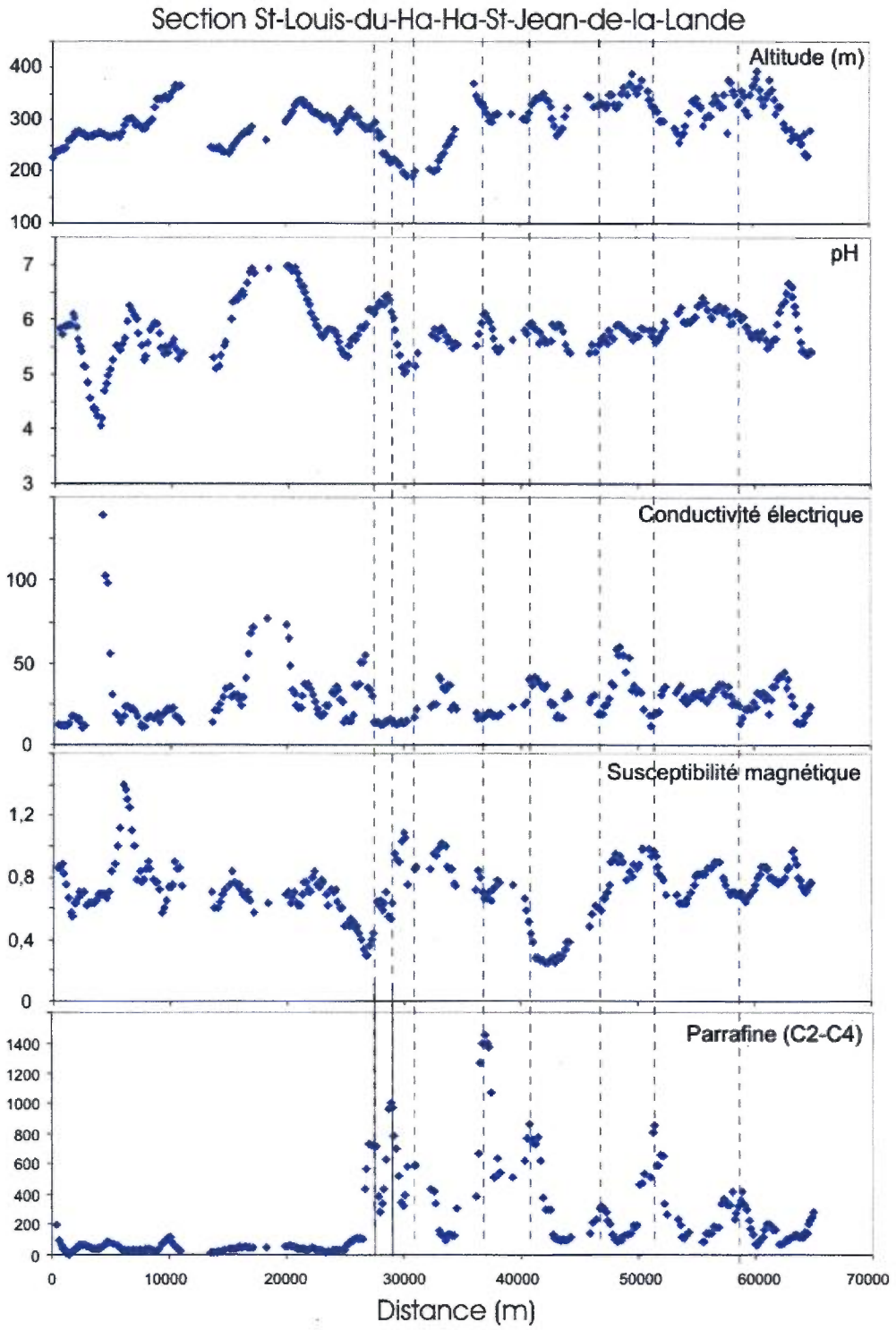



Figure 28. Variations de l'altitude, du pH, de la conductivité électrique, de la susceptibilité magnétique et de la concentration en composé du groupe de la paraffine (C2-C4) en fonction de la distance cumulée le long de la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande (Témiscouata).

## 5.5 SECTION DE LA ZEC OWEN (FIG. 29)

**Altitude** : Le long de la section de la Zec Owen, l'altitude varie de 186 à 393 m et la moyenne altimétrique pour cette section est de 300 mètres. En général, l'altitude diminue progressivement du nord vers le sud de la section. Le secteur du Pain de Sucre est à environ 350m et le secteur du Baseley à environ 250m. Contrairement aux sections situées à l'ouest du lac Témiscouata, les sections de la Zec Owen et de la Réserve de Rimouski ne montrent pas de dénivelés topographiques abruptes.

**Milieu** : Cette section est essentiellement forestière (à plus de 99% de la section). Certains secteurs ont fait l'objet de coupes forestières dans le passé mais en général la forêt y est relativement mature.

**Pente** : La pente du terrain peut être considérée comme faible à négligeable pour 57% des stations, intermédiaire pour 34% et forte pour seulement 10% de la section.

**Type de sol** : La majorité des sols forestiers sont de type podzolique (52%). Environ 21% des sols semblent perturbés. Cette perturbation résulte de la coupe de bois et probablement de l'aménagement du chemin traversant la Zec. Sept pourcent des sols sont de type organique. Ces derniers reposent fréquemment sur un substrat argileux mal drainé (dépôts glaciolacustres).

**Épaisseur de sol** : L'épaisseur de dépôts quaternaires et de sol est très variable dans cette région. Par endroit l'on note à peine 20 cm de sol et dans d'autres secteurs, les dépôts quaternaires peuvent atteindre plus de 20m d'épaisseur. En plusieurs endroits, le chemin de terre passe sur des affleurements rocheux ce qui témoigne de la faible épaisseur de dépôts glaciaires dans le secteur.

**pH** : Les données de pH varient de 3,28 à 6,69 pour une moyenne de 4,99. Les valeurs de pH varient d'une façon complexe avec des domaines de hautes valeurs relativement larges et des zones de transition relativement abruptes. La partie centrale de la section montre des valeurs de pH généralement plus élevées que les extrémités nord et sud. L'absence d'activité agricole et l'abondance des sols podzoliques expliquent en partie la présence de sols plus acides (sols primaires). L'examen attentif de la figure 29 montre qu'au voisinage immédiat des zones à hautes concentrations en hydrocarbures (n-paraffine $C_2$-$C_4$.), le pH augmente par rapport aux valeurs régionales.

**Conductivité électrique** : Les données de conductivité électrique varient énormément le long de cette section (de 0 à 530). La moyenne est de 59 *u*S/cm ce qui montre que les valeurs élevées sont peu fréquentes. Notez que le secteur nord de la Zec Owen, qui contient les plus fortes concentrations en méthane dans les sols, correspond à un domaine à forte conductivité électrique.

**Susceptibilité magnétique :** Les données de susceptibilité magnétique varient de 0,05 à 1,4 $*10^{-3}$ SI pour une moyenne de 0,61 $*10^{-3}$ SI. La section montre une multitude d'anomalies de haute fréquence qui semblent organisées dans l'espace. Il est probable que, localement, le mécanisme responsable de la diminution de la susceptibilité magnétique soit relié à la formation d'halos d'altération reliés à la circulation d'hydrocarbures vers la surface. La superposition des pics positifs de n-paraffine $C_2$-$C_4$ et des anomalies négatives de susceptibilité magnétique tend à appuyer cette hypothèse.

La section de la Zec Owen montre de nombreuses anomalies dans la distribution spatiale des propriétés physico-chimiques des sols. La fréquence et le mode soudain d'apparition de ces anomalies ne suggèrent pas un contrôle lithologique ou pédogénique particulier. Une partie significative de ces anomalies pourrait s'expliquer par la formation d'halos d'altération reliés à la circulation d'hydrocarbures.

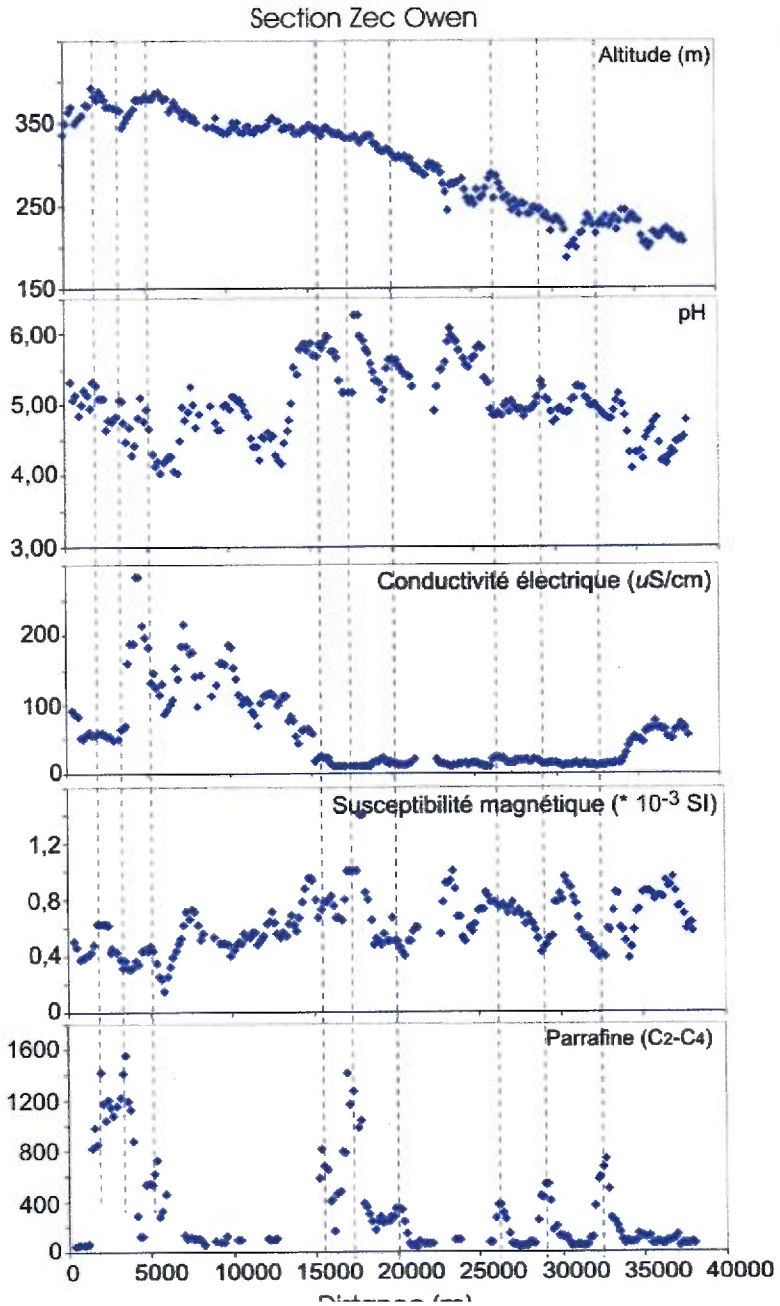



Figure 29. Variations de l'altitude, du pH, de la conductivité électrique, de la susceptibilité magnétique et de la concentration en composé du groupe de la paraffine ($C_2$-$C_4$) en fonction de la distance cumulée le long de la section de la Zec Owen (Témiscouata).

## 5.6 SECTION DE LA RÉSERVE DE RIMOUSKI (FIG. 30)

**Altitude** : Le long de la section de la Réserve de Rimouski, l'altitude varie de 325 à 396 m et la moyenne altimétrique pour cette section est de 362 mètres. L'altitude augmente progressivement du nord vers le sud (Fig. 30).

**Milieu** : Cette section est essentiellement forestière (à plus de 99% de la section). La forêt primaire de conifère occupe environ 37% de la section. 43% de la section est occupé par de la forêt mixte (repousse forestière). 16 % de la section contient des plantations d'épinette (aménagement forestier).

**Pente** : La pente du terrain peut être considérée comme faible à négligeable pour 55% des stations, intermédiaire pour 21% et forte pour seulement 22% de la section.

**Type de sol** : La majorité des sols forestiers sont de type podzolique (42 %). Environ 48 % des sols semblent perturbés ou mal stratifiés. Cette perturbation résulte en partie de la récolte forestière et de l'aménagement du chemin de terre traversant la Réserve. Trois pourcent des sols sont de type organique et cinq pourcent des sols sont de type argileux.

**Épaisseur de sol** : L'épaisseur de dépôts quaternaires et de sol est très variable dans cette région.

**pH** : Les données de pH varient de 3,60 à 5,93 pour une moyenne de 4,64. La distribution des valeurs de pH montrent une certaine cyclicité particulièrement évidente dans la partie nord de la section. L'absence d'activité agricole et l'abondance des sols podzoliques expliquent en partie la présence de sols plus acides (sols primaires) (Fig. 30).

**Conductivité électrique** : Les données de conductivité électrique varient énormément le long de cette section (de 10 à 420 *u*S/cm). La moyenne est de 47,6 *u*S/cm ce qui montre que les valeurs élevées sont peu fréquentes. Les données de conductivité électrique montrent un enrichissement important dans la partie nord de la section (entre 0 et 3000m). L'enrichissement est de 8 à 10 fois les valeurs observées dans les secteurs central et sud de la section. Notez que le secteur caractérisé par une forte conductivité électrique correspond à un secteur avec une activité anormale en hydrocarbures (n-paraffine $C_2$-$C_4$).

**Susceptibilité magnétique :** Les données de susceptibilité magnétique varient de 0,15 à $1{,}80*10^{-3}$ SI pour une moyenne de $0{,}65*10^{-3}$ SI. Tout comme pour le pH, les valeurs de susceptibilité magnétique sont distribuées d'une façon cyclique. Les données de susceptibilité magnétique sont généralement plus élevées dans la partie nord que dans la partie sud de la section (Fig. 30). La zone de concentrations anomaliques en hydrocarbures située dans la partie nord de la section montre également une augmentation localisée de la susceptibilité magnétique.

La section de la Réserve de Rimouski contient de nombreuses anomalies dans la distribution spatiale des propriétés physico-chimiques des sols. L'augmentation de la conductivité électrique associée à des variations importantes du pH et de la susceptibilité magnétique suggère la présence d'halos d'altération reliés à la circulation d'hydrocarbures dans la partie nord de la section (Fig. 30).

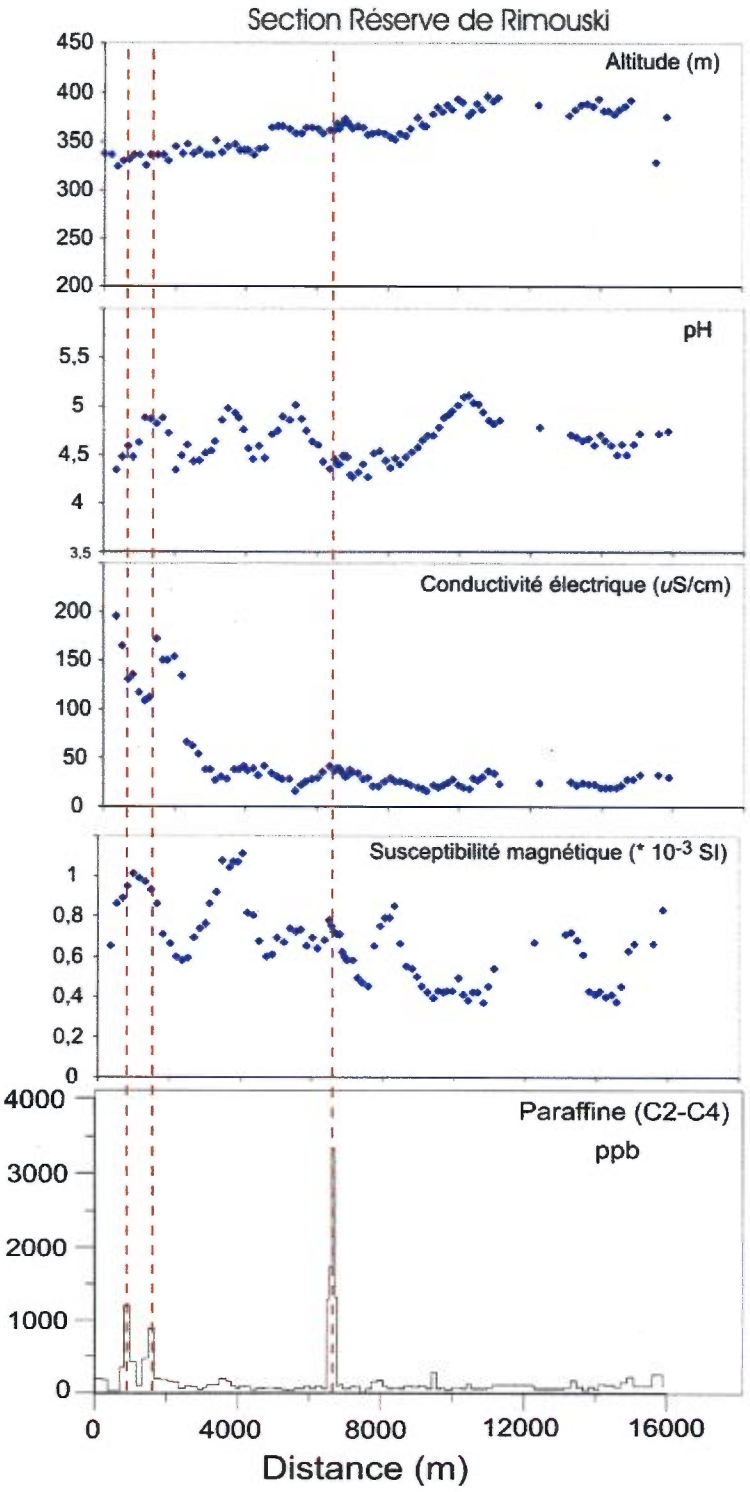



Figure 30. Variations de l'altitude, du pH, de la conductivité électrique et de la susceptibilité magnétique en fonction de la distance cumulée le long de la section de la Réserve de Rimouski (Témiscouata).

## 5.7. DONNÉES RADIOMÉTRIQUES (K, *e*U, *e*TH SUR LES ÉCHANTILLONS DE SOL)

Les données radiométriques mesurées sur les échantillons de sol sont présentées dans cette section. Les données, *e*U, *e*Th et K ont été mesurées à l'aide d'un spectromètre gamma portable de la compagnie Radiation Solutions inc.. Ces données sont semi-quantitatives car le poids des échantillons et la densité du matériel peut varier d'un échantillon à l'autre. De plus, malgré la soustraction du bruit de fond instrumental, le rayonnement gamma ambiant bruite les données. Pour s'affranchir de ce problème, il faudrait construire une chambre de plomb pour protéger le détecteur et l'échantillon du rayonnement ambiant naturel. Ceci compliquerait l'analyse et augmenterait considérablement le coût des analyses qui est un paramètre limitant dans un projet d'exploration. Toutefois, les variations observées sur les échantillons sont très significatifs et plusieurs anomalies correspondent à des secteurs anomaliques en hydrocarbures C1-C4 dans les sols de la propriété Témiscouata.

### 5.7.1 Secteur du rang 3 du lac Long

L'activité totale du rayonnement gamma varie beaucoup le long de la section du rang 3 du lac Long. Le début de la section, entre 0 et 2 km, montre une chute rapide de l'activité. Par la suite, les variations sont relativement oscillantes (Fig. 31).

La distribution de l'uranium est beaucoup plus variable malgré les faibles abondances observées. Entre autre, des secteurs enrichis en *e*U (de 0 à 2 km et de 3 à 6 km) semblent correspondre à des secteurs enrichis en hydrocarbures dans les sols (n-paraffine C2-C4).

La distribution du Th est plus monotone et ne semble pas corréler avec les secteurs anomaliques en hydrocarbures. Ceci est normal car le thorium est un élément trace fortement insoluble. Les halos d'altération reliés à des micro-fuites d'hydrocarbures ne sont généralement pas associés à des enrichissements en *e*Th. Toutefois, il faut faire attention car une unité lithologique relativement poreuse pourrait être primairement riche en Th et permettre la circulation des hydrocarbures vers la surface. Dans ce cas, une anomalie positive en *e*Th pourrait être associée à la présence d'anomalies en hydrocarbures.

Le rapport Th/U est variable sans toutefois montrer de fort enrichissement. Nous n'observons pas les unités lithologiques à fort rapport Th/U observées dans les sections situées plus au nord de la région.

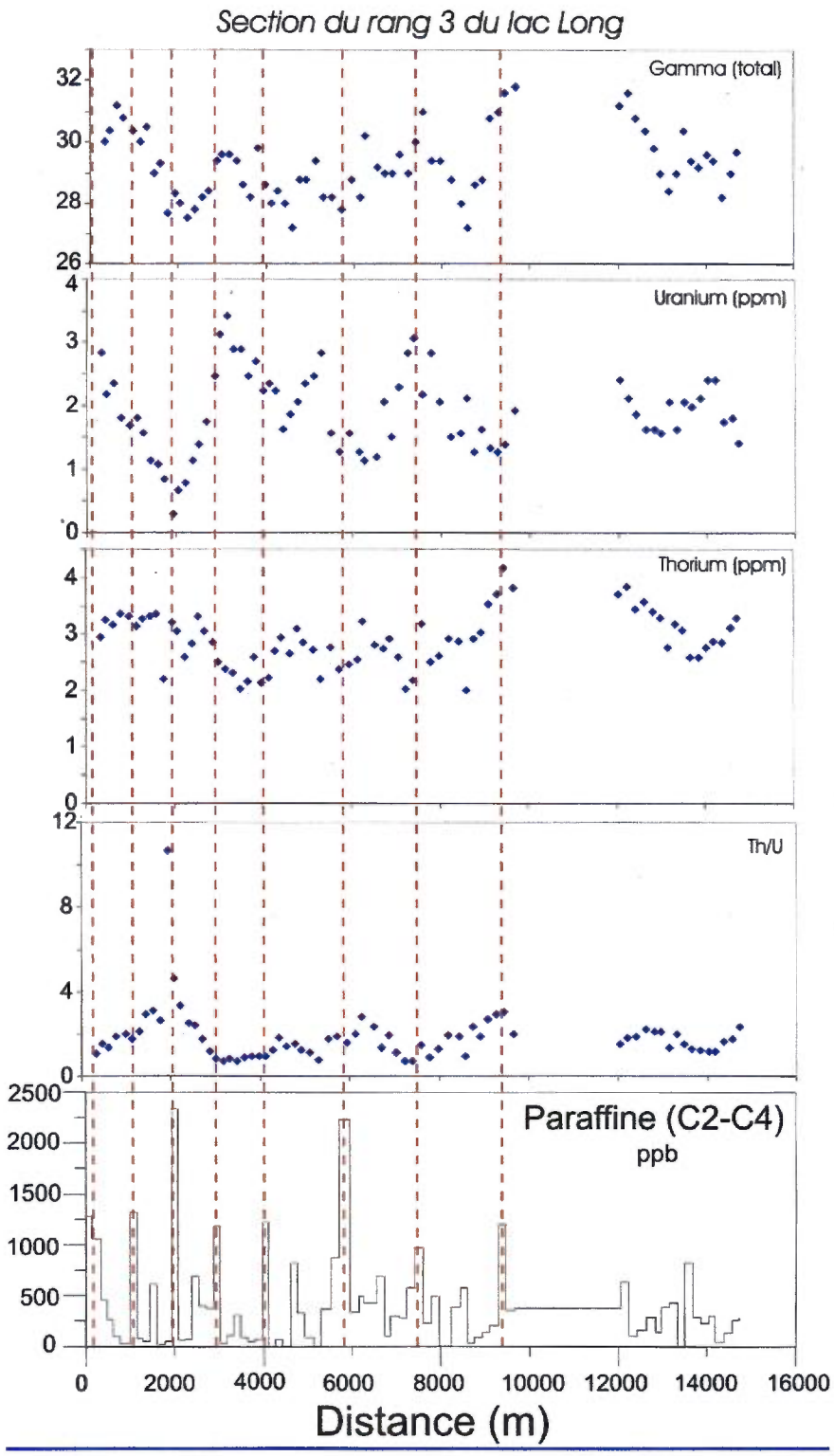



Figure 31. Variations de l'activité du rayonnement gamma total, de *e*U et *e*Th (ppm) et du rapport *e*Th/*e*U des échantillons de sol de la section du Rang 3 du lac Long. Notez que l'absence de données sur la figure entre 10 et 12 km correspond à un segment non échantillonné en raison d'un tronçon de chemin orienté localement perpendiculairement à la section.

### 5.7.2 Secteur de St-Louis du Ha Ha – St-Jean-de-la-Lande

L'activité totale du rayonnement gamma dans la partie nord de la section de St-Louis-du-Ha-Ha-St-Jean-de-la-Lande est relativement monotone. À partir de 30 km, l'activité gamma totale augmente rapidement en format un domaine à forte activité qui se termine vers 47 km. La distribution de l'uranium suit la même tendance mais la variabilité des données est plus importante en raison des plus faibles teneurs en uranium (quelques ppm) et de processus pouvant mobiliser cet élément. Le thorium suit approximativement la distribution de l'uranium (Fig. 32).

Le rapport Th/U est toutefois beaucoup plus variable et élevé dans la partie Nord de la section. Plus spécifiquement, le rapport Th/U est élevé dans les roches cambro-ordoviciennes plus métamorphisées affleurant dans la partie nord de la section (au nord du village de St-Louis-du-Ha-Ha). Les rapports Th/U systématiquement plus faibles observés après 21 km sur la section témoigne d'un changement drastique de la géologie. En effet cette zone de transition marque l'arrivée de roches siluro-dévoniennes dans le secteur.

Il est important de souligner que le secteur à fortes activités de rayonnement gamma et en uranium (entre 30 et 47 km) correspond au secteur ou nous avons mesuré les plus importantes anomalies en hydrocarbures dans les sols de la section. Cette zone anomalique affecte surtout les roches situées du côté sud de la rivière Cabano.

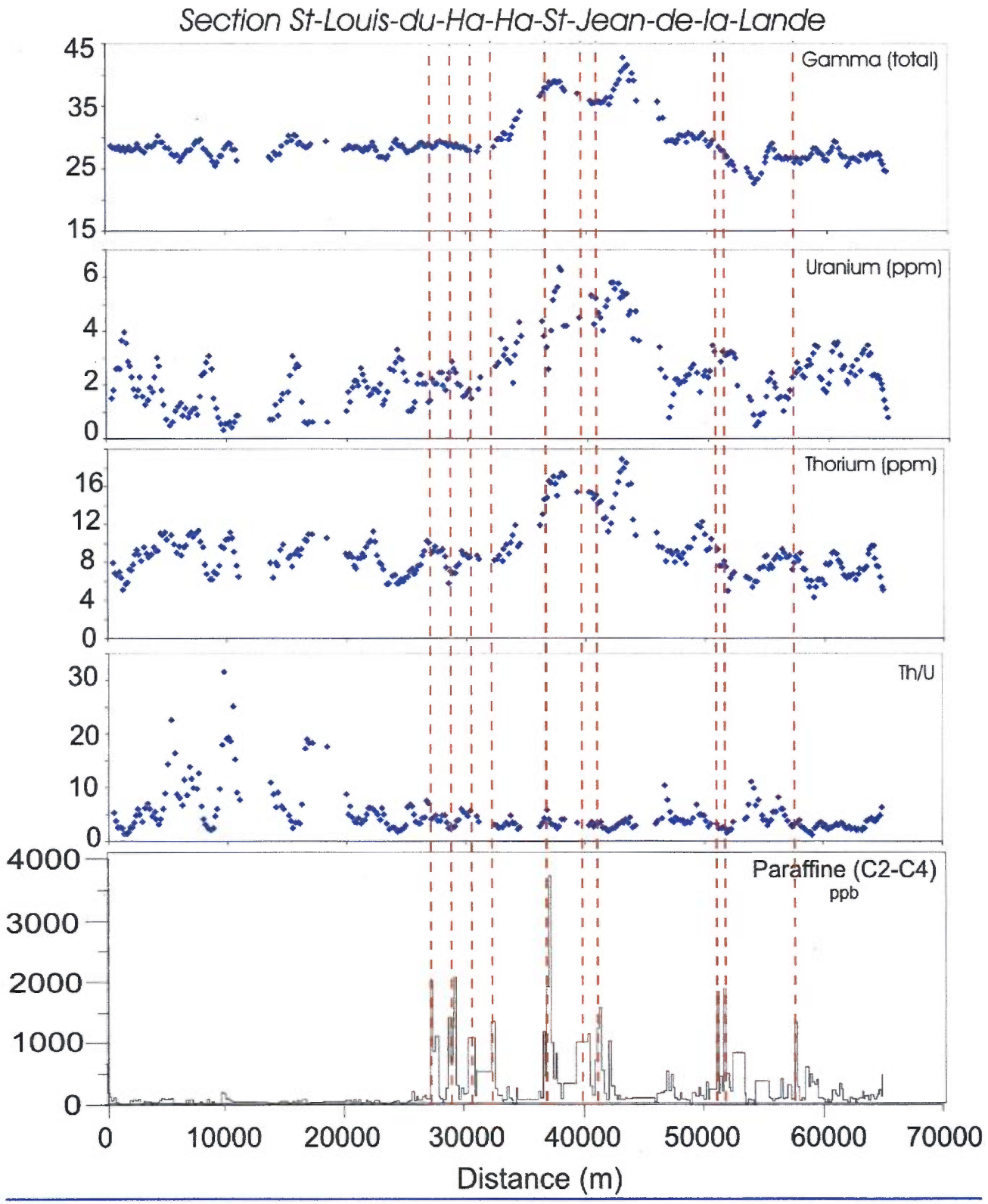



Figure 32. Variations de l'activité du rayonnement gamma total, de *e*U et *e*Th (ppm) et du rapport *e*Th/*e*U des échantillons de sol de la section relaint St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande.

