

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR
PIERRE BEDEAUX

MINÉRALISATIONS ET DÉFORMATION À PROXIMITÉ DE LA FAILLE DE
DAVIDSON, ABITIBI, CANADA

JANVIER 2012

Résumé

Ce projet, financé par Aurizon Lté, aborde la Faille de Davidson (McWaters, Abitibi, Canada) et les minéralisations aurifères qui l'environnent. Il jouxte le projet d'exploitation aurifère Joanna. L'objectif vise à établir l'histoire géologique de la faille par rapport à son environnement métamorphique et de déformation, ainsi que son éventuel rôle métallogénique sur les minéralisations aurifères.

La Faille de Davidson est une structure Nord-Est intersectant la Faille de Cadillac. Elle recoupe les roches des groupes de Cadillac et de Blake River. Le métamorphisme varie de la zone à biotite au sud à la zone à chlorite au nord. La déformation observable est principalement une schistosité Est-Ouest caractéristique de la déformation ductile D1 observée en Abitibi. Elle est perturbée par un événement D2 à proximité de la Faille de Davidson.

Une histoire précoce de la Faille de Davidson est suggérée par les décalages apparents différents des unités stratigraphiques et de la Faille de Cadillac, un tracé courbé de la faille, par la présence de conglomérats de type Timiskaming du côté Est de la faille et par la présence d'un dyke de gabbro parallèle à la faille interprété comme synvolcanique.

Les minéralisations aurifères sont de deux types : 1) un ensemble de veines contrôlées par des structures locales souvent associées à l'événement de déformation D1 avec une relation syn-déformation ductile, et 2) une minéralisation distante de la Faille de Cadillac, contrôlée par des fractures subparallèles à la Faille de Davidson et mise en place tardivement à la déformation ductile.

Le secteur a enregistré deux générations de fluides hydrothermaux, l'une de température moyenne (300°C) et l'autre de haute température (450°C), chacun de type aqueux-carbonique accompagné de traces de H₂S, N₂, H₂, CH₄ et C₂H₆. La composition varie spatialement en proportion. La corrélation chronologique suggère que l'événement de haute température survient durant le métamorphisme tandis que l'événement de basse température reprend tardivement les veines après l'exhumation des roches. La dispersion spatiale de la composition suggère que la Faille de Davidson joue le rôle de conduit secondaire.

Cette étude propose de considérer les failles mineures de l'Abitibi d'origine non orogénique comme des critères d'intérêts dans l'exploration aurifère en ayant joué un rôle dans la circulation des fluides hydrothermaux.

Remerciements

Ce mémoire est l'aboutissement de deux années de labeur, et j'aimerais consacrer quelques lignes à ceux qui ont participé d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce projet.

Je tiens à remercier en premier lieu mes co-directeurs, Damien Gaboury et Réal Daigneault. Merci pour vos enseignements, la liberté de travail que vous m'avez accordé, votre confiance et pour m'avoir guidé dans les moments d'égarements.

Ce projet n'aurait pas été possible sans le soutien financier et logistique apporté par Aurizon Lté. Toute ma reconnaissance pour l'équipe d'exploration de Val d'Or et Services Technominex pour leur aide sur le terrain et l'accès aux données et au matériel. Je remercie plus particulièrement Martin Demers pour la confiance et l'intérêt qu'il m'a toujours accordés depuis le début du projet, et pour avoir pris le temps de partager avec moi une partie de ses grandes connaissances.

La réalisation de ce projet n'aurait pas été la même sans le soutien de plusieurs personnes qui revêtent une importance plus particulière. Je pense notamment en premier lieu à Jennifer pour sa patience inconditionnelle et son soutien au quotidien. Merci également à Emmanuelle, Guillaume, Julien et Maxime. Que ce soit à l'aide de soirées travail-chocolat, de discussions intéressantes de la vie courante, de quelques bières ou de tonneaux de café, votre soutien fut très précieux et très apprécié au quotidien.

Table des Matières

RESUME	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES ABBREVIATIONS	xii
 Chapitre 1 - Introduction	 1
1.1 Problématique générale : gisements aurifères orogéniques et contrôle structural secondaire	1
1.2 Application dans la Sous-province de l'Abitibi, Québec, Canada	6
1.3 Zone d'étude	8
1.4 But et objectifs	10
1.5 Méthodologie	11
 Chapitre 2 - Géologie des indices minéralisés	 22
2.1 Introduction	22
2.2 Décapage Hosco	22
2.3 Affleurement Kinojévis	33
2.4 Décapage Marais Est	45
2.5 Décapage Tech Hughes	57
2.6 Décapages Major	66
2.6.1 Décapage Est	66
2.6.2 Décapage Ouest	68
2.6.3 Décapage Sud	69
2.6.4 Synthèse	70

2.7 Héva	85
2.8 Discussion préliminaire	89
2.8.1 Lithologies	89
2.8.2 Métamorphisme	89
2.8.3 Déformation	90
2.8.4 Veines et Minéralisation	90
Chapitre 3 - Caractérisation chimique du quartz dans les veines	94
3.1 Introduction	94
3.2 Méthode analytique	95
3.3 Validation	97
3.4 Résultats	100
3.5 Synthèse et discussion préliminaire	102
Chapitre 4 - Analyse des inclusions fluides des minéralisations	112
4.1 Introduction	112
4.2 Spectrométrie de masse des inclusions fluides.	113
4.2.1 Méthodologie	113
4.2.2 Résultats	113
4.3 Pétrographie des inclusions fluides.	117
4.4 Synthèse et discussion préliminaire	119
Chapitre 5 - Synthèse et discussion	144
5.1 Introduction	144
5.2 Ensembles lithologiques	144
5.2.1 Groupes de Cadillac et de Pontiac.	145
5.2.2 Groupe de Timiskaming et Conglomérat du site Major	146
5.2.3 Le dyke de gabbro de l'indice Marais	148
5.3 Structure et déformation	150
5.3.1 Style structuraux des indices	150

5.3.2 Métamorphisme	151
5.3.3 Faille de Davidson	151
5.4 Hydrothermalisme et Minéralisation	154
5.4.1 Générations de veines	154
5.4.2 Signatures de fluides	156
5.5 Implications et recommandations	160
Chapitre 6 - Conclusion	164
Références	169
Annexe A : Liste des échantillons et des données de terrain	175
Annexe B : Résultats d'analyse des éléments traces dans le quartz des veines par LA-ICP-MS	192
Annexe C : Spectrométrie de masse des inclusions fluides	210
 Liste des figures	
Figure 1.1 : Carte géologique de la sous-province géologique d'Abitibi	17
Figure 1.2 : Carte géologique simplifiée de la Sous-province géologique de l'Abitibi	18
Figure 1.3 : Carte géologique simplifiée de la propriété Henriksen	19
Figure 1.4 : Carte résumant les travaux d'échantillonnage effectués	20
Figure 2.1 : Cartographie synthétique du décapage Hosco	27
Figure 2.2 : Photographie de la variation granulométrique des couches	28
Figure 2.3 : Photographie de la zone de cisaillement Nord	28
Figure 2.4 : Zone de plis P2 affectant la schistosité principale Est-Ouest	29
Figure 2.5 : Clivage de crénulation recoupant la schistosité principale	29

Figure 2.6 : Microphotographie des grès et siltstone	30
Figure 2.7 : Vue du plan de foliation	30
Figure 2.8 : Veines boudinées observées dans le couloir de cisaillement.	31
Figure 2.9 : Veines à quartz-albite-sulfures dans la zone de plis.	31
Figure 2.10 : Microphotographie des veines	32
Figure 2.11 : Carte de localisation de la coupe Kinojévis	37
Figure 2.12 : Vue d'ensemble de la coupe	38
Figure 2.13 : Microphotographie de l'encaissant	38
Figure 2.14 : Montage photographique A	39
Figure 2.15 : Montage photographique B	40
Figure 2.16 : Montage photographique C	41
Figure 2.17 : Microphotographie des veines	42
Figure 2.18 : Photographie présentant la géométrie des veines	42
Figure 2.19 : Photographie d'une veine boudinée	43
Figure 2.20 : Photographie de veines en géométrie interconnectées	43
Figure 2.21 : Photographie du détail des veines à l'extrémité Est	44
Figure 2.22 : Cartographie du site Marais Est.	50
Figure 2.23 : Microphotographie exposant la texture relique du dyke mafique	51
Figure 2.24 : Microphotographie des volcanoclastites	51
Figure 2.25 : Carte magnétique centrée sur le dyke	52
Figure 2.26 : Photographie du contact entre le dyke et les wackes	52
Figure 2.27 : Photographie du dyke, plus éloigné du contact avec l'encaissant	53
Figure 2.28 : Photographie du dyke frais, très éloigné du contact	53
Figure 2.29 : Minéralisation Est bréchique	54
Figure 2.30 : Microphotographie du système bréchique Ouest	54
Figure 2.31 : Veines bréchiques Ouest	55
Figure 2.32 : Veinule massive avec minéralisation à chalcopryrite	55
Figure 2.33 : Microphotographie d'une veine bréchique Est	56
Figure 2.34 : Cartographie du décapage Tech Hughes	60
Figure 2.35 : Photographie de l'unité de siltstones	61
Figure 2.36 : Microphotographie des siltstones	61
Figure 2.37 : Microphotographie du grès	62

Figure 2.38 : Microphotographie du microconglomérat	62
Figure 2.39 : Photographie montrant la relation de recoupement des grès par le micro conglomérat dans un chenal d'érosion	63
Figure 2.40 : Contact entre les siltstones et le grès	63
Figure 2.41 : Contact entre les siltstones et le grès avec la veine de quartz encaissée dans la schistosité	64
Figure 2.42 : Microphotographie du cœur de la zone de déformation	64
Figure 2.43 : Microphotographie de la veine de quartz-carbonate	65
Figure 2.44 : Aspect et géométrie des veines observées en surface.	65
Figure 2.45 : Localisation des trois décapages constituant le site d'observation Major.	72
Figure 2.46 : Cartographie du décapage Est du site Major.	73
Figure 2.47 : Fragments de compositions différentes du conglomérat	74
Figure 2.48 : D'autres fragments du conglomérat	74
Figure 2.49 : Intercalation de grès fins dans le conglomérat	75
Figure 2.50 : Relation angulaire entre la schistosité et le litage primaire	75
Figure 2.51 : Couloir de déformation du décapage Conglomérat Est	76
Figure 2.52 : Vue en plan du couloir de déformation	77
Figure 2.53 : Porphyroblastes d'amphiboles	78
Figure 2.54 : Microphotographie du conglomérat	78
Figure 2.55 : Veines plissées et boudinées du décapage Conglomérat Est.	79
Figure 2.56 : Microphotographie de la paragenèse des veines	79
Figure 2.57 : Cartographie du décapage Ouest du site Major.	80
Figure 2.58 : Détail des bandes compositionnelles à amphiboles	80
Figure 2.59 : Zone de déformation recoupant le décapage Conglomérat Ouest	81
Figure 2.60 : Microphotographie des grès	81
Figure 2.61 : Microphotographie d'une veine dans le couloir de déformation	82
Figure 2.62 : Cartographie du décapage Sud du site Major	82
Figure 2.63 : Microphotographie d'une veine	83
Figure 2.64 : Photographie montrant les relations de recoupements entre les différentes veines et le plan de faille	84
Figure 2.65 : Microphotographie des schistes	87

Figure 2.66 : Microphotographie des schistes	87
Figure 2.67 : Microphotographie de bordure de veines	88
Figure 3.1 : Précisions et justesses des matériaux de références NIST 610	103
Figure 3.2 : Précisions et justesses des matériaux de références NIST 614	103
Figure 3.3 : Principes analytiques de la mesure des éléments traces dans le quartz	104
Figure 3.4 : Comparaison des spectres des deux échantillons	105
Figure 3.5 : Spectres des échantillons de la série Hosco	106
Figure 3.6 : Spectres des échantillons de la série Héva	106
Figure 3.7 : Spectres des échantillons de la série Tech Hugues	107
Figure 3.8 : Spectres des échantillons de la série Conglomérat Ouest	107
Figure 3.9 : Spectres des échantillons de la série Marais Est	108
Figure 3.10 : Spectres des échantillons de la série Major	108
Figure 3.11 : Concentrations en éléments traces des séries d'échantillons Conglomérat Ouest, Major et Héva.	109
Figure 3.12 : Concentrations en éléments traces des séries d'échantillons Hosco, Marais Est et Tech Hugues.	110
Figure 4.1 : Fréquence d'échantillons enregistrant un pic de décrépitation par intervalle de température de 25°C	120
Figure 4.2 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Marais Est	121
Figure 4.3 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Marais Est	122
Figure 4.4 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Hosco	123
Figure 4.5 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Hosco	124
Figure 4.6 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Tech Hugues	125
Figure 4.7 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Tech Hugues	126

Figure 4.8 : Composition des inclusions fluides de température moyenne du site Héva	127
Figure 4.9 : Composition des inclusions fluides de température élevée du site Héva	128
Figure 4.10 : Composition des inclusions fluides de température moyenne de l’affleurement Conglomérat Ouest	129
Figure 4.11 : Composition des inclusions fluides de température élevée de l’affleurement Conglomérat Ouest	129
Figure 4.12 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Major	130
Figure 4.13 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Major	131
Figure 4.14 : Composition des inclusions fluides de l’épisode hydrothermal de température moyenne	133
Figure 4.15 : Composition des inclusions fluides de l’épisode hydrothermal de température élevée	134
Figure 4.16 : Composition selon la médiane des fluides de moyenne température par site d’observation	135
Figure 4.17 : Composition selon la médiane des fluides de haute température par site d’observation	136
Figure 4.18 : Mesure du H ₂ S selon la température de décrépitation	137
Figure 4.19 : Microphotographie des familles d’inclusions fluides	138
Figure 4.20 : Microphotographie des inclusions fluides de l’échantillon DY-5-1	139
Figure 5.1: Carte structurale du secteur présentant les attitudes générales des structures par site.	162
Figure 5.2 : Carte récapitulative du grade métamorphique par site.	163

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Exemples de gisements liés à des associations de structures.	21
Tableau 2.1: Synthèse des caractéristiques des différents sites.	92
Tableau 2.2 : Synthèse des veines minéralisées.	93
Tableau 3.1 : Limites de détection et incertitudes absolues pour les différents éléments chimiques et leurs différents isotopes.	111
Tableau 4.1 : Compositions en gaz et températures de décrépitation par échantillon.	140
Tableau 4.2 : Caractéristiques des familles d'inclusions fluides.	143
Tableau 4.3 : Type d'inclusions répertoriées par échantillon.	143

Liste des abréviations

Codification d'échantillonnage

CGS: Décapage Conglomérat Ouest
(Site Major)

MA: Décapage Major (Site Major)

HE: Forages Héva

HO: Site Hosco

TH: Site Tech Hugues

DY: Site Marais Est

KI: Site Kinojévis

BF: Gisement d'or au Burkina Faso

BE: Mine Beaufort

GD: Mine Géant Dormant

Éléments structuraux

S_p : Schistosité principale

S_0 : Litage primaire

S_x : Schistosité de $X^{\text{ème}}$ génération

P_x : Pli de $X^{\text{ème}}$ génération

Unité

μm : micromètre

mm : millimètre

cm : centimètre

mbar : millibar

ppm : partie par million

Minéraux

Qtz : Quartz

Pl : Plagioclase

Bte : Biotite

Fsp : Feldspaths

Ms : Muscovite

Cc : Calcite

Am : Amphibole

Sf : Sulfure

Aug : Augite

TI : Tourmaline

Ep : Éponte

Il : Ilménite

Chapitre 1

Introduction

1.1 Problématique générale : gisements aurifères orogéniques et contrôle structural secondaire

Les gisements d'or sont essentiellement d'origine hydrothermale, à l'exception des gisements de type « Placer ». Parmi les gisements hydrothermaux, on distingue trois catégories de gisements aurifères d'après la classification établie par (Groves et al., 1998). La première contient les gisements liés à l'activité volcanique formés en surface, notamment les sulfures massifs volcanogènes et l'or épithermal. Une seconde catégorie regroupe les gisements d'or associés à la mise en place d'intrusions (p. ex. gisements porphyriques et skarn). Le dernier groupe correspond aux gisements dits orogéniques formés à la fin des orogénèses.

Les gisements aurifères orogéniques sont parmi les systèmes minéralisés les plus prolifiques et ce, particulièrement pour ceux situés dans les ceintures de roches vertes (Groves et Phillips 1987). Les plus grands gisements de ce type se trouvent notamment dans la Province de Supérieur (Canada), dans le craton de

Yilgarn (Australie) et dans les ceintures de roches vertes du Birimien en Afrique. Le modèle de mise en place a en grande partie été décrit par Groves et al. (1998). Ce type de gisement est largement associé à la tectonique des plaques et plus particulièrement aux phases d'orogénies. La compression et l'accrétion de terranes et les sutures sous forme de structures majeures (failles et zones de cisaillement) qui en résultent permettent de bien expliquer l'association des principaux gisements aurifères orogéniques avec ces structures majeures, tel que dans la Ceinture de l'Abitibi (Figure 1.1). L'orogénie engendre l'enfouissement de roches supracrustales en profondeur qui tendent à générer des fluides métamorphiques par déshydratation (Kerrick et al., 2000; Tomkins, 2010). Ces fluides remontent le long de zones de grandes canalisations que sont les sutures qui parcourent les terranes et qui sont mises en mouvement par advection lors du régime tectonique de compression (Groves et al. 1998). Les contrôles de la minéralisation sont bien documentés dans la littérature à l'échelle des gisements (par exemple : Gaboury et al., 2001), des districts miniers (par exemple Leader et al., 2010) et des provinces et sous provinces géologiques (Robert et Poulsen 1997). Il ressort de ces études que la mise en place de l'or est associée aux structures locales comme des contacts ou des failles subsidiaires ainsi qu'au contraste de compétence et de la chimie des lithologies (Robert et Poulsen 1997).

Au cours des dernières années deux modèles génétiques s'opposent pour expliquer la chronologie de la mise en place de ces minéralisations par rapports aux événements tectoniques. Le modèle du continuum développé par Groves et al.

(1998) suggère que l'or peut être déposé à tous les isogrades de métamorphisme prograde tandis que le modèle orogénique de Powell et al. (1991) et Phillips et Powell (2010) propose un remplacement rétrograde post-pic métamorphique essentiellement au faciès des schistes verts. Bien que le débat soit en cours pour déterminer le modèle le plus représentatif de la réalité, on peut établir un certain nombre de points sur lesquels les deux modèles s'accordent. Bien que les structures majeures soient responsables de l'apport des fluides minéralisateurs, ce sont d'autres contextes géologiques situés à proximité de ces structures qui jouent le rôle de piège permettant la minéralisation (Hagemann et al. 1992). De plus, les environnements géologiques restent très variables au sein d'une même province, que ce soit les styles de minéralisation, les lithologies présentes, les altérations hydrothermales et le style structural (Robert et Poulsen 2010). Enfin la source de l'or n'est pas encore établie, la théorie d'un héritage sédimentaire local s'opposant actuellement à un apport par des fluides hydrothermaux d'une source profonde, voire mantellique (Tomkins, 2010, Pitcairn et al., 2010 et Thomas et al., 2010). La profondeur de mise en place est délimitée entre les zones de sub-surfaces et la zone de transition ductile-fragile (Hagemann et al. 1992). Toute cette documentation tend à démontrer que l'appellation « gisement d'or orogénique » contient un grand nombre de styles de gisements avec beaucoup de variabilité dans leurs caractéristiques. De plus, dans certaines provinces très anciennes, notamment celle du Supérieur au Canada et celle du Yilgarn en Australie, d'autres événements tectoniques, sédimentaires et hydrothermaux se sont superposés sur

la période orogénique, ce qui tend à compliquer davantage la compréhension et la distinction des facteurs responsables de la mise en place de ces gisements aurifères.

D'un point de vue structural, plusieurs gisements sont situés dans un contexte de structures majeures (structures de premier ordre de centaines de kilomètres de longueur issues des orogénies et de l'accrétion de terranes) auxquelles sont associées d'autres structures secondaires (Hagemann et al. 1992). La nature de ces structures subsidiaires est variée, comprenant notamment des structures de 2^{ème} ou 3^{ème} ordre, des contrôles d'anisotropies ou encore des failles sécantes. Ce type de contexte est bien documenté en Australie et constitue un guide d'exploration privilégié. On note, à titre d'exemple, l'un des plus grands gisements d'or orogénique au monde, le gisement Golden Mile à Kalgoorlie dans le craton de Yilgarn situé en Australie (Boulter et al., 1987 et Mueller et al., 1987). Ce gisement est encaissé entre deux zones majeures de cisaillement et la minéralisation est contrôlée par des structures secondaires situées entre les deux zones de cisaillement. De plus, la minéralisation est datée comme arrivant après le pic de déformation et de métamorphisme. Ce trait est d'ailleurs commun, car l'or est principalement associé au second événement de déformation, auquel est souvent associé la mise en place des structures secondaires.

Néanmoins, ce contexte d'association de failles secondaires sécantes à des failles majeures n'est pas universel bien qu'il existe de nombreux exemples. Le

tableau 1.1 représente la variabilité du contexte géologique des dépôts liés à ces associations de structures. D'une part, les lithologies sont souvent volcano-sédimentaires et intrusives mais sont très hétérogènes dans le détail (roches volcaniques felsiques à mafiques, intrusions felsiques à ultramafiques et formation de fer). De même, les faciès métamorphiques sont également variés d'un dépôt à l'autre. Les faciès observables comprennent tous les faciès de la trajectoire Barrovienne (faciès prehnite pumpellyite à début granulitique). Enfin les profondeurs de formation estimées des structures majeures et secondaires varient également. Les structures majeures sont parfois des zones de cisaillement formées en milieu ductile (Kenworthy et Hagemann, 2007), mais également parfois des failles majeures issues d'un milieu fragile (Hagemann et al., 1992). Les structures secondaires sont formées soit en milieux fragiles (Tripp et Vearncombe, 2004), fragiles-ductiles ou ductiles-fragiles (Mueller et al., 1987).

Il se trouve que l'intensité de la minéralisation n'est pas constante le long des structures secondaires, même dans un contexte relativement homogène. Par exemple, le gisement Cléo (Australie) est situé dans un contexte où la minéralisation est encaissée dans une formation de fer encadrée par deux zones de cisaillement secondaires parallèles. (Brown et al., 2002). Cependant, les tonnages d'or varient latéralement le long des zones de cisaillement passant de 0.02 à 4.3 millions d'onces d'or en s'éloignant de la faille principale (Brown et al., 2002). Ainsi, même en contexte homogène, d'autres paramètres que la présence de failles secondaires semblent contrôler la distribution de l'or.

En conclusion, les structures secondaires associées à d'autres structures majeures d'origines orogéniques constituent des contextes favorables à la formation de gisements aurifères orogéniques. Néanmoins ces gisements présentent de fortes hétérogénéités lithologiques, métamorphiques et de milieu de formation ainsi que de la distribution de la minéralisation sans liens apparents. Les facteurs de contrôle de la minéralisation et l'importance des structures subsidiaires sont donc essentiels à documenter pour bien comprendre la distribution de la minéralisation dans le but de développer des guides d'exploration.

1.2 Application dans la Sous-province de l'Abitibi, Québec, Canada

La Sous-province de l'Abitibi est une ceinture de roches vertes d'âge archéen. Elle expose plusieurs événements importants d'orogénie et est l'hôte de nombreux types de gisements et plus particulièrement de gisements aurifères orogéniques (Robert and Poulsen 1997). La sous-province est découpée en 3 parties par deux failles majeures d'orientation Est-Ouest sur plusieurs centaines de kilomètres où se succèdent de nombreux gisements d'or orogénique (Figures 1.1 et 1.2). La faille la plus au Nord, Porcupine-Destor-Manneville, sépare la Zone Volcanique Nord, à composante essentiellement plutonique et volcanique, de la Zone Volcanique Sud, constituée de roches principalement volcaniques (Chown et al., 1992). La zone de faille Sud, Cadillac - Larder Lake, sépare la Zone Volcanique Sud de la Province du Pontiac, et est interprétée comme un prisme d'accrétion formé par la

subduction du Pontiac sous la Zone Volcanique Sud (Ludden et al., 1986 et Daigneault et al., 2002).

La région offre ainsi un contexte similaire aux exemples situés en Australie cités précédemment. On observe néanmoins des séries de structures secondaires d'orientation Nord-Est et Sud-Est. Alors que les structures Sud-Est sont bien documentées et connues comme des structures syn-tectoniques, par exemple la Faille de Parfouru (p. ex. Davis 1992, Daigneault et al., 2002), les structures Nord-Est n'ont été que très récemment abordées dans la littérature (Mueller et al., 1996, Legault et Daigneault, 2006). Ces structures matérialisent pourtant un contexte similaire aux gisements abordés dans la problématique générale en étant sécantes à d'autres structures majeures (Faille de Cadillac dans le cas présent). Comme ces structures sont peu étudiées, plusieurs questions demeurent quant à :

- 1) leur relation chronologique avec le tectonisme régional;
- 2) leur formation mise en contexte avec les failles majeures;
- 3) leur rôle sur la mise en place des minéralisations aurifères.

Dans le cas où ces structures sont simplement post-orogénèses, elles ne joueront probablement pas de rôle dans la mise en place d'une minéralisation orogénique. Une autre hypothèse est que ces structures sont préexistantes ou formées durant l'orogénèse. Elles pourraient être syn-déformation, ou plus ancienne encore, soit précoce à l'accrétion et à l'événement orogénique associé. Dans ce cas, ces structures secondaires ont pu servir de conduits aux fluides

minéralisateurs charriés par les structures majeures auxquelles elles sont connectées (Vearncombe, 1998 et Neumayr et al., 2000). Si cette hypothèse venait à être vérifiée, ces structures constitueraient ainsi un critère de ciblage pour l'exploration des gisements orogéniques.

1.3 Zone d'étude

La présente étude porte sur un exemple typique de structure d'attitude Nord-Est, à savoir la Faille de Davidson (également connue sous le nom de Faille du Ruisseau Davidson ou Davidson Creek), sécante à l'une des failles majeures de l'Abitibi qui est la Faille de Cadillac. La Faille de Davidson se situe dans la municipalité de McWatters, à l'Est de la ville de Rouyn-Noranda. La propriété Henriksen située dans ce secteur, (Figure 1.3), a connu une longue période de prospection depuis plus de 80 ans et appartient au moment de cette étude à Mines Aurizon Lté. La géologie du secteur reste peu connue, souffrant d'un manque de travaux de cartographie de détail.

La propriété est séparée en deux parties par la Faille de Davidson selon une direction Nord-Est (Figure 1.3). La partie Nord abrite des bandes volcaniques mafiques et felsique d'orientation globalement Est-Ouest, recouvertes à certains endroits par des couches sédimentaires discordantes. Cette zone consiste en la bordure Est du Groupe de Blake River recouverte par les roches sédimentaires de Cadillac. Le Groupe de Blake River est la dernière subdivision du cycle volcanique II (Dimroth et al., 1983a). Ce groupe forme un synclinal à l'ouest de la Faille de

Davidson (Gunning, 1941). Le Groupe de Cadillac est une unité de grès et de siltstone intercalée de lentilles de conglomérats et de formations de fer (Gunning, 1941). La zone Sud est quand à elle recouverte en majorité par les roches sédimentaires du groupe de Cadillac. La jonction entre le Pontiac et la Zone Volcanique Sud, dans le Sud de la propriété, est marquée par la formation de Granada, appartenant au Groupe de Timiskaming (Rocheleau, 1980). Cette formation est constituée de bandes conglomératiques polymictes intercalées de bandes de grès. À l'est de la Faille de Davidson, l'épaisseur de l'unité de conglomérat diminue progressivement vers l'Est.

On distingue une unité conglomératique de forme ovale en carte constituée de bandes plissées ovales à proximité de la faille, en discordance avec les unités sédimentaires sous-jacentes et dont les composants présentent des similitudes avec les roches volcaniques situées de l'autre côté de la faille. La schistosité régionale est globalement Est-Ouest. Des intrusions sont aussi présentes sur la propriété, sous formes de dykes mafiques d'âges non-identifiés et d'orientation subparallèle à la Faille de Davidson dans la partie Sud, et sous forme d'une intrusion felsique d'attitude Nord-Sud dans la partie nord. Toute la zone est affectée par un métamorphisme moyen, globalement du faciès des schistes verts mais qui atteint localement le faciès amphibolitique. La propriété recèle de nombreux indices aurifères de styles et de contextes géologiques différents, certains ayant même donné lieu à des exploitations à petite échelle (Gunning, 1941). Un autre gîte, nommé Héva, est localisé dans l'Est de la propriété et

présente une minéralisation en or associée à des veines et veinules de quartz près de la Faille de Cadillac.

1.4 But et objectifs

Le but de cette étude est de déterminer la nature de la Faille de Davidson et d'établir si elle a pu jouer un rôle dans la formation des minéralisations aurifères dans son environnement immédiat. Dans cette optique, plusieurs sous-objectifs ont été définis :

- Établir le contexte géologique de plusieurs indices aurifères de part et d'autre de la faille (Figures 1.3 et 1.4). Le secteur de la Faille de Davidson recèle probablement de nombreux indices aurifères mais la nature marécageuse des alentours limite les choix de lieux d'études aux zones affleurantes et décapées. La caractérisation se fera au niveau :
 - lithologique ;
 - structural;
 - métamorphique;
 - et de la minéralisation.
- Comparer entre eux les indices répertoriés. Il s'agit de :
 - Corrélation génétique entre les unités de part et d'autre de la faille;
 - Établir des relations chronologiques;

- Établir la présence de liens génétiques entre les différentes minéralisations en les différenciant à l'aide de signatures chimiques.
- Établir le cas échéant le rôle métallogénique de la Faille de Davidson en vérifiant les relations géométriques et structurales des indices par rapport à la position de la faille.

1.5 Méthodologie

Les zones étudiées en détail sont au nombre de six. Deux d'entre elles sont les anciens indices historiques ayant été exploités. Les secteurs étudiés sont :

1. l'ancien site d'exploitation Tech Hughes,
2. l'ancien site d'exploitation Héva,
3. l'indice Major,
4. l'indice Marais Est,
5. l'affleurement Hosco,
6. la coupe Kinojévis.

Le site Tech Hugues est situé sur le bloc Ouest de la Faille de Davidson à moins de 100 m de celle-ci. Encaissé dans le Groupe de Cadillac, il est sous forme de veines Est-Ouest. La minéralisation du site Héva, jouxtant la Faille de Cadillac est étudiée à l'aide d'échantillons prélevé sur des forages. Elle se présente sous forme de veinules encaissées dans des roches sédimentaires schisteuses. Le site Major est à proximité de l'intersection des failles de Davidson et de Cadillac et se

compose de 2 décapages (Major et Conglomérat Ouest). Les minéralisations sont sous formes de veinules encaissées dans l'unité conglomératique isolée de la Faille de Cadillac et associées à des zones de déformation Est-Ouest. L'indice Marais Est, dans le Nord de la propriété, comporte des systèmes de veines bréchiques, associées spatialement au contact d'une intrusion mafique et de séquences de wackes. L'affleurement Hosco, situé à 5 km de la Faille de Davidson, est un site « témoin » typique des minéralisations du projet de mine Joanna détenu par Aurizon Lté. Il s'agit de veines encaissées dans une zone de cisaillement Est-Ouest encaissées dans des roches sédimentaires. Enfin, la coupe Kinojévis offre une vue en coupe perpendiculaire et à proximité de la Faille de Davidson au niveau de son intersection avec la Faille de Cadillac.

Le projet se divise en deux parties distinctes : les travaux de terrain et les travaux de laboratoire.

Les travaux de terrain comprennent des levés détaillés des six sites situés à proximité de la Faille de Davidson. Ces levés comprennent notamment la cartographie des altérations, des lithologies, de la déformation et des minéralisations observées. A ceci s'ajoute la cueillette d'échantillons représentatifs de ces volets et/ou spécifiques pouvant répondre plus précisément à la problématique. Les lithologies ont été décrites selon leurs compositions minéralogiques, texturales ainsi que selon leur granulométrie. La description des minéralisations comprend la composition de la paragenèse, celle des épontes des

veines, et l'orientation des minéralisations. Comme ces minéralisations sont plus ou moins bien localisées dans l'histoire géologique locale et régionale, une emphase particulière a été portée sur l'orientation et les relations de chronologies relatives de ces minéralisations avec l'encaissant et les autres événements géologiques observés. L'analyse de la déformation comprend notamment la définition des styles de déformation sur chaque décapage ainsi que la prise de données structurales. Afin d'appuyer les données récupérées, un ensemble de cartes numériques et de photographies a été réalisé. Parallèlement à ces principaux affleurements, une récolte d'information plus spécifique a été réalisée sur plusieurs affleurements secondaires à des fins de comparaison avec les données obtenues des cinq décapages. Les secteurs étudiés et leurs échantillons respectifs sont localisés à la figure 1.4. En plus de ces travaux, plusieurs échantillons provenant de forages réalisés dans la zone Héva par Aurizon ont été ajoutés à l'étude.

La distinction des minéralisations orogéniques de celles synvolcaniques n'est pas toujours évidente au premier abord dans les contextes de ceintures de roches vertes archéennes où des événements orogéniques et volcaniques se succèdent et se superposent (Gaboury et Daigneault 1999, Legault et Daigneault, 2006). Dans le cas de la propriété Henriksen, les paragénèses des différents sites sont toutes très riches en quartz, empêchant une distinction des types de veines avec certitude. Ceci a mené à une approche consistant à documenter les signatures chimiques du quartz hydrothermal et de son contenu en inclusions fluides.

Les échantillons prélevés ont été utilisés pour des études pétrographiques, l'analyse des éléments traces dans le quartz présent dans les minéralisations, l'analyse des inclusions fluides dans le quartz hydrothermal, la mesure d'isotopes oxygènes et enfin quelques analyses géochimiques. L'origine, la nature et l'utilisation de chacun de ces échantillons ont été reprises dans le tableau en annexe A. En raison de délais analytiques, les résultats d'analyses isotopiques de l'oxygènes et géochimiques n'ont pu être inclus dans le présent travail

Les travaux de laboratoire ont eu pour but de vérifier et préciser les conclusions de la première phase. Ils sont essentiellement réalisés à partir d'échantillons prélevés durant la phase de terrain. Cette phase comprend plusieurs approches, chacune couvrant en partie les différents volets du projet d'étude. Elle comprend la compilation des données cartographiques, notamment les facies métamorphiques, les unités lithologiques, les informations structurales telles que les mesures et les zones de déformation, la localisation des veines et enfin celle des échantillons. Ces informations ont été numérisées à l'aide du logiciel MapInfo et mise en forme par Adobe Illustrator. Toutes les mesures structurales prélevées sur le terrain ont été placées sur stéréonet grâce au logiciel Georient pour distinguer et caractériser les différents domaines structuraux. En effet, la schistosité régionale Est-Ouest est parallèle à la Faille de Cadillac si bien qu'il est aisé d'identifier toute autre structure d'origine locale ayant une orientation mesurée différente de l'orientation régionale. Trente-neuf échantillons prélevés ont été utilisés pour la confection de supports pétrographiques comprenant 67 lames

minces et 12 surfaces polies réalisées à l'Atelier de Pétrographie de Québec. Ces supports servent à caractériser la structure, préciser la lithologie, définir la minéralogie et déterminer le métamorphisme de chaque unité. Des lames minces ont été confectionnées à partir des échantillons orientés. L'orientation de ces lames minces est définie par les éléments observables dans la roche, notamment la schistosité et la linéation présentes. En effet, la caractérisation de la déformation nécessite deux sections : parallèle (XZ) et perpendiculaire (YZ). Le but est d'observer parallèlement et perpendiculairement à la linéation d'étirement. La section XZ permet d'observer les indicateurs cinématiques (rotation de cristaux et bande de cisaillement, CS par exemple). La section YZ permet de mieux caractériser la minéralogie, les altérations et le métamorphisme.

La deuxième partie des travaux de laboratoire repose sur la combinaison de deux techniques différentes, les isotopes oxygènes du quartz n'ayant pas pu être considérés :

1. la mesure d'éléments traces,
2. l'analyse des inclusions fluides

Ces analyses permettent de vérifier les similitudes des fluides minéralisateurs entre les différentes familles de veines et leurs éventuels liens génétiques. L'analyse des inclusions fluides s'appuie sur un nouveau type d'appareil de mesure (Gaboury et al., 2008) et la détermination des éléments traces le long de lignes d'ablation en utilisant un LA-ICP-MS. Comme ces méthodes incorporent des

innovations et sont en cours de développement, cette combinaison devrait permettre d'autovalider les résultats obtenus selon leur reproductibilité.

Les inclusions fluides ont été étudiées à l'aide de la spectrométrie de masse réalisée au laboratoire LAMEQ selon la méthode de Gaboury et al. (2008). Cette méthode permet également de déterminer la composition des fluides en fonction de la température.

La seconde technique est l'utilisation du LA-ICP-MS sur des lames minces des différentes veines minéralisées (Thomas et al., 2010 et Wark et Watson, 2006). Elle consiste à mesurer les teneurs de plusieurs éléments traces compris en substitution et en interstice dans la structure cristalline du quartz (Dennen, 1964 et 1966). Ces teneurs permettent ensuite une comparaison relative entre les différents échantillons pour tenter d'individualiser des familles de veines. L'appareillage comprend un LASER de type RESOlution M-50 Excimer (193nm) de Resonetics et un spectromètre de masse Agilent 7700x.

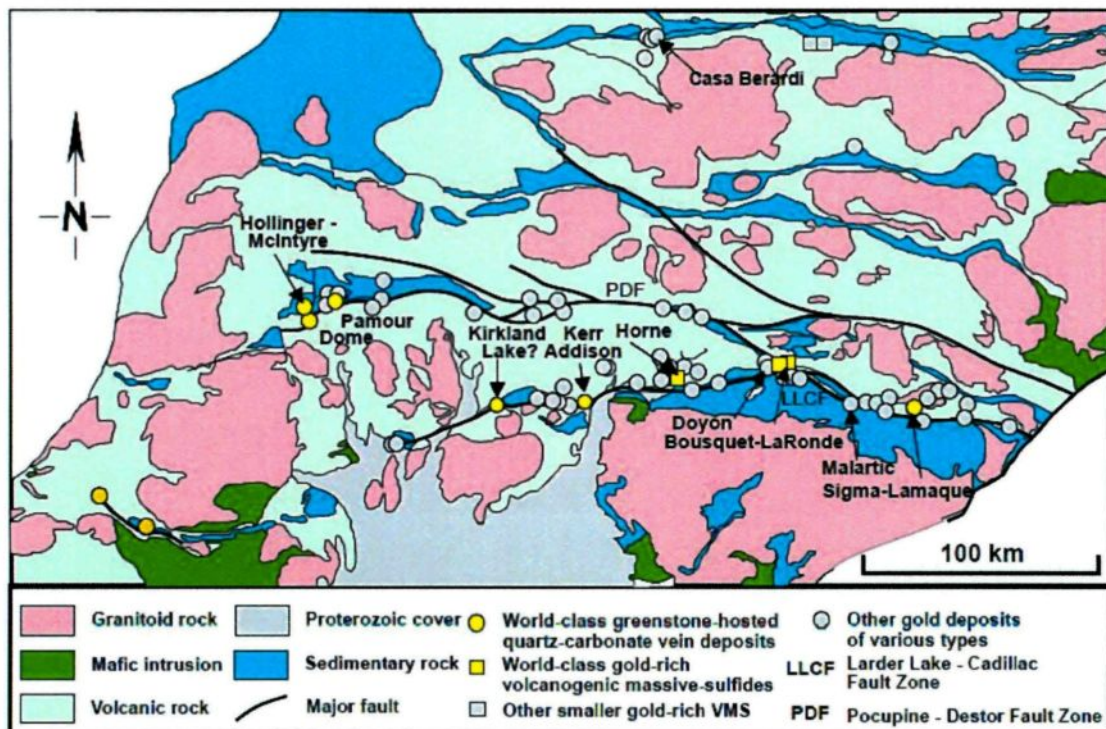


Figure 1.1 : Carte géologique de la Sous-province géologique d'Abitibi. Tirée de Dubé et Gosselin (2007).

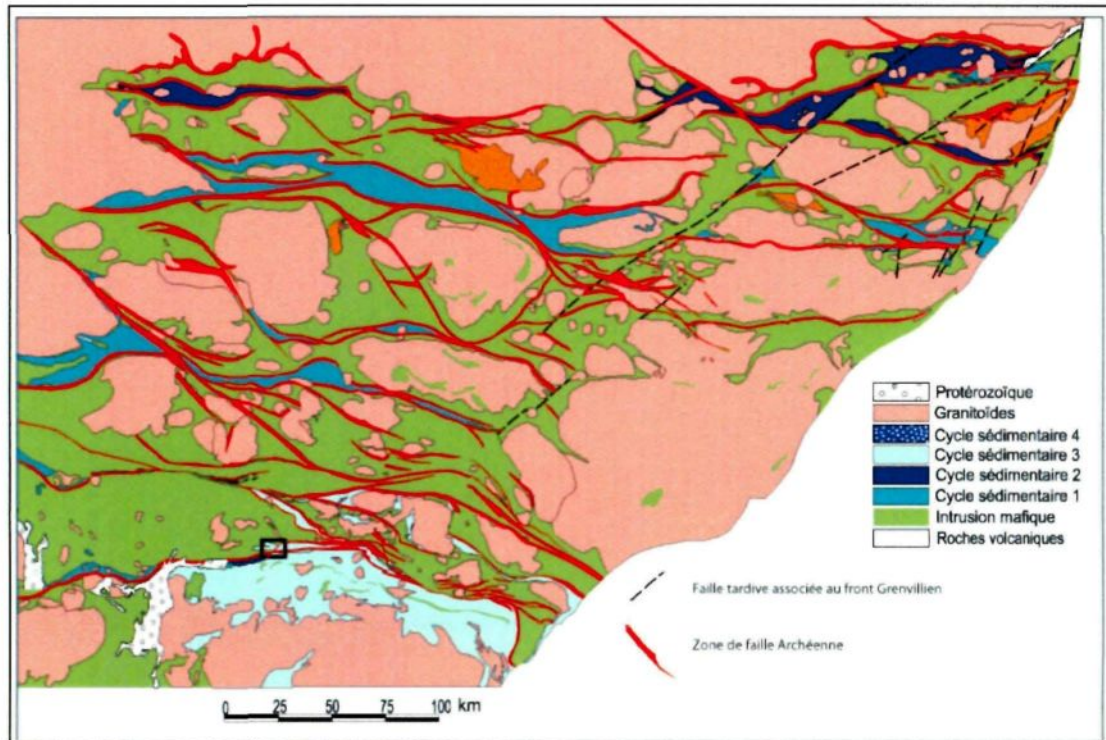


Figure 1.2 : Carte géologique simplifiée de la Sous-province géologique de l'Abitibi. Le cadre noir situe la zone d'étude. Modifié de Daigneault et al. (2002).

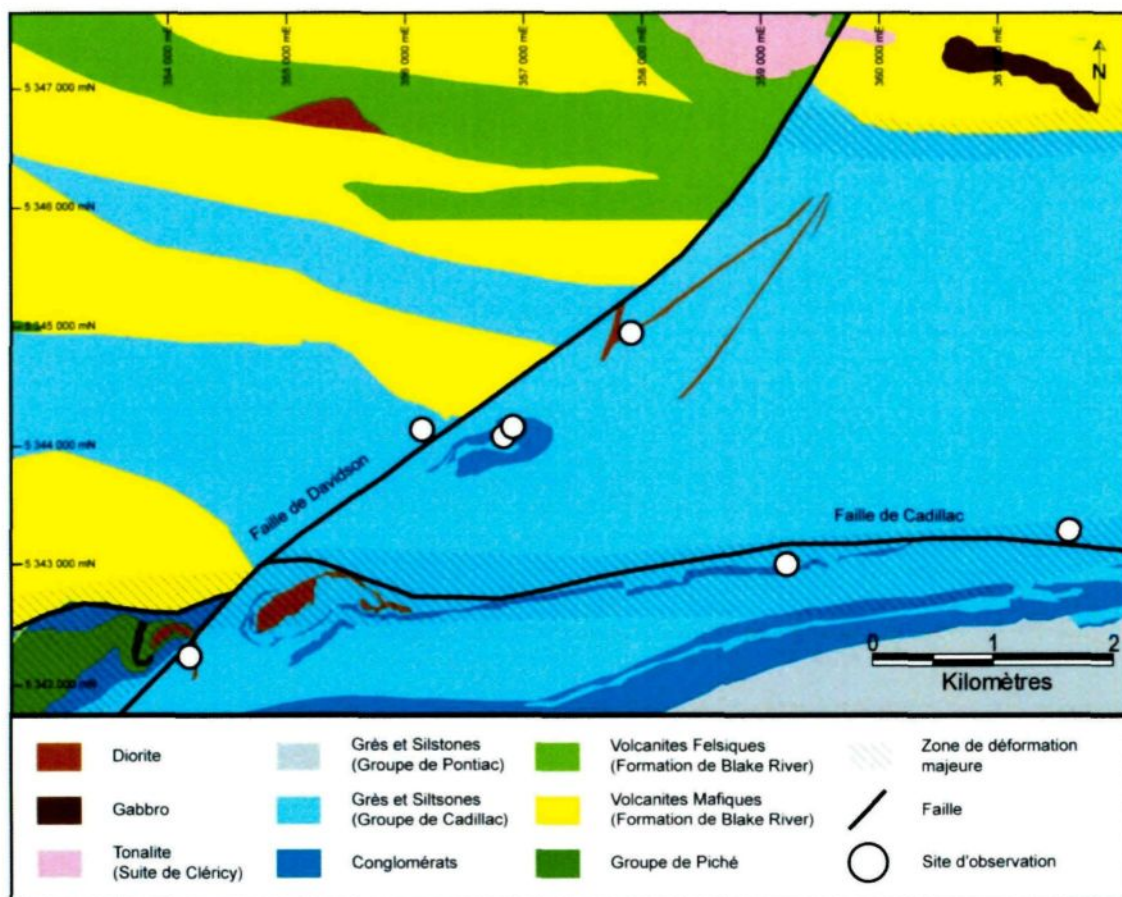


Figure 1.3 : Carte géologique simplifiée de la propriété Henriksen. Source : Aurizon Lté, compilation Sigeom 2009.

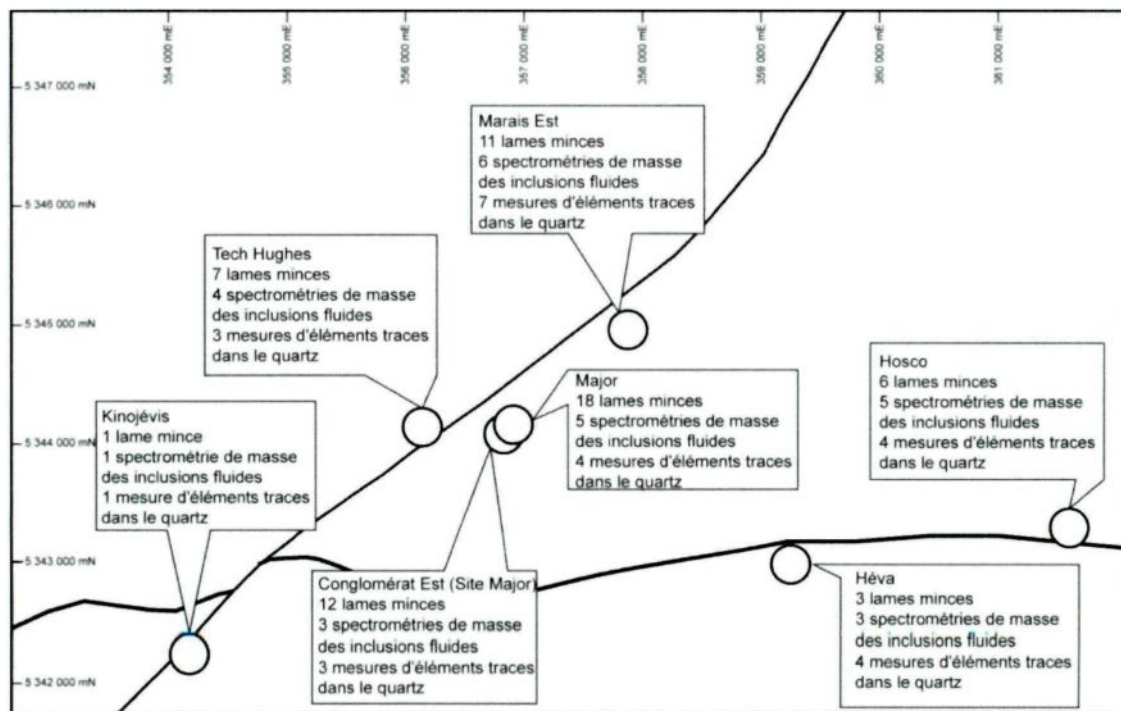


Figure 1.4 : Carte résumant les travaux d'échantillonnage effectués.

Tableau 1.1 : Exemples de gisements liés à des associations de structures, avec la nature de l'encaissant, de la structure majeur, des structures secondaires sécantes et le grade de métamorphisme.

Dépôt	Cleo	Bronzewing	Athenia	Woodcutters	Kalgoorlie	Marymia
Encaissant	BIF	Basalte + schistes mafiques	Ultramafique, mafique, granitoïde, roches sédimentaires	Granodiorite	Dolerite, basalte	BIF, basaltes tholéitiques
Structure primaire D1	Suture de terranes	Zone de cisaillement	Zone de cisaillement	Zone de cisaillement fragile-ductile	Zone de cisaillement	Zone de cisaillement
Structure secondaire D2	Zone de cisaillement	Failles fragiles	Failles fragiles-ductiles	Failles ductiles-fragiles	Zone de cisaillement	Faïlle fragile-ductile
Métamorphisme	Prehnite	Schistes verts	Schistes verts	Inferieur a Prehnite	Prehnite	Amphibolite
Référence	1	2	3	4	5	6

Informations tirées de 1) Brown et al., (2002), 2) Eilu et al., (2001), 3) Bloem et al., (1994) et 4) Mueller et al., (1987), 5) Zhou et al., (2003) et 6) Vielreicher et al., (2002).

Chapitre 2

Géologie des indices minéralisés

2.1 Introduction

Ce chapitre présente les différents sites qui ont été étudiés et cartographiés durant l'été 2010. Il s'agit d'une description de la géologie de chacun de ces sites selon les aspects lithologique, structural, métamorphique et métallogénique. Chaque site est décrit selon les éléments observés à l'aide de photographies, mesures structurales, cartes et lames minces. L'annexe A rassemble l'ensemble de ces descriptions et ces informations. Ils sont ensuite synthétisés avec une interprétation sommaire des informations obtenues et accompagnés d'un schéma récapitulatif. L'objectif du chapitre est avant tout de dépeindre l'environnement géologique bordant la Faille de Davidson.

2.2 Décapage Hosco – Minéralisation type de la future mine Joanna

La minéralisation de la future exploitation d'or Joanna appartenant à Aurizon Lté est considérée comme étant de type orogénique telle que décrite dans les

rapports techniques 43-101 (Laferrière, 2010) associés à ce projet d'exploitation. La minéralisation est associée à des veines de quartz, concordantes, encaissées dans des roches sédimentaires très altérées en biotite. Les corps minéralisés sont contrôlés par des plis plongeant à 15° vers l'Ouest. Les veines les plus au sud de la propriété se distinguent par une enveloppe composée d'albite.

Le secteur Hosco comprend un décapage principal situé à environ 5 km à l'est de la Faille de Davidson, environ 50 m au sud de la future limite de la fosse d'exploitation. L'affleurement présente une géologie et un contexte de minéralisation comparable au style de minéralisation du projet Joanna. En cela, il constitue donc un témoin permettant la comparaison avec les autres sites de la présente étude et qui sont situés plus au voisinage de la Faille de Davidson.

La géologie du décapage Hosco est présentée à la figure 2.1. Le décapage comprend uniquement des roches sédimentaires, soit des alternances de grès et de siltstone (Figure 2.2) identifiés comme appartenant au Groupe de Cadillac (selon les données de 2009 du SIGEOM). Les couches ont globalement une direction E-W et un pendage modéré vers le nord, typique de la signature structurale des roches situées à proximité de la Faille de Cadillac (Daigneault et al., 2002). Toutes les mesures prises et la localisation des photographies sont identifiées sur la carte de l'affleurement (Figure 2.1).

Une fabrique principale Sp sous forme de schistosité bien développée est parallèle aux couches. Du Nord au Sud, l'affleurement présente trois zones

distinctes. On y retrouve deux couloirs de déformation au nord et au sud présentant une schistosité plus fortement développée (Figure 2.3). La portion centrale se caractérise par la présence de plis P2 asymétriques en S de plongée faible vers le nord-ouest (305/15 : Figure 2.4). Ces plis forment des déflexions brusques des plans Sp et S0 avec un profil apparent angulé, un peu à la manière de bandes de kinks (Figure 2.1). Les plans axiaux sont d'orientation SE et sont localement associés à un clivage de crénulation (Figures 2.4 et 2.5). Le domaine plissé est isolé entre la zone de déformation au nord et une zone de déformation au sud (Figure 2.1). La crénulation recoupe le couloir de déformation (Figure 2.1)

Le métamorphisme est bien manifesté avec essentiellement un assemblage quartz + biotite mais également des amphiboles de type hornblende (Figure 2.6). Les proportions de minéraux sont variables, la biotite représentant 25 à 45% de l'assemblage, les feldspaths 20 à 35% et les amphiboles 0 à 20%. Ces dernières présentent une orientation préférentielle et sont alignées selon la schistosité. Toutefois, elles ne présentent pas d'orientation préférentielle dans le plan de foliation (aucune linéation, Figure 2.7).

La zone de cisaillement Nord concentre des veines d'orientation Est-Ouest. Elles sont porteuses de la minéralisation aurifère. L'assemblage est à quartz \pm albite \pm sulfures (Figure 2.8). Ces veines sont d'épaisseur décimétrique et sont parallèles à la schistosité et boudinées (Figure 2.3 et Figure 2.6). Dans la zone plissée centrale d'autres veines plus fines (épaisseur inférieure à 5 cm) sont

observées. Ces veines sont également à quartz \pm albite \pm sulfures (Figure 2.2 et Figure 2.9) et sont parallèles à la schistosité et reprises par le plissement. Les veines encaissées dans la zone plissée et les zones cisailées ont une paragenèse similaire, mais seules les veines des zones cisailées sont porteuses de minéralisation aurifère.

Toutes les veines de l’affleurement présentent des évidences de déformation. En lame mince, les grains de quartz sont partiellement recristallisés avec des bordures suturées (Figure 2.10).

Synthèse et interprétation

Ce décapage montre un style structural pouvant être associé à une succession d’événements de déformation. Premièrement, l’affleurement se caractérise par une fabrique planaire S_p parallèle au S_0 et qui est interprétée comme un S_1 associé à un événement de déformation D_1 (nomenclature interne de cette étude). Les zones de plus forte déformation sont en fait une accentuation de la fabrique S_p et sont donc interprétées comme faisant partie du même événement de déformation. Des plis P_2 en S associés à un clivage de crénulation S_2 NO sont associés à un événement D_2 local et pour lequel aucune correspondance régionale ne peut être proposée.

Les veines aurifères montrent une forte association spatiale avec les zones de cisaillement. Elles suivent dans tous les cas la schistosité S_1 aussi bien dans la zone de cisaillement que dans la portion affectée par les plis P_2 .

Le plissement des veines par les plis P2 indique qu'elles sont pré-P2. Le boudinage des veines selon S1 permet d'interpréter qu'elles ont enregistré en totalité ou en partie la déformation ductile D2.

Dans le cas de veines syn-déformation ductile il pourrait s'agir de veines en remplissage de faille (Gosselin et Dubé, 2007), reprise par la déformation D2. Si les veines sont anté-déformation ductile D1, elles ont pu se former à l'interface de niveaux sédimentaires de propriétés rhéologiques différentes. L'altération des épontes aurait pu ainsi favoriser le développement de la déformation ductile.

Les veines situées dans le couloir de déformation sont aurifères, tandis que celles encaissées dans la zone de plis sont stériles. Pourtant ces deux types de veines présentent le même assemblage minéralogique et le même aspect déformé et boudiné. Quelles que soient les interprétations, la concentration d'or a un lien avec les zones de fortes déformation. Ces zones favoriseraient le passage des fluides hydrothermaux post-déformation de par leur plus grande perméabilité. Une autre hypothèse est que les veines des couloirs et celles de la zone plissée centrale correspondent à deux venues de fluides, l'une minéralisée et l'autre stérile. Néanmoins, il n'y a pas assez d'observations permettant de préciser davantage la relation entre ces deux types de veines, la présence d'or et la zone de déformation intense.

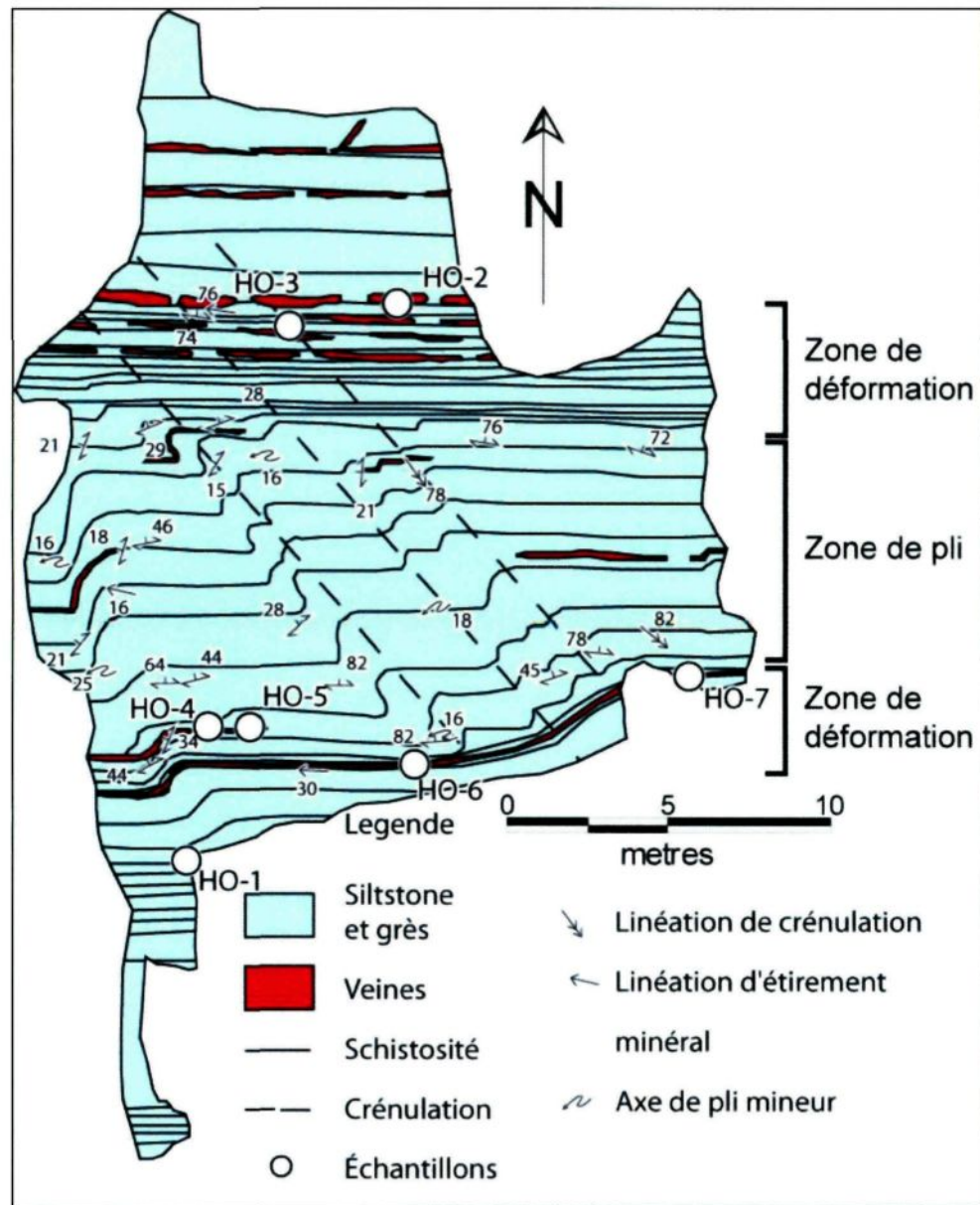


Figure 2.1 : Cartographie synthétique du décapage Hosco.



Figure 2.2 : Photographie de la variation granulométrique des couches plus grossières sur la gauche. La veine encaissée est mise en place préférentiellement dans les couches les plus fines. La perturbation des couches plissées engendrée par la veine indique une mise en place précoce à la déformation.



Figure 2.3 : Photographie de la zone de cisaillement Nord d'orientation Est-Ouest avec présence de nombreuses veines boudinées.



Figure 2.4 : Zone de plis P2 affectant la schistosité principale Est-Ouest. On remarque la succession des plis à flancs longs orientés Est-Ouest et flancs courts orientés Nord-Ouest. Les veines sont transposées dans la schistosité, boudinées et étirées.

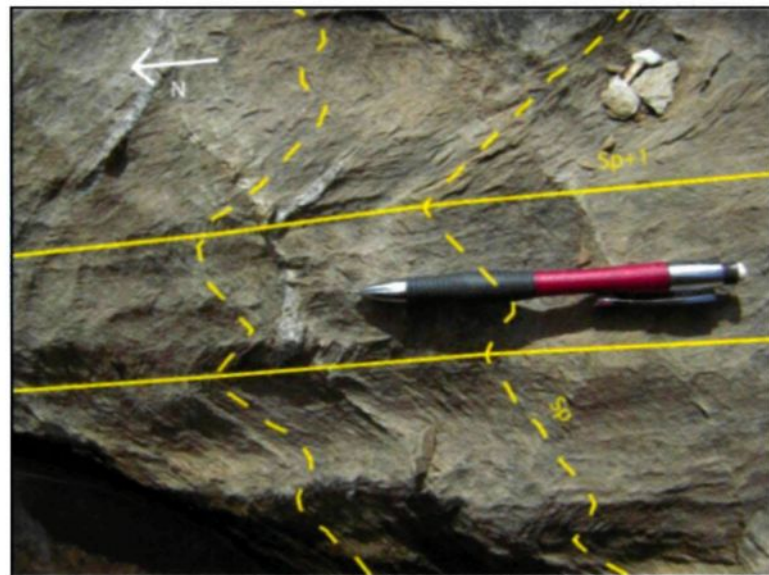


Figure 2.5 : Clivage de crénulation recoupant la schistosité principale. La crénulation est subparallèle aux axes des plis observés sur l'affleurement.

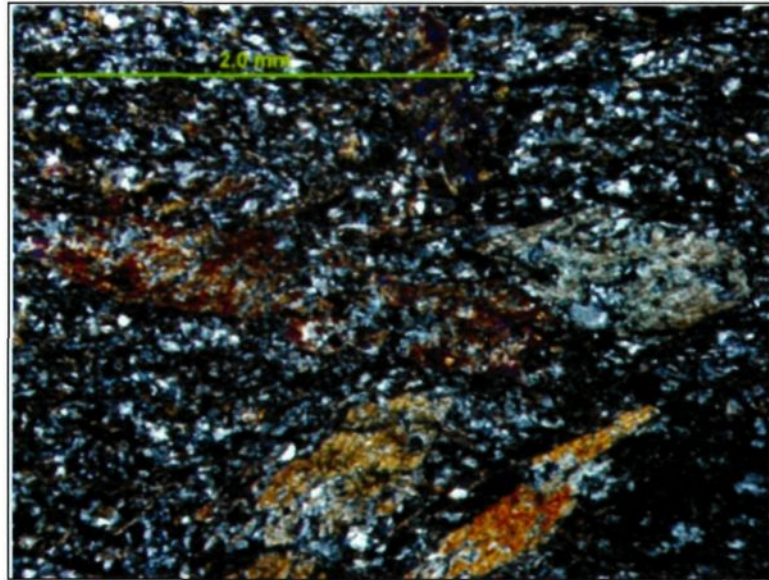


Figure 2.6 : Microphotographie des grès et siltstone avec une matrice essentiellement à quartz-biotite et des porphyroblastes d'hornblendes poeciloblastiques.



Figure 2.7 : Vue du plan de foliation avec les hornblendes non orientées dans le plan.

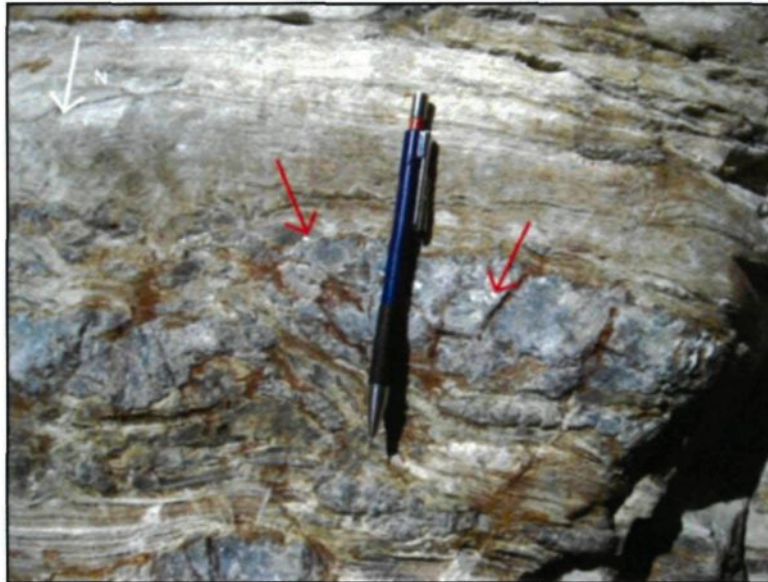


Figure 2.8 : Veines boudinées observées dans le couloir de cisaillement. La minéralogie est essentiellement quartzique avec un peu d'albite (flèches rouges) et des sulfures rouillés en bordure.

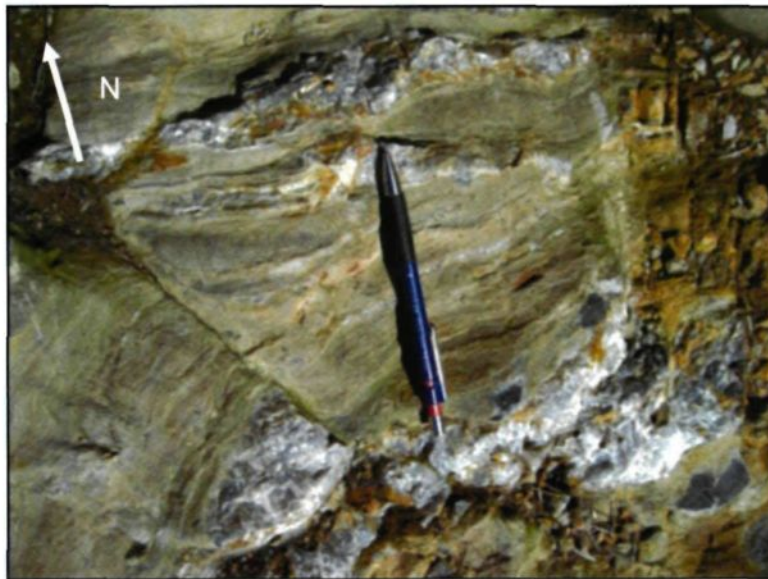


Figure 2.9 : Veines à quartz-albite-sulfures encaissées dans la zone de plis. Elles sont entraînées dans la schistosité et étirées. Bien que semblables à celles observées dans le cisaillement, ces veines sont exemptes d'or.

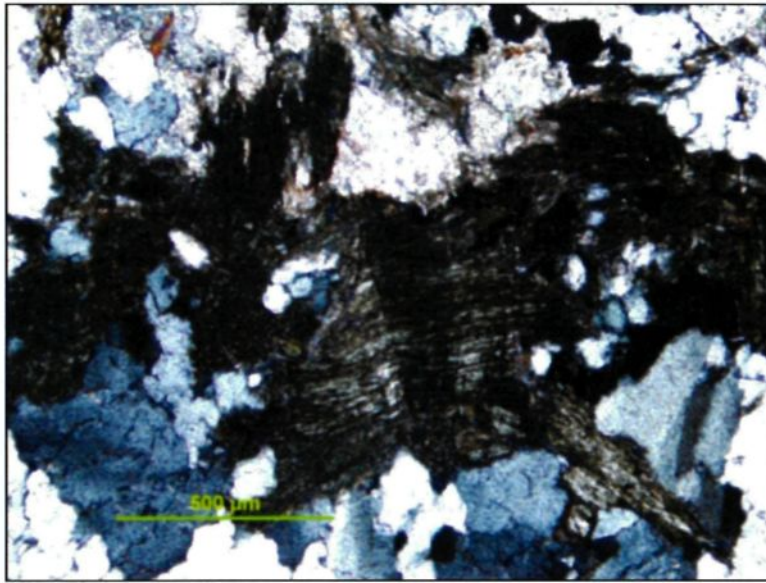


Figure 2.10 : Microphotographie des veines. Le grain au centre est une biotite chloritisée présentant un kinkage.

2.3 Affleurement Kinojévis - Vue en coupe de la faille Davidson Creek

L'affleurement Kinojévis est situé à l'extrémité Est du pont de la route 117 traversant la rivière Kinojévis, à l'Ouest de l'aéroport de Rouyn-Noranda. Il s'agit d'une coupe verticale d'environ 70 m de large par 10 m de hauteur dressée au Nord de la route (Figure 2.11). Cette section orientée Est-Ouest présente une vue en coupe de la structure interne de la Faille de Davidson. L'affleurement expose des séquences sédimentaires foliées et plissées. Pour les besoins de l'étude, cette coupe est divisée en trois segments contigus (Figure 2.12) d'ouest en est.