### 5.7.3 Secteur du rang de la Seigneurie (St-Eusèbe)

Les données radiométriques de la section du rang de la Seigneurie sont présentées à la figure 33. Cette section, relativement courte, avait comme principal objectif une vérification préliminaire du secteur compris entre les sections de St-Louis-du-Ha-Ha/St-Jean-de-la-Lande et du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac. Les données du rayonnement gamma total montrent un enrichissement important entre 2000 et 3000m le long de la section. La distribution de l'uranium est un peu semblable malgré un léger déphasage vers le nord. L'enrichissement en *e*U semble coïncider avec l'enrichissement en hydrocarbures mesurées dans les échantillons de sol (n-paraffine C2-C4).

Les abondances en *e*Th coïncident avec l'augmentation de l'activité totale du rayonnement gamma. Ceci pourrait indiquer la présence d'une unité lithologique ou pédologique particulière dans le secteur.

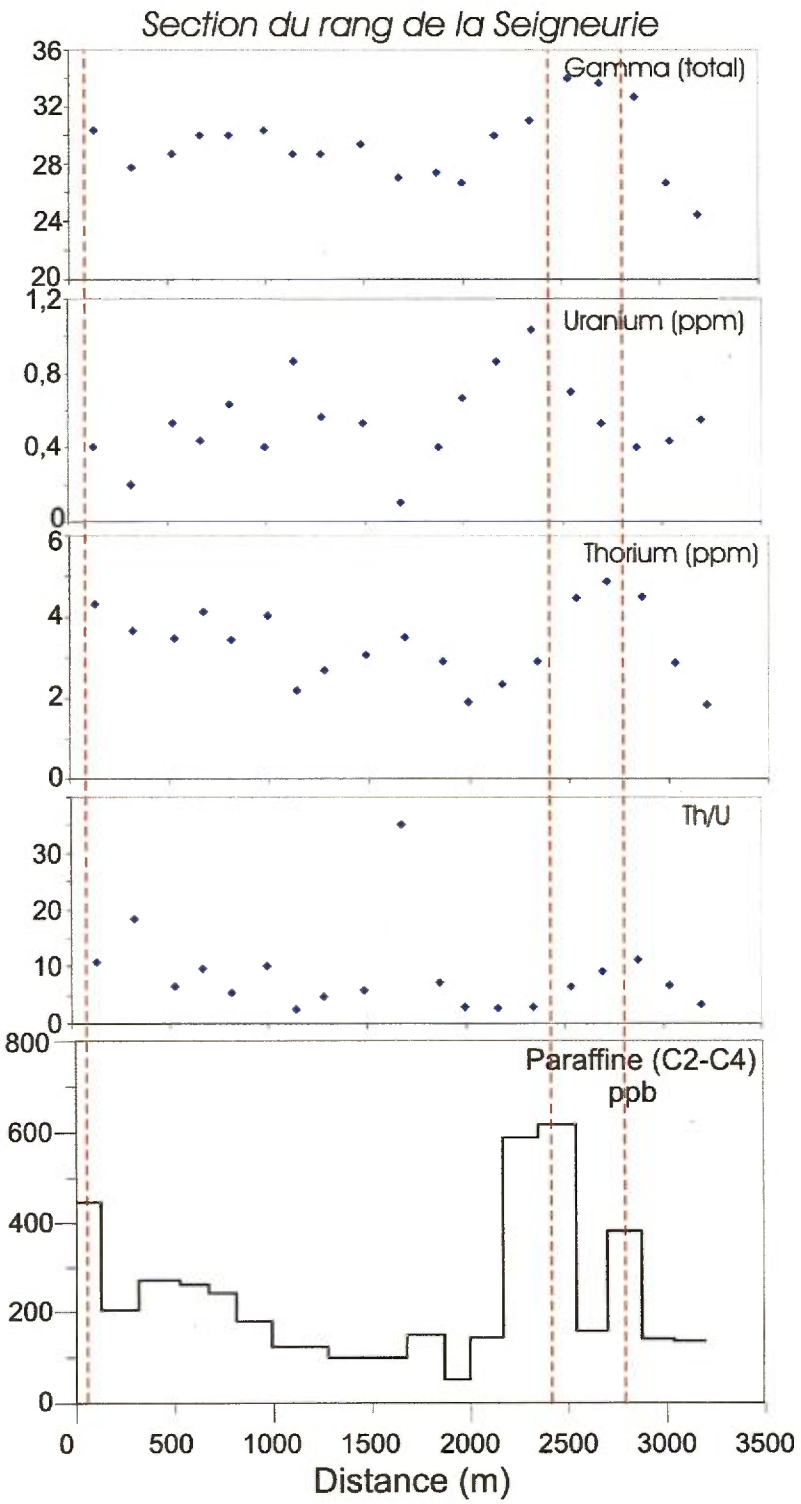



Figure 33. Variations de l'activité du rayonnement gamma total, de *e*U et *e*Th (ppm) et du rapport *e*Th/*e*U des échantillons de sol de la section du Rang de la Seigneurie de St-Eusèbe.

### 5.7.4 Secteur du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac

Les données radiométriques de la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac sont présentées à la figure 34. Cette section avait comme objectif de documenter radiométriquement un secteur situé près de la rive Ouest du Lac Témiscouata.

L'activité du rayonnement gamma total varie beaucoup dans ce secteur. Vers 3,5 et 8,5 km, l'activité du rayonnement gamma total augmente rapidement. Ces hautes valeurs coïncident avec de fortes concentrations en hydrocarbures (n-paraffine C2-C4) observés dans les sols de ces secteurs.

A l'opposé, l'uranium diminue en concentration du nord vers le sud. L'activité en uranium est donc plus élevée dans la partie nord. La distribution du *e*Th semble indiquer des contrastes lithologiques ou pédologiques le long de la section. Le rapport Th/U varie subtilement le long de la section mais augmente drastiquement à la fin de la section. Ceci suggère fortement la présence d'une unité lithostratigraphique distincte au sud.

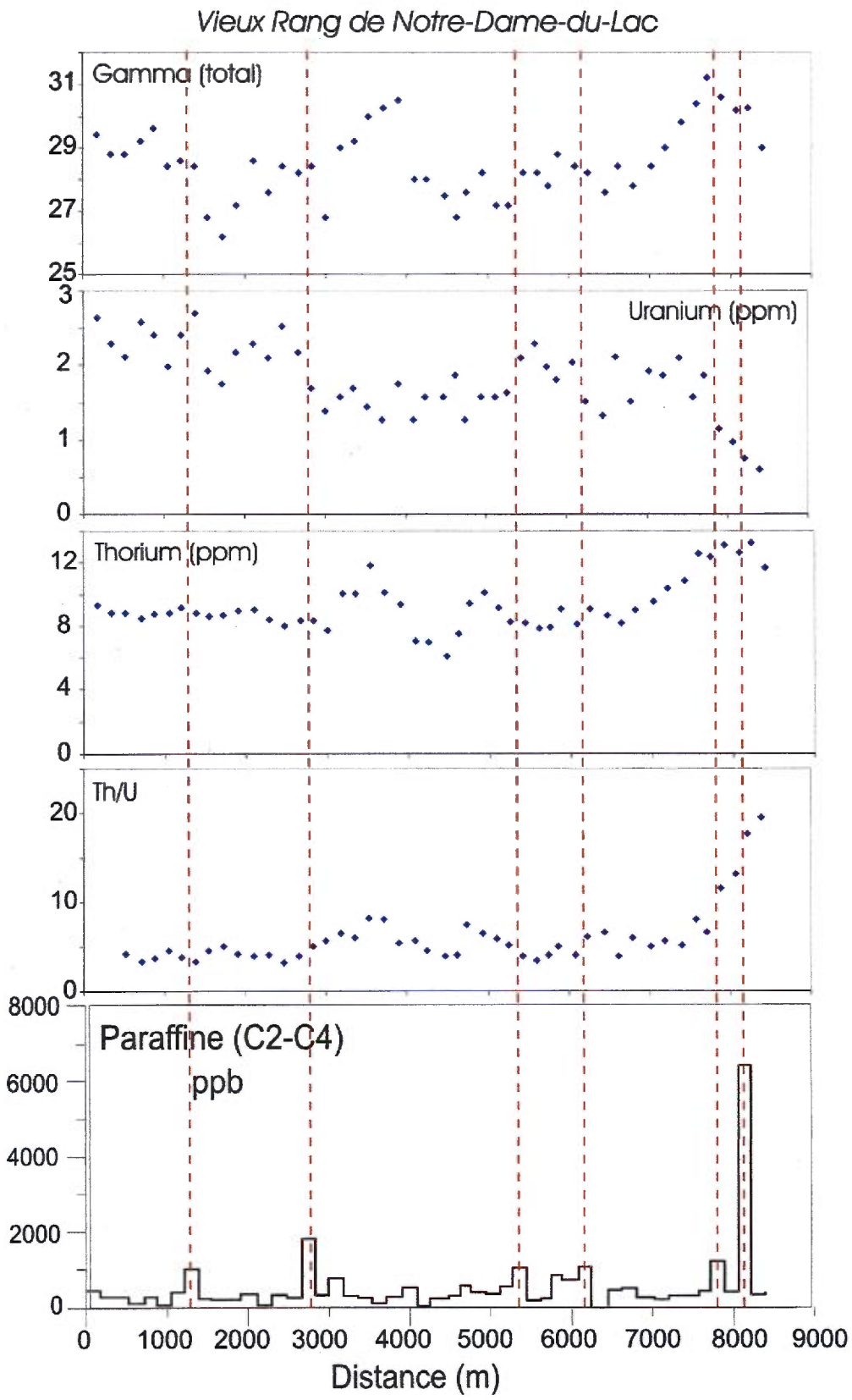



Figure 34. Variations de l'activité du rayonnement gamma total, de *e*U et *e*Th (ppm) et du rapport *e*Th/*e*U des échantillons de sol de la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac.

### 5.7.5 Secteur de la Zec Owen (Est du Témiscouata)

Les données radiométriques de la section de la Zec Owen sont présentées à la figure 35. Cette longue section avait comme principal objectif une vérification relativement détaillée du secteur couvrant l'est du lac Squatec et qui borde la frontière avec le Nouveau-Brunswick.

Les données du rayonnement gamma total montrent une diminution progressive de l'intensité du rayonnement du nord vers le sud de la section. Cependant, cette chute d'intensité n'est pas linaire et plusieurs anomalies de plus haute fréquence sont observées le long de la section. Un pic prononcé situé à environ 15 km est associé à des concentrations élevées en hydrocarbures (n-paraffine $C_2$-$C_4$). Le secteur nord hautement anomalique en hydrocarbures $C_1$-$C_4$ est également marqué par de fortes valeurs du rayonnement gamma total.

La distribution de l'uranium montre de plus grandes variabilités spatiales ce qui suggère que des processus secondaires de remobilisation de l'uranium sont actifs dans cette partie de la propriété Témiscouata. Entre autre, deux des principales anomalies en hydrocarbures observées le long de la section sont associées à des enrichissements sectoriels en uranium (vers 5 km et entre 15 et 18 km). La distribution du thorium est un peu plus régulière malgré une variabilité à haute fréquence relativement élevée. Le début de la section (entre 0 et 44,5 km) montre un enrichissement significatif en thorium qui suggère la présence d'une unité lithologique ou pédologique distincte dans le secteur.

Le rapport Th/U est relativement faible sur la majorité de la section de la Zec Owen a l'exception du premier 5 km. Ceci traduit probablement la présence d'une unité géologiquement distincte au nord.

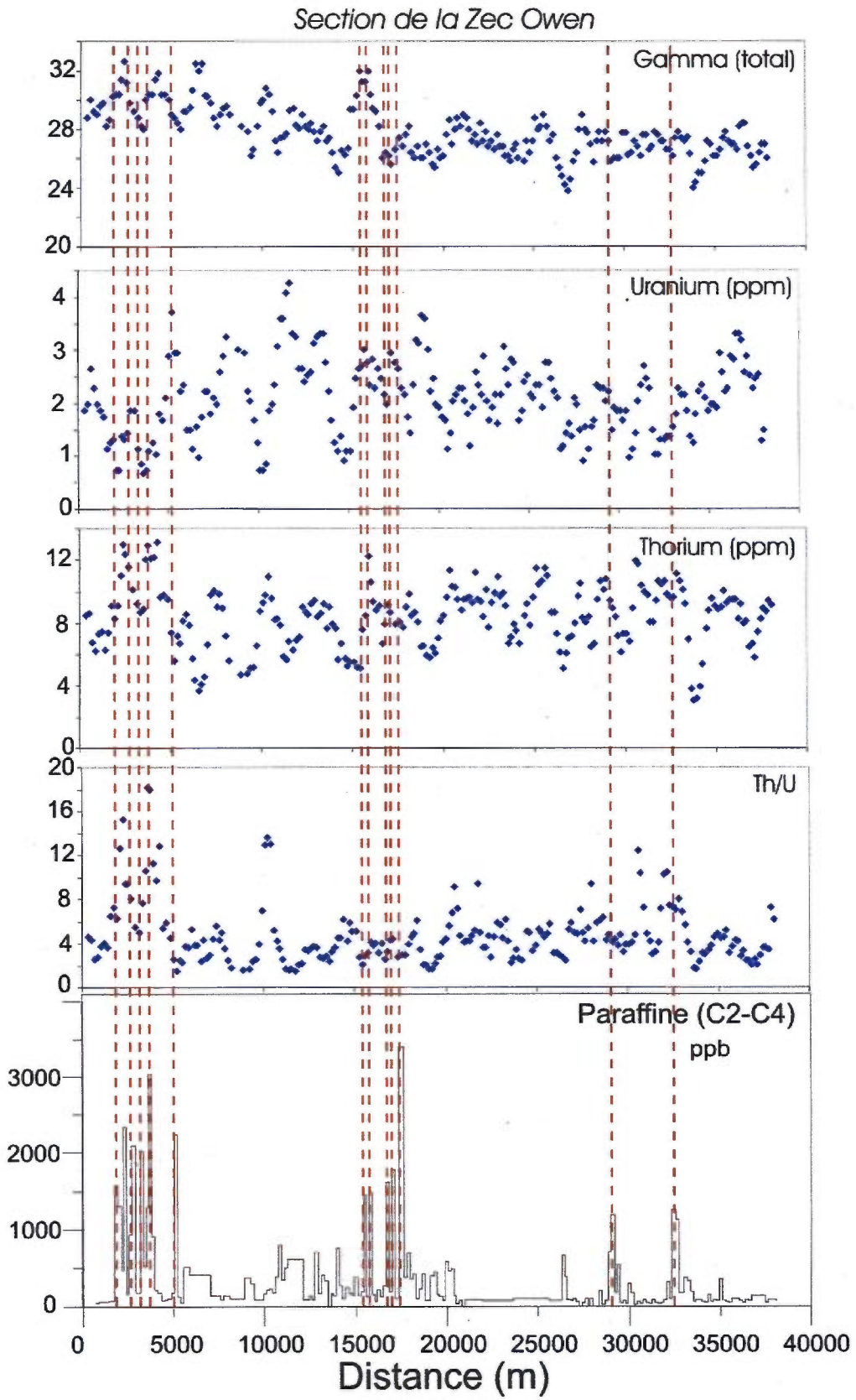



Figure 35. Variations de l'activité en rayonnement gamma total, de *e*U et *e*Th (ppm) et du rapport *e*Th/*e*U des échantillons de sol de la section la Zec Owen (Est du Témiscouata).

### 5.7.6 Secteur de la Réserve de Rimouski ( nord-est de la propriété Témiscouata)

Les données radiométriques de la section de la Réserve de Rimouski sont présentées à la figure 36.

Les données du rayonnement gamma total montrent une augmentation progressive de l'intensité du rayonnement gamma du nord vers le sud de la section. Cette augmentation d'intensité n'est toutefois pas linéaire et plusieurs anomalies de plus haute fréquence sont observées le long de la section. Trois de ces zones localisées d'augmentation du rayonnement gamma total semblent correspondre à des sites riches enrichis en hydrocarbures dans les sols. Contrairement à l'intensité totale du rayonnement gamma, l'uranium montre une diminution des valeurs de *e*U en fonction de la distance vers le sud. Cette tendance s'inverse brusquement vers 14 km avec un fort enrichissement en uranium.

La distribution du thorium est un peu plus régulière que celle de l'uranium malgré une variabilité cyclique à haute fréquence relativement élevée. Les tendances observées pour l'uranium ne sont pas reflétées par le *e*Th. Ceci suggère que les enrichissements locaux observés en *e*U ne sont pas reliés à un simple contraste lithologique ou pédologique. Ces secteurs pourraient être affectés par la présence d'halos d'altération reliés à la percolation et la dégradation d'hydrocarbures dans les sols.

Le rapport Th /U est relativement faible sur la majorité de la section de la Réserve de Rimouski a l'exception d'un secteur compris entre 11 et 14 km. Dans ce secteur le rapport Th/U est très élevé ce qui suggère la présence d'une unité lithologiquement distincte.

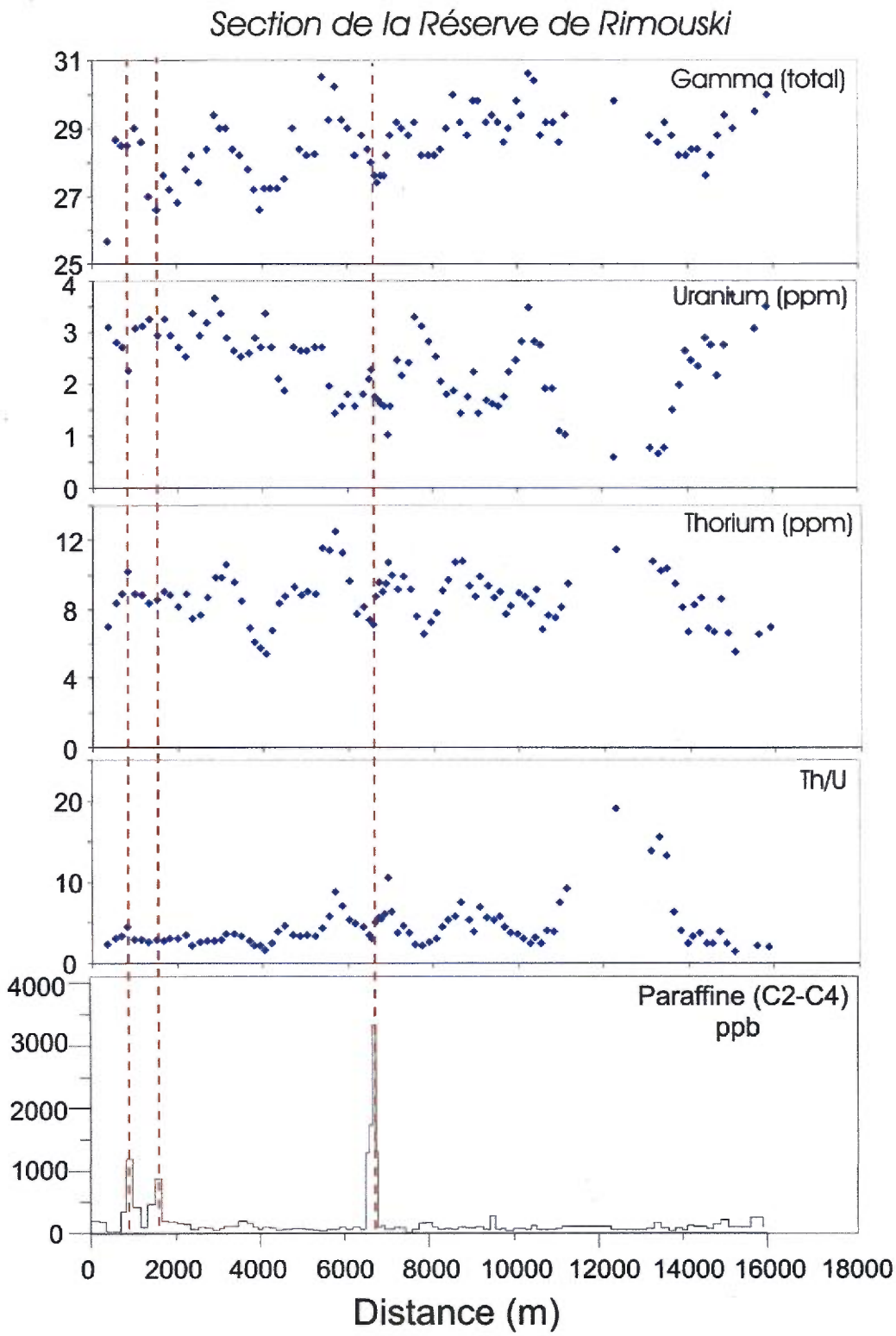



Figure 36. Variations de l'activité en rayonnement gamma total, de *e*U et *e*Th (ppm) et du rapport *e*Th/*e*U des échantillons de sol de la section la Réserve de Rimouski (nord-est de la propriété Témiscouata).

## 5.8. RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES HYDROCARBURES C1-C4 DANS LES SOLS DE LA PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA.

Les résultats de l'analyse des hydrocarbures C1-C4 prélevés dans la zone vadose des sols sont présentés dans les figures 37 à 62. Sur ces figures, nous avons localisés les anomalies significatives en utilisant l'éthane comme indicateur. Le méthane, présent à de plus fortes concentrations, pourraient être utilisés comme marqueurs mais une proportion significative de ce gaz peut être d'origine biogénique (ex. dégradation de matières organiques dans les sols). A l'opposé, dans la littérature scientifique et dans la pratique on considère l'éthane comme de dérivation essentiellement thermogénique ce qui explique son utilisation systématique pour l'identification de cibles d'exploration pour le gaz et le pétrole.

Dans la majorité des cas, les anomalies d'hydrocarbures observées dans les sols de la propriété Témiscouata contiennent un mélange de plusieurs hydrocarbures. Ces dernières contiennent entre autres du propane et du butane qui sont de dérivation essentiellement thermogénique.

### 5.8.1 Section du rang 3 du lac Long

Les figures 37 et 38 montrent les résultats obtenus pour l'analyse des hydrocarbures gazeux C1-C4 dans la zone vadose des sols de la section du rang 3 du lac Long. Ces données sont présentées du nord vers le sud et le kilométrage (ou métrage) débute à la première station située à l'extrémité nord. La distance linéaire a été calculée a partir des données GPS UTM Nad 83.

Dans un premier temps, nous présentons les données pour le méthane qui constitue le principal gaz contenu dans le gaz naturel. Toutefois, rappelons qu'une proportion dans certains cas non-négligeable du méthane peut provenir de sources biogéniques. Pour minimiser ce problème, nous avons identifié les secteurs à potentiel en hydrocarbures thermogéniques à partir des concentrations en éthane. Sur les diagrammes, la localisation de ces secteurs anomaliques est indiquée par des lignes rouges discontinues.

Les anomalies significatives en hydrocarbures sont surtout concentrées dans la partie nord de la section. Entre 0 et 6000m plusieurs fortes anomalies sont présentes. Les concentrations en

méthane atteignent des valeurs de plus 4 000 000 de ppb. Compte tenu de la grande variabilité des abondances en méthane nous avons refait la figure du méthane en éliminant les très hautes valeurs pour mieux voir la distribution spatiale des anomalies de l'ordre de 10 000 ppb et plus. Ce diagramme permet de mieux comparer les résultats avec les hydrocarbures C2 à C3 (éthane, propane, butane).

Pour la section du rang 3 du lac Long, la moyenne des abondances en méthane est de 118 867 ppb (écart-type : 581 907 ppb) et les valeurs s'échelonnent entre 368 et 4 053 309 ppb. Dans l'ensemble, les abondances en éthane (C2), propane (C3) et butane (C4) ainsi que la quantité de n-paraffine (C2-C4) corrèlent entre elles et aussi avec les principales anomalies en méthane. A priori, ceci suggère une provenance thermogénique dominante des hydrocarbures dans le secteur. Une anomalie montrant une forte concentration en méthane mais des concentrations en C2, C3 et C4 négligeables est présente vers 9500m. Cette anomalie serait possiblement biogénique.

Après vérification avec la carte pédologique présentée à la figure 4, il n'y a pas d'unités pédologiques riches en matières organiques suffisamment importantes pouvant expliquer la présence des hydrocarbures dans la partie nord de la région. La seule unité pouvant contenir une certaine proportion de matière organique est l'unité 10 sur la carte (Fig. 4). Celle-ci passe dans le secteur des stations Temis-456 à 457. La station Temis-456 ne montre pas d'anomalies en hydrocarbures tandis que la station Temis-457 montre des teneurs plus élevées en méthane mais aussi en éthane, propane et butane. Ces plus hautes valeurs sont en réalité périphériques à une importante anomalie située un peu plus au sud.

Une unité de gleysol (argileux) mal drainée et riche en matière organique est reconnue dans le secteur sud au voisinage des stations Temis-487 à 495 (Fig. 4). Toutefois, dans ce secteur les abondances en méthane sont inférieures à 3600 ppb et la majorité des concentrations en méthane se rapprochent du bruit de fond. Cette observation suggère que les unités riches en matières organiques dans les secteurs mal drainés semblent produire peu de méthane biogénique.

La répartition spatiale des anomalies en hydrocarbures observées le long de cette section est montrée aux figures 39 et 40. Notez que la seconde anomalie en méthane, située au UTM-N 5254000, ne montre pas de concentrations anomaliques en éthane ou butane. Ceci pourrait suggérer une origine biogénique pour le méthane observé à cette station d'échantillonnage.

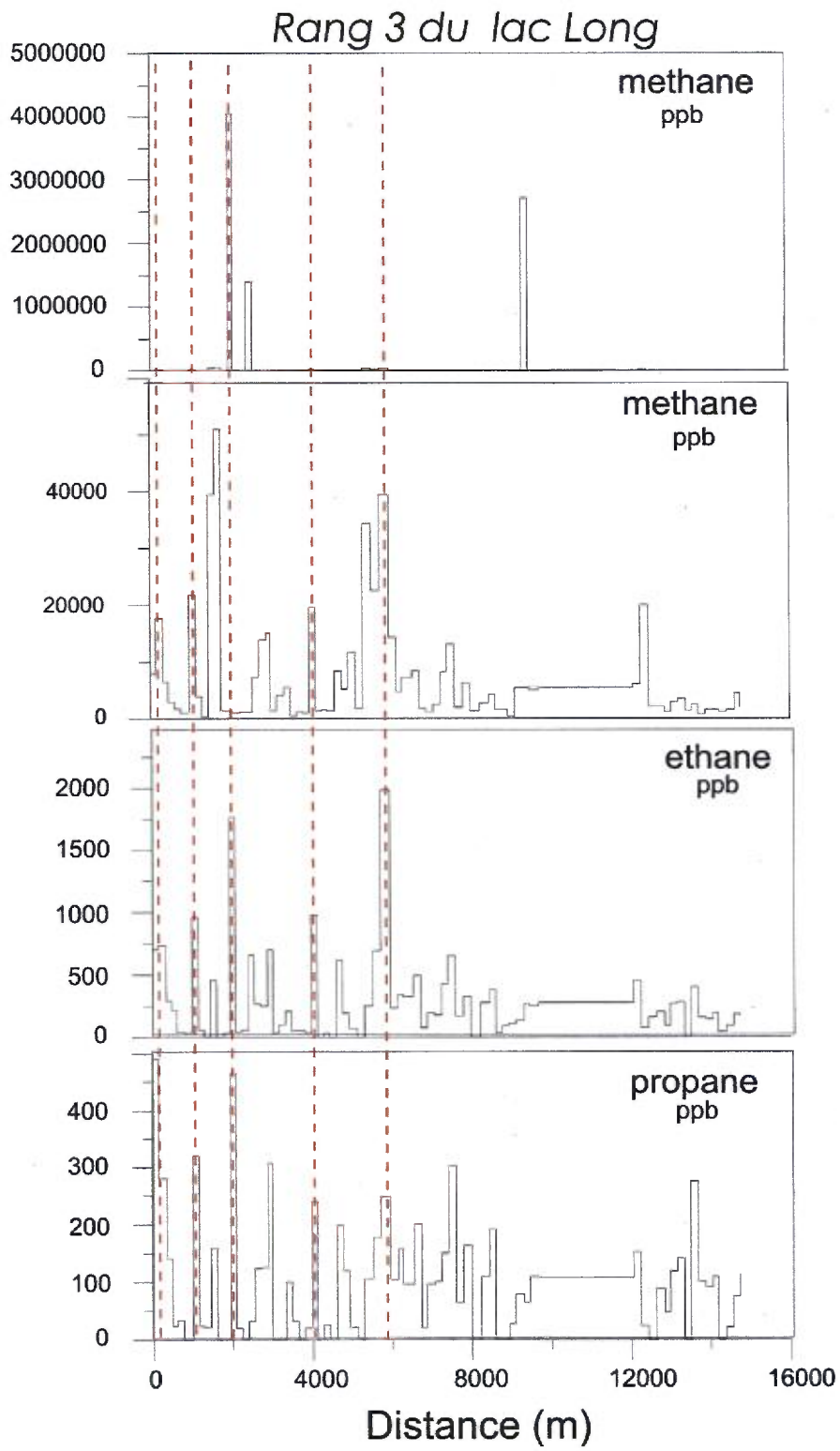



Figure 37. Distribution du méthane, de l'éthane et du propane dans la section du rang 3 du Lac Long. La section débute au nord et se termine au sud.