L'encaissant est composé de séquences de siltstone avec des lits de 10 cm d'épaisseur en moyenne. Ces siltstones présentent globalement un assemblage de quartz-feldspaths potassiques-plagioclase-chlorite-séricite (Figure 2.13).

La coupe A (Figure 2.14) présente une schistosité composite S0-Sp reprise par une série de plusieurs plis en chevron déversés vers le Sud-Est et dont l'angle d'ouverture est fermé. Les plis en chevrons ont des longueurs d'onde de 5 m en moyenne avec une surface enveloppe subhorizontale. Les plans axiaux ont une orientation sud-ouest (244/64). L'ouest de cette portion plissée est occupé par un plan de faille de pendage modéré vers l'Ouest. Dans le mur de la faille, la foliation est parallèle à ce plan de faille, tandis que dans le toit elle forme un entrainement le long du plan de faille similaire à des crochons, suggérant une composante apparente de mouvement inverse. Cependant, au sein du plan de faille, on

observe des stries de glissement bien développées et d'attitude subhorizontale (055/18). Ces stries sont plutôt compatibles avec un mouvement en décrochement.

En s'éloignant vers l'Est (coupe B, Figure 2.15), les plans axiaux sont plus verticaux formant des plis droits. L'amplitude reste la même. Les axes de plis plongent faiblement vers le Nord-Est (060/12). La transition entre la portion centrale et la portion Est de la coupe est occupée par un pli coffré, avec une amplitude de plus de 90°. L'extrémité est (coupe C) de la coupe (Figure 2.16) renferme beaucoup moins de plis. La schistosité, régulière et non plissée, quoique localement légèrement ondulante, a une attitude de 232/48.

En lame mince, deux minéraux métamorphiques associés sont observables : la chlorite et la séricite (figure 2.17). Ces minéraux sont de forme hypidioblastique et sont disposés de manière à former les prémices d'une foliation.

Un ensemble de veines est observable dans toute la coupe. Elles apparaissent comme des veines irrégulières épaisses de moins de 10 cm formant localement des « nœuds » larges de plusieurs dizaines de centimètres (Figure 2.16). Ces veines ont communément une faible extension latérale, inférieure à la dizaine de mètres. Leurs terminaisons sont pincées (Figure 2.18) ou boudinées (Figure 2.19). La terminaison pincée est le plus souvent observée dans les zones où la schistosité S_p est moins perturbée.

Une veine visible sur la partie Est de la coupe, se distingue des autres par son incorporation de fragments d'épontes. Ces fragments sont affectés par la

schistosité Sp. La veine forme une enveloppe de 2 m de large, orientée vers le Sud-Ouest, subparallèle à la schistosité principale (Figure 2.20). La paragenèse est constituée uniquement de quartz et aucune bordure d'altération hydrothermale n'est visible (Figure 2.21).

Synthèse

La coupe de Kinojévis présente un contexte géologique dominé par le plissement. Le premier événement de déformation D1 est celui qui a généré la fabrique Sp qui est parallèle au plan de stratification. Cet événement pourrait être corrélé avec la déformation régionale.

La fabrique Sp et le S0 ont été repris par une série de plis P2 (événement D2) dont l'intensité augmente d'Est en Ouest et dont les plans axiaux deviennent de plus en plus faiblement inclinés à l'approche d'une faille de pendage modéré vers l'Ouest située dans la portion ouest de la coupe. Cette série de plissement pourrait constituer le couloir de déformation associé à la Faille de Davidson. Les plis droits et les crochons en bordure de la faille pourraient s'intégrer dans un événement de raccourcissement de direction NW-SE. Toutefois, les stries observées dans le plan de faille suggèrent une composante en décrochement le long du plan de faille. Les plis P2 et la faille pourraient s'intégrer dans un événement de raccourcissement D2 et les stries seraient associées à un événement de décrochement D3. Il est également possible que la composante de raccourcissement et de décrochement fassent partie d'un même événement en transpression.

La présence de chlorite et l'absence de biotite suggère un métamorphisme du faciès des schistes verts.

Les veines sont caractérisées par :

1. des épaisseurs de l'ordre de la dizaine de centimètres;
2. une paragenèse essentiellement constituée de quartz;
3. des réseaux diffus de veines très franches; et
4. la quasi-absence de bordures d'altération hydrothermale.

L'aspect boudiné des veines, leur faible continuité latérale et les amas de quartz visibles suggèrent une mise en place pré à syn-déformation D2. Néanmoins l'aspect pincé de certaines terminaisons de veines là où l'expression de la déformation D2 est la plus faible et le recoupement de la schistosité principale par les veines indiquent une relation plus tardive par rapport à la déformation D1. L'ensemble de ces informations suggère une mise en place des veines post-déformation D1 et pré-déformation D2.



Figure 2.11 : Carte de localisation de la Faille de Davidson et de la coupe Kinojévis

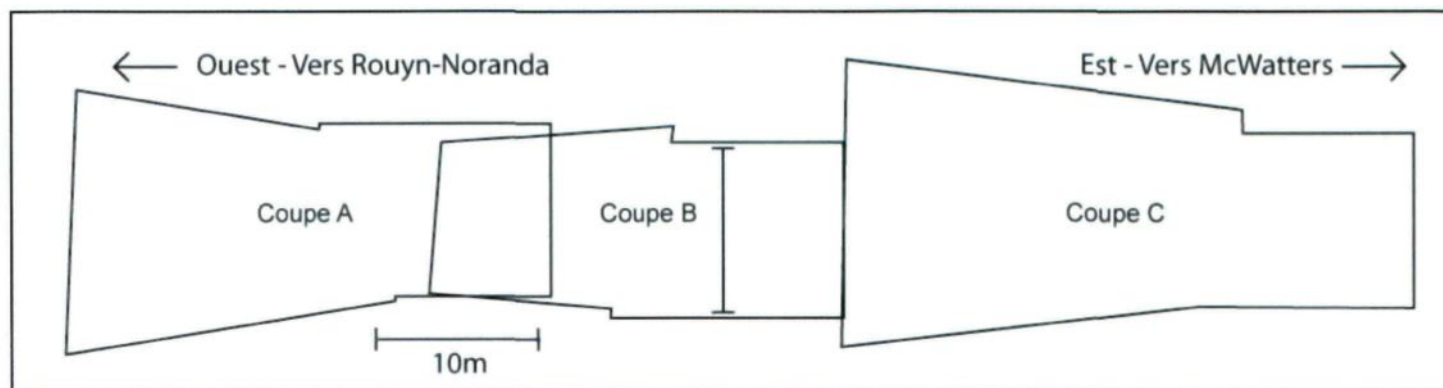


Figure 2.12 : Vue d'ensemble de la coupe avec localisation des montages photographiques.

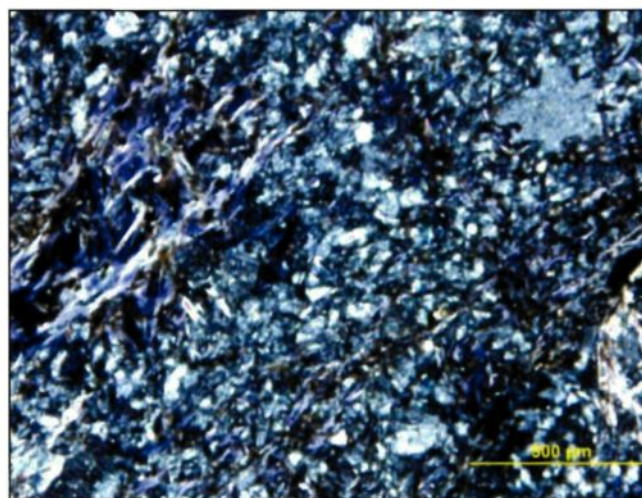


Figure 2.13 : Microphotographie de l'encaissant présentant l'assemblage quartz-feldspaths-séricite-chlorite.

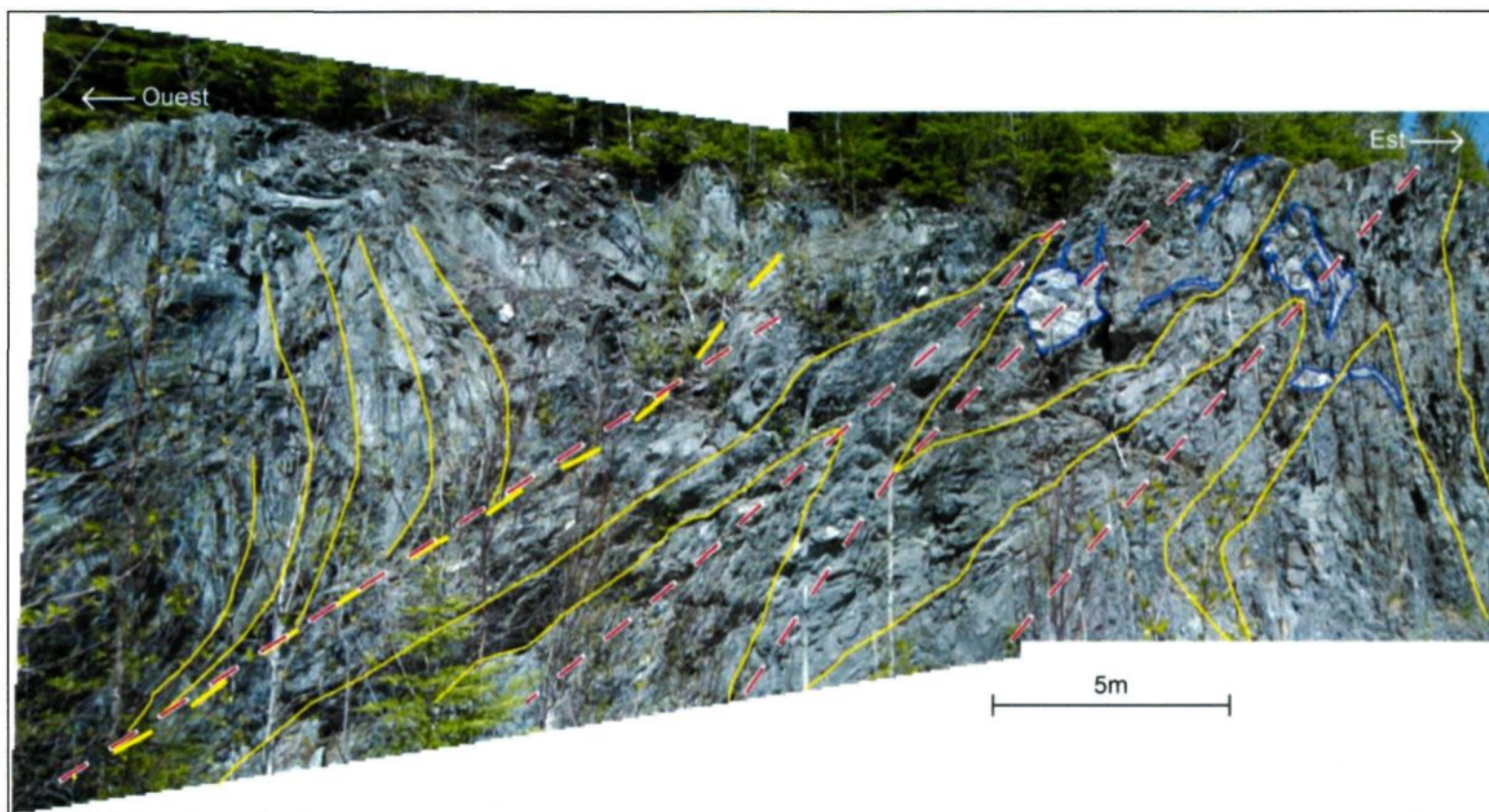


Figure 2.14 : Montage photographique A – Vue panoramique de l’affleurement Kinojévis présentant une vue en coupe de la Faille de Davidson. Le tracé de la schistosité principale est en JAUNE, les traces des plans axiaux sont en tiretés ROUGES et les veines sont en BLEU. Le tireté jaune plus épais désigne le plan de faille.

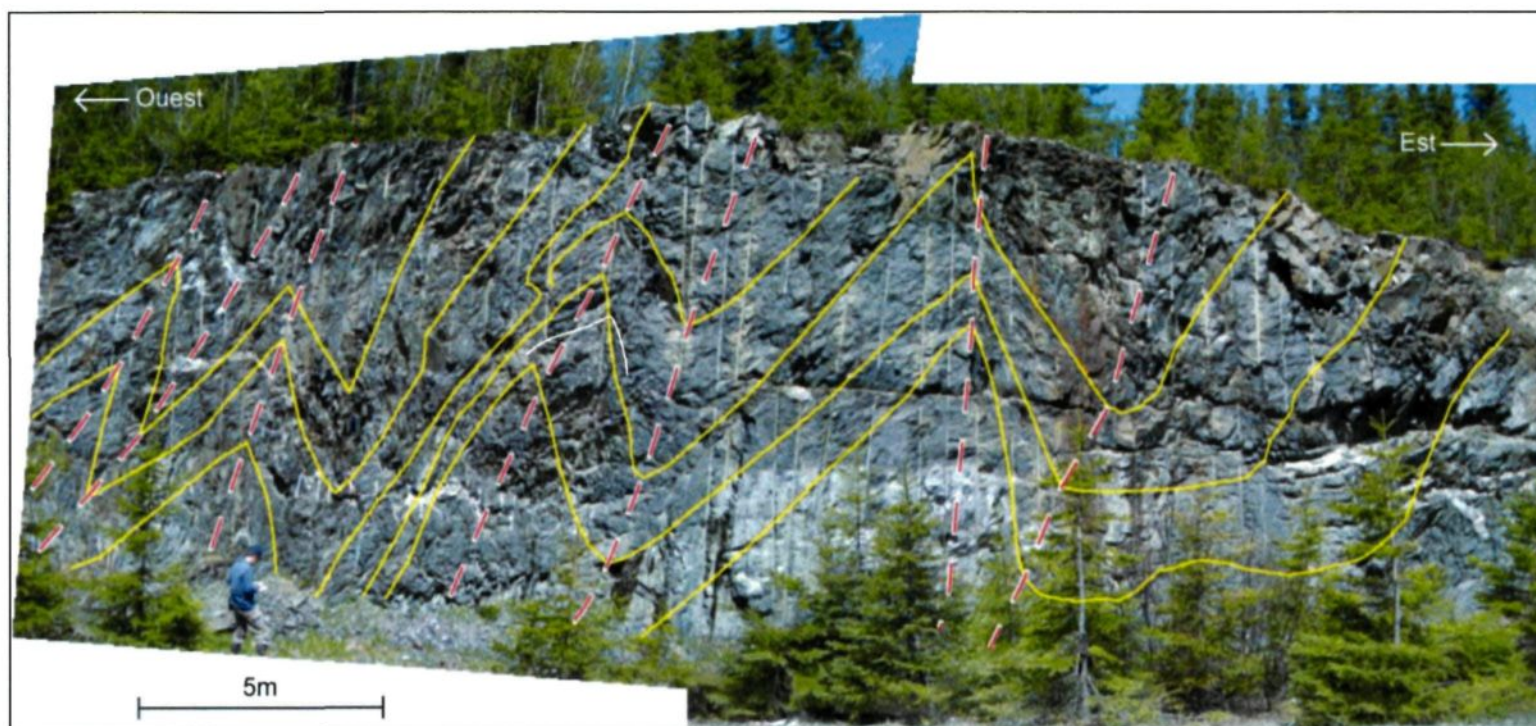


Figure 2.15 : Montage photographique B - suite du panorama, la légende est identique à la figure 2.13.

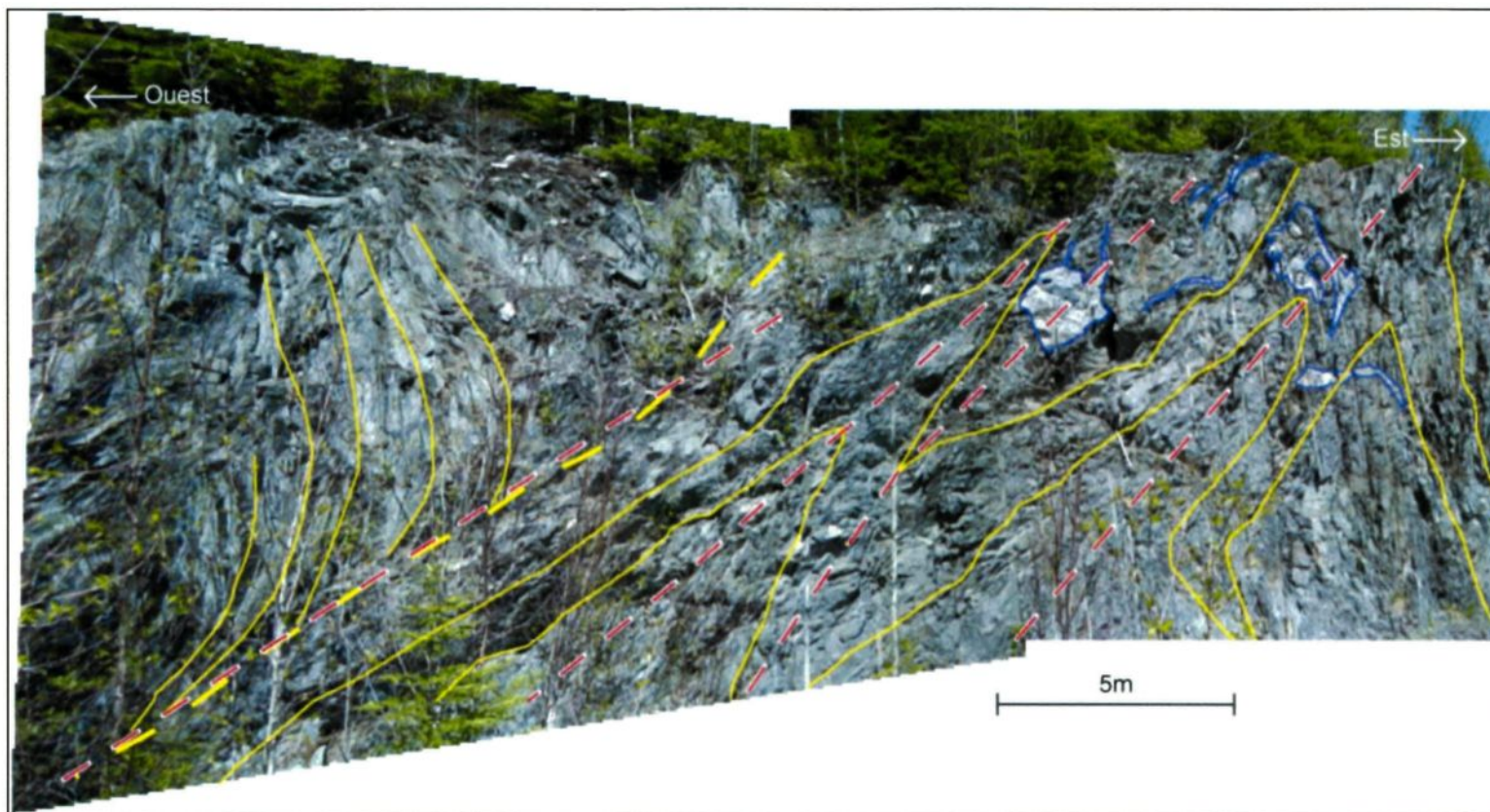


Figure 2.16 : Montage photographique C - suite du panorama, la légende est identique à la figure 2.13. Les veines suivent deux tendances : dans certains cas elles suivent et sont emportées par la schistosité, mais dans d'autres cas elles recoupent la schistosité, sont boudinées et forment des nœuds.

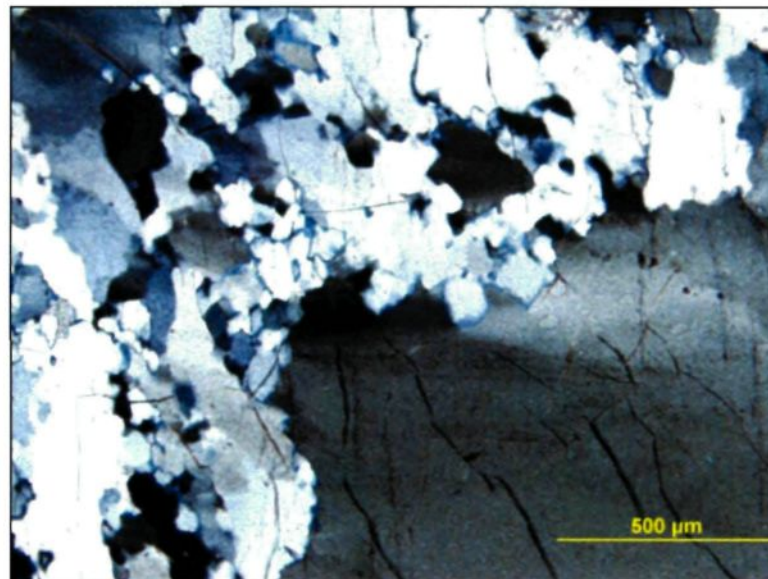


Figure 2.17 : Microphotographie des veines présentant la paragenèse déformée à quartz.

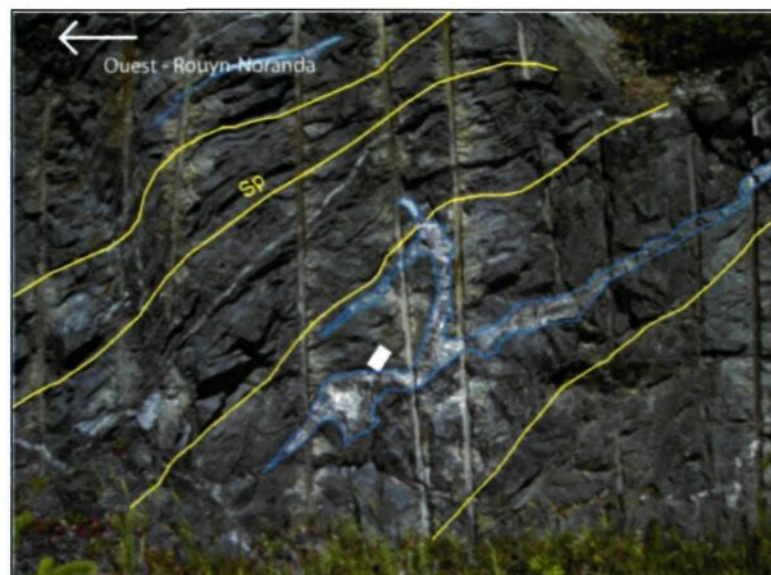


Figure 2.18 : Photographie présentant la géométrie des veines qui suivent en général la schistosité mais qui tendent également à avoir un comportement beaucoup plus discordant avec des recoupements de la surface S_0S_p .



Figure 2.19 : Photographie d'une veine boudinée et entraînée irrégulièrement dans le plissement de la schistosité engendré par la Faille de Davidson. La schistosité est particulièrement bien perturbée à proximité du nœud de quartz.



Figure 2.20 : Photographie de veines en géométrie interconnectées, grossièrement orientée parallèlement aux plans axiaux. On note la subtile altération rouillée des sulfures.



Figure 2.21 : Photographie du détail des veines à l'extrémité Est. On note la minéralogie riche en quartz des veines et l'absence de bordure d'altération.

2.4 Décapage Marais Est

Le décapage Marais est séparé en deux parties (figure 2.22). La partie nord est occupée par une intrusion mafique et la partie sud par les roches sédimentaires du Groupe de Cadillac observées sur une épaisseur d'au moins 15 m. Le contact entre ces deux types de roches est irrégulier mais globalement d'orientation Est-Ouest.

Le dyke mafique, identifié comme un gabbro, a une orientation générale NE subparallèle à l'orientation de la Faille de Davidson et se situe à moins de 200 m à l'est de celle-ci. Il est tracé sur environ 2 km par géophysique et forage étant donné le peu d'affleurements observables (Figure 1.3). Il est constitué d'un assemblage de pyroxène (augite) et de plagioclase (Figure 2.23), tous les deux en cristaux idiomorphes et définissant une texture ignée bien préservée. Les roches sédimentaires ont localement l'apparence de volcanoclastites d'aspect siliceux et de granulométrie homogène (Figure 2.24). L'aspect sédimentaire est toutefois bien conservé. Elles présentent un plan de stratification d'orientation Est-Ouest et de pendage Nord (280/60) ainsi qu'une fabrique planaire Sp qui lui est parallèle. Le levé magnétique de la zone (Figure 2.25) révèle que la partie orientée N-S du dyke correspond à une anomalie magnétique orientée N-S tandis que la partie orientée ENE n'est pas magnétique. Ceci suggère que deux dykes d'orientations différentes ont été interprétés comme une seule intrusion. Le site Marais Est est situé dans la partie non-magnétique de cette intrusion.

Les minéraux dans le dyke sont métamorphisés et remplacés en bordure de grain. Le plagioclase est totalement séricitisé, tandis que le pyroxène est remplacé plus ou moins en partie en bordure par un assemblage de pumpellyite + ilménite + épidote + actinote + leucoxène (Figure 2.23). Dans les volcanoclastites, on observe la présence de séricite, de chlorite et localement d'épidote (Figure 2.24). La matrice se compose essentiellement d'un assemblage de quartz + feldspaths plagioclase et potassiques. Elle contient également des grains de séricite mais en faible quantité (moins de 5%).

Le plan S0 et la schistosité sont perturbés à proximité du contact avec le dyke. Dans le dyke, aucune schistosité n'est observée, mais une fracturation intense est visible à la bordure du dyke (Figure 2.26). Elle diminue vers l'intérieur du dyke et devient parallèle à la bordure du dyke (Figure 2.27), en s'éloignant davantage du dyke, cette fracturation diminue en intensité (Figure 2.28).

Trois sites de veines sont observables sur le décapage, le premier au Nord-Ouest, le second à l'Est et le troisième au Sud. De ces trois sites, seules les veines du Nord-Ouest et de l'Est du décapage sont aurifères.

Les sites est et nord-ouest sont des veines de même paragenèse dominée par le quartz et l'albite et d'orientation parallèle au dyke. Le couloir de veines de l'est, situé dans la portion est de l'affleurement, est sous forme de séries de veines s'entrecroisant selon des orientations allant de N010E à N070E (Figure 2.29) donnant un aspect bréchique à la roche. Les bordures d'altération de la veine

nord-ouest présentent une altération hydrothermale sur quelques dizaines de centimètres qui efface en partie la schistosité des roches sédimentaires. En lames minces, on observe une paragenèse composée presque exclusivement de quartz, avec absence de véritable bordure d'altération distinguable de l'encaissant. Néanmoins, quelques grains de carbonates tardifs remplissent les fractures dans le quartz de la veine. Dans ces veines, le quartz est idiomorphe avec des évidences de croissances successives (Figure 2.30).

La veine au nord-ouest de l'affleurement, correspond à une veine unique de direction nord-est et qui recoupe les roches volcanoclastiques et le dyke. Cette veine fait environ 20 cm d'épaisseur et se suit sur environ 20 m. Riche en quartz et albite, elle contient également de la chalcoppyrite et donne un aspect bréchifié à l'encaissant (Figure 2.31). La veine se poursuit dans le dyke et son aspect devient rectiligne, régulier avec une bordure d'altération de chlorite et une minéralisation visible de chalcoppyrite et de pyrite (Figure 2.32). En lames minces, la veine sous son aspect bréchique est très similaire d'après sa texture et sa paragenèse à celle de la veine Est. Cette veine se compose surtout de quartz idiomorphe et ne présente pas de bordure d'altération différentiable de l'encaissant. La seule différence est la présence de quelques grains millimétriques de chalcoppyrite xénomorphes (Figure 2.33). La partie de la veine encaissée dans le dyke présente la même paragenèse. Néanmoins, les grains de quartz sont beaucoup plus gros et avec une apparence décussée. Encore une fois, il n'y a pas de bordure d'altération de l'encaissant comme le montre très bien sa texture ignée.

Le dernier site, situé dans la partie sud du décapage, correspond à une veine unique d'orientation Est-Ouest. De petites veines tardives d'orientation Est-Ouest en plaquage le long de la schistosité ont également été observées dans la partie Sud de l'affleurement. Elles présentent un aspect régulier, rectiligne et non déformé, sans bordure d'altération hydrothermale.

Synthèse

L'affleurement Marais permet de faire un certain nombre d'observations sur la minéralisation filonienne présente et sur la nature et le rôle du dyke mafique.

Le dyke mafique présente certaines caractéristiques pouvant l'associer à la famille de dykes protérozoïques communs dans la région selon les données du SIGEOM en 2009). Ces caractéristiques sont :

- une orientation NE typique;
- son aspect massif non affecté par la fabrique principale Sp; et
- sa texture ignée préservée avec la présence de pyroxène.

Toutefois, les éléments suivants doivent être soulignés :

- la reconnaissance d'un métamorphisme qui, bien que faible, affecte le dyke,
- la présence de minéraux d'altération témoignant du passage de fluide,
- la présence d'une veine de quartz-albite minéralisée en or orientée NE.

Au final, Le dyke semble donc affecté par un métamorphisme de faible grade compatible avec la présence de séricite et chlorite et l'absence de biotite dans les roches sédimentaires encaissantes.

La fracturation intense du dyke au contact pourrait être l'expression de la déformation au sein d'une roche plus compétente. Les veines aurifères présentent les mêmes caractéristiques : 1) un style bréchique dans les roches sédimentaires, 2) une paragenèse majoritairement à quartz, 3) aucune bordure d'altération, et 4) une orientation identique. Toutes les veines sont tardives et recoupent la fabrique Sp associée à l'événement de déformation D1. La présence de fragments d'éponte contenant la fabrique Sp au sein de la veine supporte cette interprétation. Il est donc vraisemblable que ces veines appartiennent à un même événement qui post date la déformation ductile principale D1.

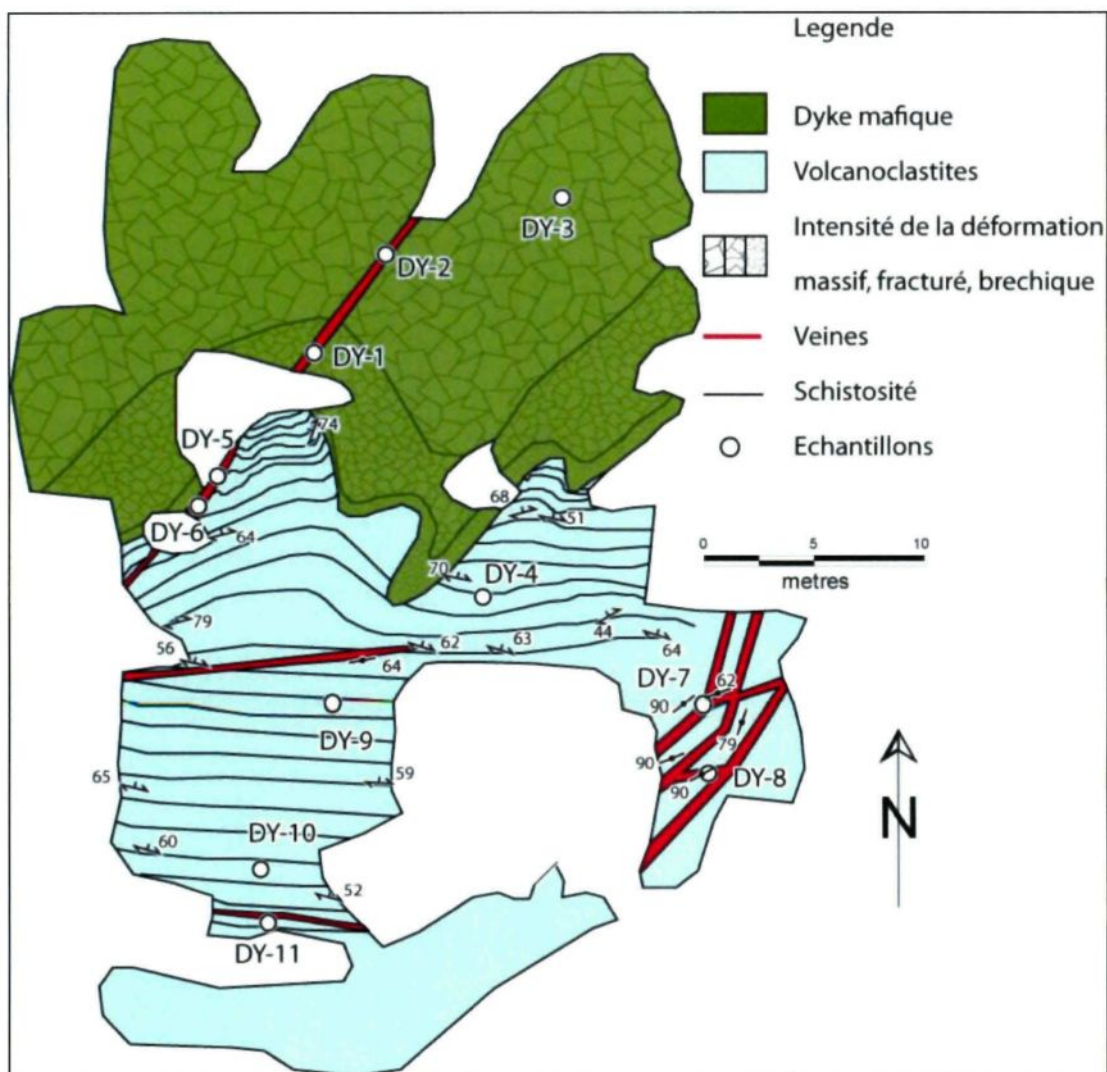


Figure 2.22 : Cartographie du site Marais Est.

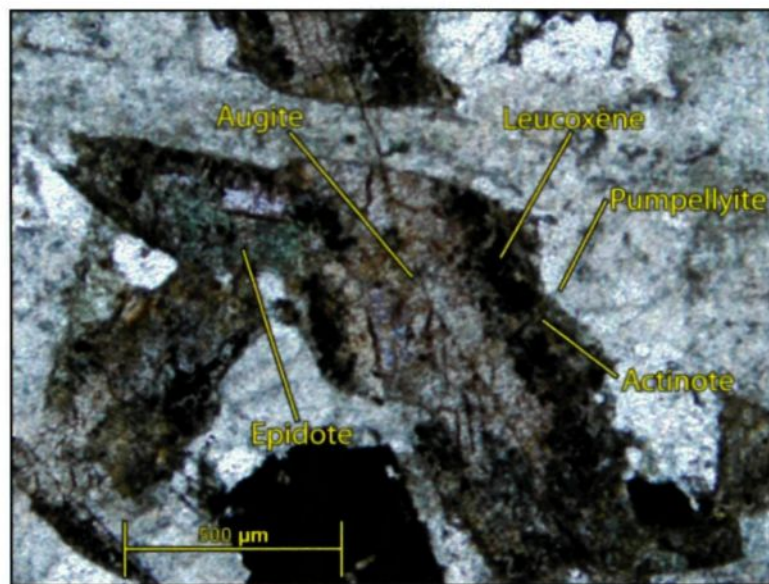


Figure 2.23 : Microphotographie exposant la texture relique du dyke mafique et le métamorphisme au faciès schiste vert de bas grade du dyke.