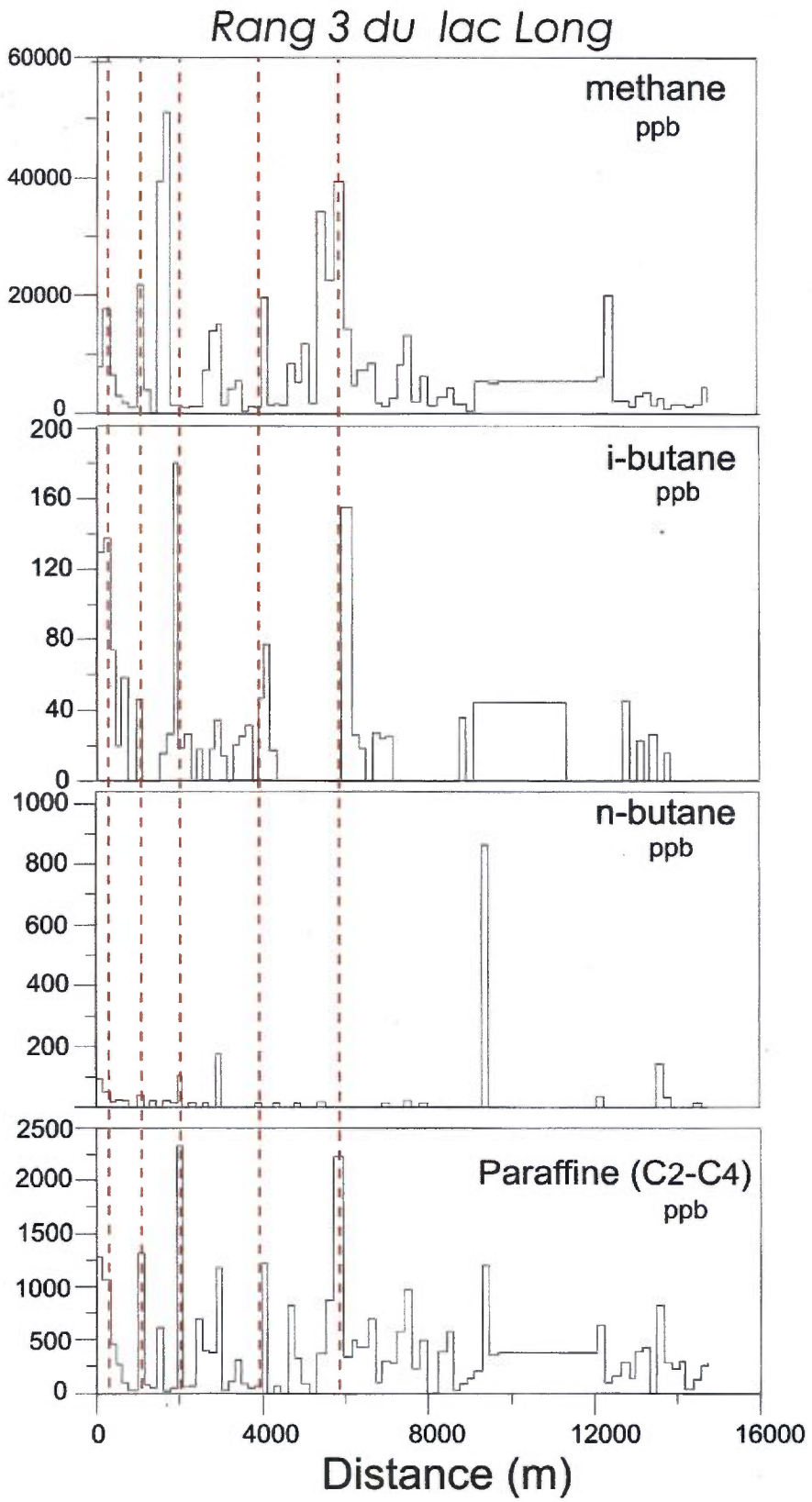



Figure 38. Distribution du méthane, du butane et de la paraffine (C2-C4) dans la section du rang 3 du lac Long. La section débute au nord et se termine au sud.

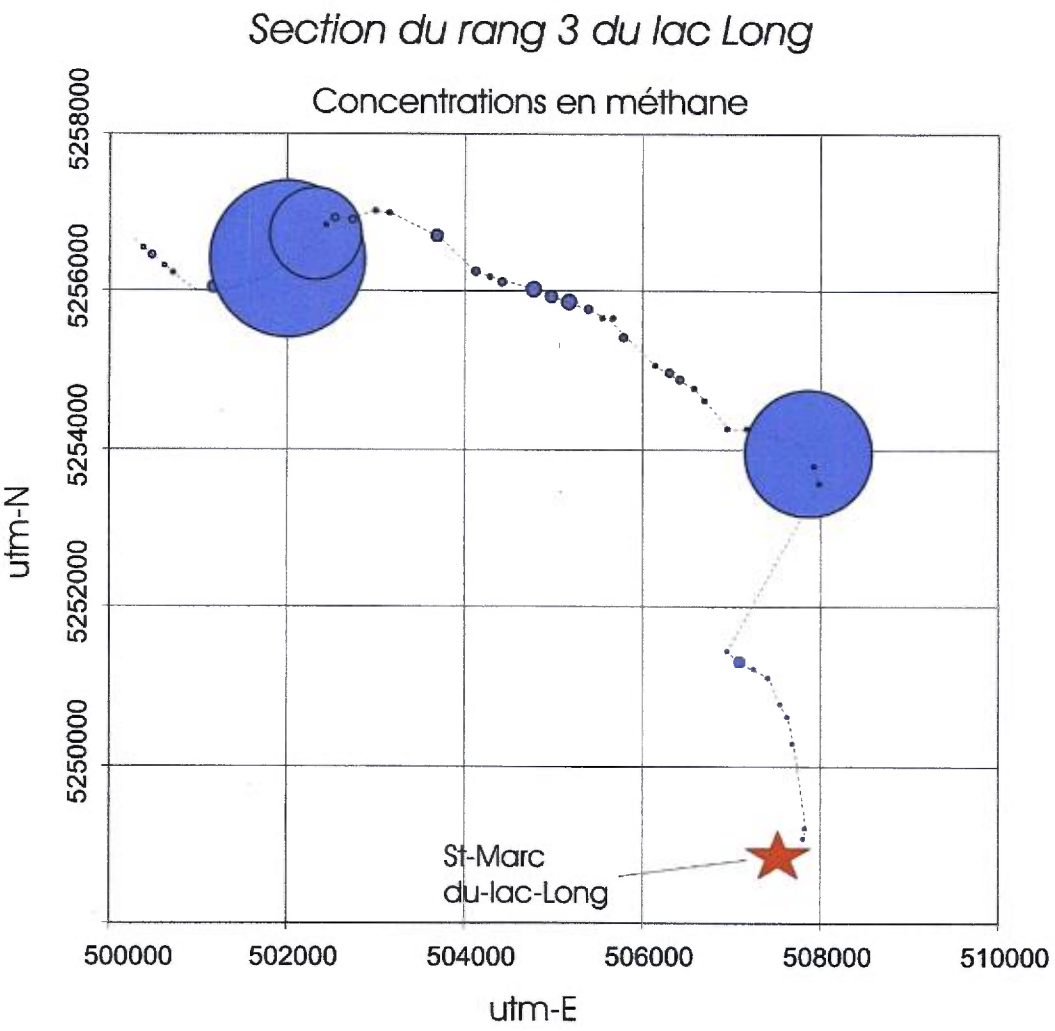



Figure 39. Carte de distribution spatiale des anomalies en méthane observées le long de la section du rang 3 du lac Long. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en méthane mesurée dans la zone vadose des sols.

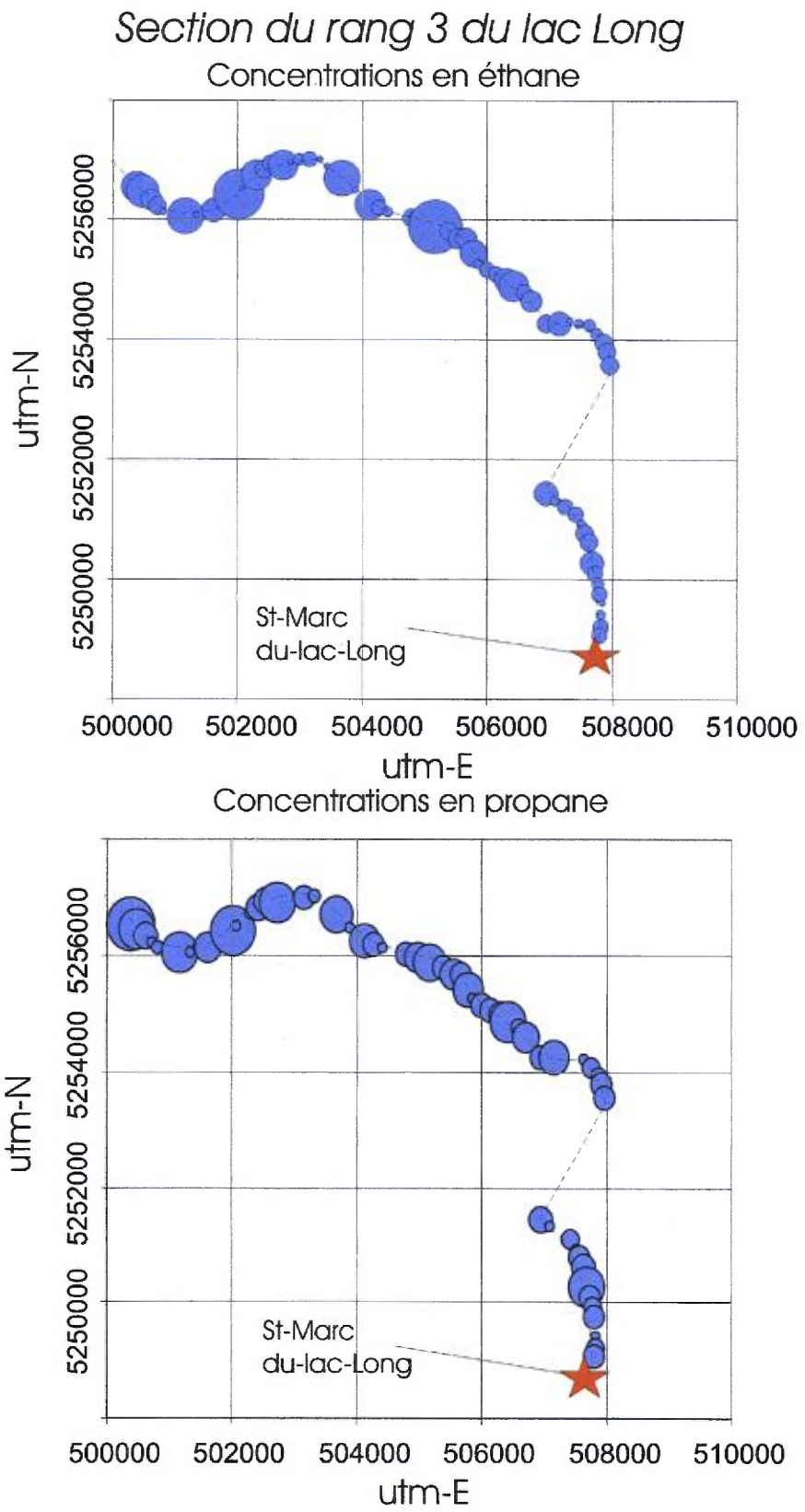



Figure 40. Carte de distribution spatiale des anomalies en éthane et propane observées le long de la section du rang 3 du lac Long. Le diamètre des bulles est proportionnel aux concentrations en éthane et propane mesurées dans la zone vadose des sols.

### 5.8.2 Section de St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande

Les figures 41 et 42 montrent les résultats obtenus pour l'analyse des hydrocarbures gazeux C1-C4 des sols de la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. Ces données sont présentées du nord vers le sud et le kilométrage (ou métrage) débute à la première station située à l'extrémité nord. La distance linéaire a été calculée à partir des données GPS UTM Nad 83.

Les anomalies significatives en hydrocarbures sont concentrées dans les parties centrale et sud de la section. Entre 0 et 27 km, l'on note l'absence complète d'anomalies en hydrocarbures dans les sols. Géologiquement ce secteur contient surtout des roches cambro-ordovicennes localement schisteuses suggérant une très forte maturation thermique de la matière organique et conséquemment un potentiel négligeable pour la production d'hydrocarbures. Entre 28 et 57 km, une multitude d'anomalies sont présentes. Ces dernières ont comme pour la section précédente, été localisées à partir des abondances en éthane. La figure 41 montre la présence de 7 secteurs anomaliques contenant plus de 1000 ppb d'éthane. Dans ces secteurs, les abondances en méthane atteignent des valeurs de plus 100 000 ppb. Pour la section de St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande, la moyenne des abondances en méthane est de 4 444 ppb (écart-type : 10 908 ppb) et les valeurs s'échelonnent entre 333 et 114 477 ppb.

Dans l'ensemble, les abondances en éthane (C2), propane (C3) et butane (C4) ainsi que la quantité de n-paraffine (C2-C4) corrèlent entre elles et aussi avec les principales anomalies en méthane. A priori, ceci suggère une provenance thermogénique dominante des hydrocarbures dans ce secteur de la propriété Témiscouata.

Après vérification des carte pédologiques présentées aux figures 5 à 7, certaines unités pédologiques riches en matières organiques pourraient influencer la distribution des anomalies en hydrocarbures. Au nord de St-Louis-du-Ha-Ha, l'unité 6 longeant la rivière de la Savane contiendrait des loams sableux avec localement de sols de type terres noires (Fig. 7). Dans ce secteur, les analyses des sols ne montrent pas d'anomalies en hydrocarbures (stations Temis-5 à 35). Conséquemment, pour ce secteur la décomposition de la matière organique récente ne semble pas contribuer significativement à la formation d'hydrocarbures comme le méthane.

Sur la carte pédologique de la figure 5, trois secteurs montrent la présence d'unités riches en matières organiques. La première est située au sud du village de St-Louis-du-Ha-Ha et se termine près du début du rang Beauséjour. L'échantillon Temis-52 a été échantillonné dans cette unité et les concentrations observées en C1-C4 sont négligeables et près du bruit de fond. Les autres échantillons prélevés dans ce secteur sont associés à des podzols reposant sur des tills quaternaires bien drainés. La seconde unité est située dans le secteur des stations Temis-102 à 115. Dans ce secteur, les abondances en hydrocarbures C1-C4 sont négligeables et semblables au bruit de fond. Notez que les stations 112 à 115 montrent des épaisseurs de plus de 30 cm d'humus et malgré ceci les abondances en méthane sont négligeables. La troisième unité passe au sud du village de St-Eusèbe dans une petite dépression topographique. Les stations Temis-172 à 175 sont dans ce secteur. Les concentrations en méthane et C2-C4 sont faibles dans ce secteur ce qui ne suggère pas de contributions biogéniques significatives.

Dans le tronçon reliant Packington à St-Jean-de-la-Lande, selon la carte pédologique (Fig. 6), une unité riche en matière organique serait volumétriquement importante dans le secteur des stations Temis-210 à 215. Ce secteur est localisé à environ 1,5 km au sud-est du village de Packington. Dans ce secteur, il n'y a pas de corrélation entre la proportion de matière organique observée et l'abondance en hydrocarbures. L'analyse la plus riche en hydrocarbures provient d'un till sableux pauvre en matière organique. L'échantillon de sol organique Temis-215 montre des abondances en C1-C4 légèrement supérieures au bruit de fond. De plus, la carte pédologique semble exagérer de beaucoup la superficie de l'unité pédologique riche en matières organiques.

Pour le reste de la section vers le sud, les stations passant au voisinage d'horizons un peu plus riche en matières organiques ne montrent aucunes signatures anomaliques en hydrocarbures. Les abondances observées en C1-C4 sont de l'ordre du bruit de fond pour ce secteur.

La répartition spatiale des anomalies en hydrocarbures observées le long de cette section est montrée aux figures 43 à 45. Ces figures montrent la présence de 4 zones anomaliques. La premiere est localisée entre la fin du rang Beauséjour et la rivière Cabano. Cette zone regroupe les stations Temis-117 à 134. La seconde zone débute à quelques centaines de mètres de l'église de St-Eusèbe et descend vers le sud sur le chemin reliant St-Eusèbe à

Packington. Cette zone regroupe les stations Temis-151 à 167. La troisième zone débute près du village de Packington et s'étire le long de la côte qui descend en direction de St-Jean-de-la-Lande. La zone regroupe les stations Temis-205 à 211. La dernière zone anomalique le long de la section est localisée approximativement entre les villages de Packington et St-Jean-de-la-Lande. Elle regroupe les stations Temis-228 à 237.

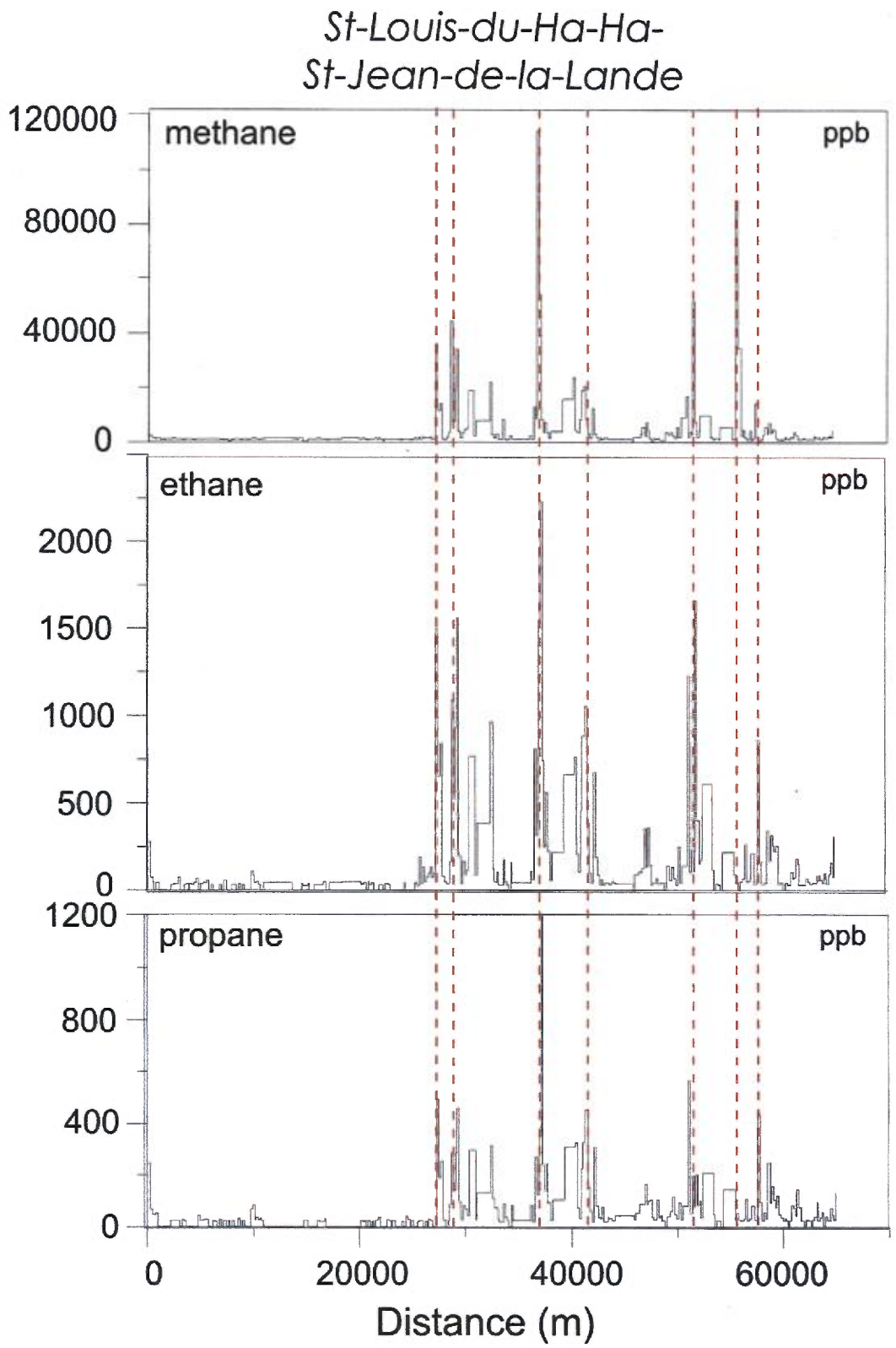



Figure 41 Distribution du méthane, de l'éthane et du propane dans la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. La section débute au nord et se termine au sud.

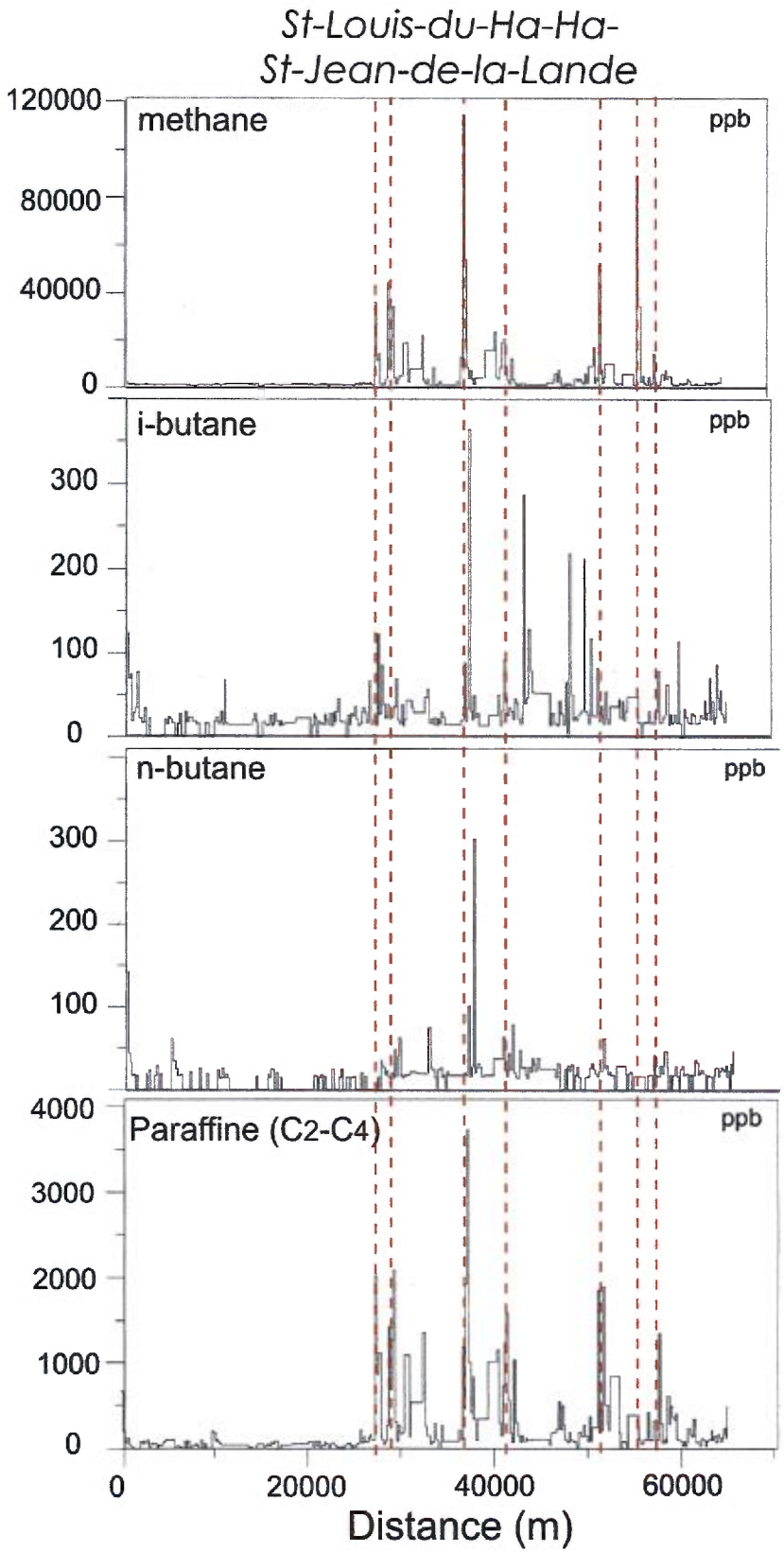



Figure 42 Distribution du méthane, du butane et de la paraffine (C2-C4) dans la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. La section débute au nord et se termine au sud.

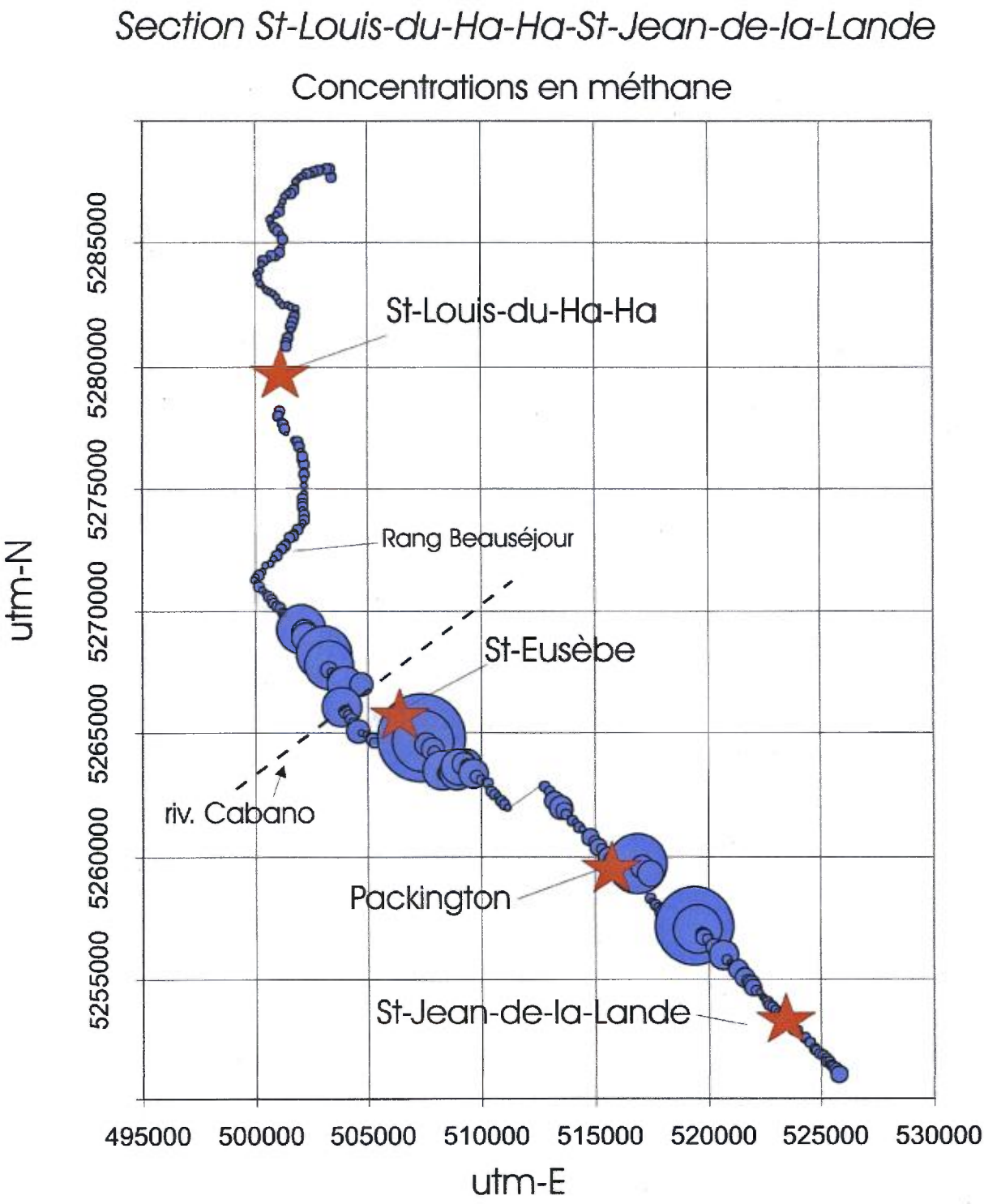



Figure 43. Carte de distribution spatiale des anomalies en méthane observées le long de la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en méthane mesurée dans la zone vadose des sols.

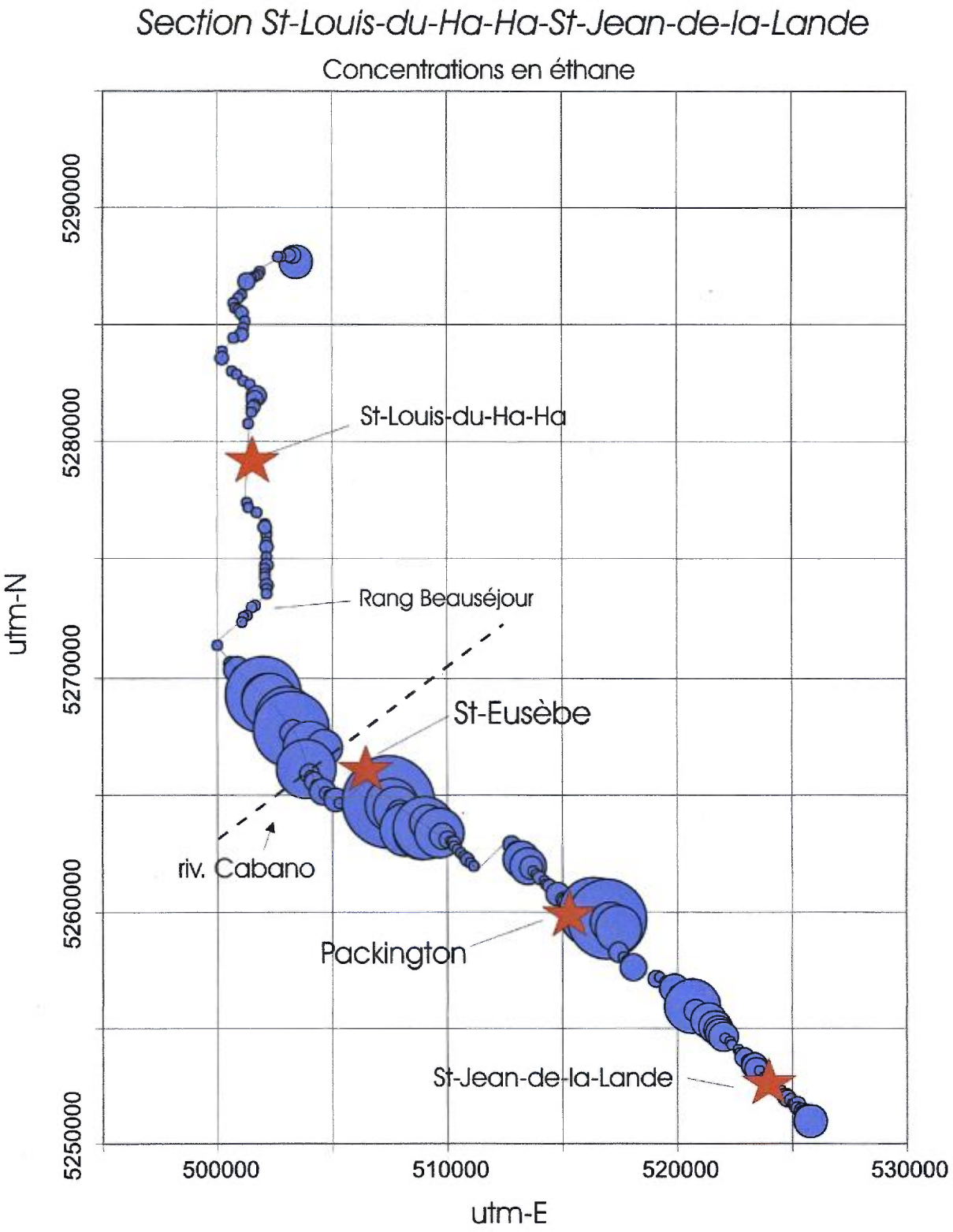



Figure 44. Carte de distribution spatiale des anomalies en éthane observées le long de la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en éthane mesurée dans la zone vadose des sols.

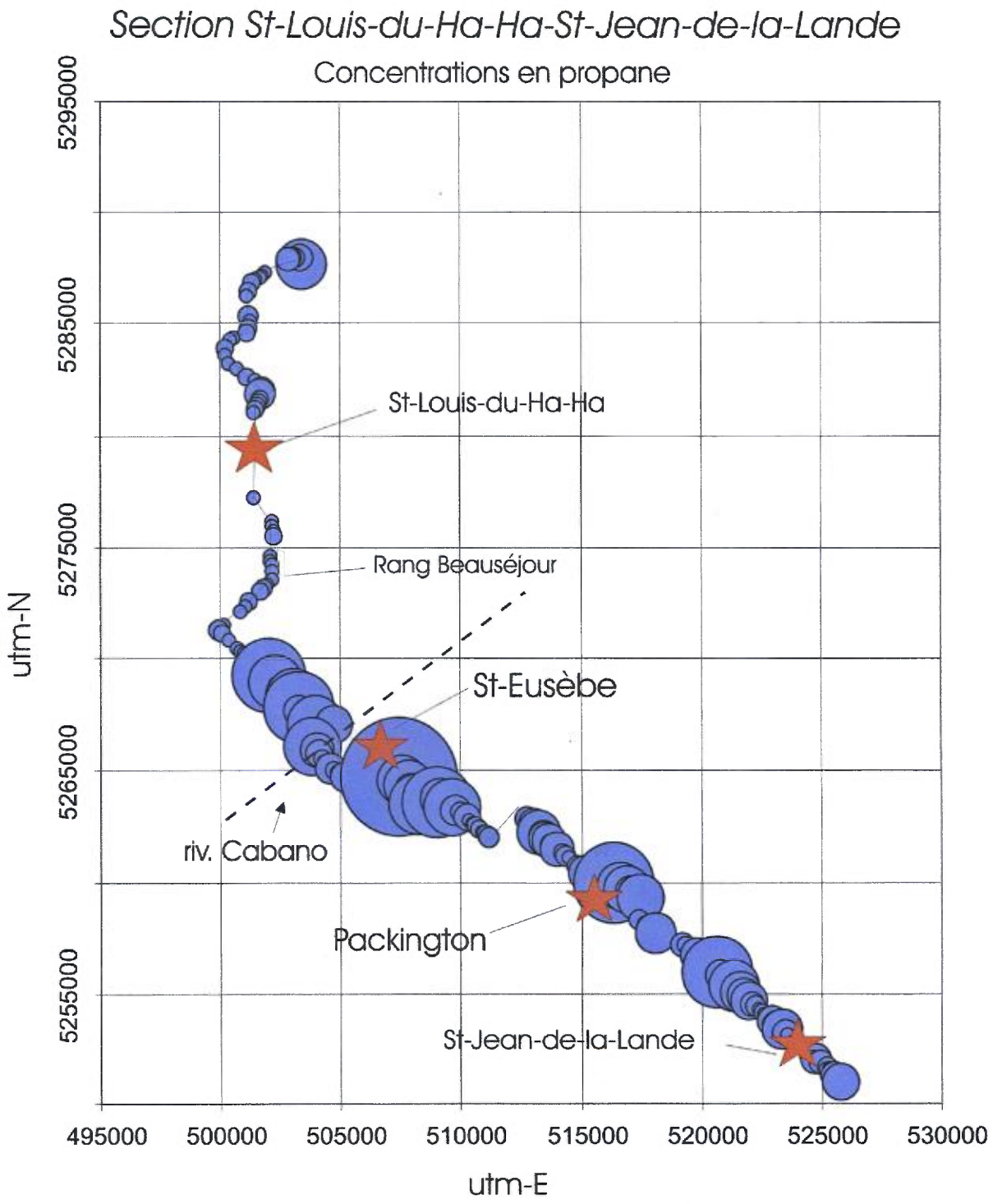



Figure 45 Carte de distribution spatiale des anomalies en propane observées le long de la section reliant St-Louis-du-Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en propane mesurée dans la zone vadose des sols.

### 5.8.3 Section du Rang de la Seigneurie de St-Eusèbe

Les figures 46 et 47 montrent les résultats obtenus pour l'analyse des hydrocarbures gazeux C1-C4 dans la zone vadose des sols de la section du rang de la Seigneurie de St-Eusèbe. Ces données sont présentées du nord vers le sud et le kilométrage (ou métrage) débute à la première station située à l'extrémité nord. La distance linéaire a été calculée a partir des données GPS UTM Nad 83.

Les anomalies significatives en hydrocarbures sont concentrées dans la partie sud de la section. Entre 2,1 et 3 km l'on observe des anomalies en méthane, éthane et propane. Les valeurs de méthane atteignent des concentrations de plus 20 000 ppb.

Pour la section du rang de la Seigneurie de St-Eusèbe, la moyenne des abondances en méthane est de 5 995 ppb (écart-type : 4 807 ppb) et les valeurs s'échelonnent entre 2 074 et 22 094 ppb.

Dans l'ensemble, les abondances en éthane (C2) et propane (C3) ainsi que la quantité de n-paraffine (C2-C4) corrèlent entre elles et aussi avec la principale zone anomalique en méthane. A priori, ceci pourrait suggérer une provenance thermogénique mais il faut faire attention car le secteur anomalique est situé en partie dans une zone contenant des sols organiques associés à des horizons plus argileux (Temis 743 et 744) (Fig. 5).

La répartition spatiale des anomalies en hydrocarbures observées le long de cette section est montrée aux figures 48 et 49. Ces figures montrent la présence de deux zones anomaliques en hydrocarbures. La première est localisée au sud et contient les plus fortes abondances en méthane, éthane et propane. Cette zone regroupe les stations Temis-741 à 745. La seconde zone est localisée dans la partie nord de la section et contraste par des abondances en C1-C4 légèrement supérieures aux valeurs du bruit de fond dans ce secteur.

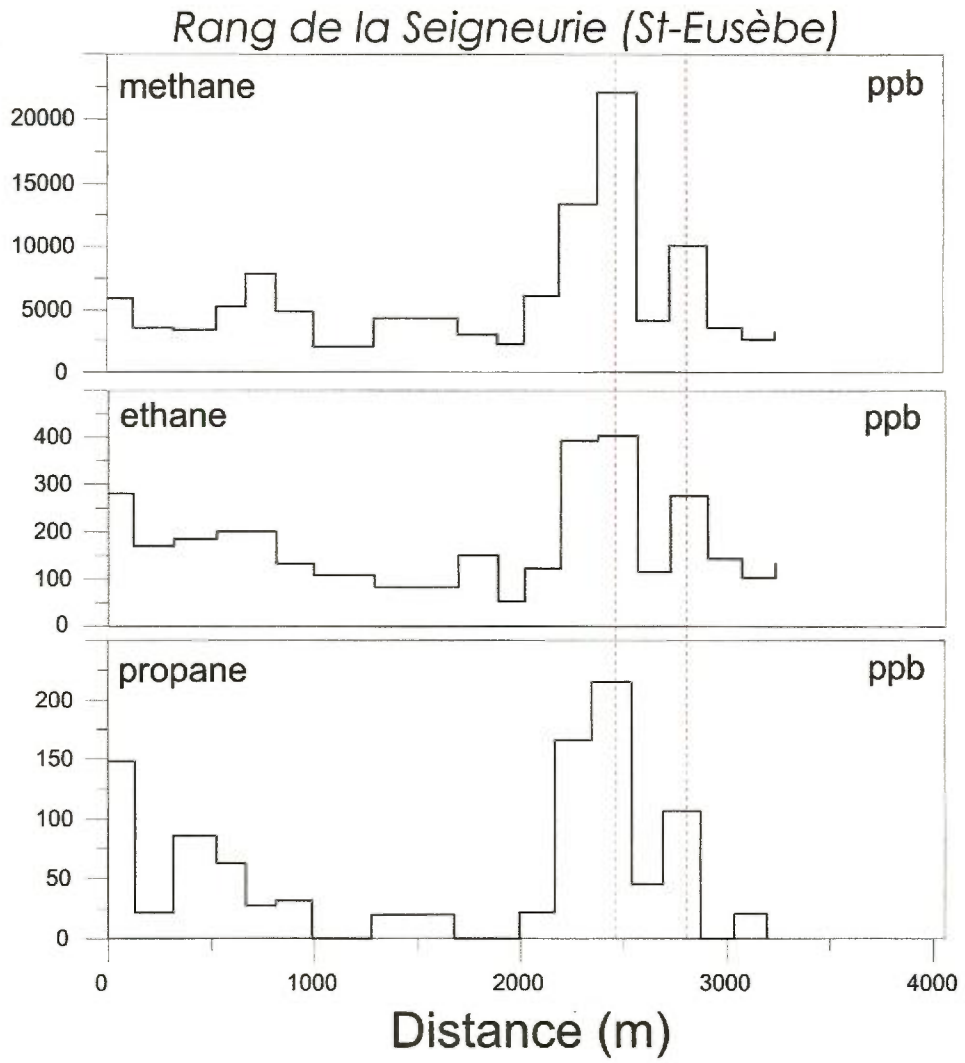



Figure 46. Distribution du méthane, de l'éthane et du propane dans la section du rang de la Seigneurie de St-Eusèbe. La section débute au nord et se termine au sud.

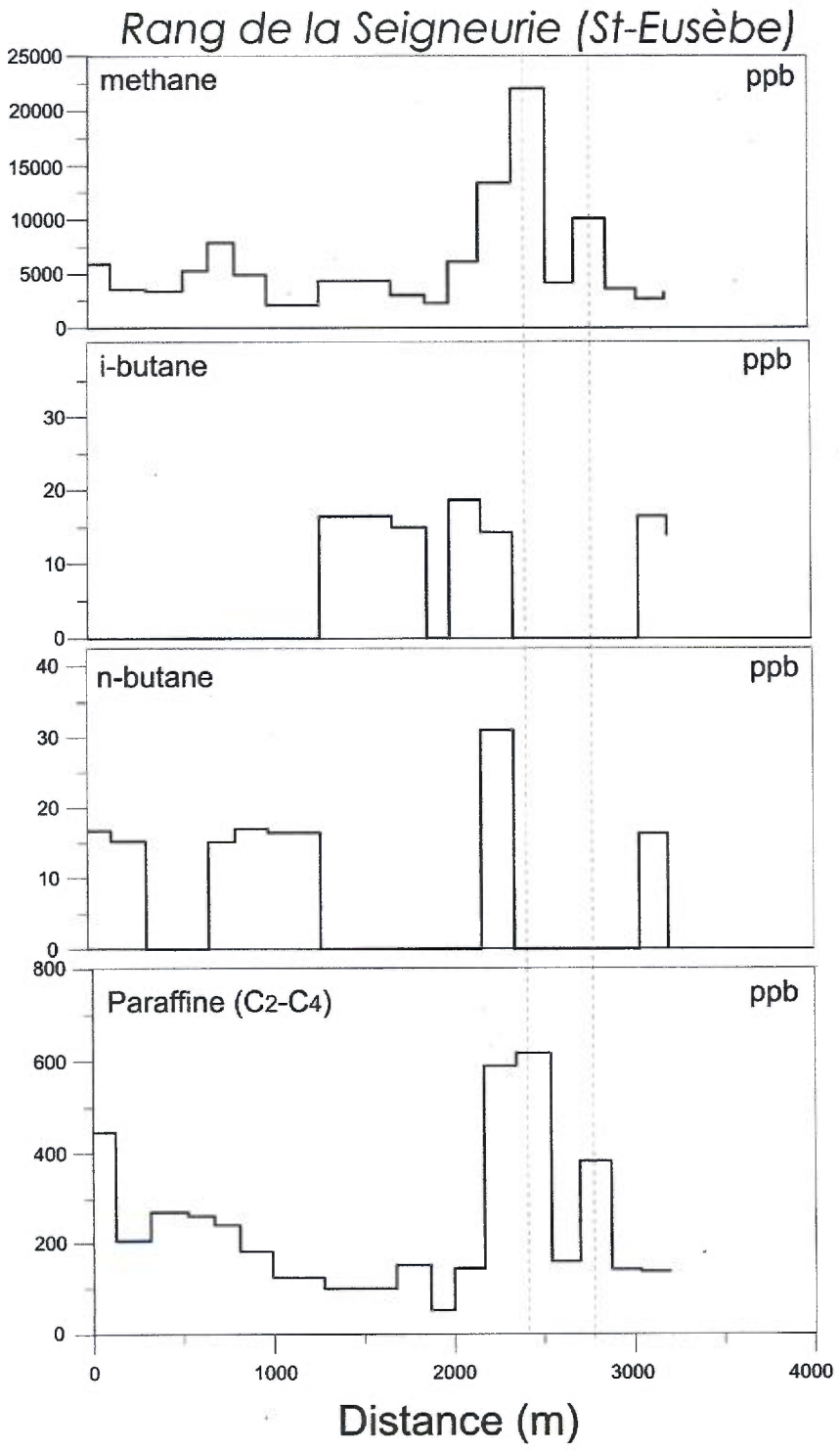



Figure 47. Distribution du méthane, du butane et de la paraffine ($C_2$-$C_4$) dans la section du rang de la Seigneurie de St-Eusèbe. La section débute au nord et se termine au sud.

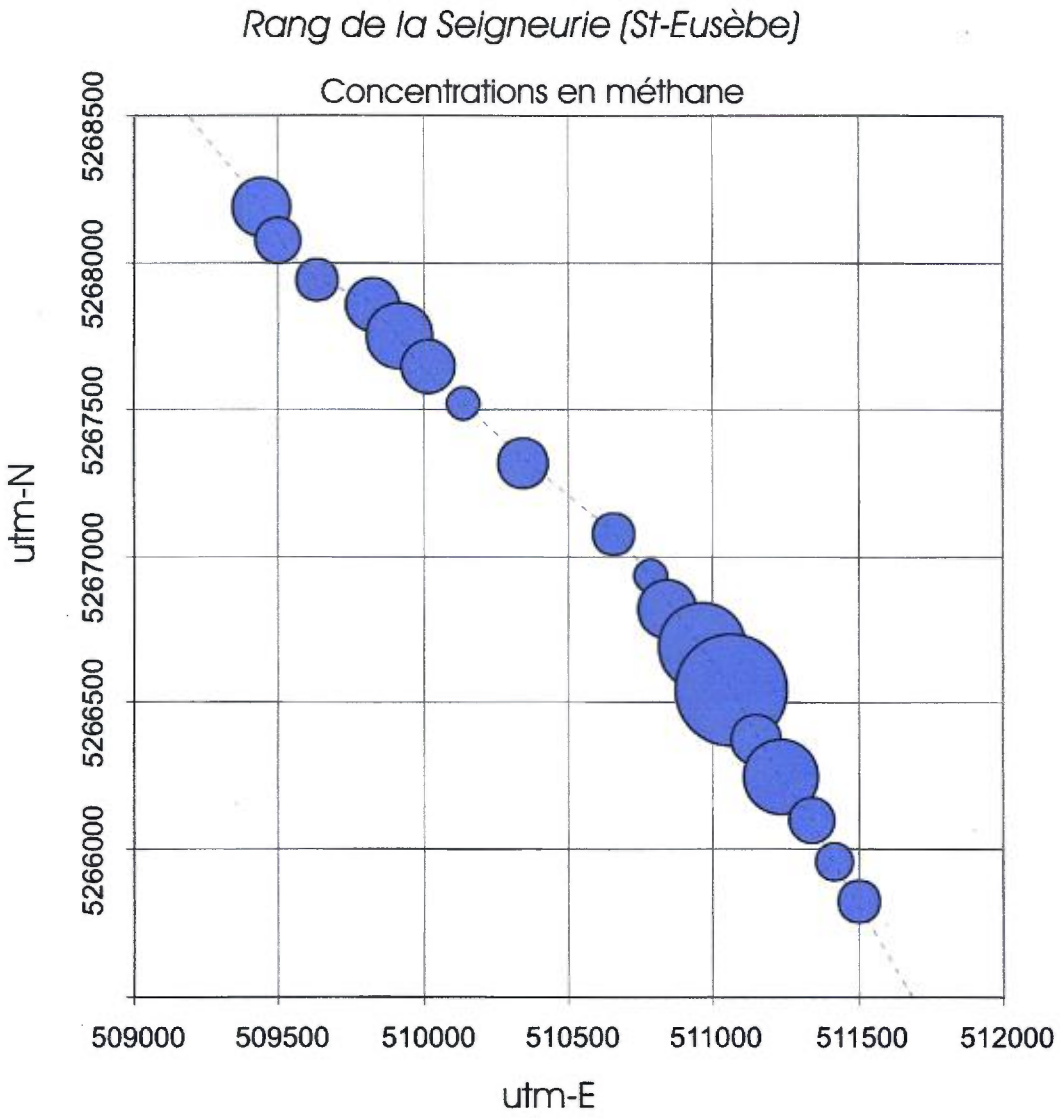



Figure 48. Carte de distribution spatiale des anomalies en méthane observées le long de la section du rang de la Seigneurie à St-Eusèbe. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en méthane mesurée dans la zone vadose des sols.

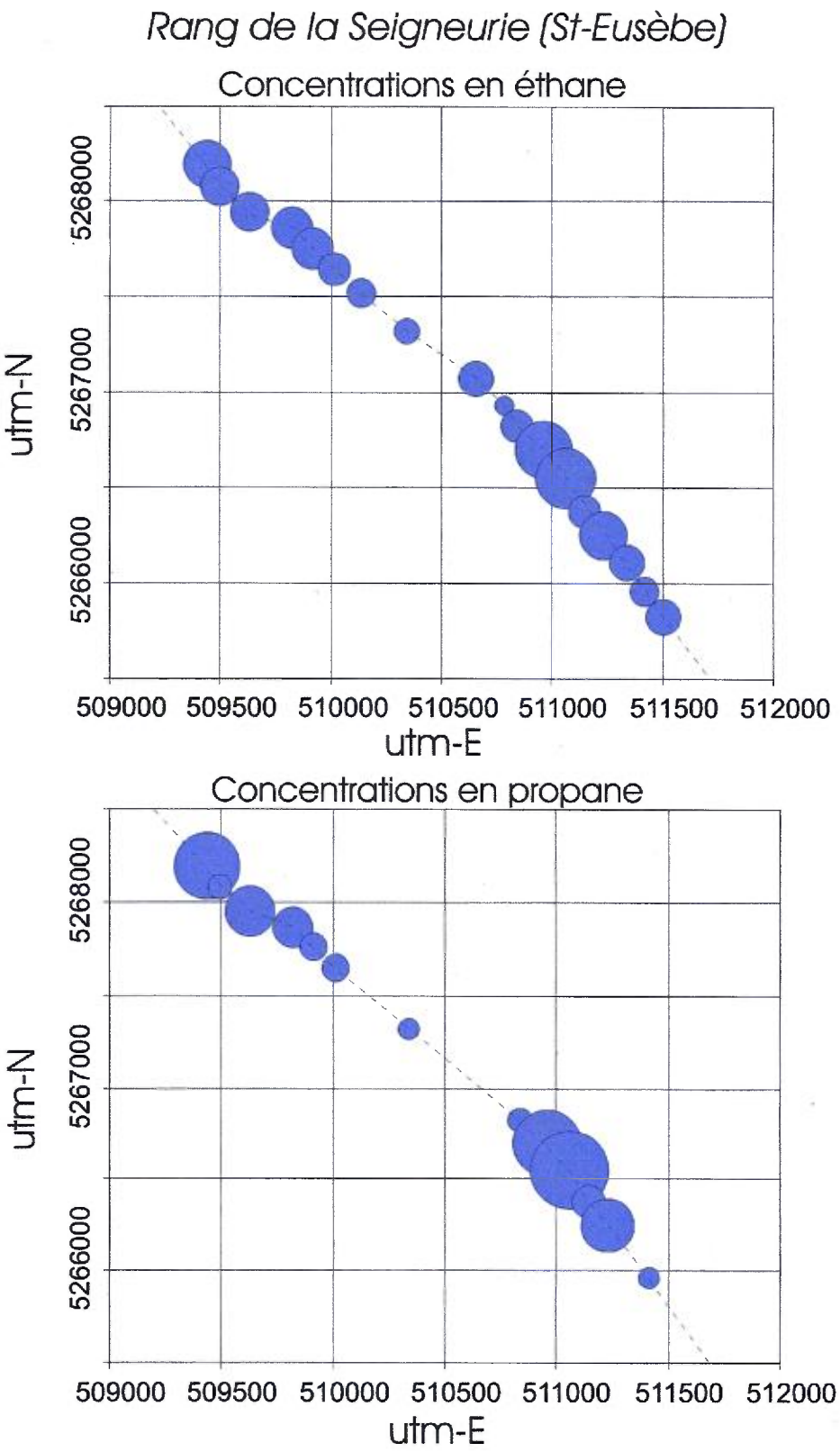



Figure 49. Carte de distribution spatiale des anomalies en éthane et propane observées le long de la section du rang de la Seigneurie à St-Eusèbe. Le diamètre des bulles est proportionnel aux concentrations en éthane et propane mesurées dans la zone vadose des sols.

### 5.8.4 Section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac

Les figures 50 et 51 montrent les résultats obtenus pour l'analyse des hydrocarbures gazeux $C_1$-$C_4$ dans la zone vadose des sols de la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac. Ces données sont présentées du nord vers le sud et le kilométrage (ou métrage) débute à la première station située à l'extrémité nord de la section. La distance linéaire a été calculée a partir des données GPS UTM Nad 83.

Les anomalies significatives en hydrocarbures se répartissent dans les différentes parties de la section. Dans l'ensemble, la proportion de méthane dans les sols augmente du nord vers le sud. Les concentrations en méthane atteignent des abondances de plus 2 500 000 ppb. Pour la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac, la moyenne des abondances en méthane est de 70 339 ppb (écart-type : 410 427 ppb) et les valeurs s'échelonnent entre 1 169 et 2 853 008 ppb.

Dans l'ensemble les abondances en éthane ($C_2$) et propane ($C_3$) ainsi que la quantité de n-paraffine ($C_2$-$C_4$) corrèlent entre elles et aussi avec les principales zones anomaliques en méthane. A priori, ceci pourrait suggérer une provenance thermogénique. Notez que des cinq échantillons de sols riches en matières organiques seul l'échantillon Temis-683 montre des teneurs en méthane plus élevées. A l'opposé les échantillons Temis-685, 691, 703 et 727 ne montrent pas d'anomalies en hydrocarbures. Malgré un enrichissement en méthane, l'échantillon Temis-683 ne montre pas de fortes concentrations en éthane ou propane. Ceci pourrait être compatible avec une source de méthane biogénique.

Les figures 52 et 53 présentent la distribution spatiale des anomalies en méthane, éthane et propane le long de la section du Vieux-Rang. La figure 52 (diagramme du haut) met en évidence la localisation de la très forte anomalie en méthane associée à la station Temis-715. Notez que la présence de plus 2 500 000 ppb de méthane dans cet échantillon masque les autres valeurs mesurées dans la section. En éliminant l'échantillon Temis-715, la figure 52 (diagramme du bas) permet de visualiser la distribution des autres anomalies. L'anomalie située en fin de section (au sud-est) est la plus intéressante car elle s'exprime fortement sur les cartes du méthane, de l'éthane et du propane.

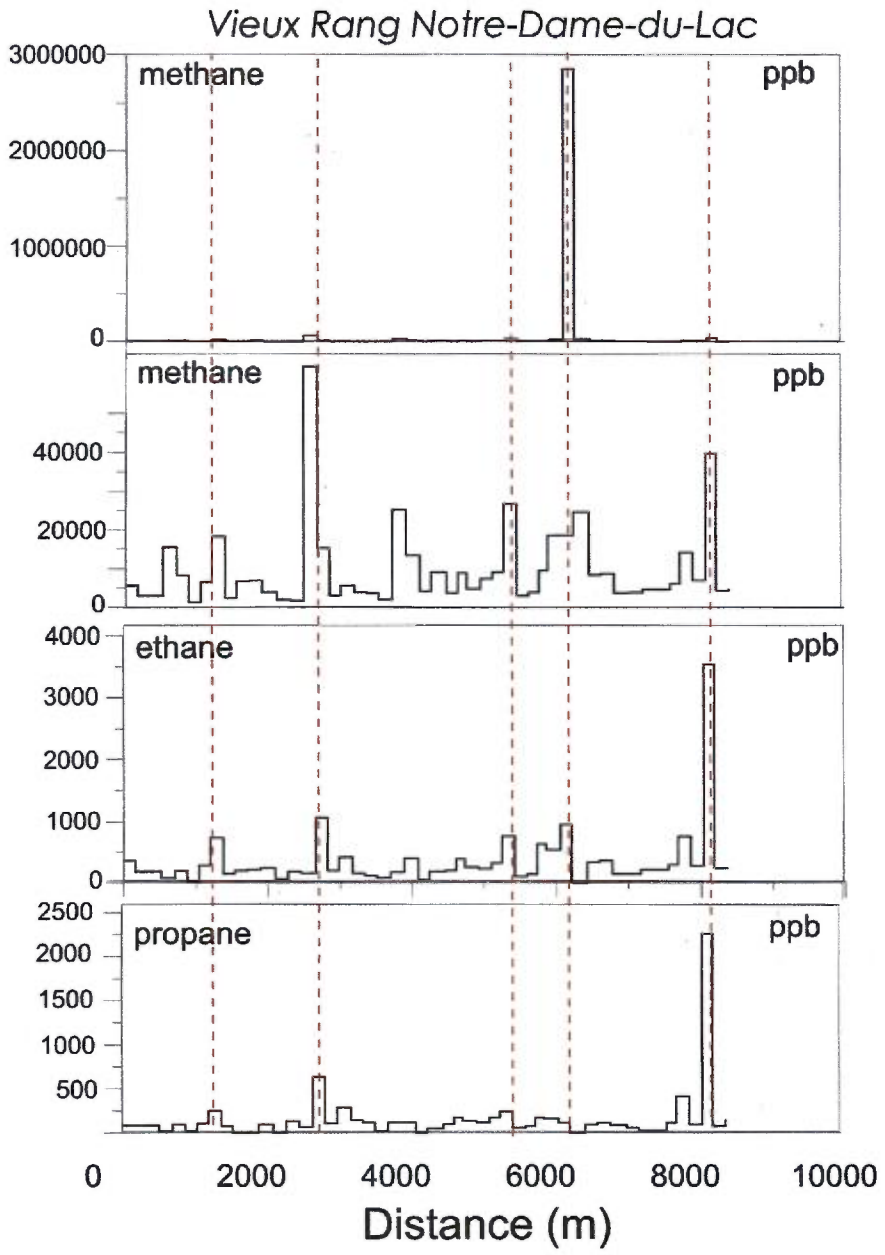



Figure 50. Distribution du méthane, de l'éthane et du propane dans la section du Vieux-Rang de Notre-Dame-du-Lac. La section débute au nord et se termine au sud.