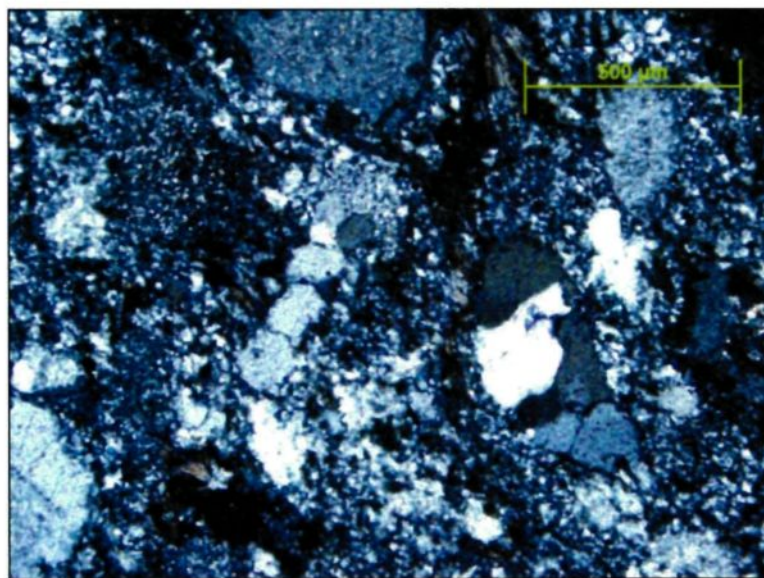


Figure 2.24 : Microphotographie des volcanoclastites à dominance quartz-feldspaths.

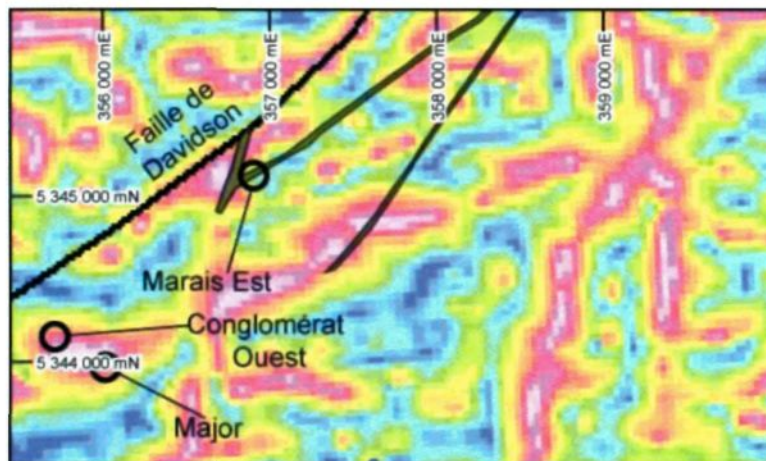


Figure 2.25 : Carte magnétique. La partie du dyke orientée N-S coïncide avec une anomalie N-S tandis que la partie orientée NE ne coïncide pas avec aucune anomalie. (Source : compilation Sigeom 2009).

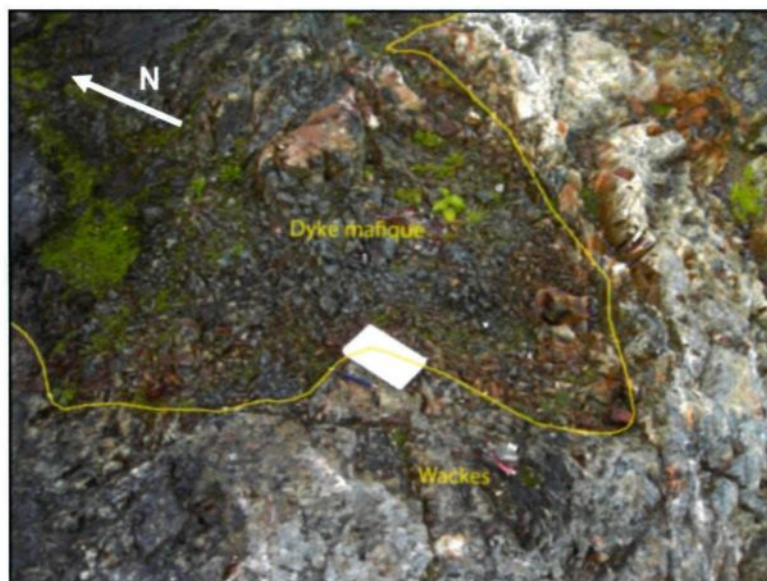


Figure 2.26 : Photographie du contact entre le dyke et les wackes. Le dyke est intensément déformé à cet endroit, fracturé et ultimement bréchifié.



Figure 2.27 : Photographie du dyke, plus éloigné du contact avec l'encaissant. Les lignes jaunes montrent les fractures subparallèles à la bordure du dyke.



Figure 2.28 : Photographie du dyke frais, très éloigné du contact. Le dyke est moins fracturé en s'éloignant du contact.



Figure 2.29 : Minéralisation Est bréchique. Les veines sont orientées préférentiellement de N010 à 0N70°E.

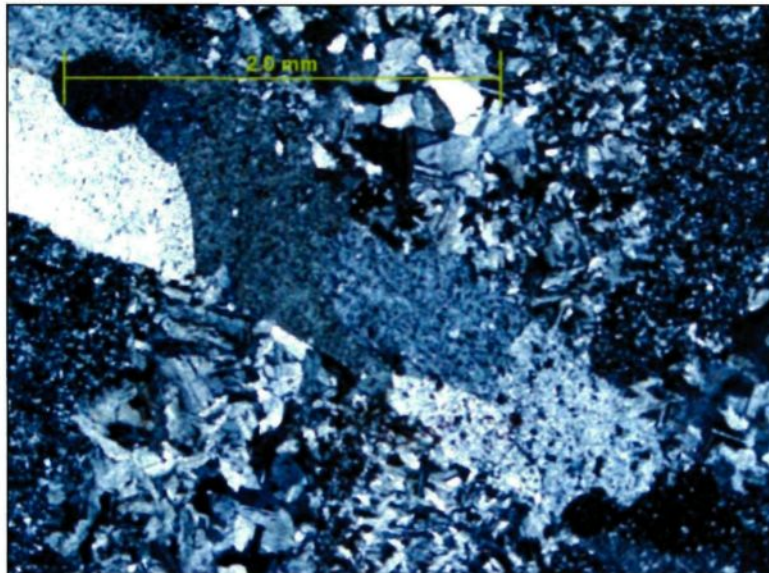


Figure 2.30 : Microphotographie du système bréchique Ouest. Le quartz grossier coexiste avec de petits cristaux de quartz allongés (partie dont la granulométrie est la plus fine, à gauche et en haut à droite). L'encaissant et la minéralisation présente peu de différences compositionnelles.



Figure 2.31 : Veines bréchiques ouest. Le dyke est en bas à gauche de la veine sur la photographie, tandis que les roches sédimentaires sont en haut à droite de la veine.



Figure 2.32 : Veinule massive avec minéralisation à chalcopyrite observée dans la veine ouest dans le dyke. L'aspect est plus massif que dans les roches sédimentaires.

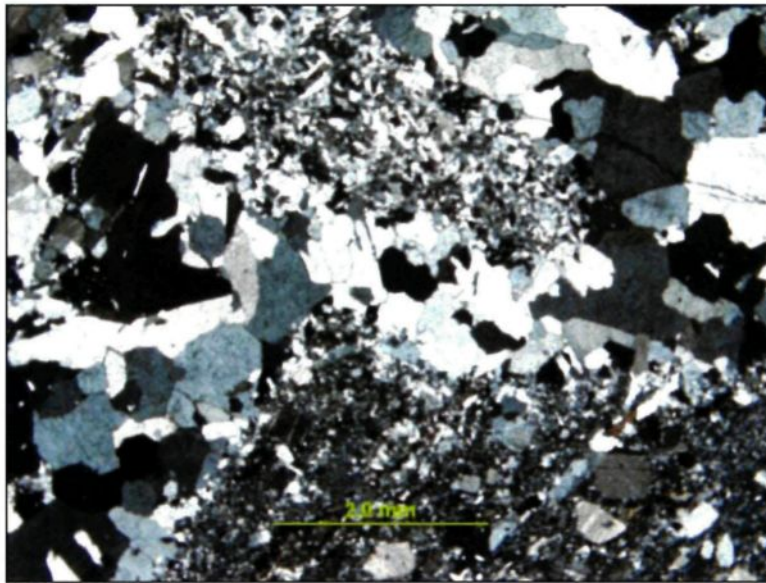


Figure 2.33 : Microphotographie d'une veine bréchique Est. Sa texture est similaire au système bréchique Ouest. On distingue dans l'encaissant la texture sédimentaire et son assemblage à quartz-feldspaths-plagioclase.

2.5 Décapage Tech Hughes

Le décapage Tech Hughes est le site d'une ancienne exploitation d'or nommée aussi High Bank (Gunning, 1941). Ce site est situé dans le bloc nord-ouest par rapport à la Faille de Davidson, à environ 200 m de celle-ci. Ayant eu une période d'activité très courte couplant une faible exploitation à la phase d'exploration, elle a donné environ 52 kg de minerai avec une teneur de 35 onces/tonne (1088 g/T Au).

Cet indice expose un contact entre plusieurs unités sédimentaires d'orientation Ouest-Nord-Ouest (Figure 2.34). Au Nord, on observe des siltstones avec des couches dont l'épaisseur est de 2 à 3 cm (Figure 2.35). L'unité est visible sur l'affleurement sur une épaisseur de 5 m. Les siltstones se composent de muscovite-quartz-feldspaths-plagioclase-carbonates (Figure 2.36). Des sulfures sont présents en traces. De forme xénomorphe, les sulfures sont communément altérés en bordures par de la chlorite formant une auréole. Au contact au Sud de cette unité se trouve des grès homogènes, riches en quartz, avec un assemblage quartz-feldspaths potassiques-plagioclase-muscovite-carbonate (Figure 2.37). Les grains de quartz et de feldspaths apparaissent parfois en grains plus gros inférieurs à 1 cm. La muscovite et le carbonate sont présents en matrice très fine et en remplissage de micro-fractures des plus gros grains. Une unité de microconglomérats, épaisse de moins de 20 cm, à petits fragments (<5 mm) contenant du quartz-plagioclase, est intercalée dans les grès (Figure 2.38). Le

contact sud de cette unité forme un chenal d'érosion recoupant les laminations visibles dans le grès (Figure 2.39) indiquant une polarité vers le Nord des couches.

La fabrique Sp est bien développée à l'échelle de tout l'affleurement et est parfaitement parallèle au litage S0, les deux plans ayant une direction NW et un pendage modéré vers le NE (300/60 en moyenne). Une zone présentant une fabrique Sp mieux développée est concentrée sur le contact entre les siltstones et les grès (Figure 2.40 et Figure 2.41). En lames minces, les cristaux de muscovites sont allongés et orientés parallèlement à la schistosité Sp (Figure 2.42). Des cristaux de chlorites sont également présents en trace.

Une famille de veines de direction E-W et de pendage modéré vers le nord traverse la portion nord de l'affleurement. Ces veines d'une épaisseur de quelques centimètres à décimètres sont composées de quartz fumé massif associé à un peu de carbonates (Figure 2.43), sans altération aux épontes mais avec un peu de pyrite. Les veines présentent en lames minces une texture granulaire avec des bordures irrégulières. Le quartz est déformé, présentant des bordures suturées, des points triples et une extinction ondulante. La présence d'or visible a été observée dans la plus grosse veine, large de 40 cm. Cette veine massive se poursuit sur 5 m avant de se réduire à une épaisseur de quelques centimètres. Cette famille de veines a un style plutôt massif, apparaissant parfois en plaquage mais la composition et l'apparence restent les mêmes. La plupart des veines tendent à pincer et ont une très faible extension latérale (Figure 2.44).

Localement, les veines sont influencées par le couloir de déformation puisqu'elles montrent une déflexion à l'approche du couloir en se sub-parallélisant à celui-ci. De plus, la veine apparaît boudiné et subparallèle au contact déformé (Figure 2.41).

Synthèse

La zone de déformation et la stratification, parallèles entre elles, forment un ensemble présentant une orientation particulière nord-ouest distincte de l'orientation est-ouest générale du grain régional et de la Faille de Cadillac ainsi que de l'orientation nord-est de la Faille de Davidson. De plus, la foliation Sp (S1) est globalement faiblement développée, et augmente en intensité seulement à proximité du contact entre les grès et les siltstones. Le contraste de compétence entre les deux unités a pu former une anisotropie où s'est concentrée la déformation. Le métamorphisme semble peu élevé sur ce site d'après la présence de séricite et l'absence de biotite. L'aspect déformé du quartz hydrothermal et l'entraînement des veines à l'approche de la zone à forte schistosité démontrent que les veines ont enregistré une partie de la déformation ductile attribuée dans ce cas-ci à D1.

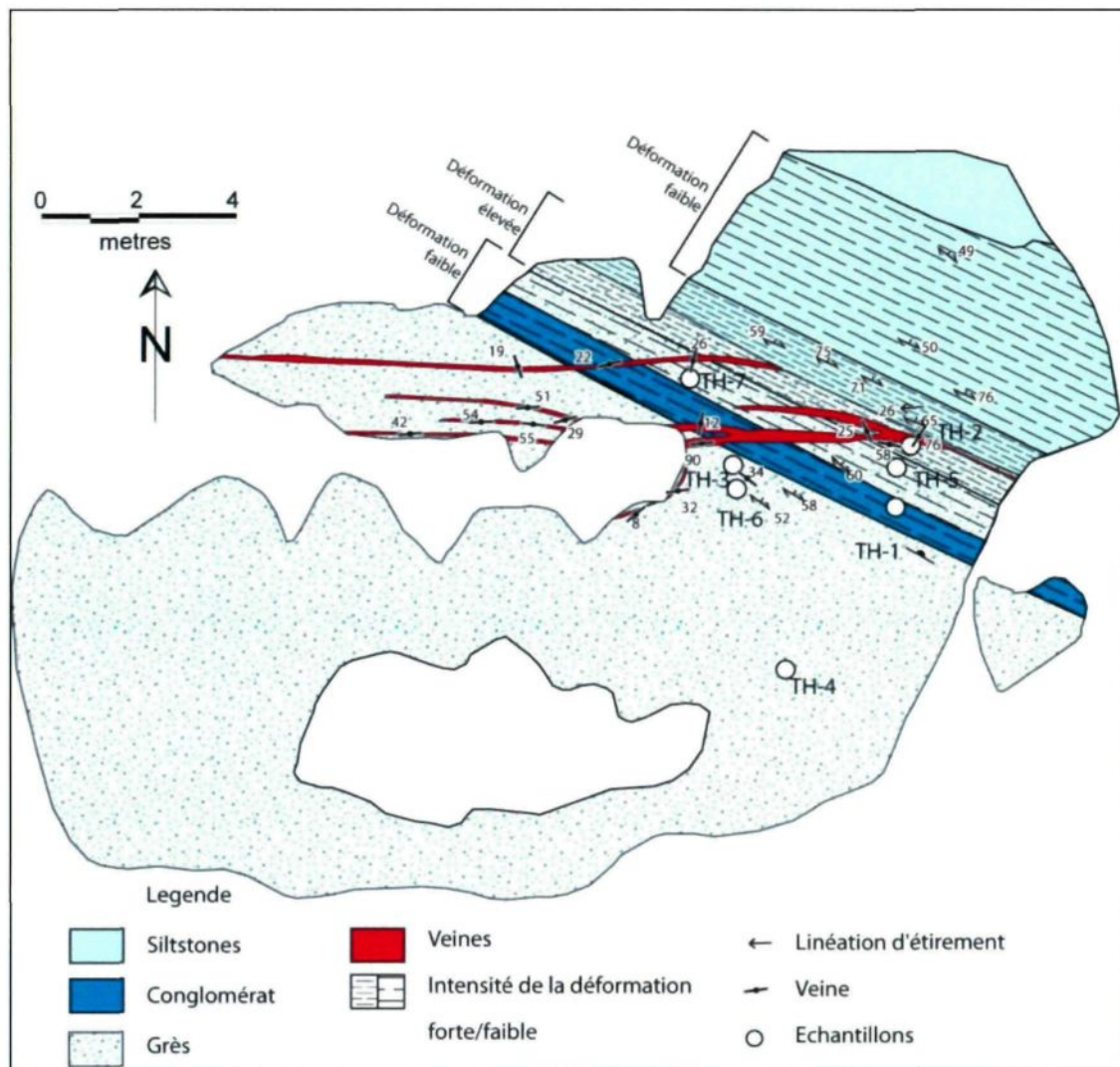


Figure 2.34 : Cartographie du décapage Tech Hughes.



Figure 2.35 : Photographie de l'unité de siltstones fortement altérée en silice et très schisteuse.

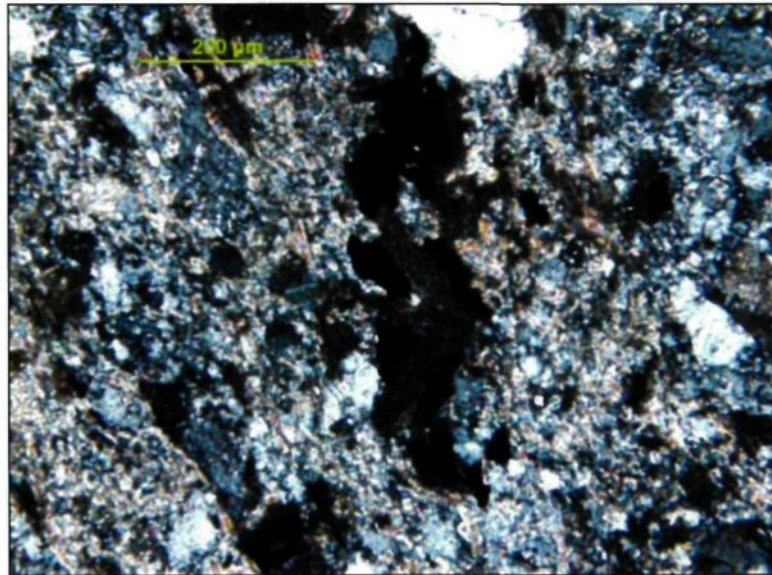


Figure 2.36 : Microphotographie des siltstones, très riches en muscovite et en carbonates.

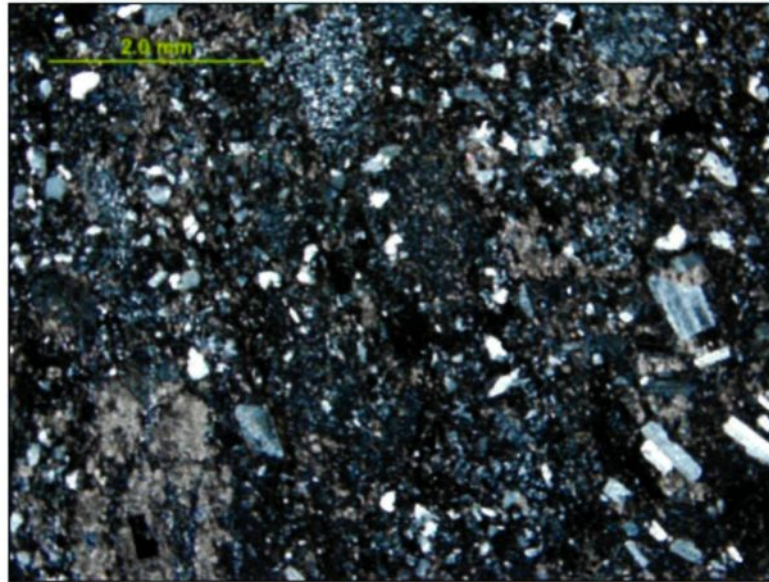


Figure 2.37 : Microphotographie du grès montrant des fragments felsiques ainsi que l'abondance de carbonate dans la matrice remplissant les fractures.

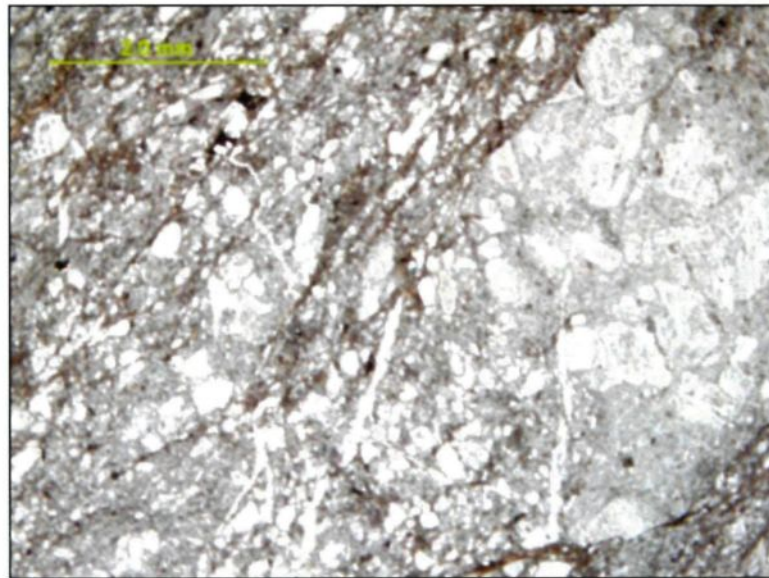


Figure 2.38 : Microphotographie du microconglomérat avec des fragments à quartz-plagioclase.

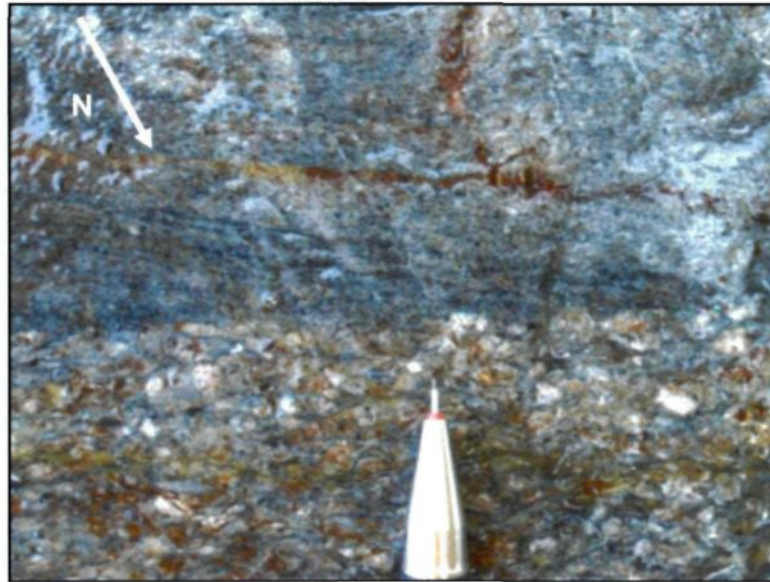


Figure 2.39 : Photographie montrant la relation de recoupement des grès par le micro conglomérat dans un chenal d'érosion.



Figure 2.40 : Contact entre les siltstones et le grès exposant une schistosité plus développée.

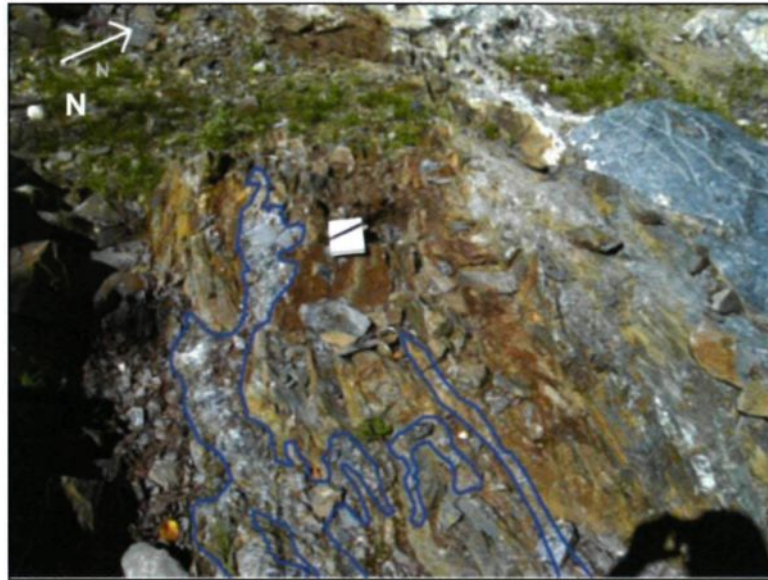


Figure 2.41 : Contact entre les siltstones et le grès, cette fois-ci avec la veine de quartz (en bleu) encaissée dans la schistosité. On remarque que la schistosité est beaucoup plus développée que dans la figure précédente (2.40) ainsi que l'aspect déformé et boudiné de la veine.

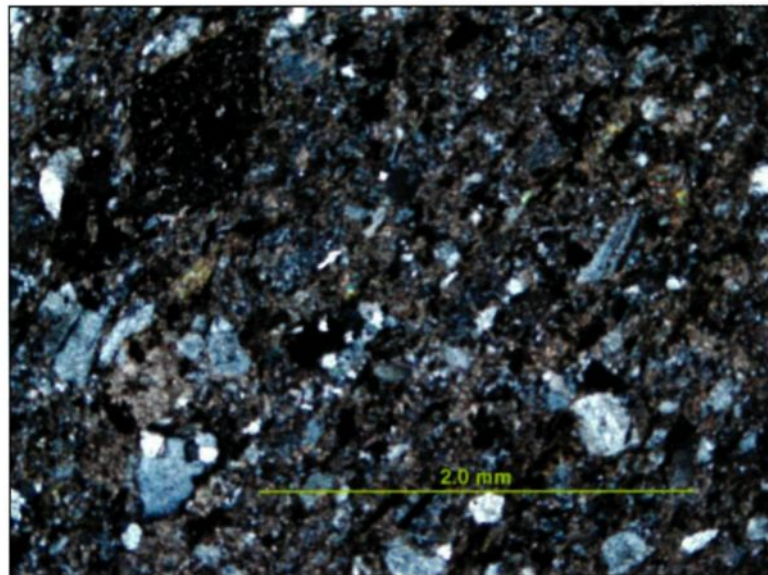


Figure 2.42 : Microphotographie du cœur de la zone de déformation, présentant l'allongement des cristaux.

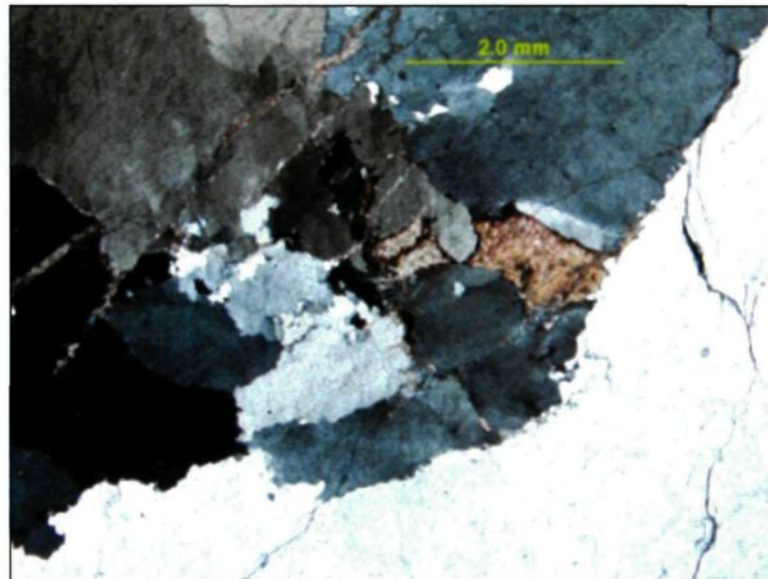


Figure 2.43 : Microphotographie de la veine de quartz-carbonate.



Figure 2.44 : Aspect et géométrie des veines observées en surface.

2.6 Décapages Major

Le site Major est localisé dans une unité conglomératique de forme ovoïde en carte, faisant environ 600 m de rayon en bordure de la Faille de Davidson. Le site est situé à environ 250 m du tracé interprété de la Faille de Davidson et environ 1800 m au nord de la Faille de Cadillac. Ce site comprend 3 décapages : 1) Est, 2) Ouest et 3) Sud, exposant les bandes conglomératiques (Figure 2.45).

2.6.1 Décapage Est

Le premier décapage, situé le plus à l'Est, expose une zone de 25 par 20 m. On y reconnaît plusieurs couches de conglomérats, intercalées localement par des couches de grès (Figure 2.46). La puissance des couches de conglomérats est variable, allant de moins d'un mètre à plus de 5 m. L'épaisseur la plus commune est de 2 m environ. L'intercalation de grès est mineure, avec des couches d'environ 20 cm d'épaisseur. Les couches sont orientées nord-sud. Les conglomérats sont polygéniques avec des clastes surtout d'origine volcanique (compositions felsique, intermédiaire, mafique avec ou sans phénocristaux) en proportion variable (Figure 2.47 et Figure 2.48). Un chenal d'érosion indique une polarité vers l'Ouest (Figure 2.49). La granulométrie des conglomérats est variable, À l'Est, les fragments ont une taille moyenne d'environ 30 à 40 cm, et peuvent atteindre jusqu'à 50 cm. Ces fragments sont anguleux et sub-sphériques jusqu'à sub-anguleux. En progressant vers l'extrémité ouest du décapage, les fragments diminuent progressivement en taille et sont plus arrondis. Leurs tailles moyennes

est de 20 cm. Cette observation et la polarité vers l'Ouest des couches indiquent une séquence de dépôt positive selon les critères de Mueller et Donaldson (1992).

La fabrique Sp est de direction est-ouest avec un pendage moyen vers le Nord (environ 280/60). La relation angulaire entre le Sp et le S0, proche de 90°, matérialise une relation de charnière de pli (Figure 2.50).

Une zone de déformation de direction SE est également présente et la schistosité Sp devient alors subverticale. Cette zone, large d'environ 2 m, est matérialisée par l'intensité plus forte de la schistosité (Figure 2.51). La partie du décapage au Nord de cette zone présente des fragments non déformés. Par contre, au Sud de cette zone, les fragments sont aplatis et étirés verticalement (ratio d'étirement d'environ 3 à 5 pour 1) dans le plan de schistosité (Figure 2.52).

Les minéraux métamorphiques sont en proportion différente entre les parties nord et sud par rapport à la zone de déformation. La partie nord présente une plus petite quantité de biotite (15%), tandis que la partie au Sud est caractérisée par la présence d'amphiboles (5%) et de plus grande quantité de biotite (25-30% : Figure 2.53). Les fragments volcaniques mafiques sont plus sensibles aux transformations métamorphiques que les blocs felsiques (Figure 2.54). Les fragments mafiques contiennent un assemblage biotite-muscovite-épidote-pyrite alors que les fragments felsiques conservent l'assemblage quartz-feldspaths potassique-plagioclase. La matrice entre les fragments est méconnaissable, très altérée par une combinaison de mica (surtout muscovite et biotite) et carbonates.

Des veines parallèles à la zone de déformation parcourent l'affleurement. Elles sont le plus souvent discontinues, irrégulières, d'orientation localement variable et parfois boudinées (Figure 2.55). Une majorité de ces veines est concentrée dans la zone de déformation. La paragenèse est à quartz+biotite+carbonates accompagnée de sulfures surtout sur les veines les plus carbonatées (Figure 2.56). Les sulfures sont observés localement en faible quantité.

2.6.2 Décapage Ouest

Le second décapage, situé à l'Ouest, est une tranchée orientée vers le Nord-Ouest de 20 m de long par 5 m de large exposant une alternance d'unités conglomératiques et gréseuses (Figure 2.57). Les grès sont en couches beaucoup plus épaisses (de 1 à 2 m). Les clastes sont là encore d'origine surtout volcanique (felsiques, mafiques et porphyres). Les strates ont une direction NO (Figure 2.58) et montrent une relation angulaire évidente avec la schistosité principale Sp E-O. Cette relation angulaire est plus faible que celle observée sur le décapage Est et matérialise ici davantage une position de flanc.

Une zone de déformation large d'environ 6 m traverse le décapage (Figure 2.59) d'ouest en est. La zone de déformation est elle aussi caractérisée par une schistosité beaucoup plus forte que dans le reste de l'affleurement. La zone est caractérisée par un assemblage métamorphique à biotite-amphibole (Figure 2.60). Les amphiboles se sont développées dans des strates de composition spécifique mais sans orientations préférentielles dans le plan de stratification.

La minéralisation borde la zone de déformation et consiste en des veines d'orientation parallèle (285/62). L'épaisseur des veines est en général régulière et inférieure à 5 cm. Ces veines ont une paragenèse de quartz + calcite sans bordures d'altération accompagnée d'amas de pyrite interstitielle (Figure 2.61). On observe peu de sulfures à l'exception de quelques grains disséminés de chalcopryrite.

2.6.3 Décapage Sud

Ce décapage de faible envergure (7 m par 7 m) est situé à une dizaine de mètres au Sud du décapage Ouest. (Figure 2.62). La lithologie de ce décapage est exclusivement conglomératique, avec une schistosité d'orientation Nord-Ouest (122/90).

Une première veine, à quartz-carbonate, est d'orientation Nord-Est (035/52). Elle est recoupée par une seconde veine subhorizontale (332/19) avec un assemblage minéralogique à quartz avec des bordures d'altération à amphiboles. Ces deux premières veines sont légèrement reprises et boudinées par la schistosité. Cette seconde veine est elle-même recoupée par une troisième famille de veines espacées de 20 cm chacune, d'orientation Nord-Ouest parallèle à la schistosité (119/90). Cette troisième famille se compose de veines parallèles espacées d'environ 15 cm chacune. La minéralogie est à nouveau à quartz + carbonate, avec cette fois une éponte de biotite (Figure 2.63). Enfin l'ensemble de ces veines est décalé par un plan de faille E-O (270/72) sur environ 15 cm

horizontalement (Figure 2.64). Les stries plongent à 20° vers l'Ouest dans le plan de faille confirmant une composante directionnelle senestre.

2.6.4 Synthèse

Ce conglomérat représente le produit d'érosion d'une source à dominance volcanique. Il est décrit dans la compilation SIGEOM comme faisant partie du Groupe de Cadillac. Néanmoins il présente plusieurs caractéristiques du Groupe de Timiskaming de par ses faciès de nature fluvatile (Mueller et Donaldson, 1992). Les fragments sont de compositions felsique et mafique avec des textures différentes amygdalaires ou porphyriques.

Les différentes relations angulaires entre la stratification et la Sp permettent de déterminer un pli affectant l'unité conglomératique. Le faible angle sur le décapage Ouest indique une position de flanc, tandis que l'angle droit observé sur le décapage Est suggère une position de charnière. Le sommet vers le NE combiné avec un pendage NE des couches indique que le pli serait un synclinal synforme plongeant vers l'Ouest.