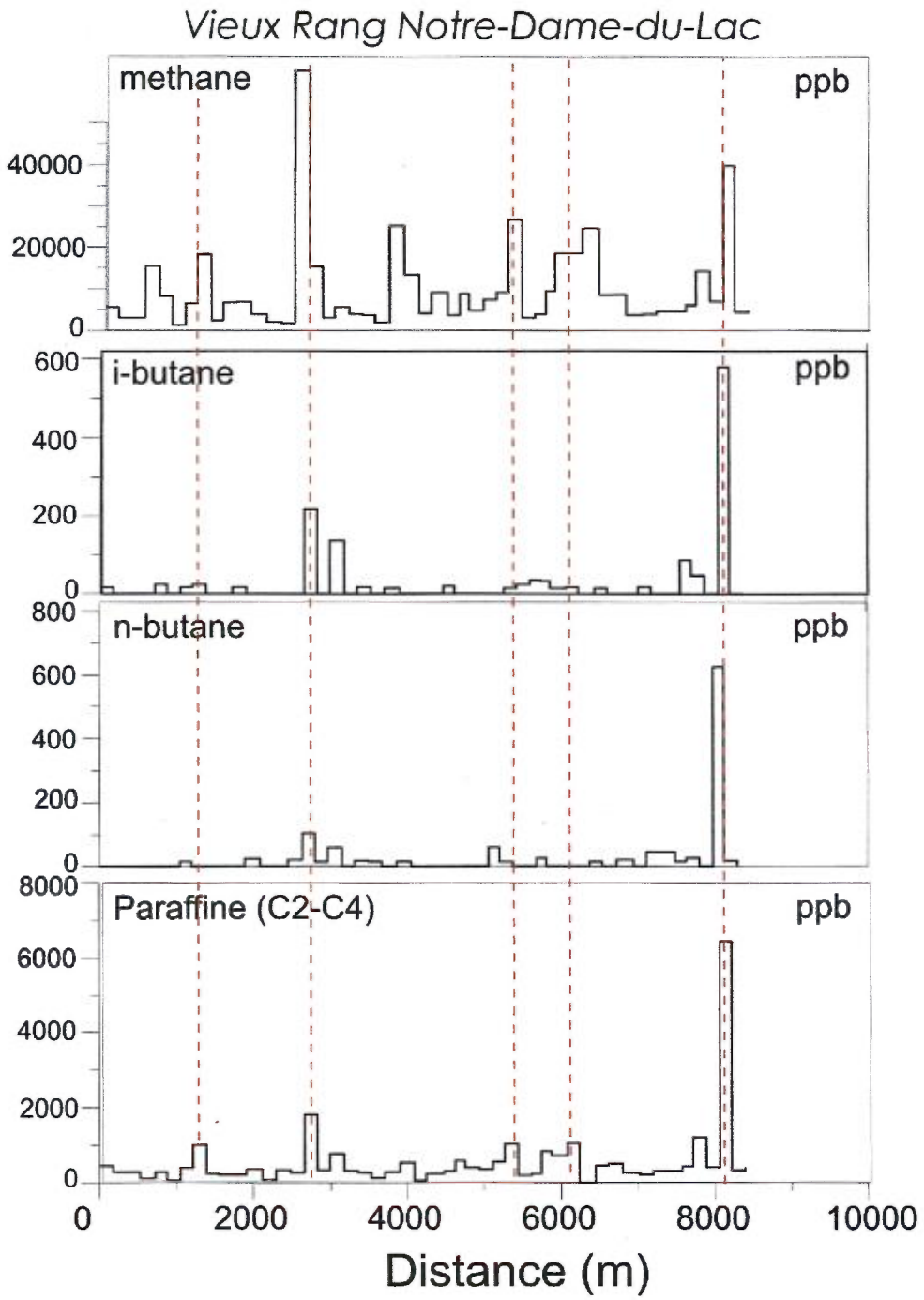



Figure 51. Distribution du méthane, du butane et de la paraffine (C2-C4) dans la section du Vieux-Rang de Notre-Dame-du-Lac. La section débute au nord et se termine au sud.

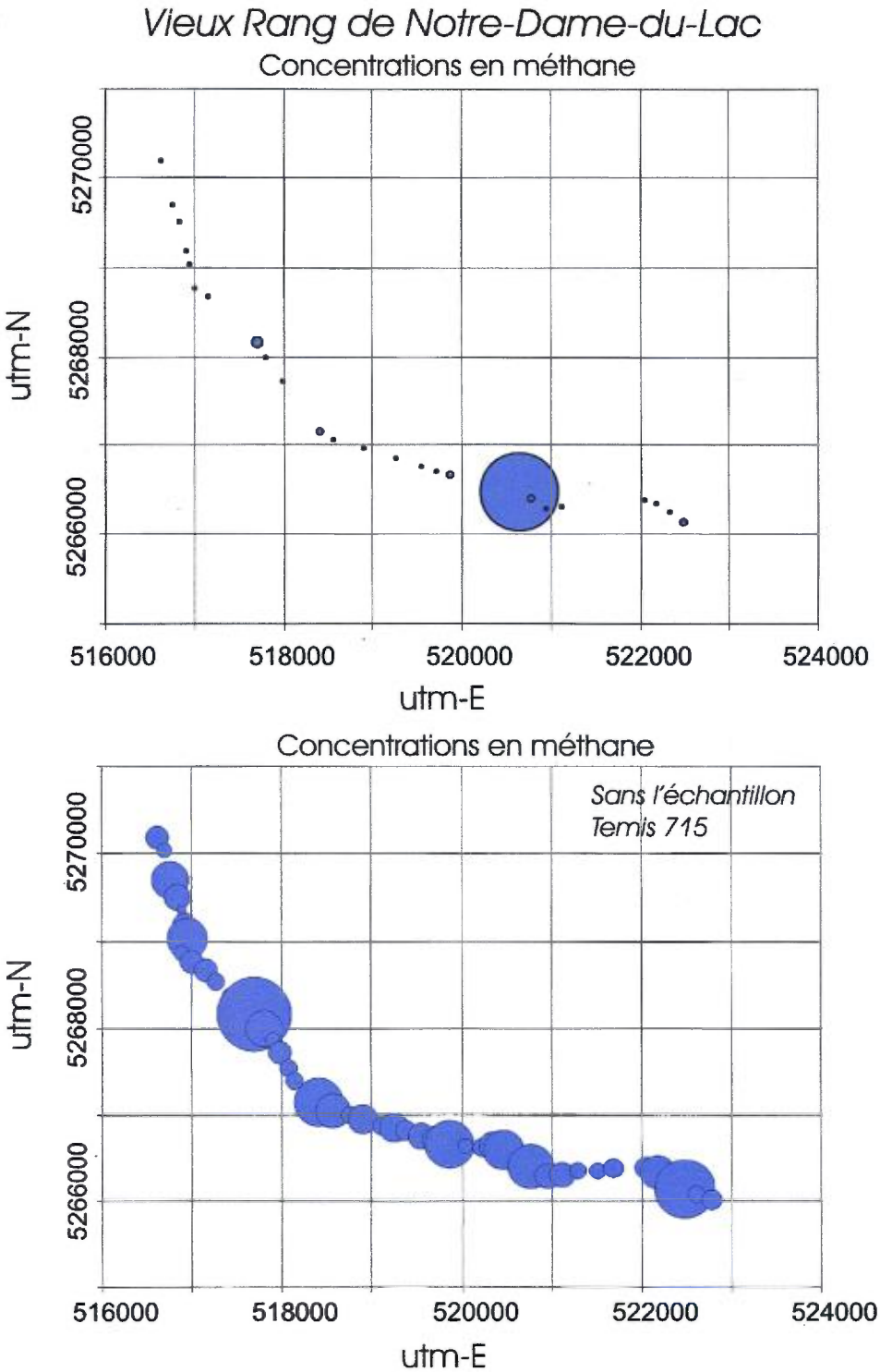



Figure 52. Cartes de distribution spatiale des anomalies en méthane observées le long de la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en méthane mesurée dans la zone vadose des sols. Notez que la figure du haut présente l'ensemble des données tandis que l'échantillon Temis-715 a été retiré de la banque de donnée pour produire la carte du bas.

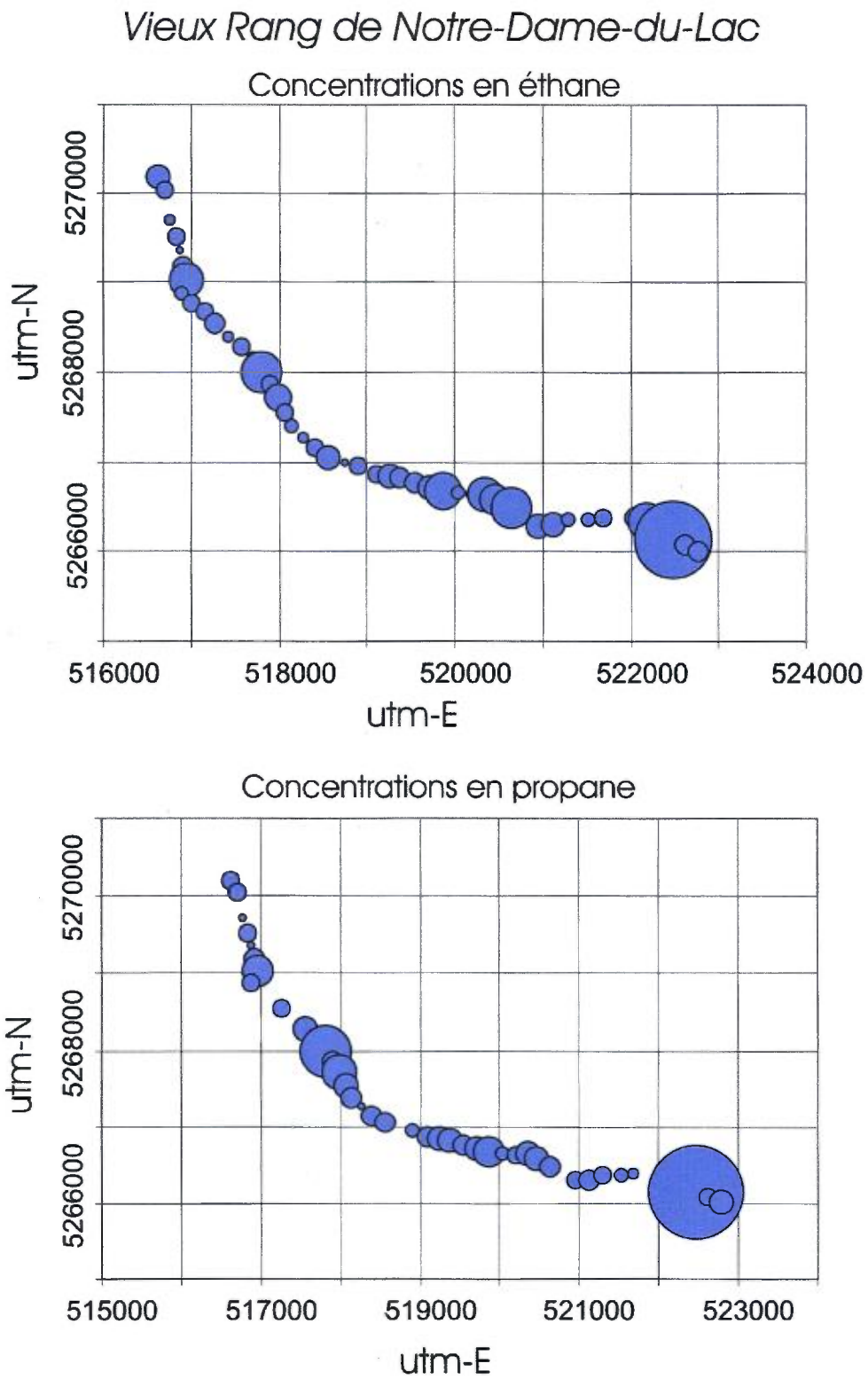



Figure 53. Carte de distribution spatiale des anomalies en éthane et propane observées le long de la section du Vieux Rang de Notre-Dame-du-Lac. Le diamètre des bulles est proportionnel aux concentrations en éthane et propane mesurées dans la zone vadose des sols.

### 5.8.5 Section de la Zec Owen

Les figures 54 et 55 montrent les résultats obtenus pour l'analyse des hydrocarbures gazeux $C_1$-$C_4$ dans la zone vadose des sols de la section de la Zec Owen. Ces données sont présentées du nord vers le sud et le kilométrage (ou métrage) débute à la première station située à l'extrémité nord de la section. La distance linéaire a été calculée à partir des données GPS UTM Nad 83.

Les anomalies significatives en hydrocarbures se répartissent surtout dans les parties nord et centre. Dans l'ensemble, la concentration de méthane dans les sols augmente du sud vers le nord. Les concentrations de méthane atteignent localement des abondances de plus 3 000 000 ppb. La partie nord (secteur du Pain de Sucre) doit être considérée comme ultra-anomalique compte tenu des très fortes concentrations en hydrocarbures et de la récurrence de ces dernières. Le secteur du Basley, situé à l'extrémité sud de la section, montre également la présence de plusieurs anomalies significatives et indicatives de circulation d'hydrocarbures dans les sols.

Pour la section de la Zec Owen, la moyenne des abondances en méthane est de 25 289 ppb (écart-type : 213 027 ppb) et les valeurs s'échelonnent entre 242 et 3 178 323 ppb. Dans l'ensemble, les abondances en éthane ($C_2$) et propane ($C_3$) ainsi que la quantité de n-paraffine ($C_2$-$C_4$) corrèlent entre elles et aussi avec les principales zones anomaliques en méthane. A priori, ceci suggère une provenance thermogénique.

Les figures 56 et 57 permettent de visualiser l'importance et la distribution spatiale des très fortes anomalies de méthane, éthane et propane observées dans la partie nord de la Zec Owen (secteur du Pain de Sucre). La présence de fortes concentrations en éthane et propane dans ce secteur suggère une source à dominance thermogénique. Quoique d'intensités moindres, les cartes de la figure 57 montrent des concentrations anomaliques en éthane et propane dans la partie centrale et sud de la Zec Owen. Ces secteurs doivent être considérés comme anomaliques et devraient faire l'objet d'études ultérieures.

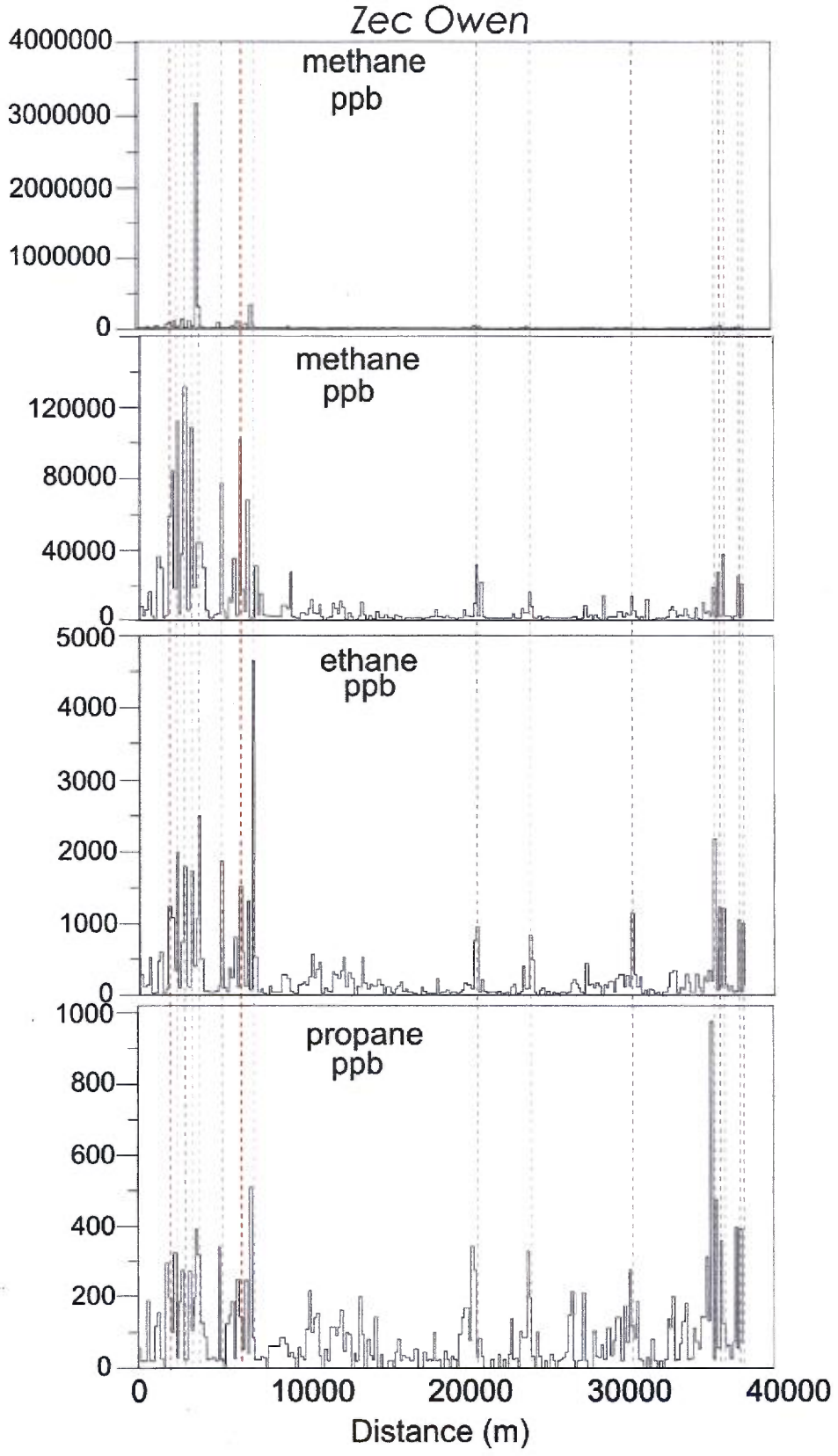



Figure 54. Distribution du méthane, de l'éthane et du propane dans la section de la Zec Owen. La section débute au nord et se termine au sud.

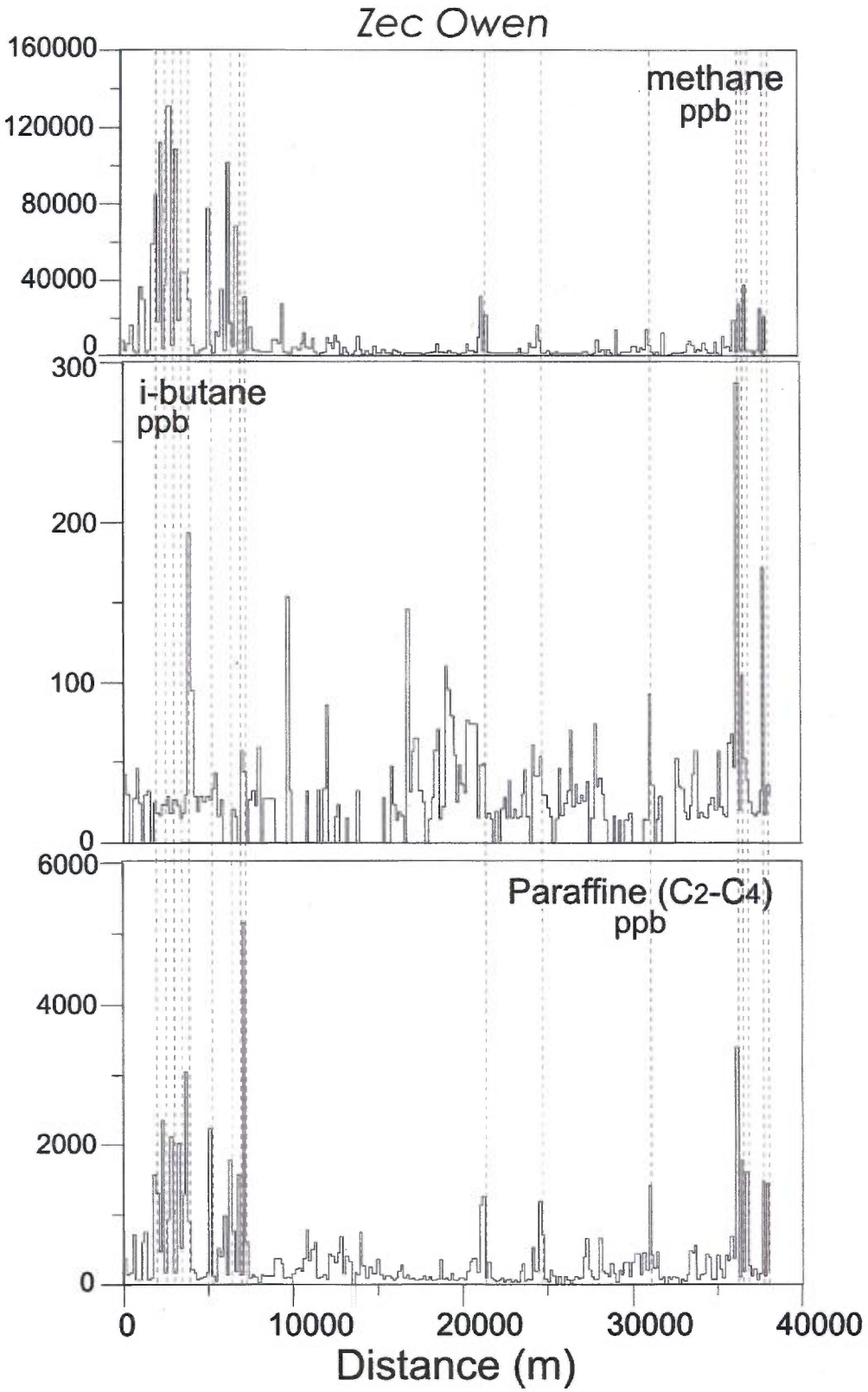



Figure 55. Distribution du méthane, du butane et de la paraffine ($C_2$-$C_4$) dans la section de la Zec Owen. La section débute au nord et se termine au sud.

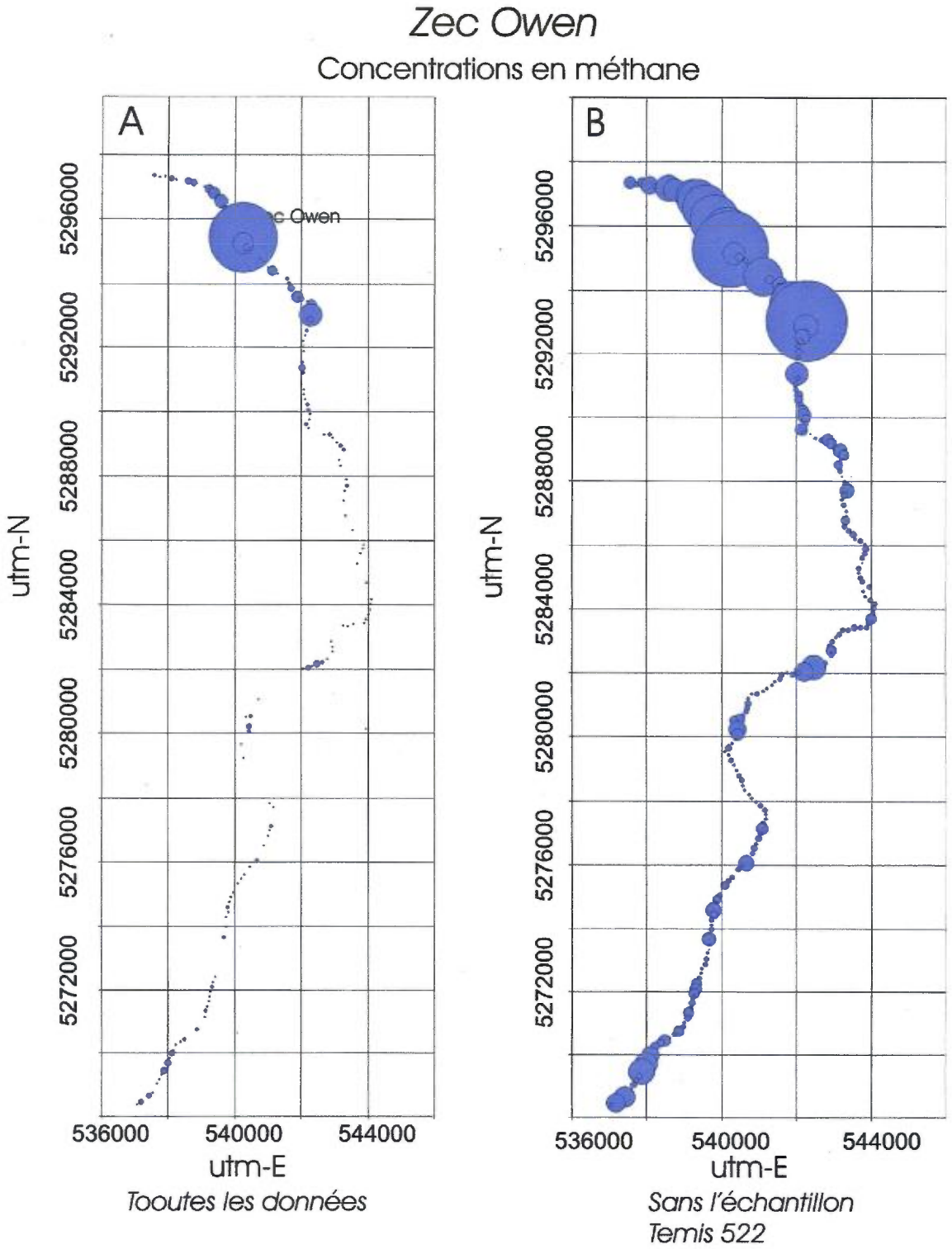



Figure 56. Carte de distribution spatiale des anomalies en méthane observées le long de la section de la Zec Owen. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en méthane mesurée dans la zone vadose des sols. Notez que la figure de gauche (A) présente l'ensemble des données tandis que l'échantillon Temis-522 a été retiré de la banque donnée pour produire la carte de droite (B).

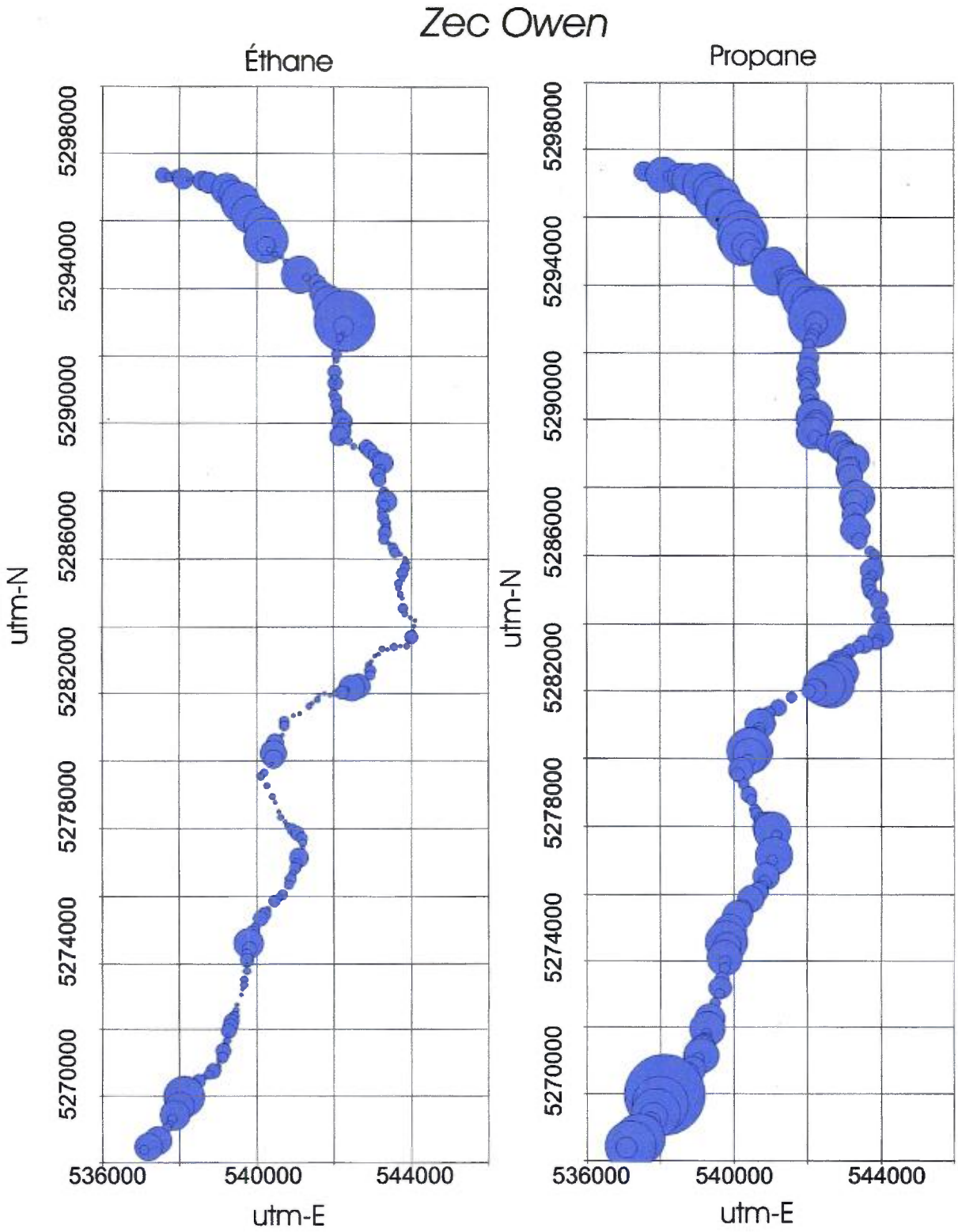



Figure 57. Carte de distribution spatiale des anomalies en éthane et propane observées le long de la section de la Zec Owen. Le diamètre des bulles est proportionnel aux concentrations en éthane et propane mesurées dans la zone vadose des sols.

### 5.8.6 Section de la Réserve de Rimouski

Les figures 58 et 59 montrent les résultats obtenus pour l'analyse des hydrocarbures gazeux $C_1$-$C_4$ dans la zone vadose des sols de la section de la Réserve de Rimouski. Ces données sont présentées du nord vers le sud et le kilométrage (ou métrage) débute à la première station située à l'extrémité nord de la section. La distance linéaire a été calculée à partir des données GPS UTM Nad 83. Notez que la longueur de la section est relativement courte dans ce secteur par comparaison à la Zec Owen en raison de la position relativement septentrionale de la frontière du Nouveau-Brunswick dans cette région.

Les anomalies significatives en hydrocarbures se répartissent surtout dans les parties nord et centre-nord de la section. Les concentrations en méthane atteignent localement des abondances de plus 95 000 ppb. La partie nord (secteur près du lac) est anomalique (entre 750 et 1750m) compte tenu des concentrations en hydrocarbures $C_1$-$C_4$ observées et de la récurrence de ces dernières. Le secteur compris entre 6000 et 7000m montre la présence de très fortes concentrations en méthane, éthane et propane qui suggèrent la présence d'une source d'hydrocarbures en profondeur.

Pour la section de la Réserve de Rimouski, la moyenne des abondances en méthane est de 4803 ppb (écart-type : 13 019 ppb) et les valeurs s'échelonnent entre 734 et 99 145 ppb. Dans l'ensemble, les abondances en éthane ($C_2$), propane ($C_3$) et butane ($C_4$) ainsi que la quantité de n-paraffine ($C_2$-$C_4$) corrèlent entre elles et aussi avec les principales zones anomaliques en méthane. A priori, ceci suggère une provenance thermogénique des hydrocarbures dans ce secteur situé le plus à l'est de la propriété Témiscouata.

Les figures 60 à 62 permettent de visualiser la distribution spatiale des anomalies en méthane, éthane et propane observées dans la section de la Réserve de Rimouski. La présence de fortes concentrations en méthane, éthane et propane dans les parties centrales et nord de la section suggère une source à dominance thermogénique dans ce secteur. La première zone anomalique, située dans la partie nord, regroupe les stations Temis-592 à 596. La seconde zone, plus importante en concentrations absolues en hydrocarbures $C_1$-$C_4$, est située dans la partie centrale et regroupe les stations Temis-627 à 630.

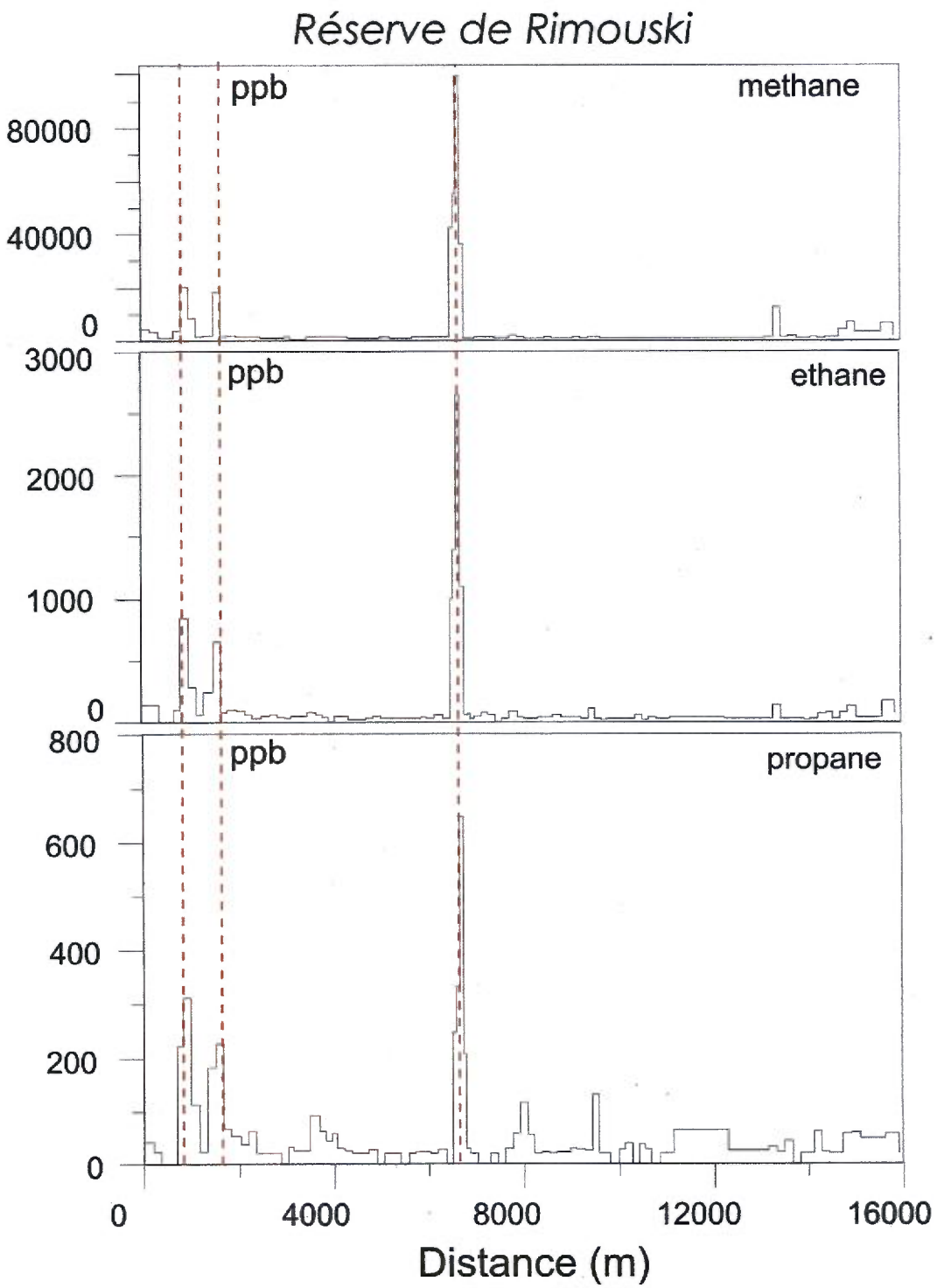



Figure 58. Distribution du méthane, de l'éthane et du propane dans la section de la Réserve de Rimouski. La section débute au nord et se termine au sud.

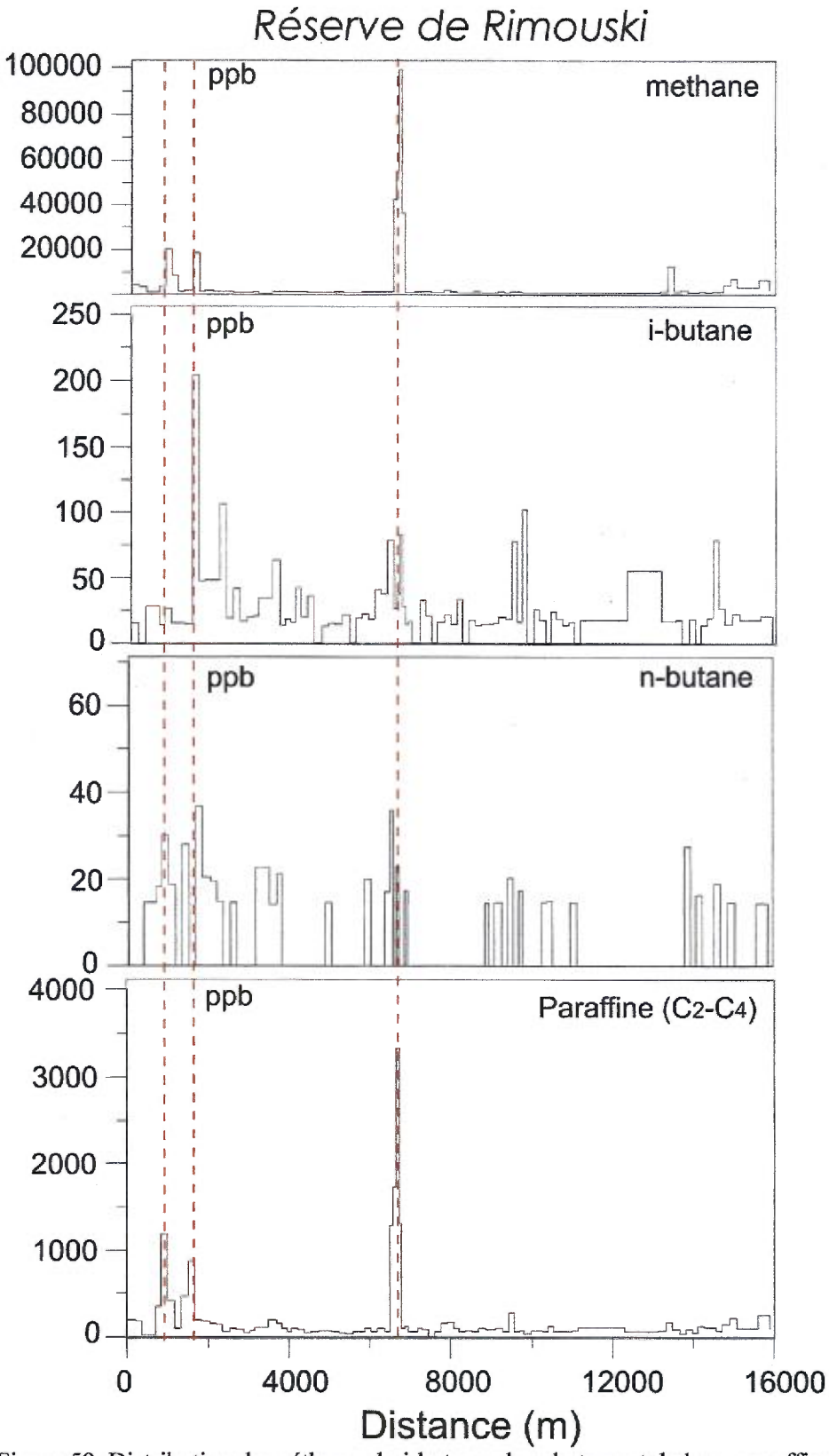



Figure 59. Distribution du méthane, du i-butane, du n-butane et de la n –paraffine ($C_2$-$C_4$) dans la section de la Réserve de Rimouski. La section débute au nord et se termine au sud.

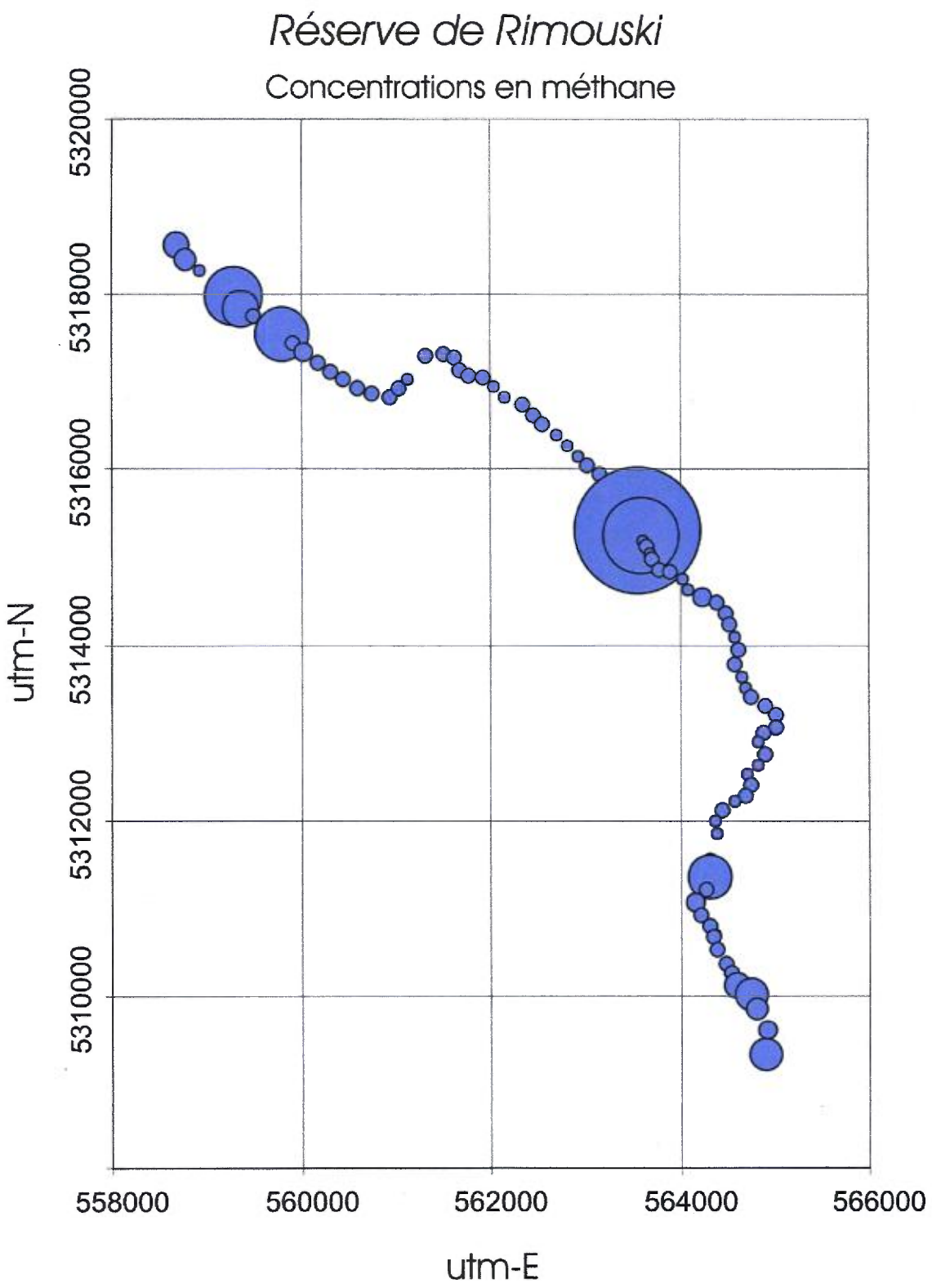



Figure 60. Carte de distribution spatiale des anomalies en méthane observées le long de la section de la Réserve de Rimouski. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en méthane mesurée dans la zone vadose des sols.

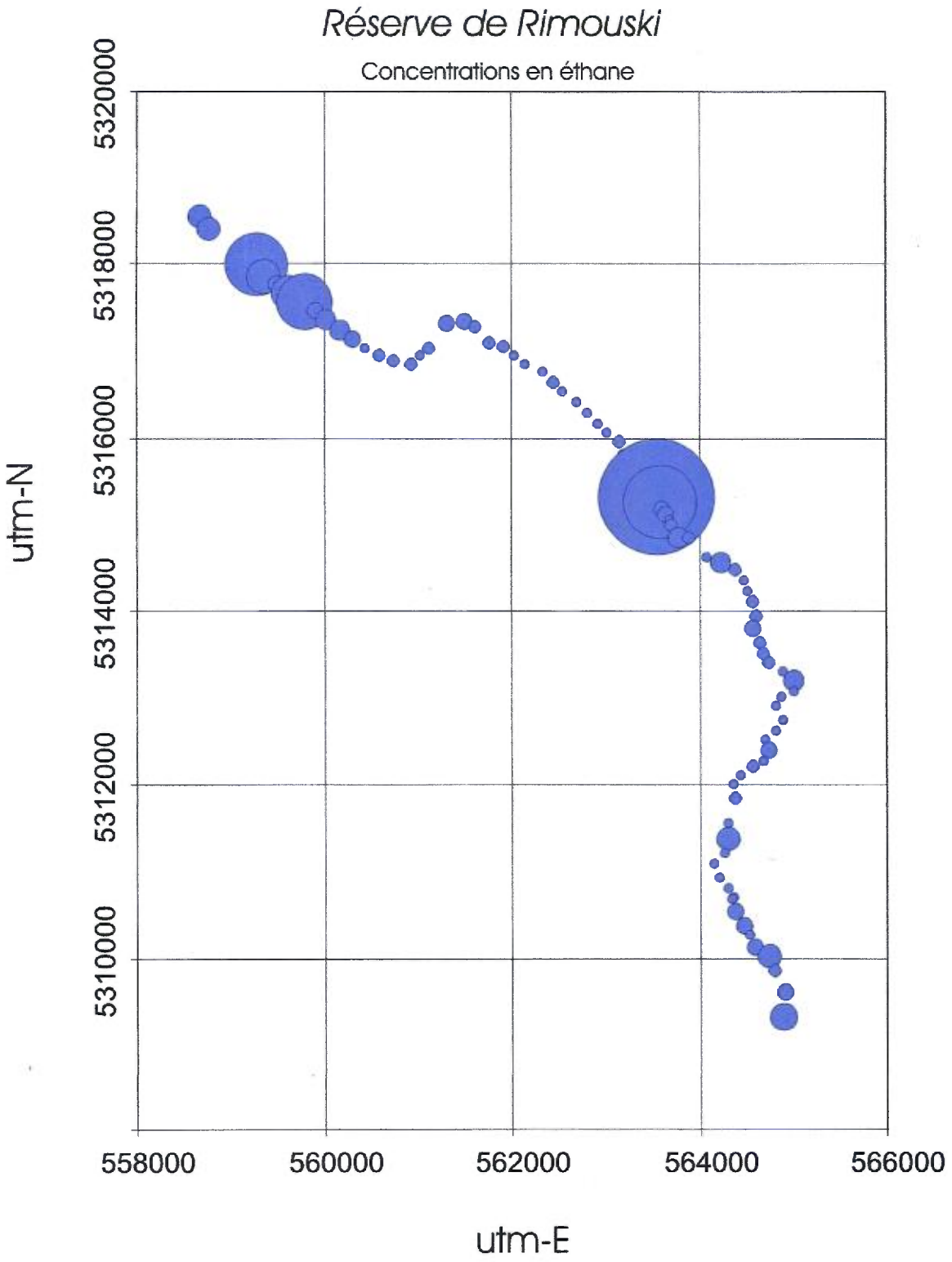



Figure 61. Carte de distribution spatiale des anomalies en éthane observées le long de la section de la Réserve de Rimouski. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en éthane mesurée dans la zone vadose des sols.

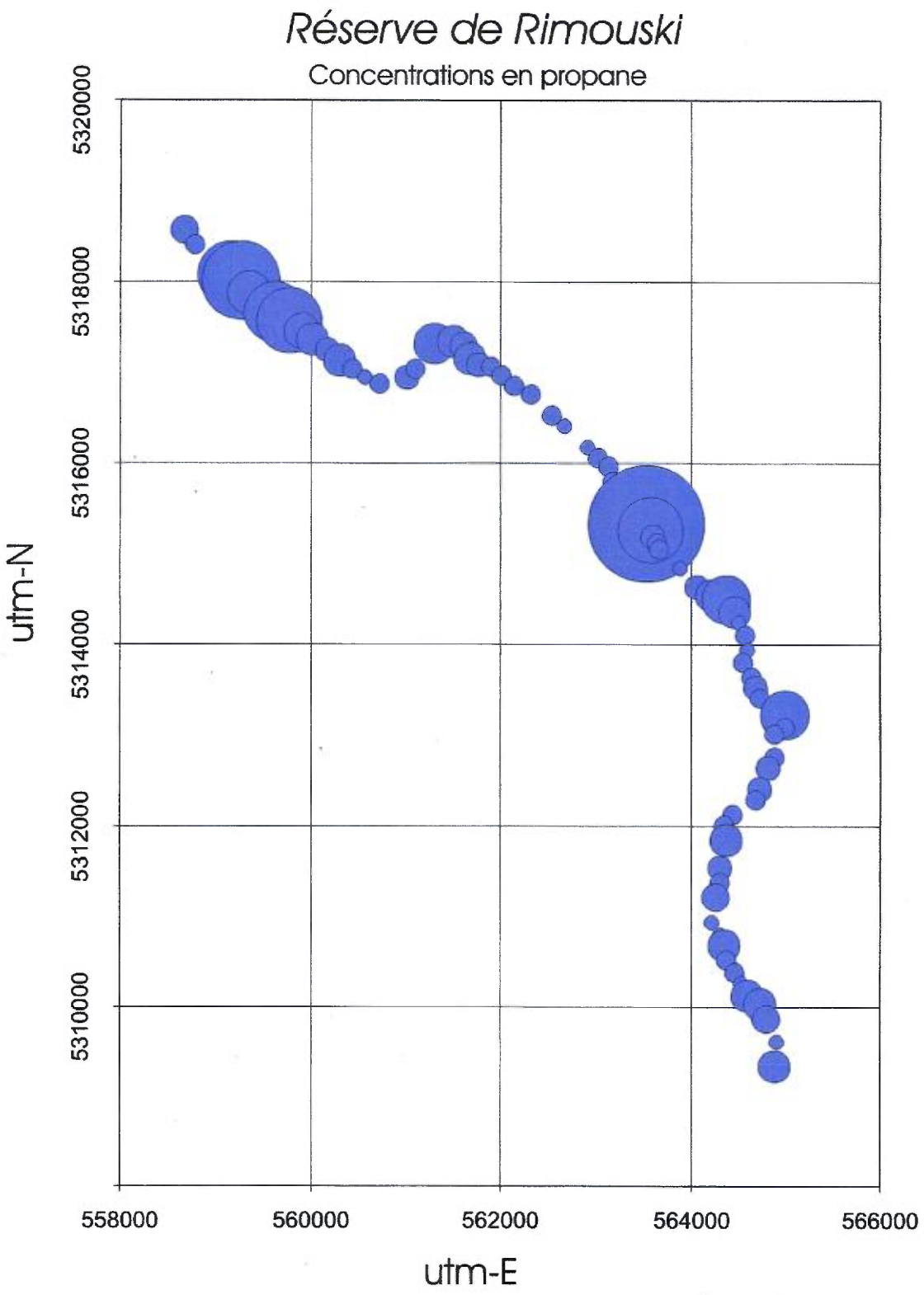



Figure 62. Carte de distribution spatiale des anomalies en propane observées le long de la section de la Réserve de Rimouski. Le diamètre des bulles est proportionnel à la concentration en propane mesurée dans la zone vadose des sols.

## 5.9 ORIGINE DES HYDROCARBURES C1-C4 OBSERVÉS DANS LA ZONE VADOSE DES SOLS DE LA PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA.

En l'absence de données isotopiques (isotopes stables du C et H), la provenance des hydrocarbures dans les sols de la propriété Témiscouata ne peut être déduite d'une façon quantitative. Toutefois, depuis plusieurs années, les chercheurs ont démontrés une relation directe entre certains rapports des composés d'hydrocarbures légers $C_1$ à $C_4$ et la présence en profondeur de gîtes de pétroles, de condensats ou de gaz secs (Jones et Drozd, 1983; Klusman, 1993; Schumacher, 2000). Ceci résulte du fait que le pétrole contient un mélange de molécules organiques plus complexes et lourdes et comportant entre autres des concentrations plus élevées en composés comme le butane (et autres molécules $C_5$ et +). Les condensats occupent une position intermédiaire entre le pétrole et le gaz sec qui est dominé par la présence de méthane et de faibles abondances en propane et butane.

La projection des résultats analytiques des rapports méthane/éthane et méthane/propane suggère fortement que les hydrocarbures C1-C3 proviennent de fuites reliées à la présence de condensats de gaz ou de gaz secs (Fig. 63). Chimiquement, les gaz analysés dans les sols de la propriété ressemblent beaucoup à ceux observés au dessus du champ de condensats de Molve (bassin de Drava en Croatie) ou à celui des Foothills de l'Alberta. Il est intéressant de souligner que certains échantillons tombent dans la fenêtre compositionnelle de l'huile (pétrole). La composition de ces échantillons reflète de fortes proportions d'éthane et de propane.

La présence d'un important champ de condensats au Témiscouata ainsi que des sources de gaz secs est fortement suggérée à partir des données de gaz prélevés dans les différents secteurs de la propriété Témiscouata. L'éventuelle découverte et la mise en production d'un champ de condensats seraient d'un intérêt économique indéniable pour le Québec. Par refroidissement, des gaz comme le propane et le butane pourraient être facilement liquéfiés et commercialisés tandis que des gaz plus légers comme le méthane et l'éthane pourraient être compressés et acheminés vers des gazoducs ou des usines utilisant le gaz naturel comme principale source d'énergie.

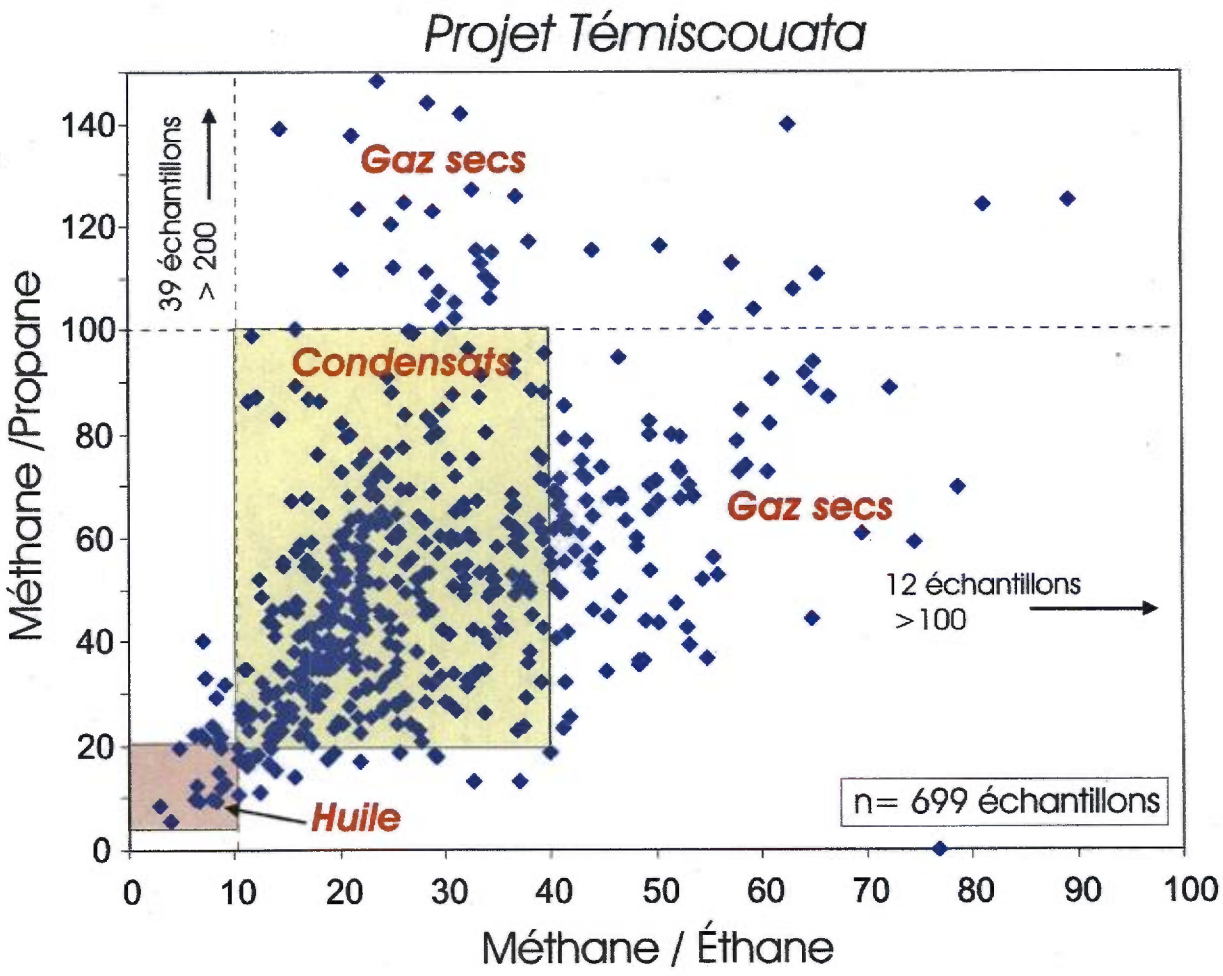



Figure 63. Compilation de données d'analyse d'hydrocarbures C1-C4 prélevées sur l'ensemble des sols échantillonnés de la propriété Témiscouata. Les limites des champs compositionnels sont tirées des travaux de Jones et Drozd (1983) et de Klusman (1993).

# 6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'exploration de terrains sévèrement affectés par l'accumulation de dépôts glaciaires fluvioglaciaires ou glacio-lacustres peut rendre complexe l'identification de cibles géologiques pouvant contenir des hydrocarbures. Par exemple, certains matériaux fins comme les argiles peuvent former des barrières imperméables au transfert vers la surface des hydrocarbures. D'un autre côté, le transport et la dispersion de fragments de roches riches en matières organiques peut produire localement de fausses anomalies géochimiques car ces fragments peuvent libérer des hydrocarbures sous certaines conditions (désorptions thermique ou chimique). Le choix du protocole analytique pour l'analyse des hydrocarbures est donc une étape critique dans ce type de projet. Pour éviter ces problèmes, nous avons opté pour l'analyse des hydrocarbures $C_1$-$C_4$ du gaz libre contenu dans la zone vadose (non saturé en eau) des sols. Les gaz libres peuvent migrer verticalement des réservoirs géologiques aux sols et ce indépendamment de la provenance des particules sédimentaires dans les formations de surface.

L'essentiel des levés pédogéochimiques pour l'exploration d'hydrocarbures ont été réalisés dans des milieux comme le sud des États-Unis (Texas, Alabama etc..), l'Afrique et l'Europe de l'Est. La littérature scientifique ne présente pas d'exemples de levés pédogéochimiques réalisés sur des surfaces ayant été fortement affectées par l'activité des glaciers. Pour l'Est du Canada, nous n'avons pas localisé de rapports ou articles mentionnant que de tels levés ont été réalisés sur les formations de roches appalachiennes. Conséquemment, le contenu de ce rapport peut être considéré comme pionnier pour l'Est du Canada pour ce qui est de l'exploration des hydrocarbures par des méthodes géochimiques de surface. Rappelons que dans cette partie du Canada, la principale méthode d'investigation demeure la sismique réflexion. Dans le cas de la propriété Témiscouata, la forte proportion de shales rend difficile l'utilisation de cette méthode d'investigation géophysique.

Dans ce rapport, nous avons adapté et appliqué des techniques géochimiques et radiométriques pluridisciplinaires dans le but d'évaluer le potentiel en hydrocarbures de la vaste propriété Témiscouata. Plus de 750 analyses de sol et de gaz en zone vadose ont été échantillonnés et analysés. Les résultats de ces analyses ont révélés la présence d'halos d'altération secondaire dans des sols âgés de moins de 10 000 ans. Ceci démontre que des matériaux présents en subsurface ont été affectés par des processus autres que ceux normalement associés à l'intempérisme chimique et mécanique responsables de la formation des sols dans cette région.

Pratiquement sur chacune des sections échantillonnées nous avons découvert des zones fortement anomaliques en hydrocarbures $C_1$-$C_4$. Quoique naturellement dominées par le méthane, ces zones contiennent de fortes proportions d'éthane, de propane et de butane qui suggèrent une source des hydrocarbures à dominance thermogénique. Occasionnellement, nous avons repéré des anomalies riches en méthane et relativement pauvres en éthane et propane suggérant la présence de méthane biogénique.