La fabrique Sp à l'extérieur et au sein des couloirs de déformation est interprétée comme une fabrique S1 appartenant à un événement D1. Le pli synclinal présent sur l'affleurement est donc un pli P1 puisqu'il a S1 dans son plan axial.

Les assemblages métamorphiques présentent des nuances au sein des différents décapages selon la composition primaire des fragments. Les fragments mafiques semblent avoir été plus sensibles aux réactions métamorphiques felsiques. De manière générale, on y constate la prédominance de la biotite et de l'amphibole. Ces deux minéraux indiquent un assemblage du faciès supérieur des schistes verts. Les veines montrent une association spatiale évidente avec les couloirs de déformation. De plus, les veines présentent la même attitude que ces couloirs. Elles sont interprétées syn-déformation ductile D1 sur la base des éléments suivants :

- 1) leur concentration dans les couloirs de déformation;
- 2) leur orientation parallèle à la fabrique Sp
- 3) la texture en cours de recristallisation des grains de quartz; et
- 4) leur aspect localement boudiné.

Néanmoins, la majorité des veines sont peu déformées, d'épaisseurs constantes mais de faibles continuités. De plus, la relation spatiale entre les couloirs et les veines indique que les couloirs ont contrôlé la mise en place des veines. L'abondance plus significative (5 à 10%) de la pyrite contraste avec les minéralisations observées jusqu'à présent où la pyrite était en traces.

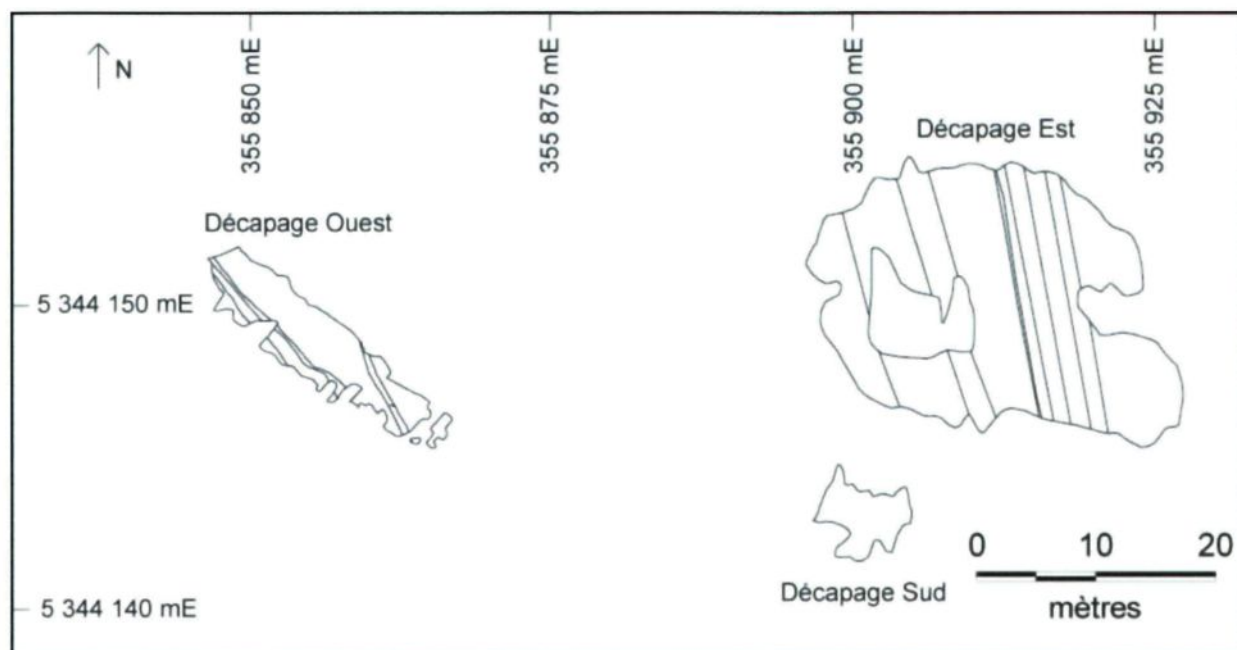


Figure 2.45 : Localisation des trois décapages constituant le site d'observation Major.

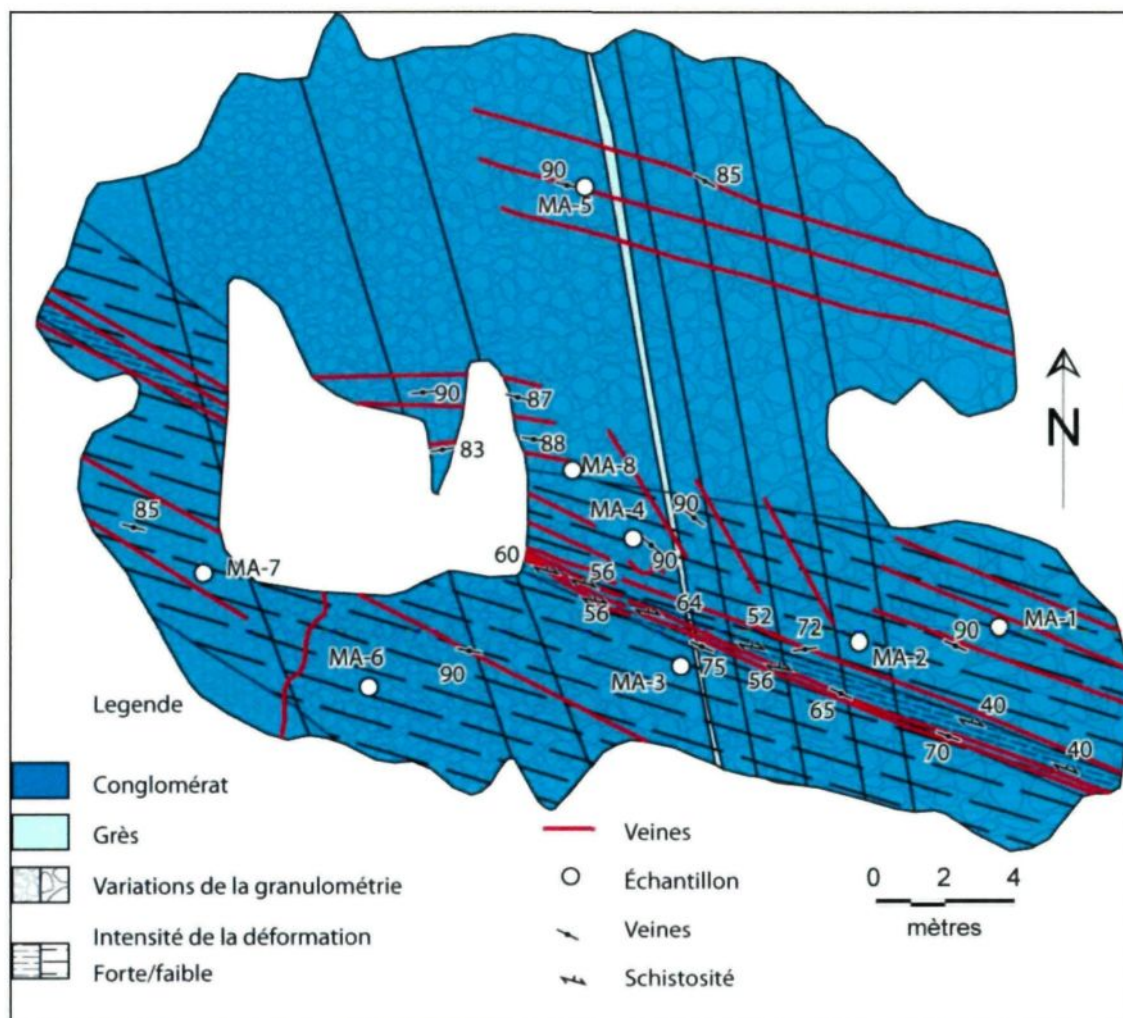


Figure 2.46 : Cartographie du décapage Est du site Major.



Figure 2.47 : Fragments de compositions différentes du conglomérat. On remarquera notamment des roches volcaniques mafiques en relief négatif (plus sombre que le reste de la roche) et à phénocristaux (baguettes blanches sur la photo).



Figure 2.48 : D'autres fragments du conglomérat. Cette fois-ci il s'agit d'un fragment felsique très silicifié à côté d'un fragment montrant des vésicules ou amygdules évidées.



Figure 2.49 : Intercalation de grès fins dans le conglomérat. Le contact supérieur des roches sédimentaires (en jaune) présente un chenal d'érosion (recoupement des laminations en blancs).

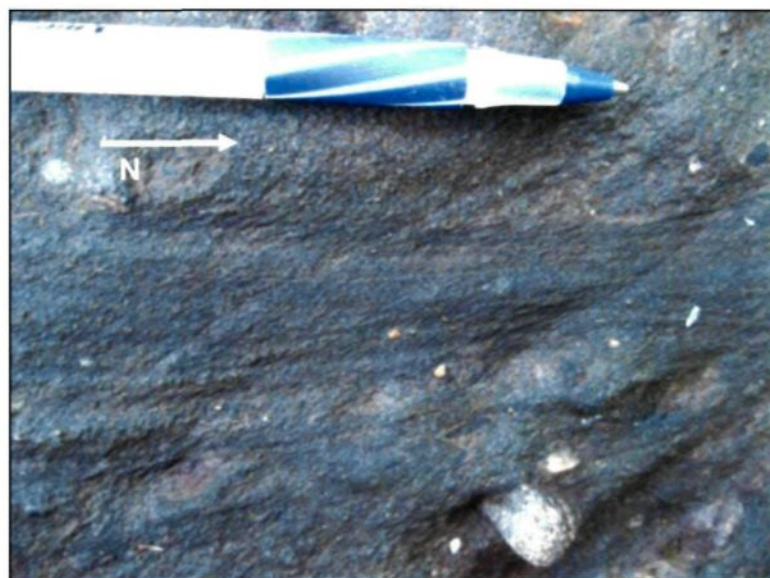


Figure 2.50 : Relation angulaire entre la schistosité orientée Nord-Ouest et le litage primaire orienté vers le Nord.



Figure 2.51 : Couloir de déformation du décapage Conglomérat Est. La zone centrale montre une schistosité beaucoup mieux développée.



Figure 2.52 : Vue en plan du couloir de déformation montrant l'allongement des fragments volcaniques (délimités en jaune. Les fragments mafiques, plus sombres, apparaissent plus facilement déformables que les fragments felsiques, plus clairs.

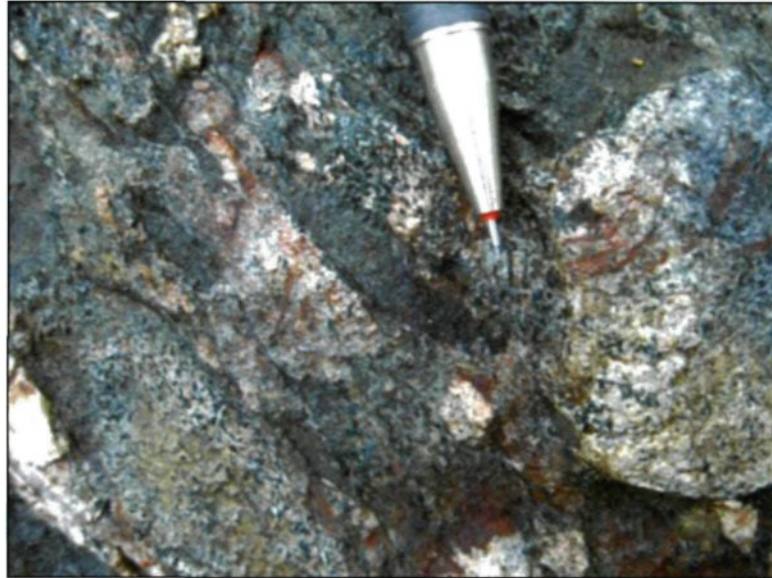


Figure 2.53 : Porphyroblastes d'amphibole se développant dans le conglomérat au nord de la faille mineure observée sur l'affleurement affectant aussi bien les blocs de différentes compositions que la matrice.

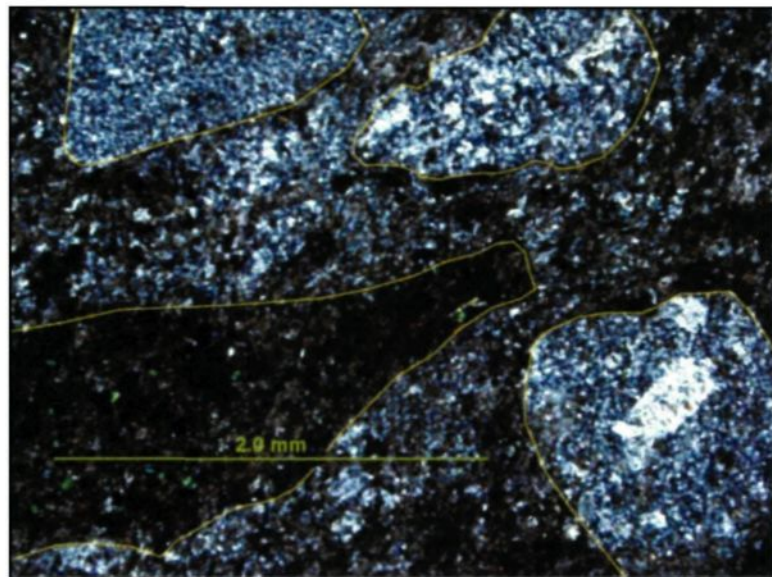


Figure 2.54 : Microphotographie du conglomérat montrant l'altération des fragments selon leur composition. On distingue clairement les fragments felsiques plus clairs peu affectés par le métamorphisme des fragments mafiques beaucoup plus altérés et plus sombres.

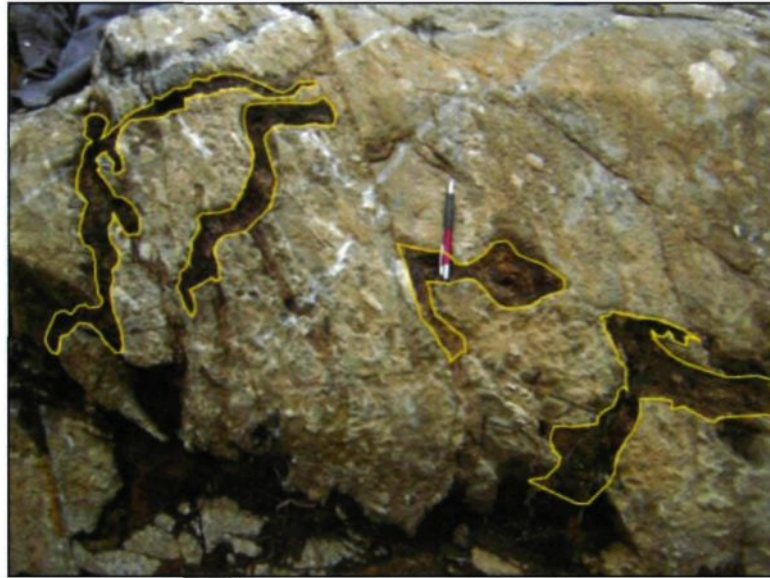


Figure 2.55 : Veines plissées et boudinées du décapage Conglomérat Est.

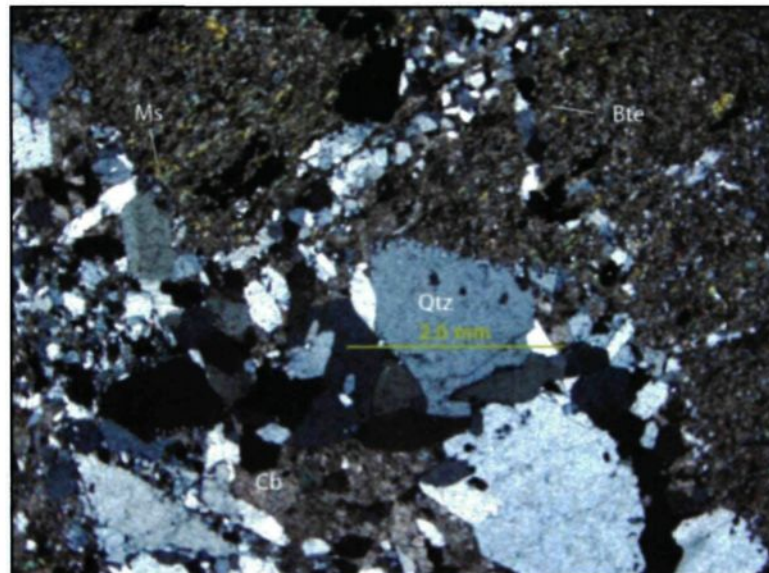


Figure 2.56 : Microphotographie de la paragenèse des veines à quartz-carbonates-biotite-muscovite.

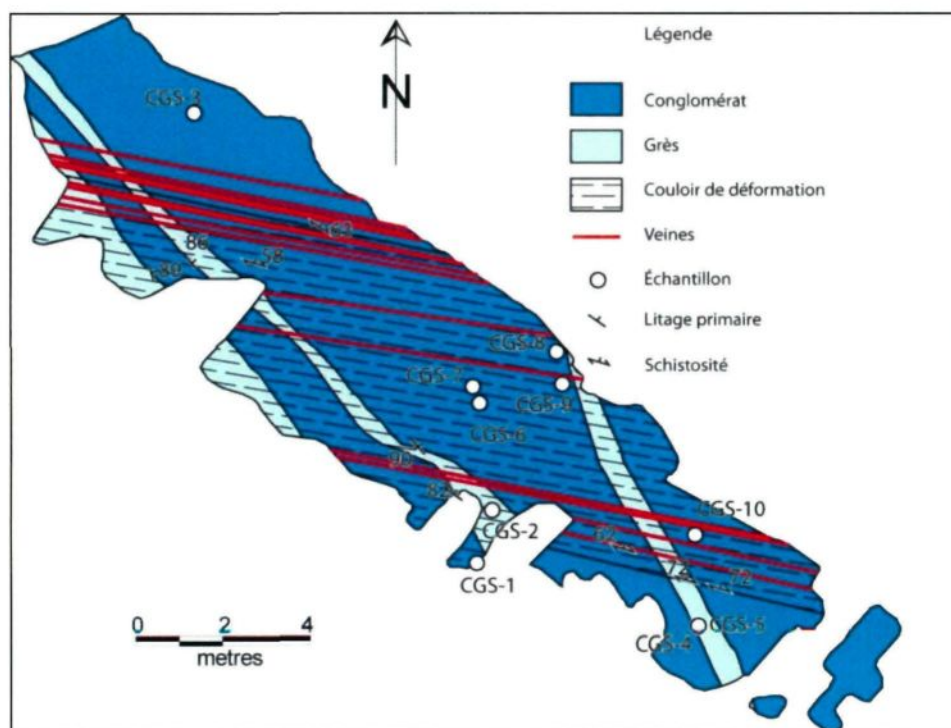


Figure 2.57 : Cartographie du décapage Ouest du site Major.

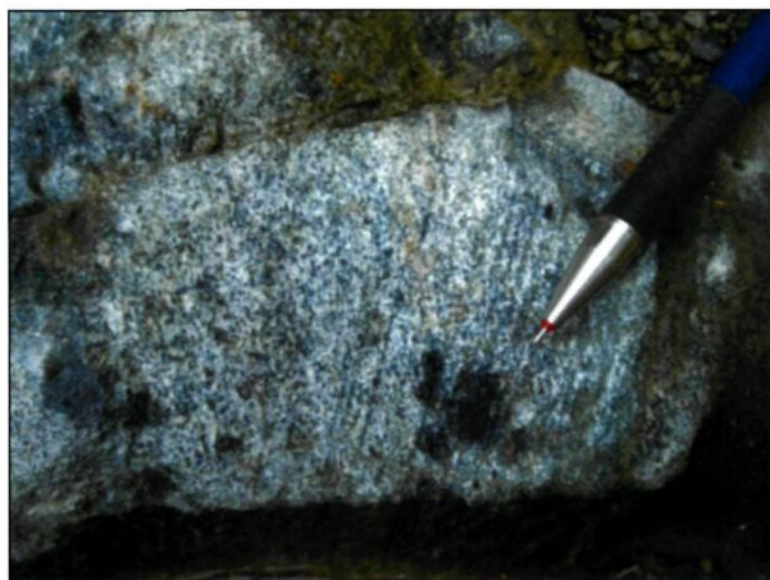


Figure 2.58 : Détail des bandes compositionnelles à amphiboles dans les roches sédimentaires à granulométrie fine.

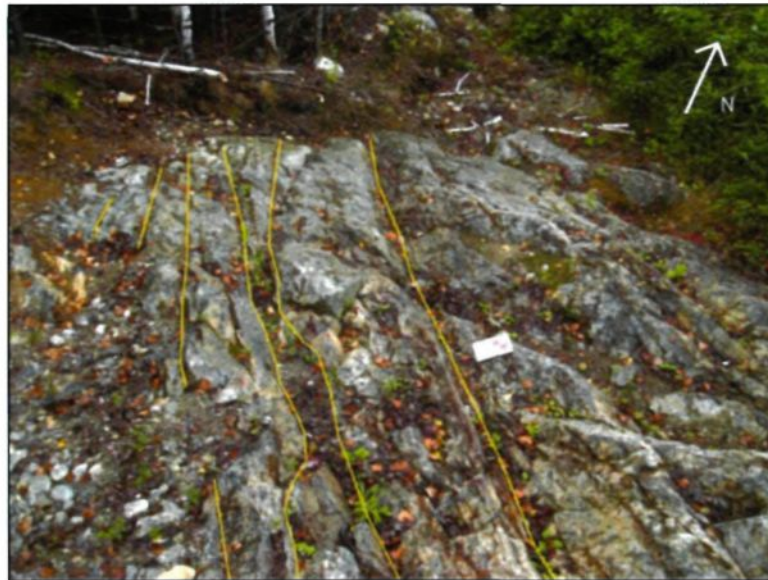


Figure 2.59 : Zone de déformation recoupant le décapage Conglomérat Ouest. La schistosité est mieux développée dans ce couloir que dans le reste de l'encaissant.



Figure 2.60 : Microphotographie des grès observés dans le plan de déformation XY. On remarque l'absence d'orientation préférentielle des amphiboles.

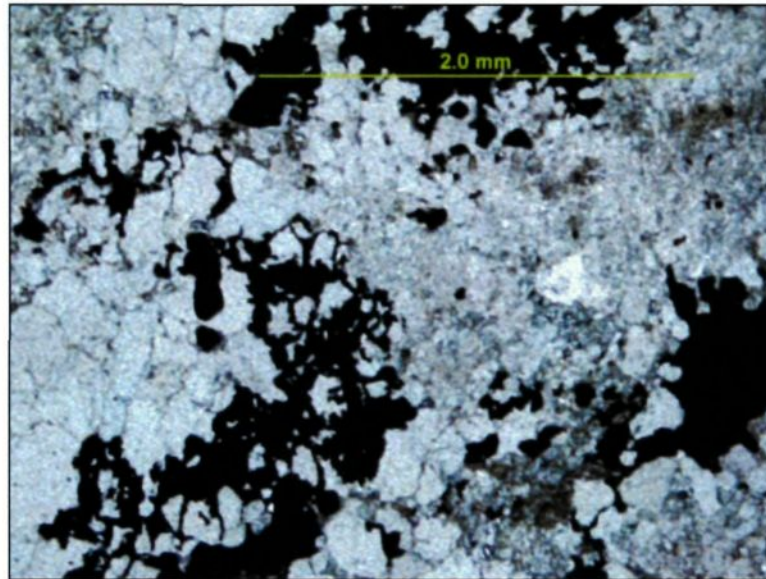


Figure 2.61 : Microphotographie d'une veine encaissée dans le couloir de déformation. Elle est composée majoritairement de quartz et carbonates avec des amas isolés de pyrite interstitielle.

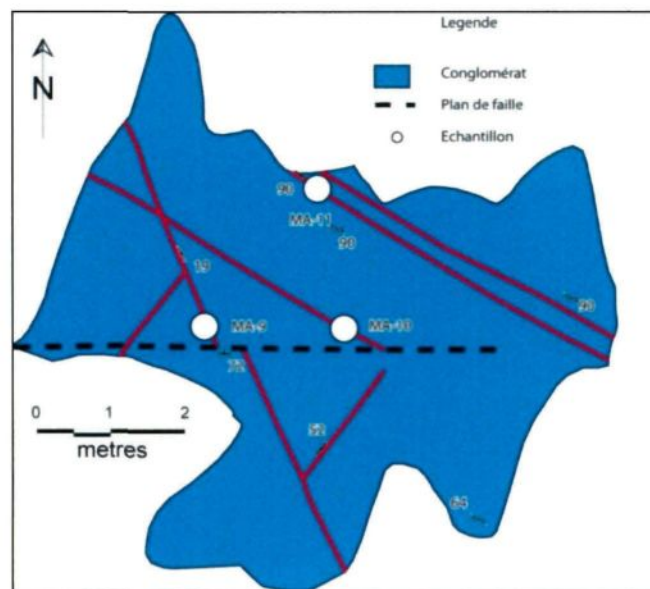


Figure 2.62 : Cartographie du décapage Sud du site Major.

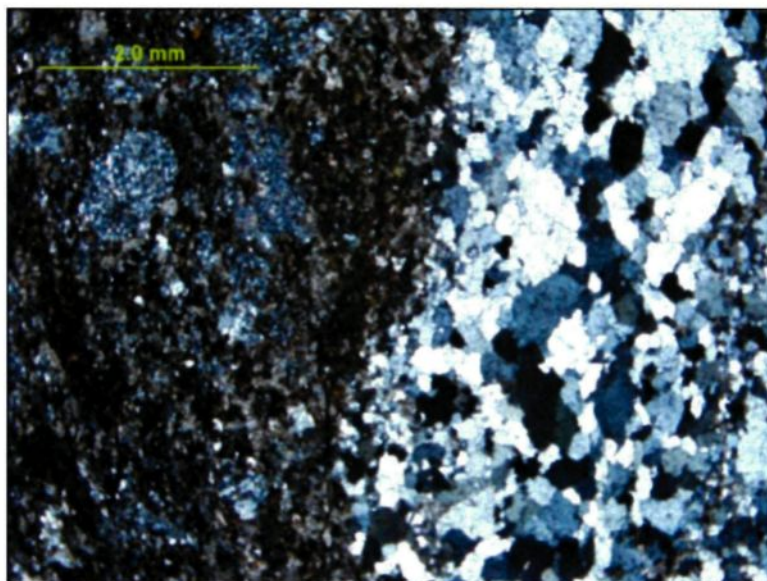


Figure 2.63 : Microphotographie d'une veine encaissée dans le couloir de déformation. La paragenèse est à quartz–carbonate avec sa bordure d'altération de biotite. Les grains de quartz ont en partie une forme polygonale.



Figure 2.64 : Photographie montrant les relations de recoupements entre les différentes veines et le plan de faille engendrant un décalage de la veine 2.

2.7 Héva

D'après le rapport technique 43-101 du projet Joanna (Laferrière, 2010), le site Héva est une ancienne mine souterraine de faible envergure en activité de 1944 à 1947, ayant extrait 44 475 T à une teneur moyenne de 6,86 g/t. Comme il s'agit d'un ancien site souterrain, aucun affleurement n'est accessible, aussi les échantillons utilisés pour cette étude proviennent de forages réalisés par Aurizon Lté dans cette zone (Figures 1.3 et 1.4).

Ce gîte est encaissé à proximité du contact entre les bandes conglomératiques du Groupe de Timiskaming au sud et les roches sédimentaires du Groupe de Cadillac au nord. Toujours selon le même rapport technique, les minéralisations de ce gîte sont la continuité, quoique de dimension réduite, des couloirs minéralisés observés dans le secteur Hosco. Les minéralisations sont identiques, majoritairement à quartz sous forme de lentilles plongeant de 15° vers l'Ouest et formant des couloirs Est-Ouest inclinés d'environ 60° vers le Nord.

D'après les échantillons observés en lames minces, l'encaissant des minéralisations dans les trois échantillons récoltés a une apparence très schisteuse, qui empêche de préciser la nature sédimentaire du protolithe. Ces schistes forment des bandes compositionnelles millimétriques (Figure 2.65 et Figure 2.66) alternant avec des bandes de carbonates, quartz et biotite. Les

bandes à quartz sont très communément accompagnées de feldspaths. Ces bandes sont replissées localement.

Les veines apparaissent comme parallèles à la schistosité et sont d'épaisseur centimétrique. La minéralisation est caractérisée par un assemblage de quartz, de carbonates et de sulfures semi-disséminés. La bordure d'altération est peu épaisse (millimétrique) mais bien développée (Figure 2.66 et Figure 2.67) et composée de biotite et de tourmaline. Le quartz présente des évidences de déformation telles que des points triples et une forme polygonale bien développée.

La présence d'une forte schistosité, attribuée à l'influence de la Faille de Cadillac qui est interprétée passée directement sur le site minéralisé, constitue un style structural distinctif dans le contexte géologique décrit jusqu'à présent. Les évidences de déformation du quartz et la concordance de veines avec les schistes laissent supposer que les veines ont été mise en place avant ou pendant l'événement principal de déformation ductile attribué à D1.

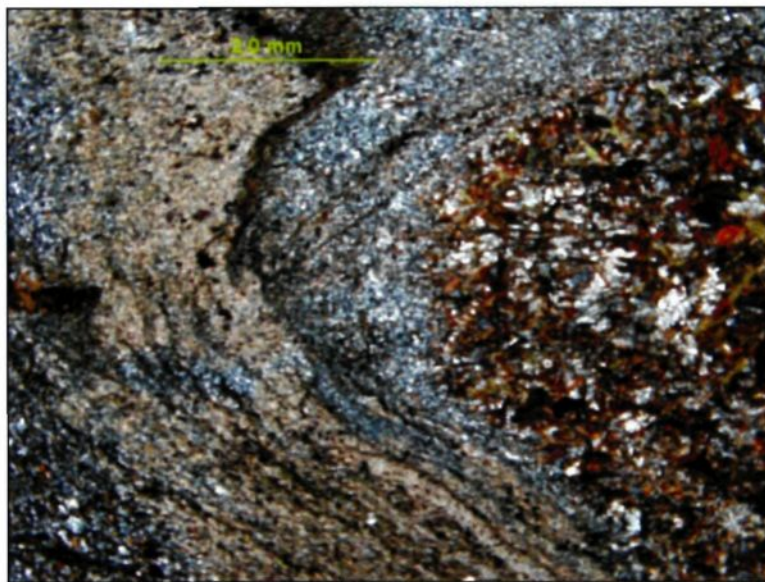


Figure 2.65 : Microphotographie des schistes. On distingue les bandes à quartz-feldspaths de celles à carbonates et à biotites

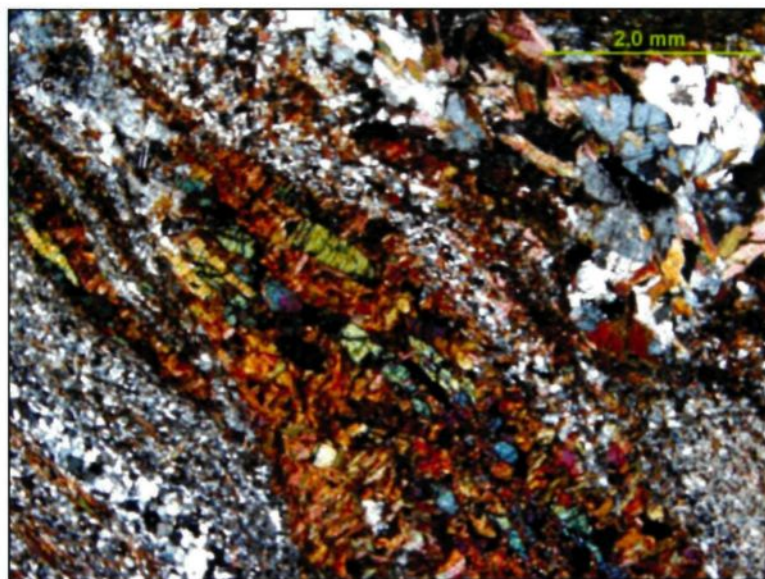


Figure 2.66 : Microphotographie des schistes. La tourmaline montre une forte association avec la biotite.

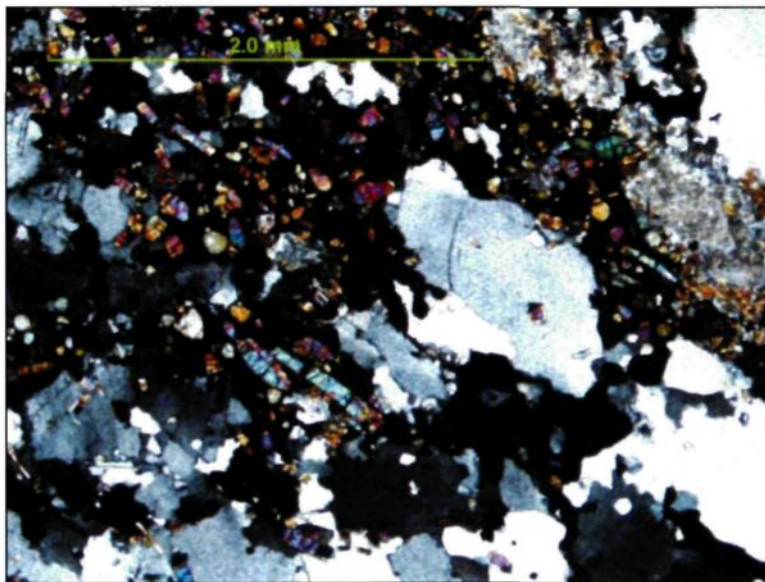


Figure 2.67 : Microphotographie de bordure de veines. Le quartz est accompagné de sulfures semi-disséminés.

2.8 Discussion préliminaire

2.8.1 Lithologies

Les minéralisations aurifères à proximité de la Faille de Davidson présentent des contextes géologiques différents qui sont résumés au tableau 2.1. Les caractéristiques des minéralisations sont synthétisées au tableau 2.2. L'encaissant, bien qu'en majorité composé d'unités sédimentaires, présente quelques différences. En effet, la composition varie de felsique à intermédiaire et les roches sont de granulométrie variable (siltstone, grès, conglomérat). Une particularité dans ce contexte surtout sédimentaire est l'intrusion mafique dioritique observée sur le décapage Marais Est.

2.8.2 Métamorphisme

Le métamorphisme aux alentours de la faille présente des faciès variables, allant des faciès de bas grades au faciès des schistes verts. La présence de biotite ou de chlorite dans les roches sédimentaires est un critère important dans la définition des faciès métamorphiques, notamment au faciès des schistes verts (Spear 1993). Ceci permet de différencier les sites Kinojévis, Marais Est et Tech Hugues, dépourvus de biotite mais contenant de la chlorite, des sites Major, Hosco et Héva, contenant de la biotite dans leur assemblage minéralogique. De plus, la présence de pumpellyite dans le dyke mafique suggère un faciès métamorphique inférieur aux schistes verts.

2.8.3 Déformation

D'un point de vue structural, il apparaît clair que le secteur est marqué par plusieurs événements. Les sites présentent en général un style structural correspondant à la signature structurale de l'Abitibi, c'est-à-dire une schistosité d'attitude Est-Ouest (sites Hosco et Marais Est) présentant parfois des déflexions locales Nord-Ouest (sites Tech Hugues et Major), dans tous les cas relié à un événement de déformation D1. L'affleurement Kinojévis est plus un indicateur de l'histoire de la Faille de Davidson. La présence de plis P2 affectant la schistosité principale S1 en bordure de la Faille de Davidson implique un événement de déformation tardif D2 qui affecte la fabrique S1. Un événement de déformation D2 est également identifié sur le site Hosco. Il constitue un événement local vraisemblablement isolé puisqu'il n'est reconnu que sur ce site et ne semble pas avoir de correspondance avec les événements de déformation régionaux.

2.8.4 Veines et Minéralisation

Les veines observées dans la propriété Henriksen peuvent être classifiées selon 1) leur relation temporelle par rapport à la déformation D1 observée sur tous les affleurements, 2) la paragénèse observée au sein des veines, et 3) le contrôle structural des veines.

La chronologie relative et les relations de recoupement permettent de classer les veines selon leur chronologie relative de mise en place :

- Pré à syn-déformation D1: comprenant les sites Tech Hugues, Major, Hosco, et Héva.
- Post-déformation D1: correspondant aux sites Kinojévis et Marais Est.

La paragenèse des veines, bien que fortement composée de quartz dans tous les cas, présente plusieurs nuances permettant de distinguer :

- le site Marais Est, comportant du quartz et de l'albite;
- le site Hosco, comportant du quartz, de l'albite et de la calcite;
- le site Major, comportant du quartz, de la calcite et des traces de pyrites;
- le site Héva, comportant du quartz et de la tourmaline; et
- les sites Tech Hugues et Kinojévis, comportant uniquement du quartz.

Enfin le contrôle structural est également un critère distinctif de ces différents types de veines. Les principaux contrôles sont les suivants :

- couloir de déformation, hôte des veines des sites Major et Hosco;
- contact entre deux unités, dans le cas du site Marais Est; et
- fractures, pour les veines des sites Tech Hugues et Kinojévis.

Tableau 2.1: Synthèse des caractéristiques des différents sites.

Site	Encaissant	Contact	Structure	Métamorphisme interprété
Major	Conglomérats d'origine volcanique	Nord à Nord-Ouest	Schistosité Nord-Ouest	Faciès schistes verts moyen-supérieur
Héva	Siltstone	-	Schistes très développés	Faciès schistes verts moyen
Hosco	Siltstone, Grès	Est-Ouest	Cisaillement Est-Ouest	Faciès schistes verts supérieurs
Tech Hugues	Siltstone, Grès	Nord Ouest	Schistosité Nord-Ouest	Indéterminé, inexistant à faible
Marais Est	Intrusion mafique, Wackes	Nord-Est	Schistosité Est-Ouest	Faciès Prehnite-Pumpellyite

Tableau 2.2 : Synthèse des caractéristiques des veines minéralisées observées sur les différents sites.

Site	Paragénèse	Orientation	Contrôle structural	Aspect de la veine	Texture	Chronologie relative	Épaisseur (moyenne)	Abondance
Major	Quartz-Calcite	Ouest-Nord-Ouest	Zone de déformation	Boudiné	Recristallisée, polygonale	Syn-Déformation	< 5cm (1cm)	Famille
Héva	Quartz-Tourmaline	-	-	-	Recristallisée, polygonale	-	< 10cm (2cm)	Famille
Hosco	Quartz-Calcite	Est-Ouest	Zone de cisaillement	Boudiné	Déformée, recristallisée	Syn-Déformation	< 10cm (5cm)	Regroupement isolé de veines
Tech Hugues	Quartz	Est-Ouest à Nord-Ouest	Fracture	Boudiné	Déformée, recristallisée	Pré-Déformation	< 1m (30cm)	Assemblage de veines uniques
Marais Est	Quartz	Nord-Est	Contact Dyke-Wackes	Bréchique	Idiomorphe, décussée	Post-Déformation	< 10cm (1cm)	Famille de 2 veines
Kinojévis	Quartz	Globalement Est-Ouest	Schistosité/ Fracture	Fraiche à boudiné	Déformée	Tardi-déformation	< 1m (15cm)	Famille

Chapitre 3

Caractérisation chimique du quartz dans les veines

3.1 Introduction

Ce chapitre s'attarde sur la comparaison du quartz des veines minéralisées des différents affleurements. La caractérisation des veines et de leurs paragenèses selon différents critères texturaux, pétrologiques, géochimiques et minéralogiques est souvent utilisée pour discriminer les générations de veines et établir des événements hydrothermaux et leur distribution spatiale. Les veines minéralisées observées sur la propriété Henriksen à proximité de la Faille de Davidson, décrites au chapitre 2, ont toutes une paragenèse relativement simple composée essentiellement de quartz. Les sulfures sont peu présents et ceux observés sont inadaptés à l'utilisation de techniques géochimiques comme le LA-ICP-MS notamment par leur faible taille, forme et aspect altéré. Ce chapitre propose donc une méthode alternative et novatrice basée sur la caractérisation géochimique des éléments traces du quartz issu des veines. Cette méthode est adaptée sur la technique de géothermomètre par LA-ICP-MS, baptisée TitanQ

(Thomas et al., 2010; Wark et Watson, 2006). Le principe est la mesure d'éléments traces en substitution dans le quartz ou en interstice (Dennen, 1964 et 1966). La partie 3.2 présente la méthode analytique utilisée. La validation des résultats à plusieurs échelles est décrite dans la partie 3.3 et les résultats dans la section 3.4. Enfin s'ensuit une discussion et une conclusion en regard de cette approche.

3.2 Méthode analytique

Le principe de la méthode employée est de mesurer à l'échelle du grain de quartz une teneur moyenne de plusieurs éléments chimiques à l'aide d'un LA-ICP-MS pour différencier quantitativement et relativement plusieurs événements chimiquement distinct de mise en place des veines de quartz. Ces éléments chimiques sont ceux susceptibles d'être placés en substitution du silicium ou de l'oxygène ou en interstice dans la maille cristalline du quartz (Dennen, 1966), c'est-à-dire dont le rayon ionique diffère de 15% ou moins, dont la charge électronique est plus ou moins 1 et dont l'électronégativité est similaire (Suttner et Leinginger, 1972). Ces éléments chimiques ont été choisis d'après la littérature (Heynke et al., 1992, Monecke et al., 2002, Rusk et al., 2008, Suttner et Leinginger, 1972 et Palin, communication personnelle) et sont présentés dans le tableau 3.1.

Les échantillons ont été transformés en lames minces non recouvertes. Pour chaque lame, de 2 à 3 grains ont été sélectionnés pour l'analyse. Le quartz est un minéral considéré comme résistant avec des taux de migration dans un même cristal très faibles (Rusk et al., 2008) et un équilibre chimique possible

uniquement à haute température et pression (Wark et Watson, 2006). Ainsi, un grain issu d'une seule génération hydrothermale devrait avoir une composition homogène. Quatre-vingt trois (83) mesures ont été effectuées dans 68 grains de quartz issus de 28 échantillons, dont 15 mesures redondantes à des fins de vérification. Sur les 28 échantillons, 3 proviennent d'autres minéralisations issues de milieux géologiques différents. La série d'échantillons GD provient de la mine Géant Dormant, un gisement aurifère mais d'origine volcanogène (Gaboury et Daigneault, 1999). Les échantillons de la série BE proviennent de la mine Beaufort, un gisement aurifère orogénique (Richard, 2012). Enfin, la série BF est issue du gisement aurifère orogénique Wana au Burkina Faso, encaissé dans des roches paléo-Protérozoïque (Augustin, 2011). Ces échantillons fournissent un cadre de comparaison. On s'attend à ce que les résultats obtenus pour les échantillons provenant de la propriété Henriksen soient différents de ceux des autres gisements. En effet, les fluides hydrothermaux ayant alimentés ces gisements sont issus de milieux et de profondeurs différents. De plus, l'interaction avec des roches d'âges différents devrait également modifier la chimie de ces fluides.

L'appareillage utilisé est un LA-ICP-MS de type RESOLUTION M-50 Excimer (193 nm) de Resonetics et un spectromètre de masse Agilent 7700x. Les mesures s'effectuent sur des lignes de 2 mm de long afin de réduire l'effet d'inclusions et obtenir des moyennes teneurs. Le LASER est paramétré avec une largeur de

faisceau de 55 μm , une puissance de 4 mJ/cm^2 , une fréquence de 10 Hz et une vitesse de déplacement de 15 $\mu\text{m}/\text{s}$. Les teneurs ont été calibrées sur des matériaux de référence NIST 612 et vérifiées selon des matériaux de références NIST 610 pour 39 mesures et 614 pour 36 mesures.

3.3 Validation

La précision et la justesse obtenues pour les différents éléments chimiques mesurés sur les matériaux de référence NIST 614 et 610 sont présentées respectivement aux figures 3.1 et 3.2. Il apparaît que la justesse varie beaucoup d'un élément chimique à l'autre, mais que la précision obtenue des différentes mesures pour un seul élément chimique est relativement bonne. L'analyse vise à comparer les valeurs des échantillons entre eux et non pas à leur donner une valeur absolue. Donc le manque de justesse dans l'analyse n'est pas critique tant que la précision est bonne à l'échelle de l'élément mesuré. La validité des résultats avec les plus grandes imprécisions sont discutés plus loin pour les différents éléments analysés.

Durant le traitement des données, le raffinement du signal ne tient pas compte les inclusions analysées par le Laser. Comme l'analyse se fait le long des lignes, les inclusions apparaissent sous forme d'un pic de certains éléments chimiques durant la prise de mesure. Ces inclusions peuvent être de différentes natures comme des inclusions fluides, ou encore des fractures ou inclusions d'une autre espèce minérale telle des feldspaths ou des micas. Les différents éléments

chimiques analysés permettent de distinguer ces inclusions des valeurs intrinsèques du quartz analysé. Par exemple, une valeur de calcium élevée mais continue et répétée dans le quartz sera la caractéristique chimique dudit quartz tandis qu'un pic localisé de calcium sera plus lié à une contamination par la présence d'une inclusion de cristal de plagioclase. Ces pics peuvent ainsi être mis de côté durant l'intégration du signal analytique. La figure 3.3 montre la trace du laser laissé sur le grain de quartz, ainsi que le signal acquis et enfin les teneurs par élément chimique obtenus pour deux échantillons : DY-6-1-1 et DY-7-1-2. Ces deux échantillons ont été sélectionnés sur le même décapage pour montrer un signal relativement constant (échantillon DY-6-1-1, Figure 3.3d à 3.3f) et un signal beaucoup plus instable (échantillon DY-7-1-2, Figure 3a à 3c). Malgré cela, on constate à la figure 3.4 qu'une fois le signal traité et converti, les « patrons » de teneurs sont très semblables. Cette comparaison vise à démontrer que malgré les erreurs analytiques liées à l'appareillage, les données obtenues s'autovalident entre elles, puisque l'erreur analytique se répercute sur toutes les analyses. Ce désagrément n'est pas critique dans le cadre du projet, mais serait à corriger dans le cas où les valeurs nécessitaient d'être valide de manière absolue. Malgré tout, plusieurs éléments chimiques ont été écartés pour leur erreur relative de mesure trop importante (fixée arbitrairement comme supérieure à 20%). Ces problèmes de mesures ont déjà été observés lors d'analyses effectuées dans d'autres laboratoires (Palin, communication personnelle). Les éléments (y compris leurs différents isotopes) montrant une erreur relative trop forte sont les suivants : Na, P,

K, Ti, Fe. Dans le cas du Na, l'erreur provient de la saturation du détecteur pour cet élément chimique, ce qui explique les résultats extrêmement fort ou impossible (valeur négative des mesures) obtenus.

D'autre part, pour 13 analyses, il apparaît que les spectres formés sont semblables aux autres analyses mais sont décalés sur l'axe vertical de un ou plusieurs ordres de grandeur. Il ne s'agit donc pas d'une erreur de calibration d'un élément mais d'un problème analytique se répercutant sur l'ensemble de la mesure. L'origine de cette erreur peut être de plusieurs sources : 1) problème d'étanchéité de la cellule d'analyse au moment de l'expérience : la cellule est contaminée par l'air ambiant et les éléments chimiques de l'échantillon analysé sont « dilués » dans l'air contaminant qui est également analysé, 2) les capacités d'analyse du LA-ICP-MS ont été petit à petit modifiées au cours de l'usage de l'appareil (usure passagère au cours d'une utilisation prolongée), et 3) fluctuation brutale du réseau énergétique du laboratoire. Quelles que soient les raisons de l'erreur analytique, les analyses affectées par ces problèmes ont été écartées dans l'interprétation et le traitement statistique des résultats.

Les résultats sont tous au-dessus des limites de détection pour tous les éléments chimiques à l'exception de l'isotope Fer 56, où 14 échantillons ont des mesures en dessous des limites de détection. Cinq échantillons sont en dessous des limites de détection pour les isotopes ^{11}B et ^{45}Ti . Il est à noter que ces échantillons ont tous été analysés en même temps. Deux autres échantillons

présentent des erreurs pour isotopes ^{39}K . Enfin l'échantillon MA-7-1-2 est en dessous des limites de détections pour 9 éléments et a été écarté de la suite du traitement des résultats. La cause d'erreur ponctuelle est inconnue. Néanmoins, il est à noter que sur les 21 échantillons présentant des mesures en dessous des limites de détection, 17 ont été analysés dans la même journée. Le problème peut provenir d'une cause technique ou d'une modification de l'efficacité du matériel par une cause externe ce jour là. Considérant que les éléments touchés par cette problématique sont déjà mis de côté en raison de leurs erreurs relatives trop importantes, ces erreurs de mesures ne sont pas critiques dans la suite de l'étude.

3.4 Résultats

Les résultats sont présentés sous formes de graphiques aux figures 3.5 à 3.10 et les valeurs sont données à l'annexe B. Les mesures sont rassemblées par affleurement et représentées par élément chimique en ordre selon la classification de Goldschmidt.

De manière générale, les résultats sont très semblables à toutes les échelles : grain, lame mince, échantillon et affleurement (figure 3.11 et 3.12). Les mesures pour un même élément chimique sont du même ordre de grandeur et très proches les unes des autres, y compris pour les éléments chimiques dont les erreurs relatives sont très grandes. La seule exception notable à cette règle est la teneur en lithium. En effet, cette valeur varie de 0,04 à 3,91 ppm pour les échantillons provenant des sites Hosco, Tech Hugues et Héva et du décapage ouest du site

Major tandis que les échantillons provenant des sites Major et Marais Ouest ont des valeurs comprises entre 0,93 et 54,1 ppm. Ceci donne une différence entre les échantillons de un à deux ordres de grandeurs. Cette différence est autant visible en comparant deux échantillons de deux sites de prélèvement différents qu'en comparant les mesures par affleurement résultant de la moyenne de leurs échantillons respectifs. Les résultats des échantillons provenant d'autres gisements (GD, BE et BF) sont quasiment identiques aux résultats obtenus sur la propriété Henriksen ce qui s'oppose à l'hypothèse initiale que le quartz provenant de fluides différents aient des compositions différentes.

Étant donnée l'absence de résultats exploitables pour beaucoup d'éléments chimiques, l'interprétation des données est très difficile sans s'avancer dans la spéculation. La principale observation est l'absence de différence entre les veines provenant de gisements aurifères de types totalement différents. Une explication potentielle pour ces résultats est la faible valeur de saturation en éléments traces dans le quartz (Dennen 1966), dont la structure chimique laisse peu de place à la substitution. De plus, la distinction observée pour l'élément lithium n'est pas assez élevée pour être considérée comme un critère de différenciation suffisant dans le cas des affleurements Major et Marais Est. En effet, la littérature documente intensivement (Dennen, 1966, Suttner et Leininger, 1972, Monecke et al., 2002, Mueller et Koch-Müller, 2009) que les différences de concentrations chimiques entre les quartz d'origines différentes (hydrothermales, métamorphiques,

magmatiques) sont de l'ordre du ppm ou de la dizaine de ppm. Considérant l'imprécision relative de la méthode employée, celle-ci ne semble pas adaptée à la comparaison de plusieurs générations de quartz hydrothermaux.

3.5 Synthèse et discussion préliminaire

Plusieurs veines issues des différents affleurements de la propriété Henriksen et de minéralisations d'autres gisements aurifères ont été analysées en mesurant dans leurs grains de quartz les éléments traces susceptibles d'être présents en position d'interstice ou en substitution. Cette approche avait pour but d'obtenir des signatures chimiques permettant de différencier chimiquement les minéralisations entre elles. Les résultats présentent des erreurs analytiques se répercutant de manière égale et systématique dans les valeurs obtenues pour les échantillons selon plusieurs éléments chimiques. Néanmoins les résultats restent valables puisque l'erreur est constante d'un échantillon à l'autre.

Il apparaît que les teneurs des éléments chimiques sont très proches pour tous les éléments chimiques. Les signatures des veines provenant d'autres gisements aurifères sont identiques à celles de la propriété Henriksen et posent l'hypothèse que toutes les veines ont leur contenus en quartz saturés en éléments traces. Cette méthode n'a pas pu démontrer de discrimination de plusieurs événements hydrothermaux distincts.

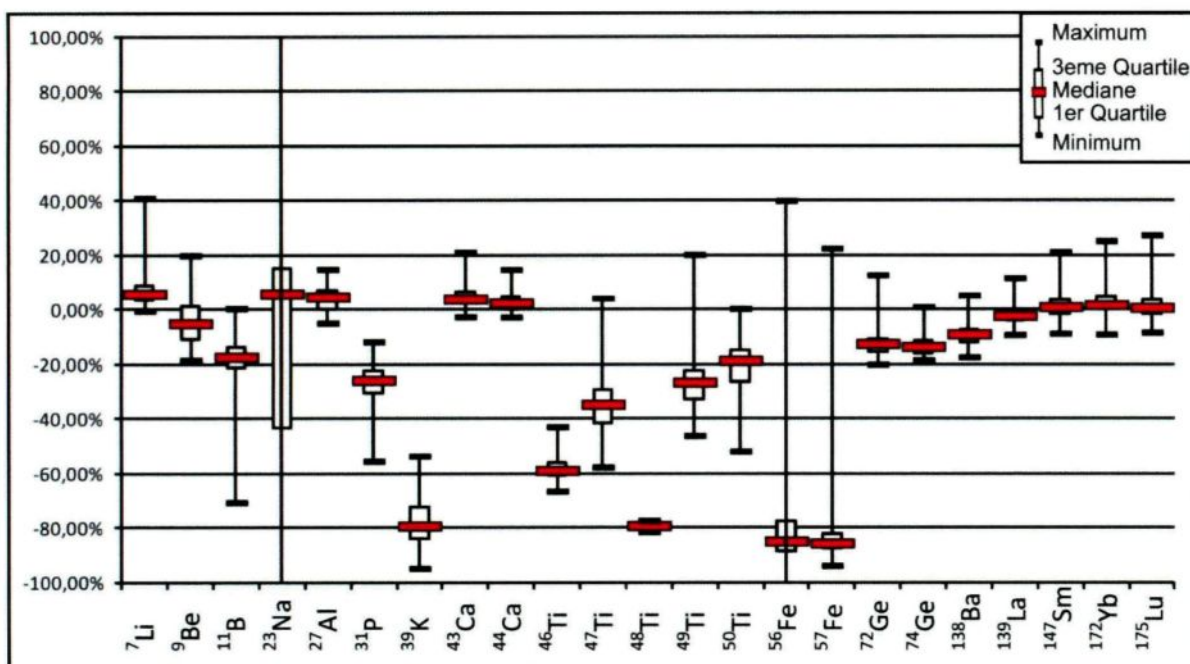


Figure 3.1 : Précisions et justesses des matériaux de références NIST 610 mesurées par rapport aux valeurs standards.

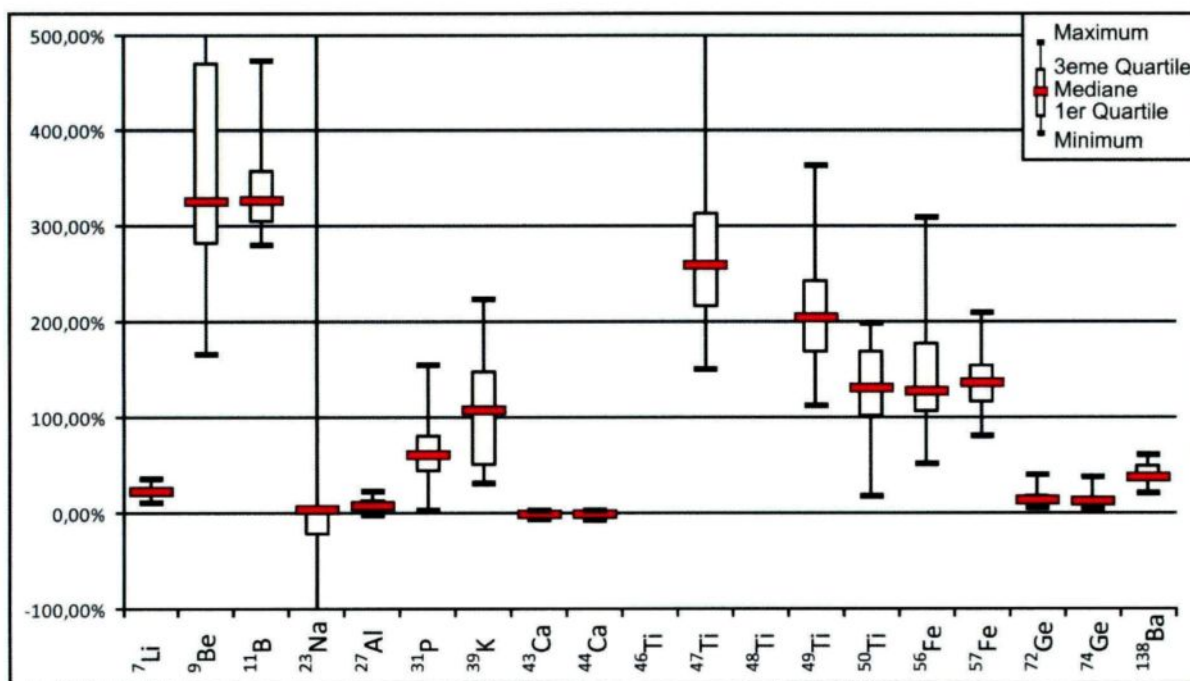


Figure 3.2 : Précisions et justesses des matériaux de références NIST 614 mesurées par rapport aux valeurs standards.

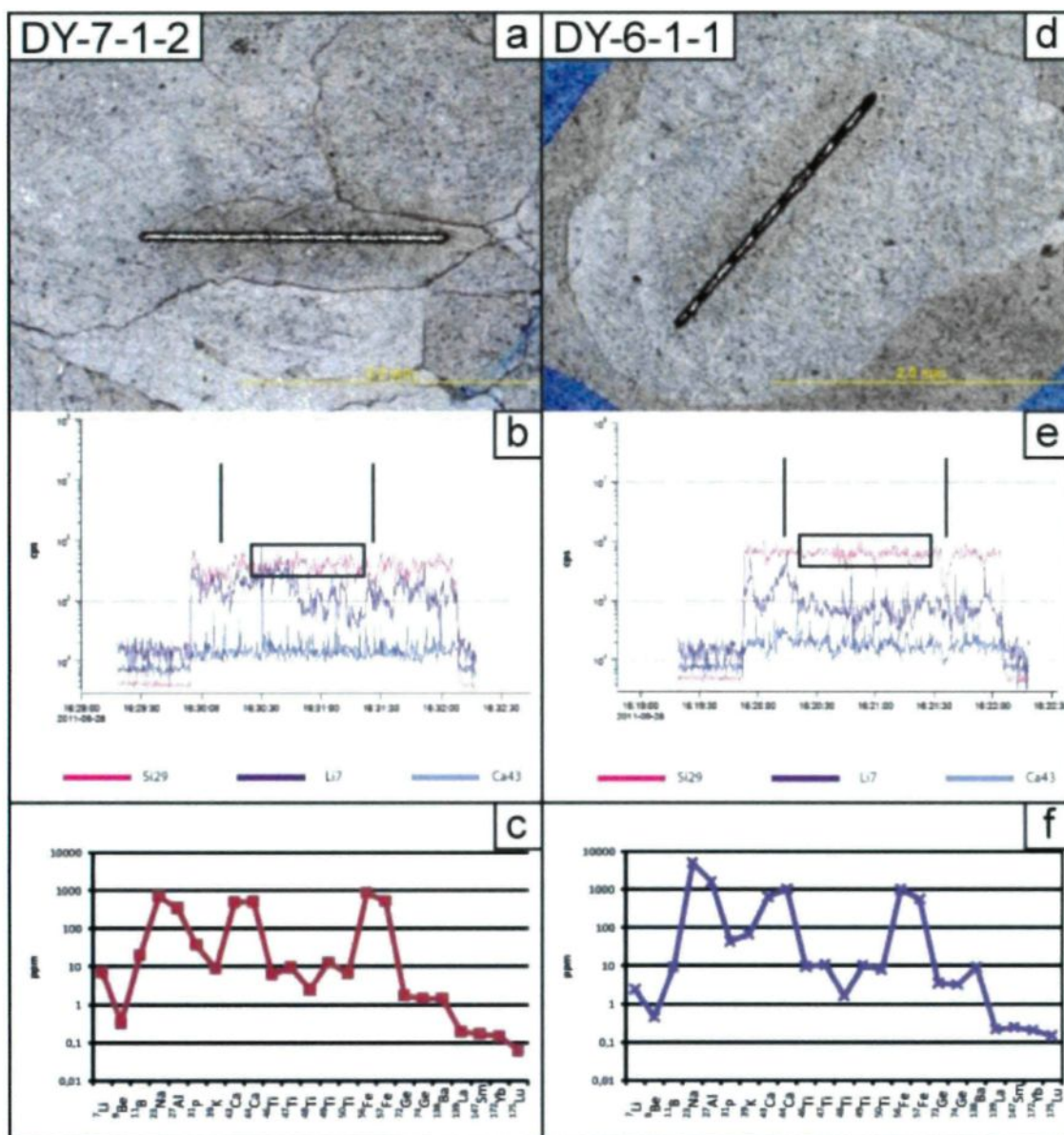


Figure 3.3 : Principes analytiques de la mesure des éléments traces dans le quartz. a et d : lignes de mesures tracées par le LASER. b et e : Signal obtenu pour les isotopes ^{29}Si , ^7Li et Ca^{43} . Les 30 premières secondes correspondent au bruit de fond, représenté par la désactivation du LASER. Les barres verticales noires sont des inclusions, repérables par l'abaissement brutal du signal du silicium, ou la hausse brutale d'autres éléments traces comme l'aluminium ou le calcium. Les cadres noirs présentent les boîtes d'intégrations du signal sélectionnées. c et f : Spectre des teneurs mesurées.

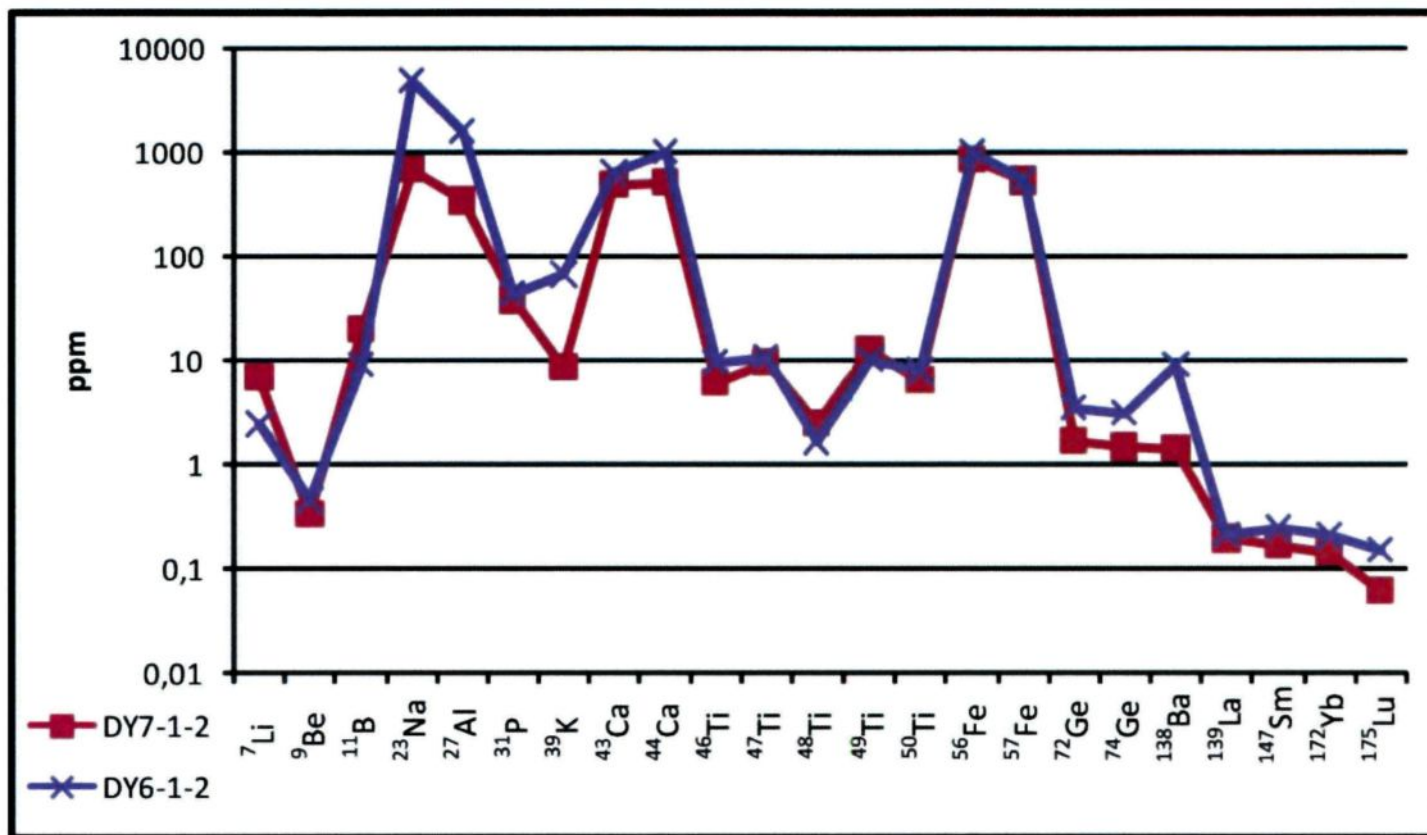


Figure 3.4 : Comparaison des spectres des deux échantillons analysés dans la figure 3.3. La stabilité du signal n'influence pas significativement la qualité de la mesure.

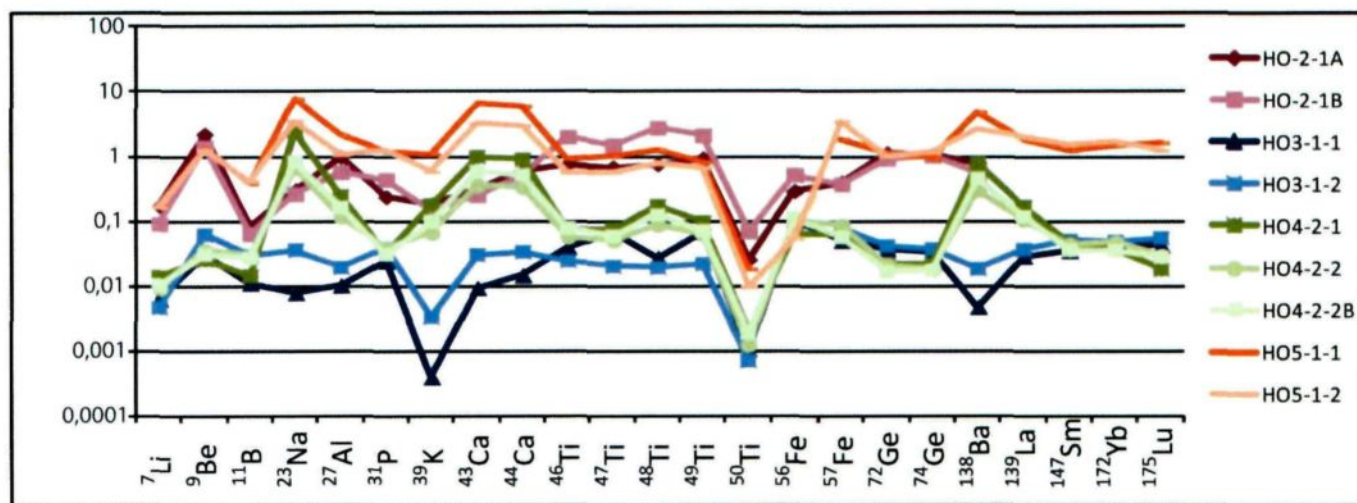


Figure 3.5 : Spectres des échantillons de la série Hosco.

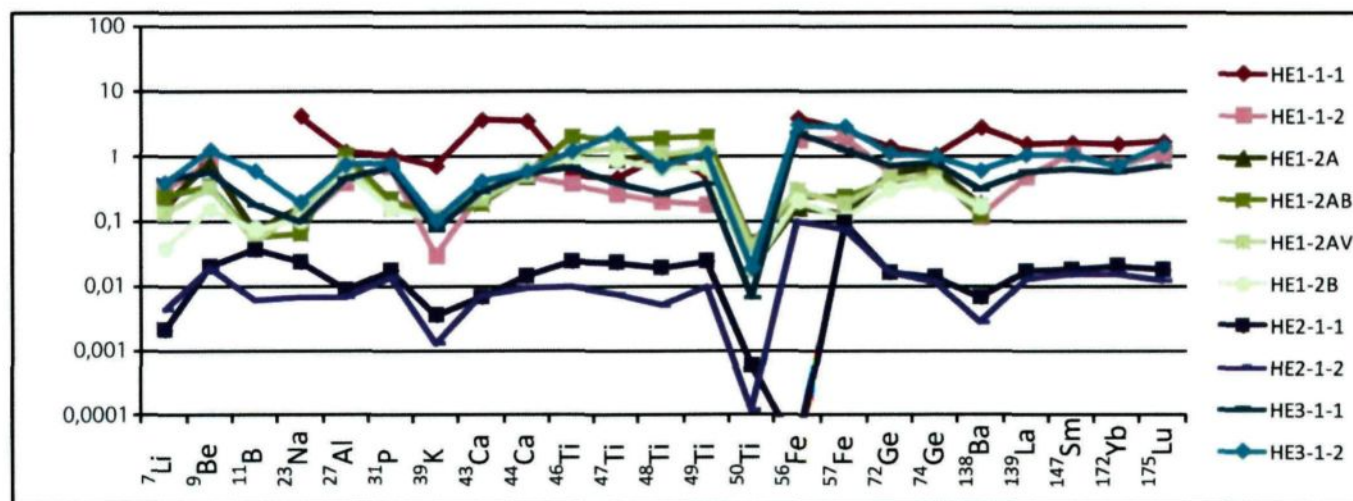


Figure 3.6 : Spectres des échantillons de la série Héra.