La section reliant St-Louis-du Ha-Ha à St-Jean-de-la-Lande montre de surprenantes anomalies concentrées dans les municipalités de St-Eusèbe et de Packington. La section de la Zec Owen, située à l'est du lac Squatec, montre la présence d'une puissante zone anomalique

située au nord dans le secteur du Pain de Sucre. Cette zone s'étend sur plus de 6 km et culmine avec des concentrations en méthane de 3,2 millons de ppb (3200 fois supérieures au bruit de fond régional). La partie sud de la section de la Zec Owen, dans le secteur du Baseley, montre la présence de fortes anomalies en propane. La section de la Réserve de Rimouski montre la présence de plusieurs anomalies en hydrocarbures C1-C4 dont une située dans sa partie centrale montre une concentration de plus de 99 000 ppb de méthane. La section du rang 3 du lac Long, située la plus à l'ouest de la propriété, montre dans sa partie nord une zone enrichie en méthane et éthane.

Les résultats de l'étude montrent que les roches dévoniennes de la propriété Témiscouata produisent ou laissent circuler des hydrocarbures thermogéniques vers la surface. L'association méthane-éthane-propane est dominante tandis qu'occasionnellement des zones riches en méthane et pauvres en C2-C4 sont observées. Ce méthane dérive probablement de sources biogéniques peu profondes comme des tourbières ou autres sols organiques en décomposition. Par analogie aux levés pédogéochimiques réalisés au dessus de champs d'hydrocarbures connus, la présence d'éthane à des concentrations supérieures ou égales à 1000 ppb correspond à des anomalies apicales généralement associées à la présence de gîtes d'hydrocarbures. Dans le cas de la propriété Témiscouata, plusieurs anomalies dépassent ce seuil ce qui tend à suggérer que certains secteurs de la propriété Témiscouata puissent contenir des gîtes d'hydrocarbures.

La présence d'un important champ de condensats au Témiscouata ainsi que des sources de gaz secs est fortement suggérée à partir des données de gaz prélevés dans les différents secteurs de la propriété Témiscouata. L'éventuelle découverte et la mise en production d'un champ de condensats seraient d'un intérêt économique indéniable pour le Québec. Par refroidissement, des gaz comme le propane et le butane pourraient être liquéfiés et commercialisés tandis que des gaz plus légers comme le méthane et l'éthane pourraient être compressés et acheminés vers des gazoducs ou des usines utilisant le gaz naturel comme principale source d'énergie.

Compte tenu du succès de la présente campagne d'exploration, nous suggérons la poursuite des levés pédogéochimiques dans les secteurs hautement anomaliques identifiés dans ce rapport. Plus spécifiquement, il est suggéré d'établir des grilles permettant de circonscrire la géométrie et l'extension en surface des zones anomaliques. Par la suite, les zones apicales des anomalies en hydrocarbures devraient être sondées par des levés de résistivité électrique et de polarisation induite à très haute puissance. Ces levés devraient permettre de localiser des zones ultra-résistives correspondantes à des poches de gaz dans le roc (réservoirs). La polarisation induite serait utile pour identifier des zones polarisables qui se forment souvent au dessus des réservoirs d'hydrocarbures souterrains. Suite à ces levés, de courtes lignes de sismique réflexion devront être réalisées afin de préciser la géométrie des cibles de forage.

**Complété à Québec, le 7 septembre 2008**

**Par : Marc Richer-LaFlèche**

**Marc Richer-LaFlèche, géo. (no. permis : 1055)**

# 7. REMERCIEMENTS

De très nombreuses personnes ont participé à la réalisation de ce projet. Notre assistante et opérateur de terrain Edith Chouinard de St-Eusèbe (Témiscouata), Francois Pelletier professionnel de l'INRS, les assistants de terrain Kevin Picard de Dégelis et Simon Ouellet de St-Eusèbe. Le Dr Jean-Christophe Aznar a collaboré à la préparation de la logistique et du protocole méthodologique de ce travail.

Merci au Dr Geneviève Camiré pour ses nombreux conseils sur la partie géologique de ce rapport et aux Drs D. Lavoie (CGC-Qc) et R. Bertrand (INRS-ETE) pour de très nombreuses discussions sur la géologie et le potentiel en hydrocarbures des Appalaches du Québec.

Merci à M. Pierre Gévry, Président de les Mnes JAG ltée pour avoir soutenu et financé ce projet de recherche.

# 8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES


Klusman, R.W., 1993. Soil gas and related methods for natural resource exploration. John Wiley & Sons Ltd, 480 pages (Chap. 7, p.209).

Monson, L.M. et Shurr, G.W., 2003. Assessment of hydrocarbon seepage on Fort Peck Reservation, NE Montana : a comparaison of surface exploration techniques. AAPG Annual Convention Salt Lake City, Utah, May 11-14 2003, 7 pages.

Rochefort, B., 1981. Étude pédologique du comté de Témiscouata (Québec). Service de recherche en sols Direction de la recherche Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 113 pages.

Saenz, G., Pingitore, N.E., 1989. Surface organic geochemical prospecting for hydrocarbons: multivariate analysis. J. Geochem. Explor. 34, 337–349.

Saunders, D.F., 1989. Simplified evaluation of soil magnetic susceptibility and soil gas hydrocarbon anomalies, Alabama, Ferry Field, Leon County, Texas. Assoc. Pet. Geochem. Explor.
Bull. 5, 30–49.

Saunders, D.F. et al. 1993. Combined geological and surface geochemical methods discovered Agaritta and Brady Creek Fields, Concho County, Texas. AAPG Bulletin, 77: 1219-1240.

Saunders, D.F. et al, 1999. Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations. AAPG Bulletin, 83:170-185.

Schumacher, D., 2000. Surface geochemical exploration for oil and gas: new life for an old technology. The Leading Edge, March: 258-261.

Tedesco, S.A. 1995. Surface geochemistry in Petroleum Exploration. Chapman et Hall, 206 pages.

# Annexe 1 (résultats des analyses en hydrocarbures $C_1$-$C_4$ dans la zone vadose des sols)

## Propriété Témiscouata

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Rang 3 du lac Long

| Échant. (Temis- ...) | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffine (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 424 | 7885 | 701 | 490 | 130 | 91 | 1283 |
| 425 | 17812 | 732 | 281 | 138 | 49 | 1062 |
| 426 | 6533 | 291 | 141 | 74 | 18 | 450 |
| 427 | 3102 | 215 | 22 | 20 | 27 | 264 |
| 428 | 1813 | 37 | 34 | 58 | 23 | 94 |
| 429 | 1149 | 29 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 430 | 21902 | 955 | 319 | 46 | 40 | 1314 |
| 431 | 3910 | 52 | 22 | 0 | 0 | 74 |
| 432 | 368 | 0 | 21 | 0 | 21 | 42 |
| 433 | 39581 | 454 | 159 | 0 | 0 | 613 |
| 434 | 51020 | 0 | 0 | 15 | 21 | 21 |
| 435 | 1386 | 28 | 0 | 27 | 16 | 44 |
| 436 | 4053309 | 1767 | 466 | 180 | 104 | 2336 |
| 437 | 1163 | 37 | 20 | 18 | 0 | 57 |
| 438 | 1366 | 52 | 0 | 26 | 17 | 69 |
| 439 | 1396069 | 660 | 31 | 0 | 0 | 690 |
| 440 | 7301 | 260 | 123 | 18 | 14 | 398 |
| 441 | 14031 | 245 | 125 | 0 | 0 | 369 |
| 442 | 15184 | 695 | 307 | 18 | 174 | 1176 |
| 443 | 1536 | 28 | 0 | 34 | 0 | 28 |
| 444 | 4306 | 101 | 0 | 14 | 0 | 101 |
| 445 | 5582 | 208 | 100 | 0 | 0 | 308 |
| 446 | 528 | 50 | 31 | 20 | 0 | 80 |
| 447 | 1287 | 47 | 0 | 25 | 0 | 47 |
| 448 | 1061 | 31 | 20 | 31 | 15 | 66 |
| 449 | 19723 | 977 | 240 | 0 | 0 | 1217 |
| 450 | 1373 | 0 | 0 | 47 | 0 | 0 |
| 451 | 1748 | 29 | 24 | 77 | 17 | 69 |
| 452 | 1432 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| 453 | 8538 | 619 | 199 | 0 | 0 | 818 |
| 454 | 5482 | 191 | 119 | 0 | 16 | 326 |
| 455 | 11853 | 61 | 21 | 0 | 0 | 82 |
| 456 | 1936 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 457 | 34477 | 244 | 106 | 0 | 19 | 368 |
| 458 | 22583 | 692 | 178 | 0 | 0 | 870 |
| 459 | 39454 | 1987 | 249 | 0 | 0 | 2236 |
| 460 | 14440 | 230 | 103 | 0 | 0 | 334 |
| 461 | 4784 | 338 | 157 | 0 | 0 | 496 |
| 462 | 7315 | 325 | 96 | 155 | 0 | 421 |
| 463 | 8551 | 490 | 200 | 26 | 0 | 690 |
| 464 | 1937 | 71 | 20 | 19 | 0 | 91 |
| 465 | 1194 | 189 | 97 | 0 | 14 | 300 |
| 466 | 2704 | 174 | 100 | 27 | 0 | 274 |
| 467 | 8409 | 423 | 150 | 24 | 0 | 573 |
| 468 | 13228 | 647 | 302 | 25 | 23 | 971 |
| 469 | 2014 | 161 | 63 | 0 | 0 | 224 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Rang 3 du lac Long (suite)

| Échant. (Temis- ...) | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffine (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 470 | 6384 | 318 | 163 | 0 | 14 | 495 |
| 471 | 1543 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 472 | 2872 | 270 | 109 | 0 | 0 | 379 |
| 473 | 4354 | 382 | 191 | 0 | 0 | 573 |
| 474 | 1708 | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 475 | 1616 | 85 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 476 | 521 | 109 | 27 | 0 | 0 | 136 |
| 477 | 5579 | 128 | 78 | 0 | 0 | 206 |
| 478 | 2713151 | 266 | 64 | 36 | 865 | 1195 |
| 479 | 5258 | 246 | 110 | 0 | 0 | 356 |
| 480 | 5535 | 271 | 108 | 44 | 0 | 378 |
| 482 | 6192 | 448 | 151 | 0 | 36 | 635 |
| 483 | 20018 | 69 | 22 | 0 | 0 | 91 |
| 484 | 2154 | 157 | 0 | 0 | 0 | 157 |
| 485 | 2291 | 198 | 88 | 0 | 0 | 286 |
| 486 | 1238 | 86 | 45 | 0 | 0 | 132 |
| 487 | 3031 | 261 | 118 | 0 | 0 | 379 |
| 488 | 3609 | 282 | 141 | 0 | 0 | 423 |
| 489 | 1550 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 490 | 2615 | 401 | 275 | 45 | 144 | 819 |
| 491 | 959 | 155 | 99 | 0 | 33 | 288 |
| 492 | 1599 | 135 | 91 | 23 | 0 | 226 |
| 493 | 1601 | 189 | 109 | 0 | 0 | 298 |
| 494 | 1344 | 39 | 0 | 27 | 0 | 39 |
| 495 | 1585 | 88 | 21 | 0 | 16 | 125 |
| 496 | 4588 | 179 | 75 | 16 | 0 | 254 |
| 497 | 2029 | 166 | 112 | 0 | 0 | 278 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section St-Louis-St-Jean-de-la-Lande

| Échant. Temis-.... | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffin (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2291 | 275 | 246 | 124 | 143 | 663 |
| 2 | 1774 | 74 | 67 | 69 | 44 | 185 |
| 3 | 1506 | 46 | 46 | 76 | 32 | 124 |
| 4 | 1170 | 0 | 47 | 19 | 17 | 64 |
| 5 | 1603 | 41 | 50 | 29 | 18 | 109 |
| 6 | 1620 | 42 | 0 | 34 | 0 | 42 |
| 7 | 1074 | 0 | 0 | 78 | 17 | 17 |
| 8 | 1401 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 |
| 9 | 1049 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 |
| 10 | 1317 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 |
| 11 | 1293 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| 12 | 1193 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 |
| 13 | 1134 | 30 | 23 | 0 | 19 | 71 |
| 14 | 1685 | 29 | 23 | 0 | 0 | 52 |
| 15 | 1367 | 35 | 23 | 23 | 24 | 82 |
| 16 | 1205 | 33 | 23 | 0 | 0 | 56 |
| 17 | 1130 | 71 | 25 | 0 | 0 | 95 |
| 18 | 1186 | 0 | 0 | 0 | 16 | 16 |
| 19 | 964 | 0 | 28 | 0 | 29 | 57 |
| 20 | 1434 | 33 | 22 | 0 | 0 | 55 |
| 21 | 1288 | 35 | 0 | 0 | 19 | 53 |
| 22 | 1197 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 1319 | 36 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 24 | 1039 | 31 | 0 | 22 | 0 | 31 |
| 25 | 1475 | 40 | 0 | 16 | 0 | 40 |
| 26 | 1394 | 68 | 0 | 23 | 0 | 68 |
| 27 | 1293 | 0 | 43 | 21 | 61 | 104 |
| 28 | 1463 | 37 | 24 | 17 | 35 | 96 |
| 29 | 1337 | 39 | 26 | 0 | 25 | 89 |
| 30 | 1472 | 54 | 28 | 16 | 17 | 99 |
| 31 | 1325 | 0 | 0 | 28 | 18 | 18 |
| 32 | 1351 | 29 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 33 | 1255 | 0 | 22 | 0 | 0 | 22 |
| 34 | 1341 | 0 | 21 | 31 | 0 | 21 |
| 35 | 1198 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 |
| 36 | 780 | 30 | 27 | 24 | 21 | 78 |
| 37 | 1270 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 |
| 38 | 1017 | 53 | 23 | 20 | 0 | 76 |
| 39 | 724 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 |
| 40 | 333 | 0 | 24 | 16 | 0 | 24 |
| 41 | 1022 | 0 | 0 | 16 | 26 | 26 |
| 42 | 1129 | 31 | 22 | 0 | 0 | 53 |
| 43 | 1143 | 31 | 0 | 0 | 0 | 31 |
| 44 | 1282 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 1269 | 38 | 31 | 17 | 20 | 88 |
| 46 | 943 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 |
| 47 | 1111 | 30 | 21 | 0 | 0 | 51 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section St-Louis-St-Jean-de-la-Lande (suite)

| Échant. Temis-.... | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffin (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 48 | 1093 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 753 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 1222 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 |
| 51 | 1476 | 111 | 67 | 23 | 24 | 202 |
| 52 | 1871 | 85 | 83 | 16 | 14 | 182 |
| 53 | 1343 | 42 | 27 | 19 | 15 | 84 |
| 54 | 1304 | 48 | 34 | 30 | 26 | 108 |
| 55 | 820 | 29 | 25 | 14 | 14 | 68 |
| 56 | 1457 | 0 | 33 | 68 | 18 | 50 |
| 57 | 1422 | 0 | 22 | 17 | 14 | 36 |
| 58 | 1565 | 41 | 0 | 15 | 0 | 41 |
| 59 | 1407 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 |
| 60 | 1495 | 0 | 0 | 28 | 16 | 16 |
| 61 | 938 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 |
| 62 | 1505 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 1616 | 37 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 64 | 505 | 26 | 22 | 18 | 0 | 48 |
| 65 | 1102 | 35 | 0 | 14 | 18 | 52 |
| 66 | 1392 | 0 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| 67 | 1481 | 0 | 0 | 26 | 25 | 25 |
| 68 | 1327 | 27 | 0 | 14 | 23 | 50 |
| 69 | 1486 | 27 | 0 | 16 | 0 | 27 |
| 70 | 1562 | 30 | 21 | 28 | 20 | 71 |
| 71 | 1417 | 27 | 20 | 19 | 0 | 47 |
| 72 | 1336 | 42 | 20 | 14 | 14 | 77 |
| 73 | 1355 | 48 | 30 | 20 | 0 | 78 |
| 74 | 907 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 |
| 75 | 1194 | 39 | 0 | 17 | 0 | 39 |
| 76 | 1584 | 45 | 0 | 23 | 0 | 45 |
| 77 | 1329 | 47 | 0 | 0 | 0 | 47 |
| 78 | 1461 | 30 | 22 | 14 | 16 | 68 |
| 79 | 1534 | 35 | 20 | 27 | 16 | 70 |
| 80 | 1351 | 44 | 23 | 24 | 0 | 67 |
| 81 | 845 | 0 | 0 | 0 | 15 | 15 |
| 82 | 1450 | 45 | 22 | 19 | 18 | 85 |
| 83 | 1365 | 28 | 0 | 16 | 0 | 28 |
| 84 | 1247 | 41 | 21 | 16 | 16 | 77 |
| 85 | 1260 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| 86 | 1621 | 0 | 23 | 27 | 0 | 23 |
| 87 | 1312 | 0 | 28 | 20 | 0 | 28 |
| 88 | 1661 | 32 | 35 | 14 | 0 | 67 |
| 89 | 1395 | 29 | 0 | 28 | 24 | 53 |
| 90 | 683 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 |
| 91 | 1412 | 36 | 0 | 29 | 0 | 36 |
| 92 | 1417 | 35 | 26 | 18 | 0 | 61 |
| 93 | 1110 | 27 | 22 | 30 | 15 | 65 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section St-Louis-St-Jean-de-la-Lande (suite)

| Échant. Temis-.... | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffin (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 94 | 1455 | 0 | 0 | 45 | 24 | 24 |
| 95 | 1268 | 0 | 22 | 19 | 0 | 22 |
| 96 | 1141 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 |
| 97 | 1274 | 0 | 0 | 18 | 15 | 15 |
| 98 | 1070 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 1353 | 0 | 20 | 26 | 15 | 35 |
| 100 | 1202 | 40 | 0 | 15 | 14 | 54 |
| 101 | 1228 | 0 | 39 | 28 | 16 | 55 |
| 102 | 1185 | 0 | 28 | 24 | 0 | 28 |
| 103 | 1389 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 |
| 104 | 876 | 0 | 24 | 21 | 0 | 24 |
| 105 | 1239 | 0 | 0 | 14 | 21 | 21 |
| 106 | 1603 | 44 | 0 | 16 | 0 | 44 |
| 107 | 1384 | 26 | 20 | 29 | 16 | 61 |
| 108 | 2237 | 191 | 23 | 35 | 0 | 213 |
| 109 | 1380 | 37 | 23 | 29 | 0 | 60 |
| 110 | 1973 | 135 | 0 | 17 | 0 | 135 |
| 111 | 1545 | 47 | 21 | 22 | 0 | 68 |
| 112 | 1571 | 70 | 0 | 67 | 0 | 70 |
| 113 | 1739 | 95 | 27 | 14 | 0 | 121 |
| 114 | 1911 | 134 | 23 | 21 | 0 | 157 |
| 115 | 1150 | 75 | 0 | 21 | 14 | 89 |
| 116 | 1471 | 96 | 0 | 14 | 0 | 96 |
| 117 | 36028 | 1496 | 494 | 123 | 35 | 2025 |
| 118 | 11261 | 648 | 190 | 27 | 27 | 865 |
| 119 | 14167 | 839 | 253 | 86 | 18 | 1110 |
| 120 | 1637 | 79 | 27 | 39 | 22 | 129 |
| 121 | 841 | 50 | 22 | 22 | 16 | 88 |
| 122 | 1592 | 34 | 0 | 24 | 0 | 34 |
| 123 | 1897 | 33 | 24 | 38 | 20 | 77 |
| 124 | 3659 | 162 | 87 | 21 | 14 | 263 |
| 125 | 44099 | 1083 | 285 | 23 | 49 | 1416 |
| 126 | 7665 | 523 | 140 | 35 | 16 | 679 |
| 127 | 19535 | 930 | 287 | 36 | 41 | 1258 |
| 128 | 34108 | 1559 | 460 | 69 | 63 | 2081 |
| 129 | 4097 | 196 | 94 | 20 | 17 | 308 |
| 130 | 1592 | 36 | 28 | 16 | 15 | 78 |
| 131 | 3612 | 166 | 78 | 38 | 17 | 261 |
| 132 | 4603 | 86 | 68 | 14 | 16 | 170 |
| 133 | 5080 | 115 | 44 | 20 | 18 | 177 |
| 134 | 18767 | 767 | 297 | 44 | 21 | 1086 |
| 135 | 2438 | 86 | 29 | 34 | 20 | 135 |
| 136 | 7825 | 381 | 134 | 29 | 19 | 534 |
| 137 | 22112 | 963 | 314 | 47 | 75 | 1352 |
| 138 | 3005 | 118 | 109 | 57 | 24 | 251 |
| 139 | 1640 | 45 | 72 | 17 | 24 | 140 |
| 140 | 3099 | 105 | 29 | 21 | 15 | 148 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section St-Louis-St-Jean-de-la-Lande (suite)

| Échant. Temis-.... | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffin (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 141 | 1469 | 30 | 21 | 14 | 0 | 51 |
| 142 | 1113 | 27 | 20 | 23 | 24 | 71 |
| 143 | 8260 | 177 | 87 | 14 | 26 | 290 |
| 144 | 1175 | 50 | 33 | 21 | 14 | 98 |
| 145 | 703 | 31 | 22 | 15 | 16 | 70 |
| 146 | 1264 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 147 | 2619 | 159 | 86 | 23 | 21 | 265 |
| 148 | 1372 | 42 | 23 | 15 | 17 | 82 |
| 149 | 2315 | 110 | 84 | 19 | 20 | 215 |
| 150 | 1278 | 60 | 20 | 21 | 17 | 98 |
| 151 | 12940 | 812 | 271 | 87 | 103 | 1185 |
| 152 | 8534 | 318 | 123 | 19 | 15 | 457 |
| 153 | 114477 | 1548 | 354 | 34 | 27 | 1929 |
| 154 | 53707 | 2228 | 1197 | 363 | 302 | 3727 |
| 155 | 8275 | 744 | 240 | 30 | 21 | 1004 |
| 156 | 3596 | 248 | 138 | 20 | 26 | 412 |
| 157 | 7290 | 559 | 245 | 49 | 31 | 834 |
| 158 | 3489 | 221 | 92 | 23 | 27 | 340 |
| 159 | 1521 | 51 | 25 | 28 | 16 | 93 |
| 160 | 3890 | 219 | 106 | 14 | 16 | 342 |
| 161 | 15858 | 664 | 310 | 26 | 37 | 1011 |
| 162 | 23641 | 760 | 328 | 50 | 64 | 1152 |
| 163 | 4554 | 203 | 74 | 14 | 24 | 301 |
| 164 | 3534 | 102 | 31 | 31 | 16 | 149 |
| 165 | 8291 | 454 | 227 | 92 | 43 | 725 |
| 166 | 18973 | 883 | 328 | 48 | 23 | 1233 |
| 167 | 20386 | 1052 | 451 | 25 | 79 | 1581 |
| 168 | 8480 | 382 | 152 | 34 | 20 | 554 |
| 169 | 3142 | 98 | 60 | 30 | 14 | 173 |
| 170 | 1535 | 39 | 20 | 21 | 14 | 73 |
| 171 | 12196 | 674 | 311 | 46 | 47 | 1031 |
| 172 | 3262 | 185 | 80 | 41 | 25 | 291 |
| 173 | 2123 | 83 | 36 | 21 | 27 | 145 |
| 174 | 841 | 28 | 30 | 16 | 16 | 74 |
| 175 | 1700 | 62 | 74 | 27 | 14 | 150 |
| 176 | 1165 | 29 | 20 | 287 | 27 | 77 |
| 177 | 1530 | 39 | 20 | 40 | 21 | 80 |
| 178 | 1880 | 43 | 34 | 47 | 38 | 115 |
| 179 | 1090 | 29 | 30 | 129 | 31 | 90 |
| 180 | 1361 | 48 | 22 | 79 | 22 | 92 |
| 181 | 1352 | 43 | 25 | 54 | 37 | 105 |
| 182 | 1156 | 37 | 43 | 53 | 25 | 106 |
| 183 | 528 | 0 | 28 | 14 | 14 | 42 |
| 184 | 1966 | 93 | 52 | 28 | 32 | 176 |
| 185 | 2198 | 101 | 87 | 16 | 0 | 188 |
| 186 | 3226 | 126 | 90 | 14 | 0 | 216 |
| 187 | 5613 | 352 | 166 | 43 | 24 | 542 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section St-Louis-St-Jean-de-la-Lande (suite)

| Échant. Temis-.... | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffin (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 188 | 2409 | 133 | 88 | 28 | 0 | 222 |
| 189 | 7302 | 360 | 100 | 27 | 29 | 489 |
| 190 | 4353 | 146 | 103 | 14 | 22 | 271 |
| 191 | 1620 | 32 | 37 | 65 | 31 | 100 |
| 192 | 470 | 42 | 27 | 0 | 0 | 69 |
| 193 | 1878 | 65 | 102 | 217 | 17 | 184 |
| 194 | 1176 | 35 | 34 | 50 | 27 | 96 |
| 195 | 1639 | 34 | 45 | 20 | 15 | 93 |
| 196 | 1048 | 44 | 23 | 24 | 0 | 67 |
| 197 | 1044 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 |
| 198 | 3777 | 141 | 38 | 27 | 15 | 194 |
| 199 | 2679 | 55 | 61 | 31 | 16 | 131 |
| 200 | 3759 | 130 | 118 | 212 | 26 | 274 |
| 201 | 2312 | 68 | 48 | 30 | 32 | 147 |
| 202 | 1855 | 27 | 31 | 27 | 25 | 82 |
| 203 | 5726 | 246 | 91 | 16 | 19 | 355 |
| 204 | 2034 | 41 | 26 | 117 | 16 | 83 |
| 205 | 9080 | 139 | 82 | 25 | 23 | 243 |
| 206 | 16929 | 1226 | 565 | 82 | 62 | 1853 |
| 207 | 2016 | 104 | 53 | 28 | 25 | 182 |
| 208 | 3993 | 231 | 198 | 37 | 29 | 458 |
| 209 | 2721 | 107 | 79 | 24 | 18 | 205 |
| 210 | 51699 | 1664 | 203 | 16 | 21 | 1888 |
| 211 | 7312 | 400 | 85 | 53 | 17 | 502 |
| 212 | 2254 | 155 | 99 | 21 | 17 | 271 |
| 213 | 4340 | 173 | 36 | 16 | 0 | 209 |
| 214 | 9821 | 606 | 208 | 35 | 28 | 842 |
| 215 | 2207 | 113 | 47 | 44 | 18 | 178 |
| 216 | 1137 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 |
| 217 | 1514 | 38 | 25 | 43 | 19 | 81 |
| 218 | 1555 | 29 | 23 | 20 | 22 | 73 |
| 219 | 1363 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 220 | 5612 | 221 | 144 | 48 | 16 | 380 |
| 226 | 1224 | 89 | 27 | 17 | 0 | 116 |
| 227 | 1308 | 39 | 50 | 17 | 0 | 89 |
| 228 | 89027 | 0 | 29 | 0 | 17 | 46 |
| 229 | 34395 | 49 | 22 | 17 | 17 | 88 |
| 230 | 2604 | 68 | 30 | 18 | 0 | 98 |
| 231 | 4729 | 260 | 109 | 17 | 42 | 411 |
| 232 | 1933 | 47 | 25 | 31 | 17 | 88 |
| 233 | 1305 | 53 | 31 | 17 | 16 | 99 |
| 234 | 4212 | 212 | 78 | 16 | 28 | 318 |
| 235 | 787 | 35 | 25 | 29 | 19 | 79 |
| 236 | 1751 | 35 | 26 | 31 | 29 | 90 |
| 237 | 14062 | 858 | 442 | 79 | 46 | 1345 |
| 238 | 2194 | 161 | 95 | 17 | 27 | 282 |
| 239 | 643 | 37 | 23 | 18 | 0 | 60 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section St-Louis-St-Jean-de-la-Lande (suite)

| Échant. Temis-.... | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffin (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 1423 | 34 | 56 | 24 | 17 | 107 |
| 241 | 2890 | 40 | 33 | 27 | 0 | 73 |
| 242 | 5489 | 341 | 248 | 62 | 17 | 606 |
| 243 | 3218 | 169 | 93 | 15 | 28 | 290 |
| 244 | 6967 | 313 | 157 | 27 | 16 | 485 |
| 245 | 3666 | 256 | 104 | 15 | 0 | 360 |
| 246 | 4993 | 227 | 78 | 19 | 25 | 330 |
| 247 | 4307 | 257 | 119 | 27 | 28 | 403 |
| 248 | 1639 | 36 | 48 | 17 | 17 | 101 |
| 249 | 887 | 44 | 37 | 114 | 20 | 100 |
| 250 | 1334 | 36 | 22 | 16 | 19 | 77 |
| 251 | 999 | 0 | 31 | 0 | 0 | 31 |
| 252 | 1422 | 39 | 24 | 0 | 18 | 80 |
| 253 | 2277 | 30 | 0 | 33 | 0 | 30 |
| 254 | 1525 | 29 | 23 | 24 | 17 | 69 |
| 255 | 1403 | 105 | 85 | 19 | 36 | 227 |
| 256 | 2021 | 67 | 73 | 17 | 32 | 172 |
| 257 | 1562 | 72 | 43 | 16 | 18 | 133 |
| 258 | 3547 | 179 | 144 | 28 | 20 | 343 |
| 259 | 2678 | 155 | 78 | 25 | 24 | 256 |
| 260 | 1452 | 30 | 24 | 16 | 19 | 73 |
| 262 | 1408 | 31 | 0 | 17 | 0 | 31 |
| 263 | 1489 | 67 | 28 | 26 | 17 | 113 |
| 264 | 1283 | 49 | 23 | 22 | 16 | 88 |
| 265 | 1359 | 33 | 0 | 44 | 0 | 33 |
| 266 | 1139 | 35 | 27 | 21 | 17 | 78 |
| 267 | 1450 | 38 | 38 | 29 | 26 | 103 |
| 268 | 2286 | 85 | 95 | 72 | 25 | 205 |
| 269 | 2042 | 52 | 23 | 21 | 16 | 91 |
| 270 | 1822 | 83 | 34 | 42 | 23 | 139 |
| 271 | 1907 | 62 | 56 | 16 | 27 | 144 |
| 272 | 1469 | 41 | 0 | 24 | 24 | 65 |
| 273 | 1742 | 95 | 37 | 86 | 22 | 154 |
| 274 | 1952 | 67 | 28 | 46 | 29 | 125 |
| 275 | 1515 | 35 | 25 | 33 | 16 | 76 |
| 276 | 1735 | 84 | 22 | 56 | 22 | 127 |
| 277 | 2092 | 97 | 70 | 29 | 0 | 167 |
| 278 | 2474 | 155 | 43 | 25 | 32 | 230 |
| 279 | 1999 | 77 | 26 | 19 | 19 | 122 |
| 280 | 4547 | 307 | 133 | 43 | 46 | 487 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Rand de la Seigneurie (St-Eusèbe)

| Échant. (Temis- ...) | Methane (ppb) | Ethane (ppb) | Propane (ppb) | i-Butane (ppb) | n-Butane (ppb) | n-Paraffine (ppb) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 729 | 5940 | 281 | 148 | 0 | 17 | 446 |
| 730 | 3602 | 169 | 22 | 0 | 15 | 206 |
| 731 | 3436 | 184 | 86 | 0 | 0 | 270 |
| 732 | 5252 | 200 | 63 | 0 | 0 | 263 |
| 733 | 7823 | 200 | 27 | 0 | 15 | 243 |
| 734 | 4878 | 132 | 32 | 0 | 17 | 181 |
| 735 | 2074 | 108 | 0 | 0 | 16 | 124 |
| 737 | 4319 | 81 | 20 | 17 | 0 | 100 |
| 739 | 3039 | 149 | 0 | 15 | 0 | 149 |
| 740 | 2233 | 53 | 0 | 0 | 0 | 53 |
| 741 | 6065 | 122 | 22 | 19 | 0 | 144 |
| 742 | 13345 | 392 | 167 | 14 | 31 | 590 |
| 743 | 22094 | 403 | 216 | 0 | 0 | 618 |
| 744 | 4162 | 114 | 45 | 0 | 0 | 159 |
| 745 | 10090 | 276 | 107 | 0 | 0 | 383 |
| 746 | 3584 | 141 | 0 | 0 | 0 | 141 |
| 747 | 2639 | 100 | 21 | 17 | 16 | 138 |
| 748 | 3335 | 136 | 0 | 14 | 0 | 136 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Vieux Rang Notre-Dame-du-Lac