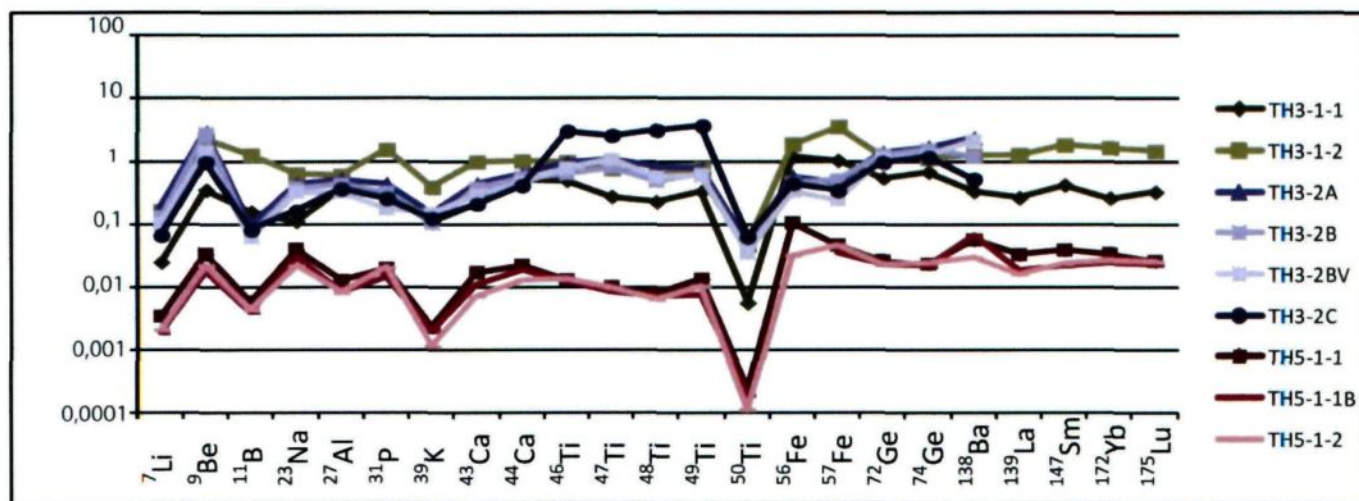


Figure 3.7 : Spectres des échantillons de la série Tech Hugues.

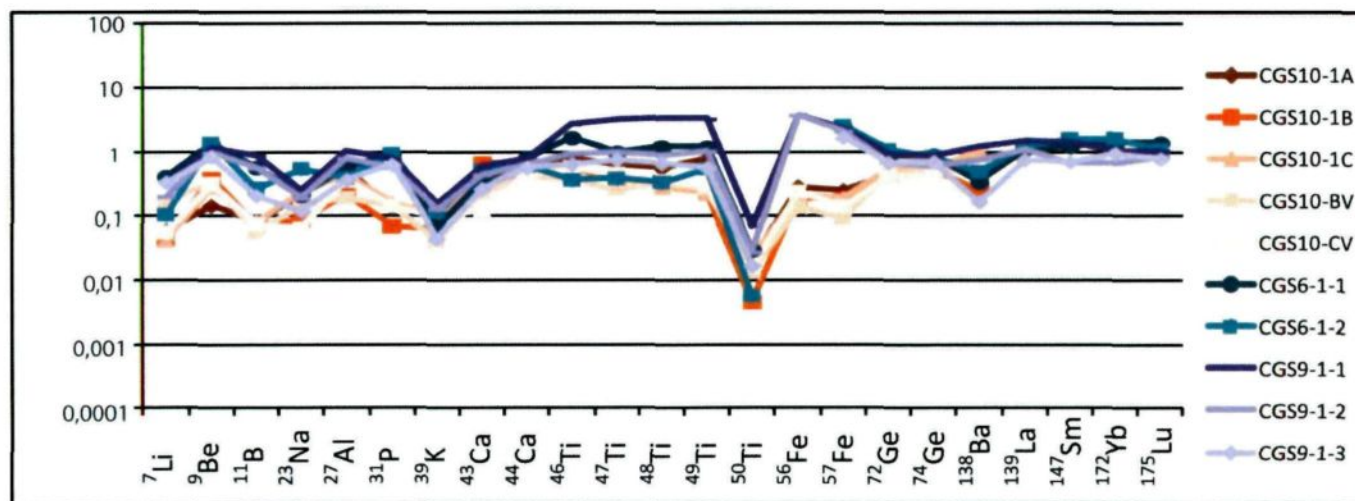


Figure 3.8 : Spectres des échantillons de la série Conglomérat Ouest.

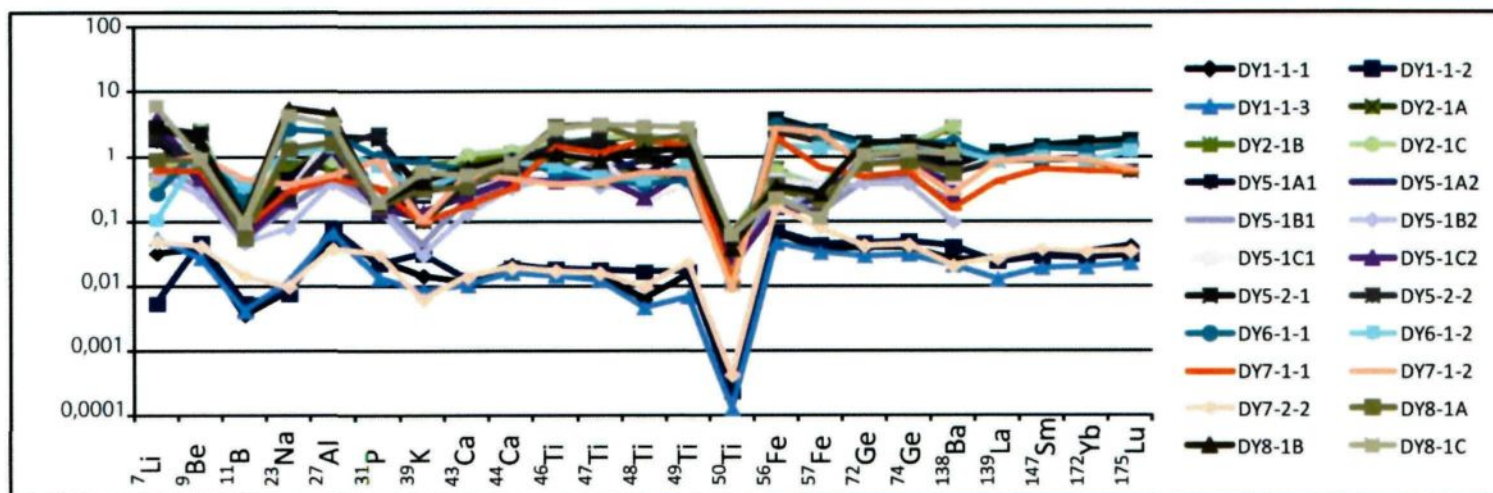


Figure 3.9 : Spectres des échantillons de la série Marais Est.

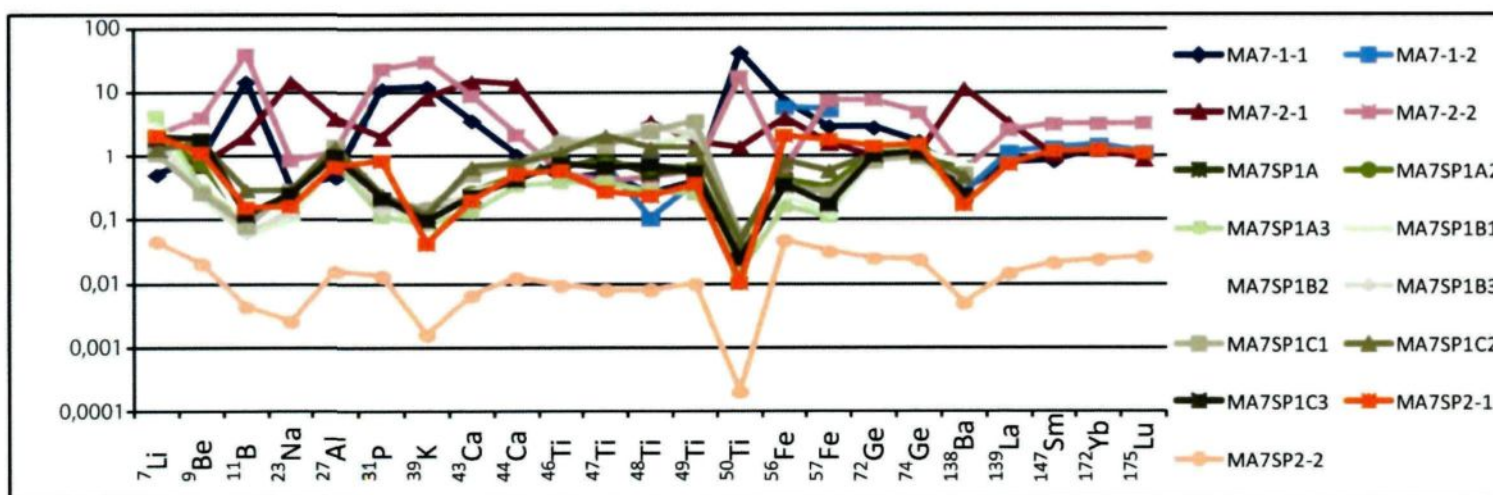


Figure 3.10 : Spectres des échantillons de la série Major.

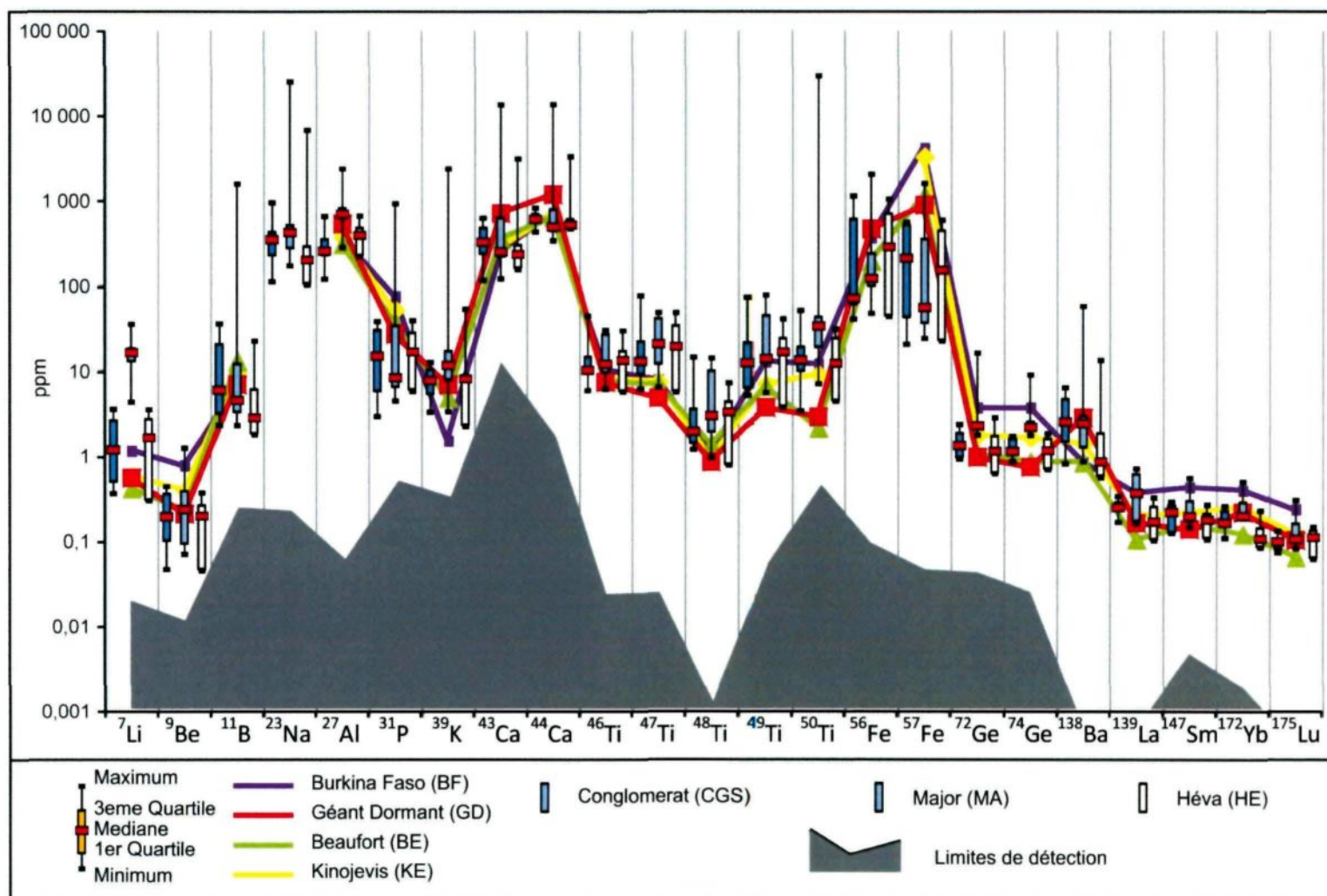


Figure 3.11 : Concentrations en éléments traces des séries d'échantillons Conglomerat Ouest, Major et Héva.

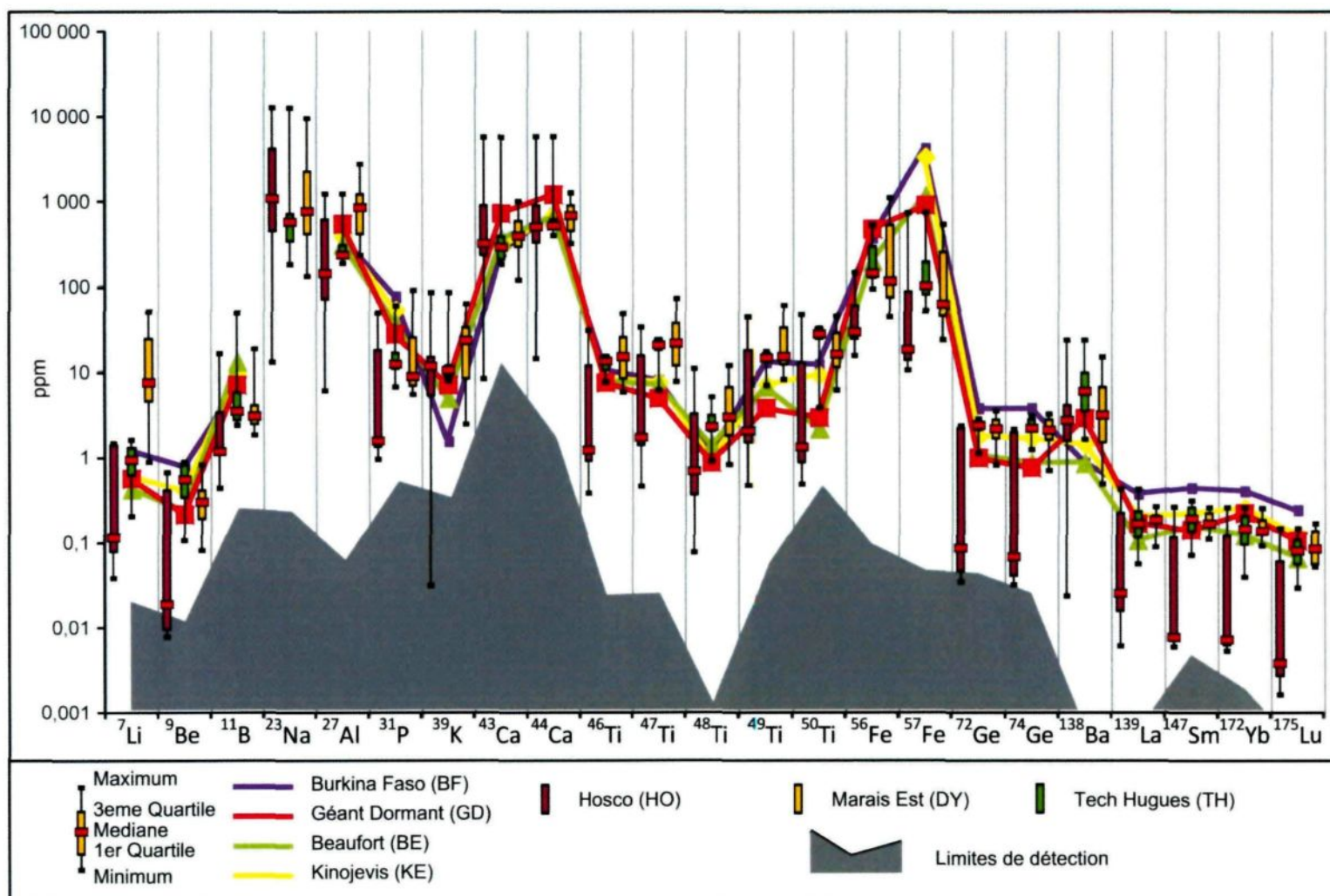


Figure 3.12 : Concentrations en éléments traces des séries d'échantillons Hosco, Marais Est et Tech Hugues.

Tableau 3.1 : Limites de détection et incertitudes absolues pour les différents éléments chimiques et leurs différents isotopes.

Élément	Isotope	Limite de détection (ppm)		Incertitude absolue (ppm)	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Li	7	0,00063	0,079	0,0020	3,200
Be	9	0,00018	0,040	0,0007	0,360
B	11	0,00645	0,800	0,0052	1700,000
Na	23	0,00000	1,691	0,6300	490000,000
Al	27	0,00151	0,187	0,2100	400,000
P	31	0,01149	1,308	0,0530	1000,000
K	39	0,00733	1,382	0,0087	2900,000
Ca	43	0,37494	44,386	0,4200	8700,000
	44	0,04064	5,526	0,6000	3000,000
Ti	46	0,00065	0,090	0,0160	30,000
	47	0,00093	0,124	0,0140	61,000
	48	0,00002	0,005	0,0015	11,000
	49	0,00162	0,150	0,0150	45,000
	50	0,01045	1,109	0,0220	30000,000
Fe	56	0,00147	0,299	0,0065	770,000
	57	0,00085	0,181	1,0000	720,000
Ge	72	0,00109	0,122	0,0026	10,000
	74	0,00064	0,080	0,0023	3,200
Ba	138	0,00001	0,002	0,0019	12,000
La	139	0,00002	0,003	0,0003	0,200
Sm	147	0,00011	0,016	0,0004	0,140
Yb	172	0,00003	0,007	0,0003	0,100
Lu	175	0,00001	0,002	0,0002	0,064

Chapitre 4

Analyse des inclusions fluides des minéralisations

4.1 Introduction

Le chapitre 4 se penche davantage sur la nature des fluides à l'origine des différentes minéralisations, dans le but d'établir s'il y a des liens génétiques possibles. La méthode utilisée est l'analyse des inclusions fluides dans les filons et est présentée dans la section 4.2. Celle-ci traite également de la composition de ces inclusions analysées par spectrométrie de masse ainsi que de la détermination de leur température de décrépitation. Les graphiques de détermination de composition et de décrépitation pour chaque échantillon sont rassemblés dans l'annexe C. La section suivante est une description pétrographique des inclusions fluides observées en lames minces. Enfin la dernière section dresse une synthèse des observations recueillies à l'aide de cette méthode.

L'objectif de cette section est de contribuer à la discrimination des différentes générations de veines. Pour ce faire, il faut isoler la signature des fluides responsables de la minéralisation et qui sont susceptibles d'avoir été piégés en

inclusions au sein des veines (Goldstein et Reynolds, 1994). Ces inclusions sont les seuls témoins des événements hydrothermaux auxquels sont associées les veines minéralisées. Ces fluides sont caractérisés selon leur composition en volatiles et la température de décrépitation (Gaboury et al., 2008).

4.2 Spectrométrie de masse des inclusions fluides.

4.2.1 Méthodologie

Vingt-six (26) échantillons ont été analysés au LAMEQ à l'aide de la technique décrite par Gaboury et al. (2008). Les gaz suivants ont été analysés : N_2 , CO_2 , H_2O , H_2 , CH_4 , Ar, SO_2 , H_2S , C_2H_6 et He. Ces gaz sont considérés comme les composants majeurs et mineurs des inclusions fluides dans le quartz hydrothermal (Roedder et Bodnar, 1980). Pour chaque pic de décrépitation, une intégration des données à $\pm 25^\circ C$ de la température de décrépitation est effectuée en additionnant toutes les valeurs obtenues pour chaque gaz sur cette plage de température (Gaboury, 2011). Tous les échantillons ont été analysés deux fois et le l'analyse avec la plus grande libération de gaz a été sélectionnée. Pour la suite, le numéro de duplicata est indiqué par le dernier chiffre du code de l'échantillon.

4.2.2 Résultats

Les échantillons MA-2, DY-1 et DY-10 ne contiennent aucunes inclusions et ne seront pas considérés ultérieurement. L'échantillon du site Kinojévis ne contenait pas d'inclusions non plus. Les températures de décrépitation et les compositions sont présentées dans le tableau 4.1. Tous les sites étudiés

contiennent des échantillons contenant de l'eau et/ou du CO_2 . Les quantités totales de gaz analysés sont très variables, une caractéristique typique de l'analyse d'inclusions distribuées de manière hétérogène dans le quartz. Les températures de décrépidation varient de 240°C à 490°C . La fréquence des températures de décrépidations observées est présentée à la figure 4.1. La distribution est bimodale, définissant deux épisodes hydrothermaux. Le premier mode correspond à une température de décrépidation de 275°C et le second de 450°C . Les échantillons analysés présentent les plus souvent deux ou trois pics de décrépidations (19 échantillons) et parfois un seul pic (7 échantillons). On remarque que ces événements hydrothermaux sont enregistrés dans tous les sites. La composition des fluides est présentée par échantillons et par volatiles aux figures 4.2 à 4.13. Les figures 4.14 et 4.15 synthétisent l'ensemble des sites analysés en fonction des gaz et de leurs proportions. L'unité de mesure est en pourcentage relatif molaire, calculé à 100% pour les 10 gaz analysés. Une représentation de la médiane des fluides est présentée pour chacune des températures modales aux Figures 4.16 et 4.17.

Les résultats pour le site Marais Est sont présentés aux Figures 4.2 et 4.3. Deux températures modales sont reconnues, l'une moyenne entre 263°C et 300°C et l'autre plus élevée entre 435 - 480°C . Ces deux températures sont interprétées correspondre au passage de deux fluides. Ces deux fluides sont tous les deux aqueux (respectivement H_2O : 99,95 - 100 et 99,96 - 100% mole) accompagnés de traces de H_2S (respectivement inférieur à 0,05% mole et inférieur à 0,04% mole). L'échantillon DY-11 se distingue avec un contenu plus

carbonique (68,98 et 31,41% mole respectivement). Néanmoins l'échantillon provient d'une veine en plaquage interprétée comme tardive et n'est par conséquent pas considéré dans le reste de la discussion.

Les résultats pour le site Hosco sont présentés aux Figures 4.4 et 4.5. Deux températures modales sont reconnues. La première est comprise entre 293 et 333°C, correspondant à un fluide aqueux (H_2O : 71,14 - 94,37% mole) et pauvre en CO_2 (5,63 - 28,86% mole). Le second fluide correspond à une plus haute température de 400 à 465°C et est essentiellement aqueux (H_2O : 86,9 - 99,18% mole) et faiblement carbonique (CO_2 : 0,82-13,1% mole).

Les résultats pour le site Tech Hugues sont présentés aux Figures 4.6 et 4.7. Deux températures modales sont reconnues. La première est comprise entre 240°C et 300°C et correspond à un fluide aqueux-carbonique (H_2O : 27,76% mole à 98,58% mole; CO_2 : 1,4% mole à 72,24% mole) avec des traces de H_2S (0,01% mole). L'échantillon TH3-1 enregistre un pic à 240°C riche en H_2O (90,81% mole) et un pic à 300°C très riche en CO_2 (72,24% mole) et pauvre en H_2O (27,76% mole). Ces deux événements distincts mais proches en température sont interprétés comme un seul fluide s'étant dissociés en deux phases séparées (Gaboury 2011). Le second événement hydrothermal, de température élevée (345 - 475°C) correspond à un fluide également aqueux-carbonique (H_2O : 40,73 - 95,92% mole; CO_2 : 4,06 - 59,27% mole) et pauvre en H_2S (0,01% mole). L'échantillon TH-7-1 présente également une séparation de phases avec deux pics de décrépitation à 345 et 475°C.

Les résultats pour le site Héva sont présentés aux Figures 4.8 et 4.9. Deux températures modales sont reconnues. La première est comprise entre 257 et 282°C et correspond à un fluide aqueux-carbonique (H_2O : 48,97 - 74,22% mole; CO_2 : 25,75 - 47,94% mole) et pauvre en N_2 (<2,86% mole), CH_4 (<0,43% mole), H_2S (<0,03% mole) et He (<0,01% mole). La température plus élevée (470°C) correspond à un fluide carbonique (60,60 - 69,52% mole) et faiblement aqueux (30% mole), très pauvres en N_2 (<6,8% mole), CH_4 (<1,83% mole), H_2S (<0,64% mole) et He (<0,01% mole)

Les résultats pour le décapage Conglomérat Ouest du site Major sont présentés aux Figures 4.10 et 4.11. Deux températures modales sont reconnues, l'une moyenne entre 283°C et 290°C et l'autre plus élevée à 373°C. Le fluide associé à la température moyenne est aqueux-carbonique (H_2O : 39,10 - 47,83% mole; CO_2 : 48,97 - 52,99% mole) et pauvre en C_2H_6 (0,66% mole). Le fluide de haute température (373°C) est enregistré dans un seul échantillon et est entièrement composé de CO_2 .

Les résultats pour le décapage est du site Major sont présentés aux Figures 4.12 et 4.13. Deux températures modales sont reconnues, l'une moyenne entre 266°C et 324°C et l'autre plus élevée entre 395 et 490°C. Le fluide associé à la température moyenne (266 - 324°C) a une composition extrêmement variable avec des compositions principalement aqueuses, aqueuses-carboniques et carboniques (H_2O : 0 - 96,91% mole; CO_2 : 2,42 - 99,92% mole) et appauvrie en N_2 (0 - 13,7% mole), H_2 (<2,71% mole), CH_4 (<0,64% mole), H_2S (<0,03% mole) et He (<0,13% mole). À haute température, le deuxième pic représente un fluide

carbonique à aqueux-carbonique (H_2O : 0 - 61,61%; CO_2 : 36,17 - 99,98% mole) également accompagné d'un cortège de gaz en trace (N_2 : 0 - 32,93% mole; H_2 : <3,22% mole; CH_4 : <2,07% mole; H_2S : <0,14% mole et He : <0,08% mole).

Le gaz H_2S , enregistré sur tous les sites, est un indicateur reconnu du potentiel aurifère d'une génération de fluide (Gaboury, 2011,). Il est donc pertinent de vérifier si une seule génération de fluide ou si les deux générations contiennent du H_2S afin de prédire quelle génération a pu être porteuse d'or. La figure 4.18 montre, pour chaque échantillon contenant du H_2S , la proportion relative de H_2S normalisée par rapport au maximum de H_2S enregistré dans l'échantillon au cours de l'analyse de l'échantillon. Cette mise en forme permet d'isoler les pics de décrépitations contenant du H_2S , sans regard pour la quantité de fluide libéré, permettant ainsi de comparer plusieurs échantillons dont les quantités de fluides libérées sont très différentes. Il apparaît que les libérations de H_2S correspondent aux températures des deux générations de fluide. Bien que cela ne constitue pas une preuve irréfutable du potentiel aurifère des deux fluides, cette observation va dans le sens que les générations de fluides peuvent être toutes les deux responsables de la minéralisation aurifère.

4.3 Pétrographie des inclusions fluides.

Afin de valider les résultats obtenus par spectrométrie de masse sur les inclusions fluides, une étude pétrographique a été réalisée sur 7 lames minces. Ces lames correspondent aux échantillons utilisés à la fois pour l'analyse des éléments traces par LA-ICP-MS et pour la spectrométrie de masse des

inclusions fluides. En plus de ce critère, elles ont été choisies pour correspondre aux échantillons ayant le plus de gaz (i.e. la pression partielle la plus élevée Tableau 4.1). Pour chaque lame, les grandes familles d'inclusions fluides observées ont été décrites selon les critères de Goldstein (2003), soit de forme, angularité, taille, type d'inclusion (vapeur ou liquide), présence de bulles dans l'inclusion et leurs caractéristiques (type, position et espace occupé dans l'inclusion fluide). Les observations sont résumées dans les tableaux 4.2 et 4.3.

Cette étude a fait ressortir trois familles d'inclusions, deux ayant des caractéristiques distinctes et l'autre représentant un intermédiaire. (Figure 4.19). La première famille (Type 1) consiste en des inclusions fluides de forme en général sphérique, arrondie, de petite taille (ordre de grandeur du micron) et contenant exclusivement une phase liquide. La seconde famille (Type 2) comporte des inclusions fluides ayant une forme variable sub-sphérique à allongée, une angularité sub-arrondie à sub-anguleuse et une taille de l'ordre des dizaines de microns. La phase principale contient de la vapeur et parfois des bulles de vapeur ou de liquide. Ces bulles sont centrées dans l'inclusion et occupent en général plus de 80% de l'espace de l'inclusion. La dernière famille (Type 3) est un intermédiaire entre les deux premières familles. De forme sub-allongée et sub-arrondie à sub-anguleuse d'une taille de l'ordre de la dizaine de microns, elles contiennent du liquide et communément des bulles de fluides cloisonnées sur une extrémité de l'inclusion. Ces bulles ont une taille au moins aussi grosse que la moitié de l'inclusion.

La famille de type 1 est observée au sein de tous les échantillons (Tableau 4.3). Le composant liquide est probablement de l'eau. La famille de type 2 se retrouve dans tous les sites (Figures 4.20). La phase vapeur est interprétée comme un mélange d'eau et de différents gaz. Il n'est pas possible de discriminer visuellement les gaz composant cette phase. La dernière famille est présente ponctuellement et le plus souvent dans les sites où est également présente la seconde famille. Les trainées d'inclusions fluides combinent toutes les familles présentes dans l'échantillon (Figures 4.18).

4.4 Synthèse et discussion préliminaire

L'analyse par spectrométrie de masse des inclusions fluides couplée à une étude pétrographique démontre la présence de deux événements hydrothermaux avec une composition complexe en différents gaz permettant de classer les sites d'observation en groupe. Les gaz discriminant sont H_2S , He et N_2 . Tous les sites contiennent des inclusions à CO_2 à l'exception du site Marais Est où aucune des inclusions ne contient du CO_2 à l'exception d'un échantillon. La présence de H_2S associé aux deux événements suggère qu'ils sont tous les deux susceptibles d'avoir joué un rôle dans le transport de l'or. Les inclusions se présentent sous trois types. Le type 1 regroupe les inclusions à phase liquide, le type 2 comprend les inclusions à phase vapeur et le dernier type est la transition entre les deux autres familles. Tous les sites contiennent les deux premières familles, à l'exception du site Marais Est qui ne contient que des inclusions à phase liquide.

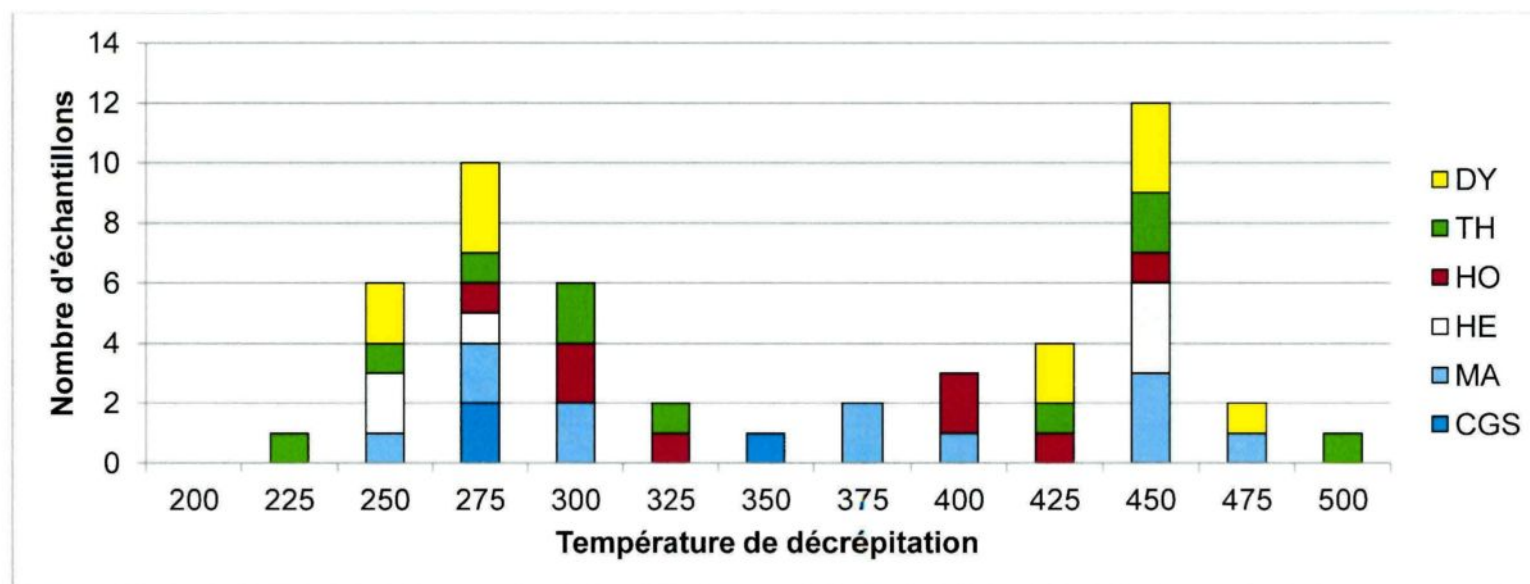


Figure 4.1 : Fréquence d'échantillons enregistrant un pic de décrépitation par intervalle de température de 25°C. DY = Échantillons du site Marais Est, TH = Échantillons du site Tech Hugues, HO = Échantillons du site Hosco, HE = Échantillons du site Héva, MA = Échantillons du site Major, CGS = Échantillons du décapage Conglomérat Ouest du site Major.