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 680 | 5658 | 367 | 84 | 17 | 0 | 451 |
| 681 | 2971 | 182 | 88 | 0 | 0 | 270 |
| 683 | 15599 | 79 | 22 | 0 | 0 | 101 |
| 684 | 8084 | 195 | 95 | 22 | 0 | 290 |
| 685 | 1169 | 29 | 23 | 0 | 0 | 52 |
| 686 | 6413 | 290 | 106 | 17 | 15 | 412 |
| 687 | 18289 | 741 | 254 | 22 | 0 | 995 |
| 688 | 2432 | 148 | 74 | 0 | 0 | 222 |
| 689 | 6551 | 196 | 0 | 0 | 0 | 196 |
| 690 | 6882 | 214 | 0 | 15 | 0 | 214 |
| 691 | 3910 | 242 | 95 | 0 | 22 | 360 |
| 692 | 1929 | 71 | 0 | 0 | 0 | 71 |
| 693 | 1771 | 195 | 138 | 0 | 0 | 333 |
| 694 | 62126 | 156 | 71 | 0 | 18 | 246 |
| 695 | 15383 | 1057 | 630 | 216 | 106 | 1793 |
| 696 | 2969 | 197 | 109 | 0 | 15 | 321 |
| 697 | 5669 | 423 | 291 | 135 | 59 | 773 |
| 698 | 3780 | 164 | 148 | 0 | 0 | 312 |
| 699 | 3680 | 124 | 111 | 15 | 17 | 252 |
| 700 | 1896 | 77 | 21 | 0 | 15 | 113 |
| 701 | 25304 | 169 | 119 | 14 | 0 | 288 |
| 702 | 13429 | 401 | 119 | 0 | 14 | 534 |
| 703 | 4011 | 46 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 704 | 8951 | 191 | 52 | 0 | 0 | 242 |
| 705 | 3631 | 204 | 98 | 18 | 0 | 302 |
| 706 | 8810 | 398 | 171 | 0 | 0 | 569 |
| 707 | 4650 | 258 | 134 | 0 | 0 | 392 |
| 708 | 7191 | 231 | 111 | 0 | 0 | 342 |
| 709 | 8962 | 325 | 172 | 0 | 60 | 556 |
| 710 | 26629 | 768 | 244 | 14 | 15 | 1027 |
| 711 | 3050 | 111 | 62 | 23 | 0 | 173 |
| 712 | 3874 | 152 | 75 | 33 | 0 | 227 |
| 713 | 9434 | 646 | 171 | 31 | 25 | 841 |
| 714 | 18523 | 544 | 168 | 14 | 0 | 712 |
| 715 | 2853008 | 955 | 112 | 15 | 0 | 1067 |
| 716 | 24607 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 717 | 8443 | 338 | 96 | 14 | 14 | 448 |
| 718 | 8674 | 369 | 120 | 0 | 0 | 489 |
| 719 | 3620 | 147 | 92 | 0 | 21 | 260 |
| 720 | 3764 | 151 | 63 | 16 | 0 | 213 |
| 721 | 4583 | 221 | 30 | 0 | 45 | 297 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Vieux Rang Notre-Dame-du-Lac (suite)

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 723 | 5979 | 302 | 116 | 84 | 14 | 433 |
| 724 | 14233 | 764 | 410 | 46 | 26 | 1199 |
| 725 | 6821 | 290 | 100 | 0 | 0 | 390 |
| 726 | 39596 | 3542 | 2263 | 580 | 625 | 6430 |
| 727 | 4241 | 241 | 81 | 0 | 16 | 338 |
| 728 | 4764 | 256 | 157 | 0 | 0 | 414 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Zec Owen

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 281 | 2495 | 123 | 68 | 29 | 0 | 190 |
| 282 | 20776 | 1000 | 389 | 35 | 54 | 1443 |
| 283 | 1178 | 42 | 56 | 17 | 18 | 117 |
| 284 | 24870 | 1057 | 397 | 172 | 23 | 1477 |
| 285 | 2875 | 54 | 73 | 32 | 21 | 149 |
| 286 | 843 | 35 | 26 | 19 | 0 | 60 |
| 287 | 2777 | 128 | 65 | 16 | 21 | 214 |
| 288 | 2342 | 69 | 59 | 18 | 0 | 127 |
| 289 | 2825 | 144 | 122 | 25 | 0 | 266 |
| 290 | 37716 | 1216 | 358 | 39 | 27 | 1602 |
| 291 | 2506 | 115 | 54 | 52 | 17 | 186 |
| 292 | 27493 | 1224 | 475 | 105 | 71 | 1770 |
| 293 | 2101 | 72 | 26 | 20 | 0 | 98 |
| 294 | 18856 | 2185 | 971 | 287 | 241 | 3397 |
| 295 | 2645 | 199 | 131 | 47 | 35 | 365 |
| 296 | 4730 | 339 | 312 | 68 | 38 | 689 |
| 297 | 4365 | 184 | 139 | 62 | 25 | 348 |
| 298 | 10057 | 255 | 141 | 16 | 19 | 415 |
| 299 | 871 | 40 | 52 | 17 | 0 | 91 |
| 300 | 1545 | 112 | 72 | 22 | 36 | 220 |
| 301 | 7160 | 280 | 111 | 57 | 25 | 416 |
| 302 | 1621 | 45 | 26 | 20 | 0 | 71 |
| 303 | 1201 | 35 | 24 | 28 | 15 | 75 |
| 304 | 3344 | 173 | 182 | 24 | 36 | 390 |
| 305 | 6666 | 294 | 129 | 15 | 17 | 439 |
| 306 | 2401 | 84 | 67 | 16 | 0 | 151 |
| 307 | 3310 | 105 | 23 | 19 | 0 | 128 |
| 308 | 1865 | 29 | 20 | 15 | 26 | 76 |
| 309 | 5849 | 345 | 197 | 57 | 27 | 569 |
| 310 | 7884 | 339 | 111 | 43 | 0 | 450 |
| 311 | 6017 | 315 | 138 | 23 | 23 | 476 |
| 312 | 1979 | 115 | 23 | 14 | 0 | 138 |
| 313 | 1253 | 39 | 0 | 19 | 0 | 39 |
| 314 | 1410 | 35 | 21 | 33 | 23 | 79 |
| 315 | 1442 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 |
| 316 | 1513 | 35 | 21 | 52 | 28 | 84 |
| 317 | 1025 | 28 | 78 | 0 | 0 | 106 |
| 318 | 275 | 70 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 319 | 242 | 81 | 29 | 0 | 0 | 110 |
| 320 | 11988 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 321 | 424 | 69 | 19 | 0 | 15 | 103 |
| 322 | 1968 | 30 | 22 | 28 | 16 | 68 |
| 323 | 998 | 251 | 182 | 15 | 30 | 463 |
| 324 | 1930 | 116 | 80 | 0 | 27 | 223 |
| 325 | 5424 | 286 | 118 | 36 | 14 | 418 |
| 326 | 14132 | 1146 | 273 | 93 | 0 | 1419 |
| 327 | 3193 | 128 | 71 | 14 | 0 | 199 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4
Section Zec Owen (suite)

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 328 | 4315 | 277 | 171 | 14 | 0 | 448 |
| 329 | 1844 | 115 | 21 | 0 | 0 | 136 |
| 331 | 4923 | 293 | 141 | 0 | 0 | 434 |
| 332 | 1782 | 223 | 77 | 0 | 15 | 314 |
| 333 | 1901 | 43 | 36 | 18 | 20 | 100 |
| 335 | 1906 | 185 | 111 | 14 | 15 | 311 |
| 336 | 744 | 103 | 23 | 0 | 15 | 141 |
| 337 | 14080 | 137 | 63 | 14 | 0 | 200 |
| 338 | 570 | 0 | 29 | 0 | 0 | 29 |
| 339 | 1520 | 121 | 31 | 17 | 0 | 152 |
| 340 | 3136 | 173 | 101 | 0 | 20 | 294 |
| 341 | 1097 | 104 | 0 | 0 | 0 | 104 |
| 342 | 3068 | 155 | 0 | 14 | 0 | 155 |
| 343 | 1822 | 149 | 21 | 30 | 15 | 184 |
| 344 | 8517 | 447 | 211 | 40 | 0 | 658 |
| 345 | 1430 | 33 | 21 | 35 | 18 | 73 |
| 346 | 1121 | 35 | 20 | 74 | 15 | 71 |
| 347 | 890 | 104 | 0 | 15 | 0 | 104 |
| 348 | 1790 | 158 | 21 | 0 | 16 | 195 |
| 349 | 2230 | 215 | 214 | 38 | 228 | 657 |
| 350 | 1388 | 175 | 144 | 25 | 64 | 383 |
| 351 | 1353 | 42 | 44 | 29 | 0 | 86 |
| 352 | 1261 | 32 | 30 | 25 | 16 | 78 |
| 353 | 1202 | 46 | 24 | 36 | 29 | 99 |
| 354 | 1257 | 36 | 22 | 23 | 0 | 58 |
| 355 | 1519 | 0 | 0 | 70 | 0 | 0 |
| 356 | 1441 | 29 | 20 | 32 | 0 | 49 |
| 357 | 1242 | 39 | 38 | 24 | 26 | 103 |
| 358 | 1399 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| 359 | 1909 | 57 | 21 | 46 | 19 | 96 |
| 360 | 1336 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 |
| 361 | 730 | 94 | 31 | 0 | 0 | 125 |
| 362 | 2902 | 77 | 100 | 16 | 24 | 201 |
| 363 | 1339 | 0 | 0 | 21 | 17 | 17 |
| 364 | 1291 | 36 | 31 | 29 | 0 | 67 |
| 365 | 8129 | 488 | 196 | 29 | 16 | 700 |
| 366 | 16130 | 842 | 325 | 54 | 23 | 1190 |
| 367 | 4347 | 80 | 83 | 41 | 15 | 178 |
| 368 | 6932 | 410 | 103 | 61 | 17 | 530 |
| 369 | 1568 | 49 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| 370 | 1507 | 31 | 26 | 16 | 16 | 73 |
| 371 | 1520 | 0 | 23 | 45 | 15 | 38 |
| 372 | 3833 | 151 | 138 | 30 | 0 | 289 |
| 373 | 1290 | 118 | 37 | 16 | 25 | 180 |
| 374 | 1280 | 0 | 0 | 15 | 20 | 20 |
| 375 | 1478 | 36 | 23 | 21 | 0 | 59 |
| 376 | 1289 | 31 | 0 | 15 | 0 | 31 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4
Section Zec Owen (suite)

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 377 | 1342 | 0 | 39 | 38 | 40 | 79 |
| 378 | 1230 | 52 | 0 | 15 | 0 | 52 |
| 379 | 1382 | 31 | 0 | 28 | 0 | 31 |
| 380 | 1499 | 41 | 22 | 21 | 23 | 86 |
| 381 | 1515 | 35 | 0 | 0 | 16 | 51 |
| 382 | 1286 | 33 | 0 | 20 | 0 | 33 |
| 383 | 1418 | 32 | 0 | 0 | 20 | 52 |
| 384 | 2040 | 56 | 31 | 15 | 0 | 87 |
| 385 | 21561 | 216 | 80 | 18 | 17 | 314 |
| 386 | 2384 | 46 | 30 | 15 | 17 | 93 |
| 387 | 31669 | 954 | 274 | 49 | 26 | 1254 |
| 388 | 10001 | 771 | 341 | 48 | 16 | 1128 |
| 389 | 2039 | 84 | 74 | 15 | 17 | 175 |
| 391 | 2320 | 147 | 165 | 74 | 59 | 372 |
| 392 | 5904 | 167 | 138 | 74 | 19 | 324 |
| 393 | 1744 | 68 | 93 | 76 | 22 | 183 |
| 394 | 1427 | 38 | 0 | 31 | 23 | 60 |
| 395 | 1048 | 30 | 23 | 36 | 31 | 84 |
| 396 | 1479 | 34 | 32 | 48 | 24 | 90 |
| 397 | 1664 | 39 | 0 | 25 | 15 | 54 |
| 398 | 1655 | 28 | 22 | 55 | 0 | 51 |
| 399 | 2845 | 74 | 45 | 79 | 37 | 155 |
| 400 | 1598 | 38 | 0 | 95 | 16 | 54 |
| 401 | 2013 | 41 | 24 | 110 | 23 | 88 |
| 402 | 1835 | 30 | 20 | 23 | 16 | 66 |
| 403 | 5920 | 231 | 98 | 15 | 24 | 352 |
| 404 | 1959 | 30 | 21 | 71 | 16 | 67 |
| 405 | 2009 | 30 | 23 | 57 | 0 | 53 |
| 406 | 1689 | 29 | 20 | 28 | 0 | 49 |
| 407 | 1543 | 32 | 44 | 15 | 20 | 96 |
| 408 | 918 | 55 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| 409 | 1382 | 118 | 0 | 25 | 0 | 118 |
| 410 | 1718 | 0 | 54 | 32 | 19 | 72 |
| 411 | 1448 | 32 | 20 | 65 | 0 | 52 |
| 412 | 1463 | 46 | 29 | 57 | 15 | 90 |
| 413 | 1215 | 40 | 29 | 31 | 0 | 69 |
| 414 | 1705 | 78 | 36 | 146 | 23 | 137 |
| 415 | 444 | 61 | 21 | 0 | 0 | 82 |
| 416 | 2005 | 185 | 80 | 17 | 16 | 281 |
| 417 | 2368 | 132 | 44 | 19 | 0 | 176 |
| 418 | 3159 | 81 | 0 | 14 | 0 | 81 |
| 419 | 1119 | 30 | 20 | 24 | 0 | 50 |
| 420 | 1472 | 38 | 21 | 48 | 28 | 86 |
| 421 | 1334 | 115 | 0 | 0 | 0 | 115 |
| 422 | 3483 | 112 | 0 | 0 | 0 | 112 |
| 423 | 1561 | 29 | 37 | 28 | 0 | 66 |
| 501 | 8059 | 282 | 56 | 42 | 30 | 367 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Zec Owen (suite)

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 502 | 2369 | 116 | 21 | 30 | 0 | 138 |
| 503 | 5998 | 144 | 21 | 0 | 0 | 165 |
| 504 | 16383 | 530 | 187 | 27 | 0 | 717 |
| 505 | 2450 | 30 | 20 | 46 | 0 | 50 |
| 506 | 1635 | 27 | 20 | 25 | 17 | 64 |
| 507 | 36291 | 479 | 118 | 0 | 16 | 613 |
| 508 | 29945 | 604 | 155 | 29 | 0 | 759 |
| 509 | 1532 | 28 | 27 | 32 | 15 | 69 |
| 510 | 2476 | 90 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| 511 | 58788 | 1248 | 294 | 25 | 24 | 1566 |
| 512 | 84503 | 1090 | 194 | 18 | 15 | 1298 |
| 513 | 17769 | 351 | 99 | 17 | 21 | 471 |
| 514 | 112346 | 1992 | 322 | 24 | 27 | 2341 |
| 515 | 3531 | 96 | 28 | 23 | 42 | 166 |
| 516 | 37693 | 752 | 184 | 29 | 0 | 936 |
| 517 | 131378 | 1796 | 275 | 18 | 28 | 2099 |
| 518 | 5578 | 119 | 22 | 27 | 33 | 174 |
| 519 | 108957 | 1732 | 271 | 23 | 15 | 2018 |
| 520 | 18796 | 409 | 106 | 16 | 0 | 515 |
| 521 | 44121 | 1066 | 194 | 18 | 24 | 1284 |
| 522 | 3178323 | 2502 | 391 | 29 | 153 | 3046 |
| 523 | 300648 | 498 | 316 | 193 | 88 | 902 |
| 524 | 29551 | 61 | 124 | 95 | 22 | 207 |
| 525 | 5333 | 55 | 88 | 29 | 30 | 172 |
| 526 | 1627 | 38 | 22 | 19 | 16 | 76 |
| 527 | 1695 | 41 | 26 | 28 | 16 | 83 |
| 528 | 2979 | 50 | 29 | 25 | 19 | 98 |
| 529 | 3607 | 134 | 21 | 28 | 16 | 171 |
| 530 | 77390 | 1860 | 340 | 26 | 33 | 2232 |
| 531 | 5387 | 100 | 23 | 33 | 0 | 123 |
| 532 | 1574 | 44 | 0 | 43 | 0 | 44 |
| 533 | 12875 | 375 | 122 | 17 | 17 | 513 |
| 534b | 10268 | 250 | 144 | 27 | 15 | 410 |
| 535 | 35060 | 808 | 183 | 0 | 0 | 991 |
| 536 | 2873 | 114 | 26 | 0 | 0 | 140 |
| 537 | 101722 | 1516 | 248 | 0 | 18 | 1782 |
| 538 | 17511 | 605 | 143 | 21 | 15 | 762 |
| 539 | 4974 | 126 | 52 | 16 | 0 | 178 |
| 540 | 68151 | 1311 | 243 | 0 | 20 | 1574 |
| 541 | 1200 | 67 | 41 | 57 | 22 | 131 |
| 542 | 339823 | 4651 | 510 | 44 | 0 | 5160 |
| 543 | 31202 | 527 | 86 | 0 | 0 | 613 |
| 544 | 3048 | 34 | 24 | 27 | 23 | 81 |
| 545 | 14752 | 90 | 23 | 32 | 25 | 137 |
| 546 | 3347 | 31 | 32 | 23 | 32 | 95 |
| 547a | 2374 | 0 | 28 | 59 | 0 | 28 |
| 548 | 2666 | 131 | 0 | 0 | 0 | 131 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Zec Owen (suite)

| Échant. (Temis- ...) | Methane ppb | Ethane ppb | Propane ppb | i-Butane ppb | n-Butane ppb | n-Paraffin C2-C4 ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 549a | 2275 | 41 | 62 | 27 | 20 | 124 |
| 550 | 8548 | 286 | 85 | 0 | 0 | 371 |
| 551 | 6991 | 226 | 68 | 0 | 0 | 294 |
| 552 | 27600 | 50 | 33 | 0 | 0 | 82 |
| 553 | 1888 | 29 | 43 | 153 | 30 | 101 |
| 554 | 1588 | 28 | 30 | 32 | 35 | 94 |
| 555a | 1726 | 140 | 0 | 0 | 15 | 156 |
| 556 | 4594 | 159 | 58 | 0 | 0 | 217 |
| 557 | 4563 | 192 | 31 | 0 | 0 | 222 |
| 558 | 3021 | 142 | 22 | 0 | 16 | 180 |
| 559 | 7015 | 254 | 109 | 0 | 16 | 379 |
| 560 | 12343 | 570 | 215 | 32 | 0 | 785 |
| 561 | 4450 | 237 | 99 | 0 | 0 | 336 |
| 562 | 3832 | 356 | 141 | 0 | 0 | 497 |
| 563 | 9105 | 455 | 151 | 0 | 0 | 605 |
| 564 | 2107 | 28 | 36 | 32 | 17 | 81 |
| 565 | 469 | 92 | 0 | 0 | 15 | 108 |
| 566 | 1291 | 51 | 54 | 33 | 27 | 131 |
| 567 | 2259 | 36 | 21 | 86 | 22 | 79 |
| 568 | 9706 | 327 | 115 | 0 | 0 | 441 |
| 569 | 6528 | 287 | 114 | 0 | 0 | 401 |
| 570 | 3839 | 223 | 90 | 16 | 0 | 313 |
| 571 | 10959 | 340 | 114 | 24 | 0 | 454 |
| 572 | 7090 | 533 | 161 | 0 | 0 | 693 |
| 573 | 982 | 113 | 46 | 0 | 0 | 159 |
| 574 | 4612 | 311 | 99 | 15 | 0 | 410 |
| 575 | 1924 | 229 | 94 | 0 | 0 | 323 |
| 576 | 389 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 577 | 859 | 127 | 39 | 0 | 0 | 166 |
| 578 | 2602 | 119 | 21 | 32 | 0 | 140 |
| 579 | 10139 | 541 | 197 | 0 | 17 | 755 |
| 580 | 2951 | 174 | 93 | 0 | 0 | 267 |
| 581 | 658 | 79 | 0 | 0 | 15 | 94 |
| 582 | 2448 | 160 | 79 | 0 | 0 | 239 |
| 583 | 1113 | 121 | 35 | 0 | 0 | 156 |
| 584 | 918 | 130 | 23 | 0 | 0 | 152 |
| 585 | 5050 | 221 | 140 | 0 | 0 | 361 |
| 586 | 1519 | 138 | 0 | 0 | 0 | 138 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Réserve de Rimouski

| Échantillon (Temis- ...) | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 587 | 4227 | 146 | 40 | 16 | 0 | 187 |
| 588 | 3575 | 148 | 22 | 0 | 0 | 170 |
| 589 | 1175 | 0 | 0 | 28 | 15 | 15 |
| 591 | 4089 | 102 | 222 | 14 | 18 | 343 |
| 592 | 20337 | 844 | 313 | 27 | 30 | 1188 |
| 593 | 8615 | 283 | 115 | 15 | 19 | 416 |
| 594 | 1659 | 64 | 24 | 15 | 0 | 88 |
| 595 | 2180 | 249 | 182 | 14 | 28 | 459 |
| 596 | 18735 | 653 | 227 | 204 | 0 | 880 |
| 597 | 1426 | 84 | 66 | 48 | 37 | 187 |
| 598 | 2010 | 106 | 54 | 49 | 21 | 180 |
| 599 | 1822 | 91 | 38 | 48 | 20 | 148 |
| 600 | 1764 | 63 | 62 | 106 | 15 | 140 |
| 601 | 1377 | 34 | 21 | 20 | 0 | 55 |
| 602 | 1351 | 57 | 20 | 43 | 15 | 92 |
| 603 | 1359 | 59 | 21 | 17 | 0 | 81 |
| 604 | 1249 | 42 | 0 | 21 | 0 | 42 |
| 605 | 1387 | 33 | 33 | 21 | 0 | 67 |
| 606 | 734 | 55 | 25 | 35 | 23 | 102 |
| 608 | 1601 | 85 | 92 | 64 | 14 | 191 |
| 609 | 1774 | 67 | 62 | 14 | 21 | 150 |
| 610 | 1540 | 46 | 45 | 19 | 0 | 90 |
| 611 | 1428 | 0 | 58 | 16 | 0 | 58 |
| 612 | 1601 | 57 | 30 | 43 | 0 | 87 |
| 613 | 1494 | 51 | 26 | 21 | 0 | 77 |
| 614 | 1038 | 27 | 21 | 36 | 0 | 48 |
| 615 | 1230 | 29 | 21 | 0 | 0 | 50 |
| 616 | 1281 | 34 | 28 | 14 | 0 | 62 |
| 617 | 1294 | 57 | 0 | 15 | 15 | 71 |
| 618 | 1435 | 36 | 21 | 15 | 0 | 56 |
| 619 | 1229 | 29 | 20 | 22 | 0 | 49 |
| 620 | 1231 | 33 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| 621 | 1232 | 34 | 20 | 19 | 0 | 54 |
| 622 | 1365 | 33 | 22 | 23 | 0 | 55 |
| 623 | 1405 | 43 | 24 | 19 | 20 | 87 |
| 624 | 1408 | 34 | 21 | 42 | 0 | 55 |
| 625 | 1612 | 66 | 28 | 38 | 0 | 94 |
| 626 | 1799 | 33 | 0 | 79 | 17 | 50 |
| 627 | 42673 | 1000 | 247 | 26 | 36 | 1282 |
| 628 | 54963 | 1393 | 334 | 38 | 0 | 1726 |
| 629 | 99145 | 2657 | 647 | 83 | 23 | 3328 |
| 630 | 36477 | 1101 | 209 | 28 | 0 | 1310 |
| 631 | 1187 | 62 | 29 | 15 | 0 | 91 |
| 632 | 1247 | 76 | 21 | 17 | 17 | 115 |
| 633 | 1105 | 32 | 21 | 0 | 0 | 53 |

Résultats analyse des hydrocarbures C1-C4

Section Réserve de Rimouski (suite)

| Échantillon (Temis- ...) | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 634 | 1426 | 51 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 635 | 1462 | 90 | 0 | 33 | 0 | 90 |
| 636 | 1487 | 61 | 20 | 22 | 0 | 80 |
| 637 | 1163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 638 | 1212 | 30 | 30 | 16 | 0 | 60 |
| 639 | 2046 | 95 | 59 | 22 | 0 | 154 |
| 640 | 1519 | 47 | 117 | 15 | 0 | 164 |
| 641 | 1277 | 34 | 54 | 35 | 0 | 88 |
| 642 | 1315 | 36 | 20 | 0 | 0 | 56 |
| 643 | 1180 | 41 | 22 | 18 | 0 | 63 |
| 644 | 1361 | 41 | 20 | 14 | 0 | 61 |
| 645 | 1278 | 66 | 22 | 15 | 0 | 88 |
| 646 | 1110 | 40 | 24 | 15 | 14 | 78 |
| 647 | 1234 | 48 | 29 | 16 | 0 | 77 |
| 648 | 1385 | 45 | 27 | 20 | 15 | 87 |
| 649 | 1315 | 35 | 26 | 19 | 0 | 61 |
| 650 | 1449 | 117 | 134 | 78 | 20 | 271 |
| 651 | 1489 | 32 | 22 | 17 | 0 | 54 |
| 652 | 1324 | 28 | 21 | 102 | 17 | 66 |
| 653 | 1196 | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 654 | 1325 | 38 | 27 | 26 | 0 | 65 |
| 655 | 1227 | 30 | 38 | 18 | 0 | 68 |
| 656 | 972 | 36 | 0 | 0 | 15 | 51 |
| 657 | 1287 | 66 | 37 | 25 | 15 | 118 |
| 658 | 1237 | 27 | 28 | 19 | 0 | 55 |
| 659 | 1002 | 50 | 0 | 14 | 0 | 50 |
| 660 | 1245 | 34 | 21 | 17 | 0 | 55 |
| 661 | 1123 | 34 | 21 | 0 | 15 | 69 |
| 662 | 1170 | 40 | 65 | 18 | 0 | 105 |
| 663 | 1214 | 33 | 25 | 56 | 0 | 58 |
| 664 | 1521 | 33 | 31 | 18 | 0 | 64 |
| 665 | 12771 | 141 | 22 | 17 | 0 | 163 |
| 666 | 1585 | 33 | 44 | 18 | 0 | 77 |
| 667 | 2048 | 33 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| 668 | 1279 | 33 | 20 | 19 | 28 | 81 |
| 669 | 1355 | 29 | 20 | 0 | 0 | 49 |
| 670 | 1435 | 35 | 62 | 14 | 16 | 113 |
| 671 | 1295 | 77 | 24 | 20 | 0 | 101 |
| 672 | 1713 | 81 | 22 | 79 | 0 | 103 |
| 673 | 1364 | 30 | 20 | 27 | 19 | 69 |
| 674 | 4566 | 87 | 57 | 15 | 0 | 144 |
| 675 | 7019 | 139 | 60 | 22 | 15 | 214 |
| 676 | 3429 | 44 | 49 | 18 | 0 | 93 |
| 677 | 6847 | 180 | 59 | 21 | 15 | 253 |
| 678 | 2197 | 77 | 20 | 0 | 0 | 97 |