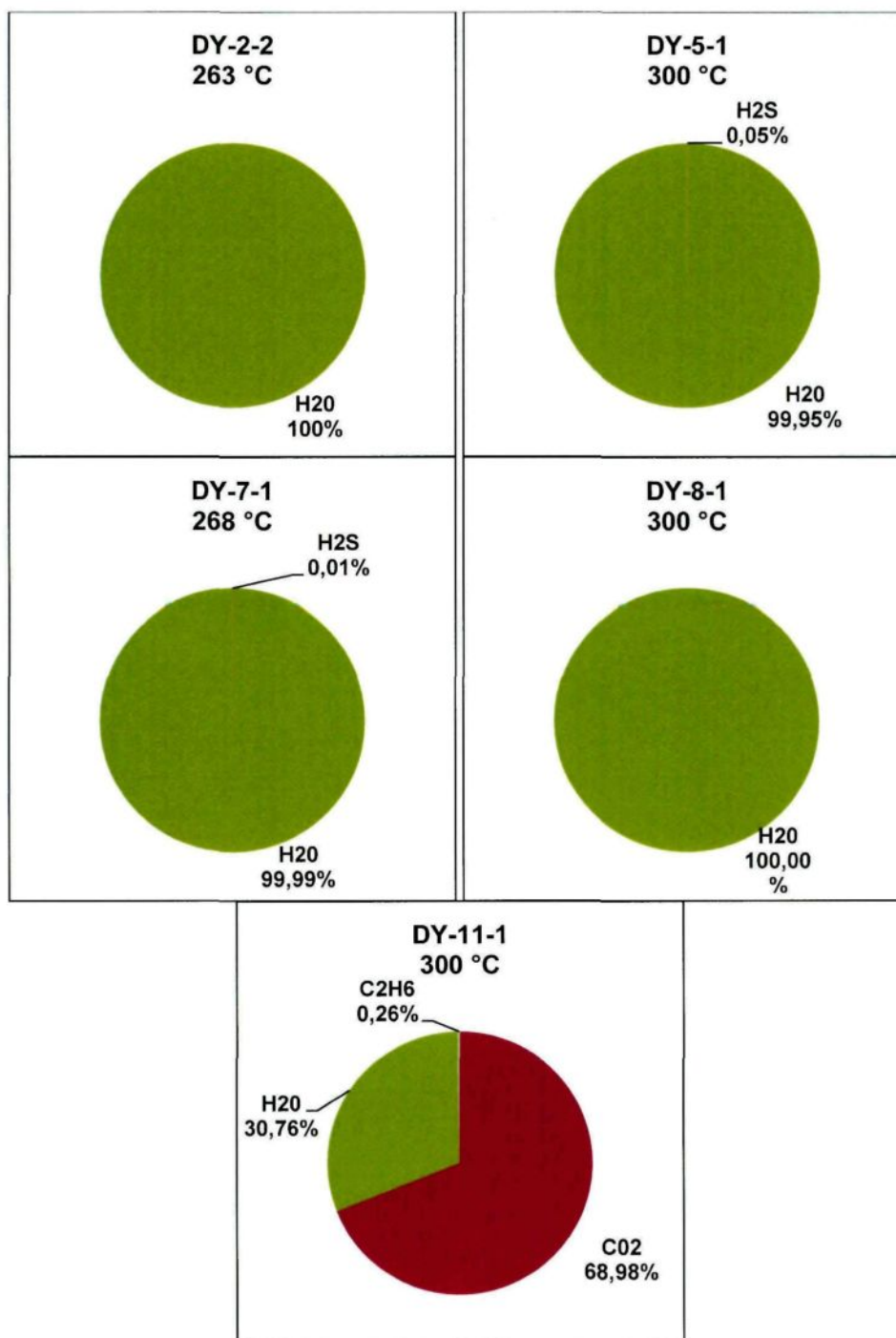


Figure 4.2 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Marais Est.

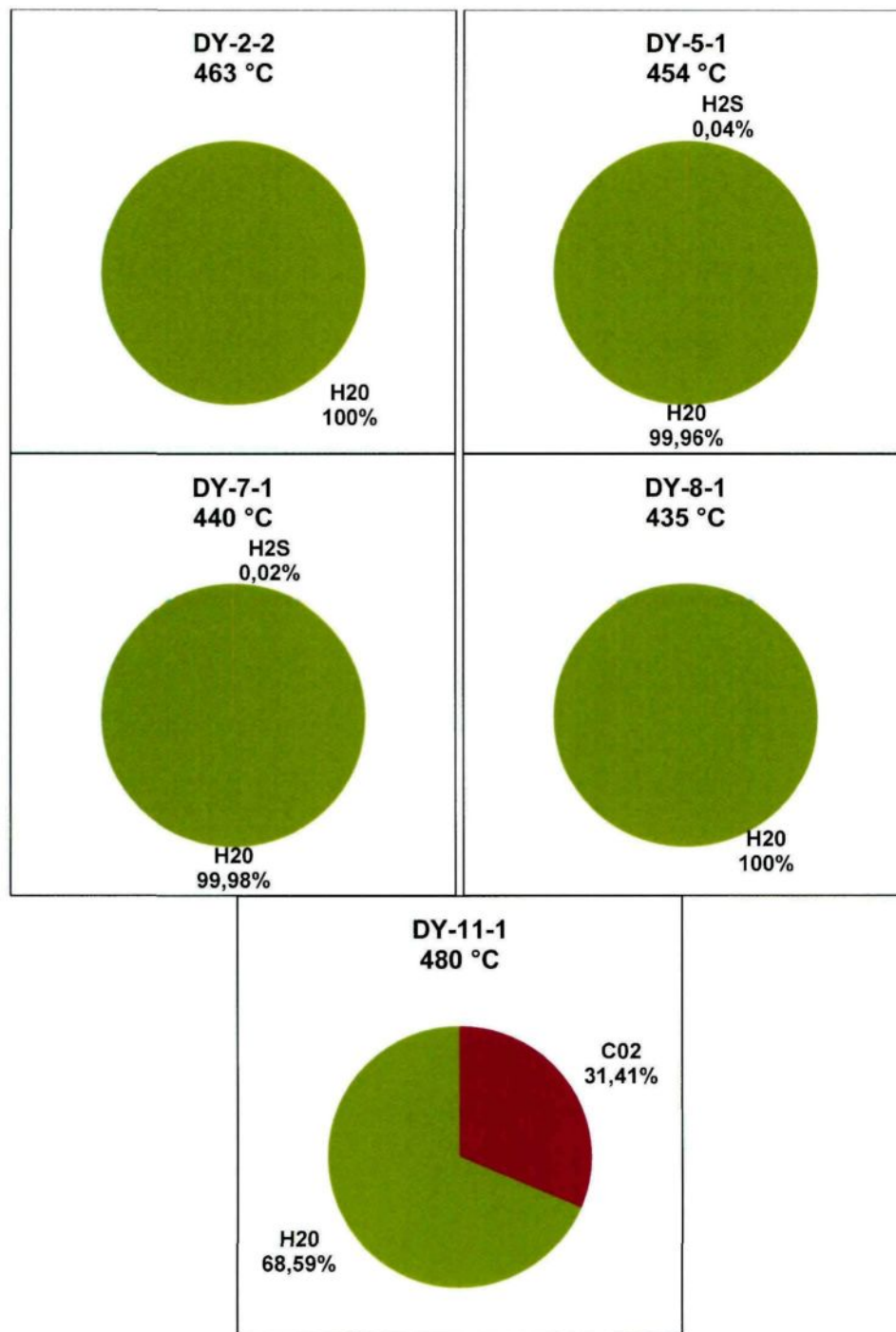


Figure 4.3 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Marais Est.

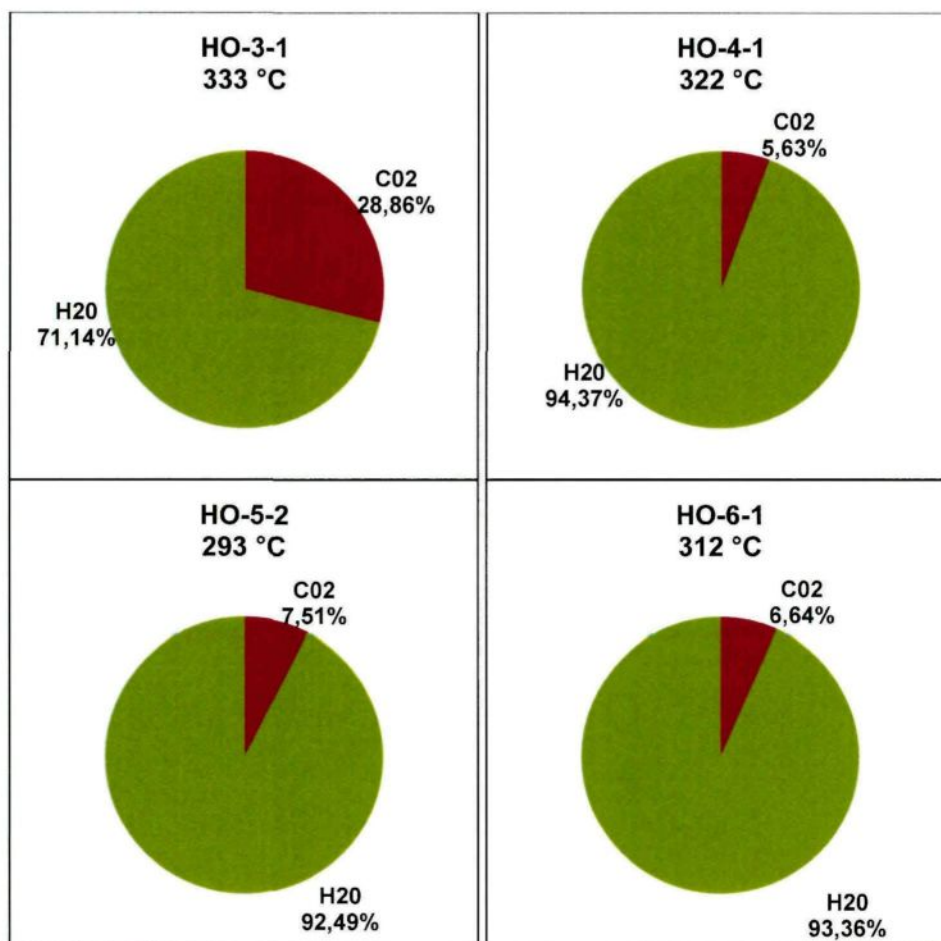


Figure 4.4 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Hosco.

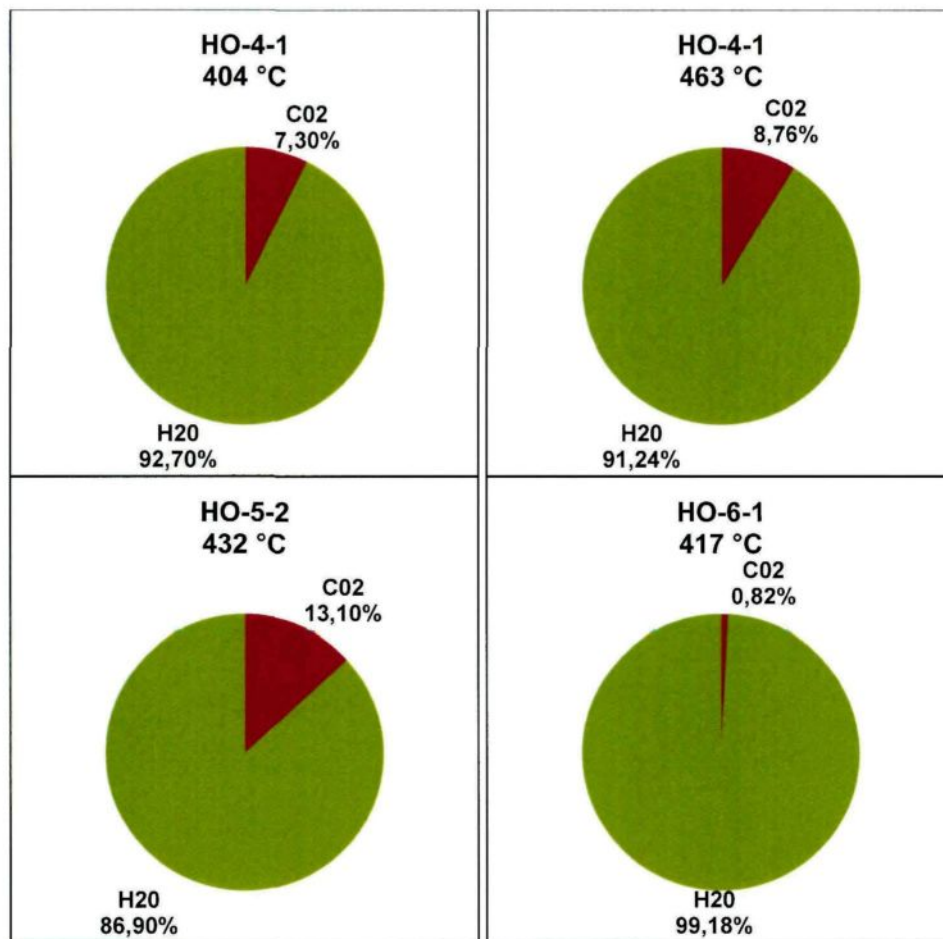


Figure 4.5 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Hosco.

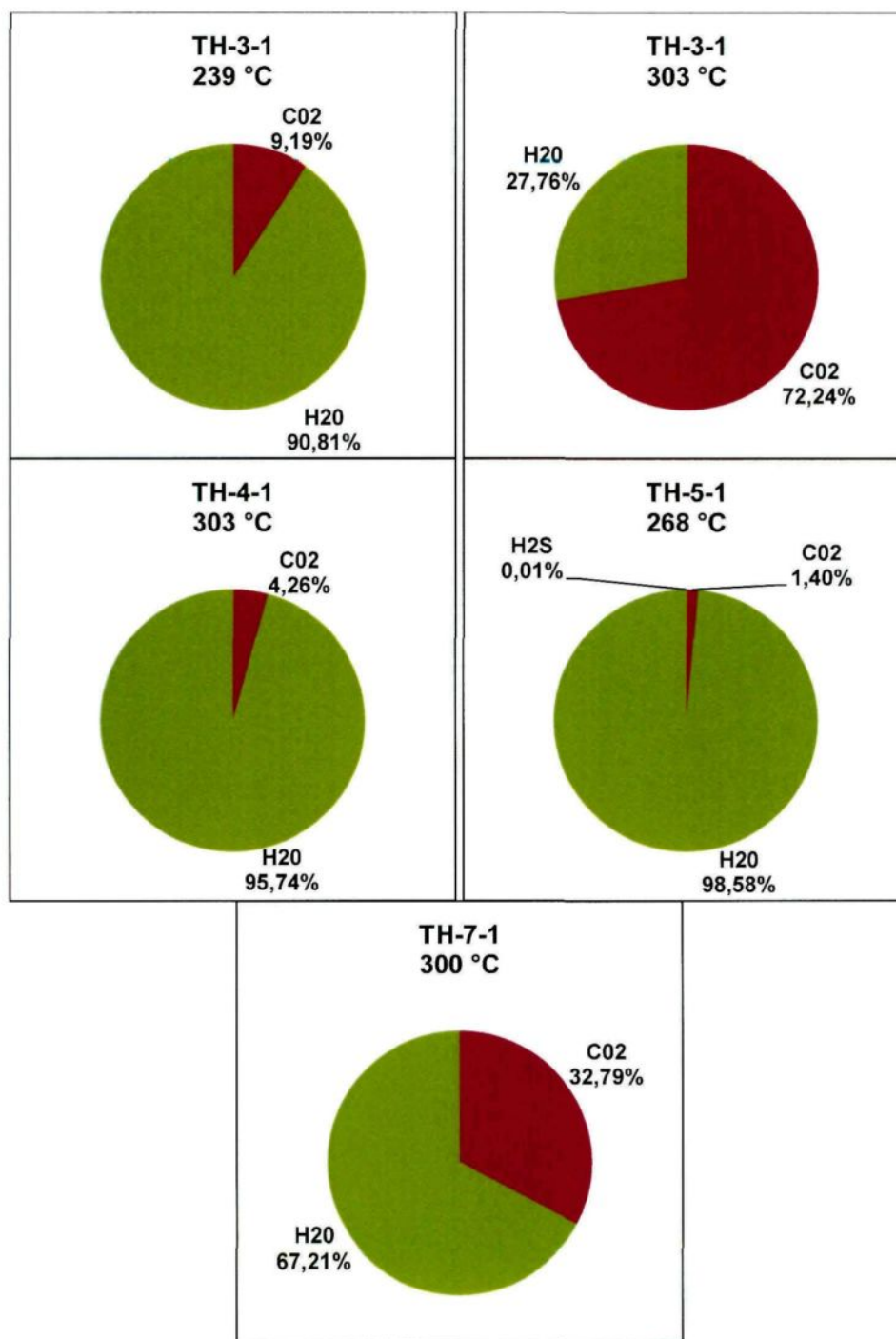


Figure 4.6 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Tech Hugues.

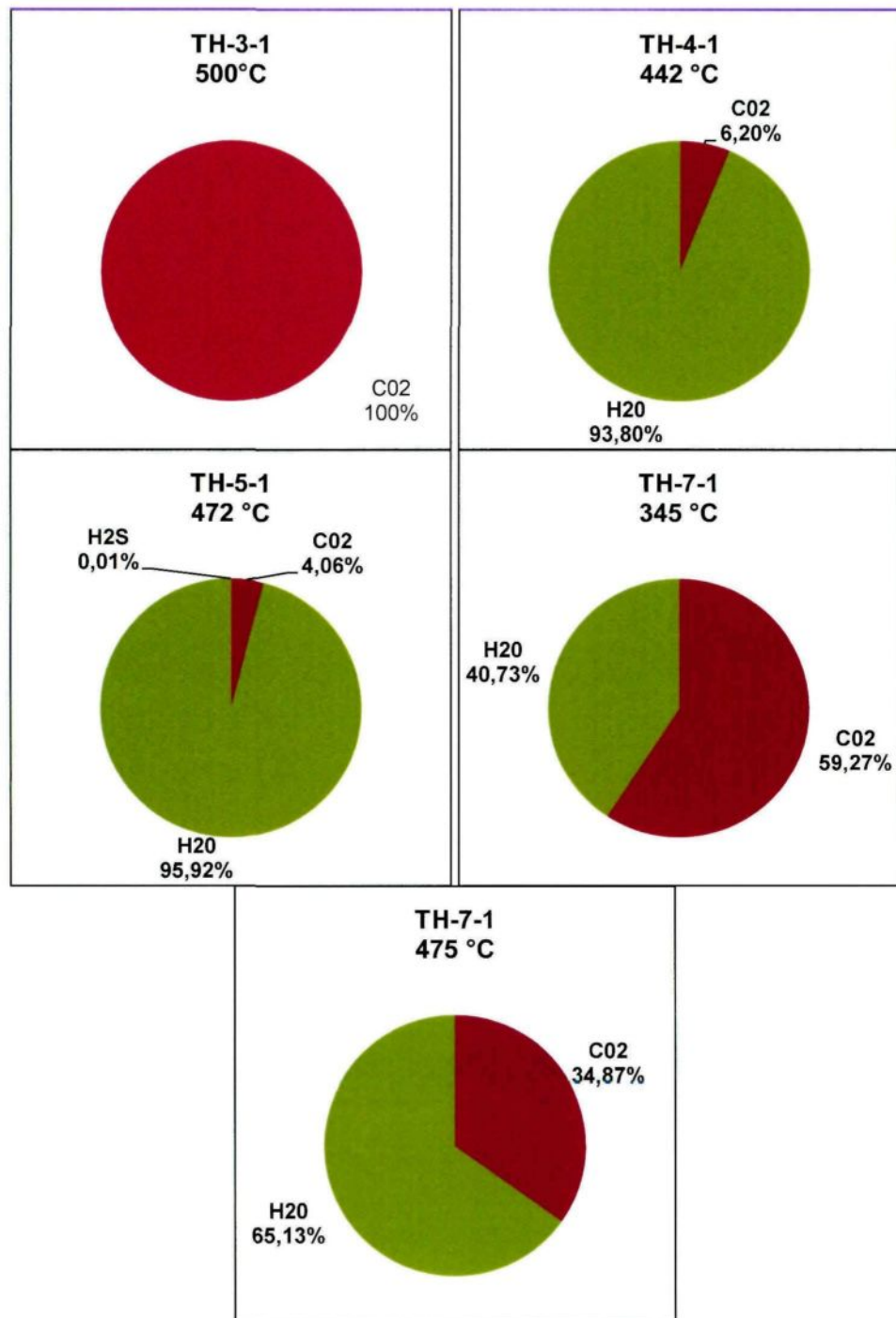


Figure 4.7 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Tech Hugues.

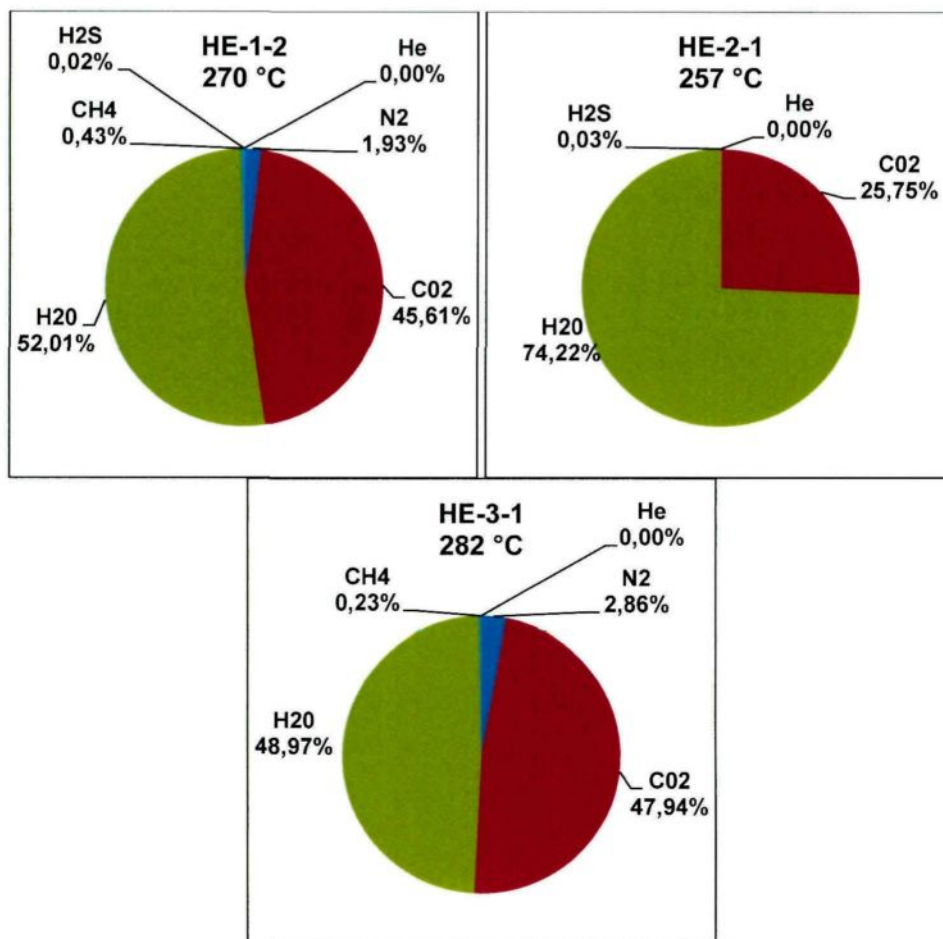


Figure 4.8 : Composition des inclusions fluides de température moyenne du site Héva.

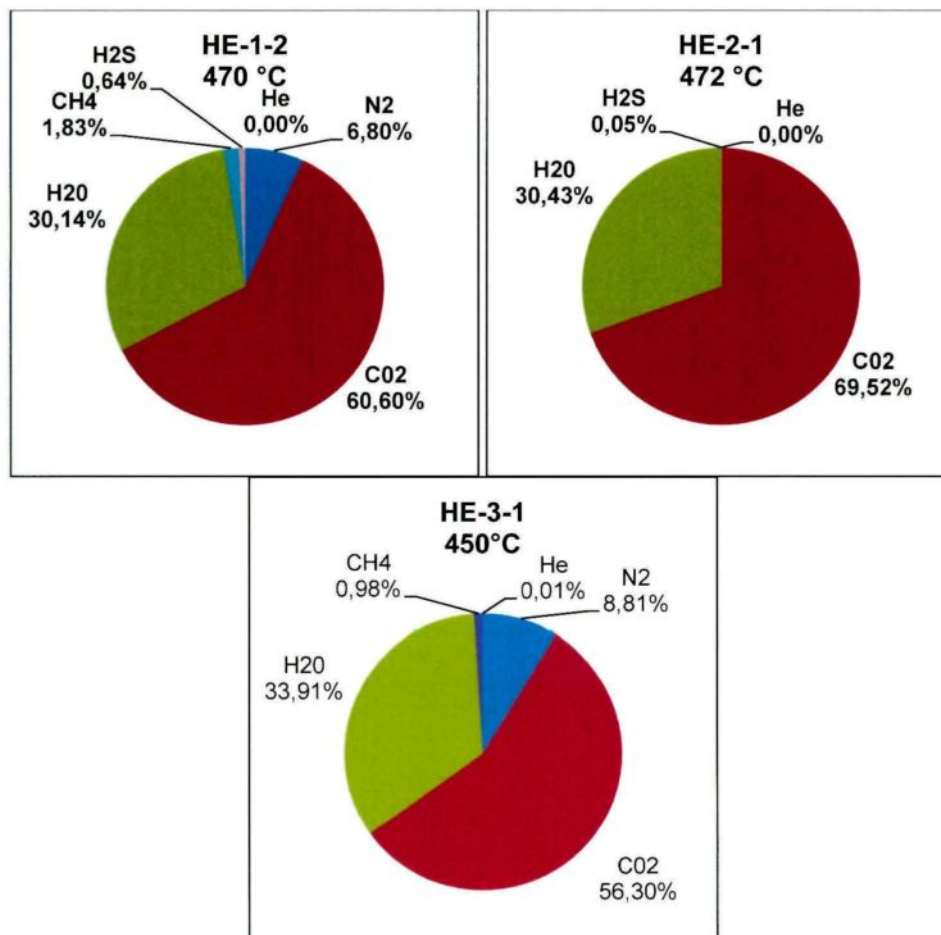


Figure 4.9 : Composition des inclusions fluides de température élevée du site Héva.

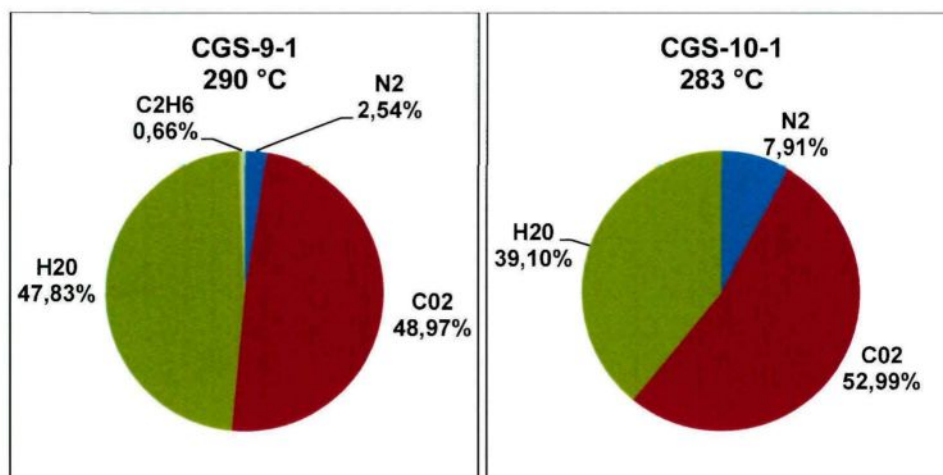


Figure 4.10 : Composition des inclusions fluides de température moyenne de l'affleurement Conglomérat Ouest.

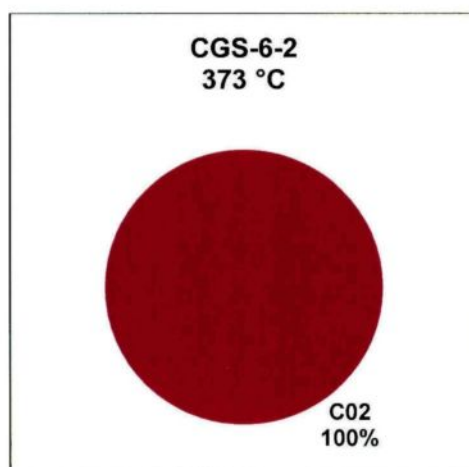


Figure 4.11 : Composition des inclusions fluides de température élevée de l'affleurement Conglomérat Ouest.

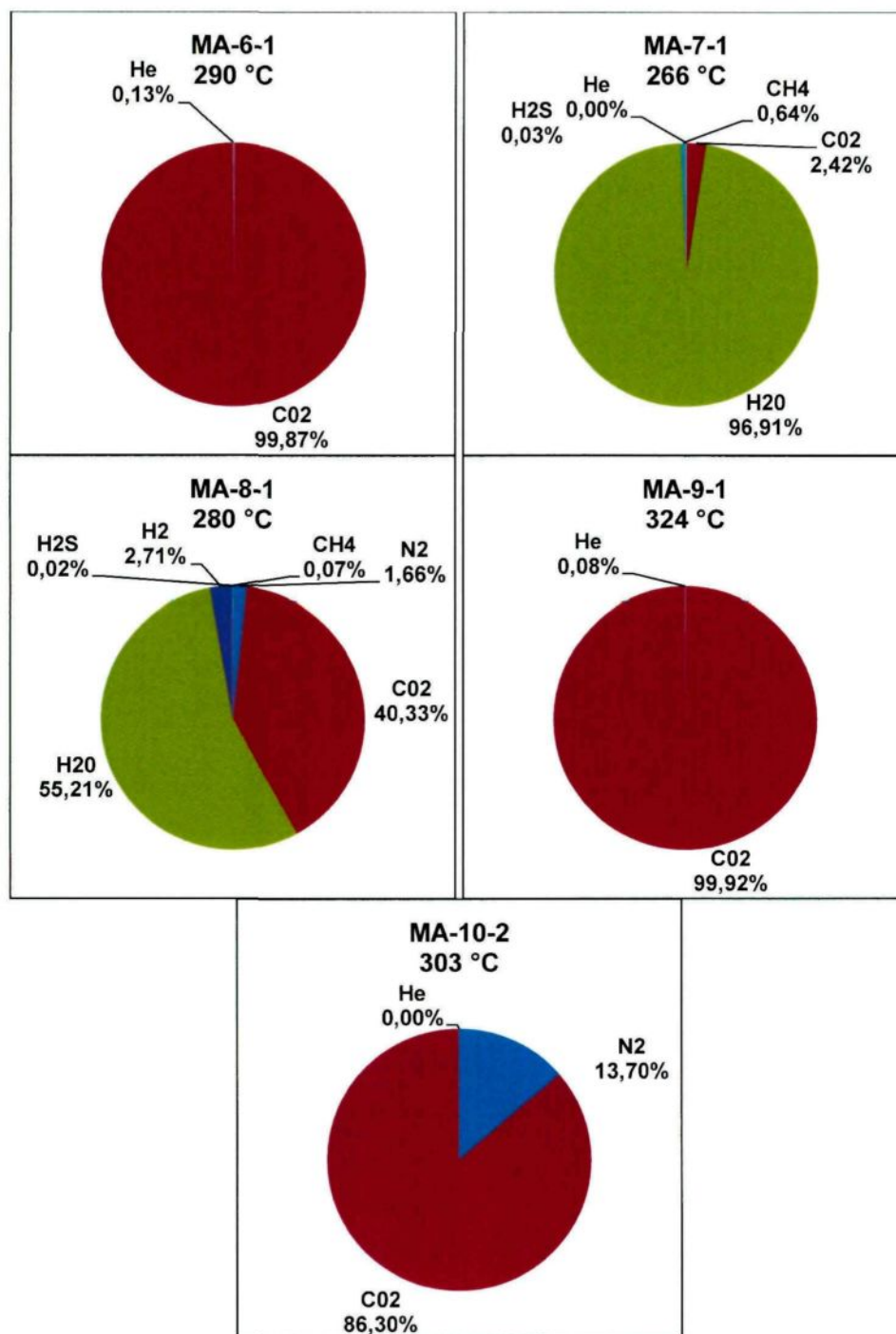


Figure 4.12 : Composition des inclusions fluides à température moyenne du site Major.

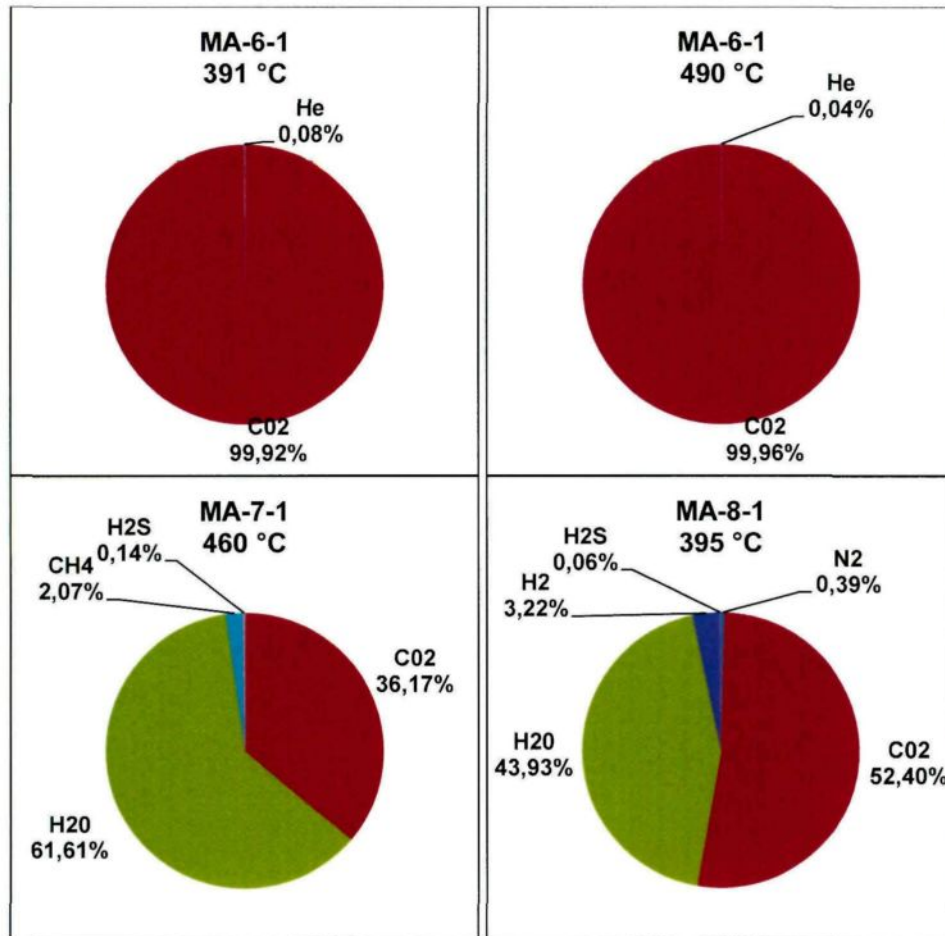


Figure 4.13 : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Major.

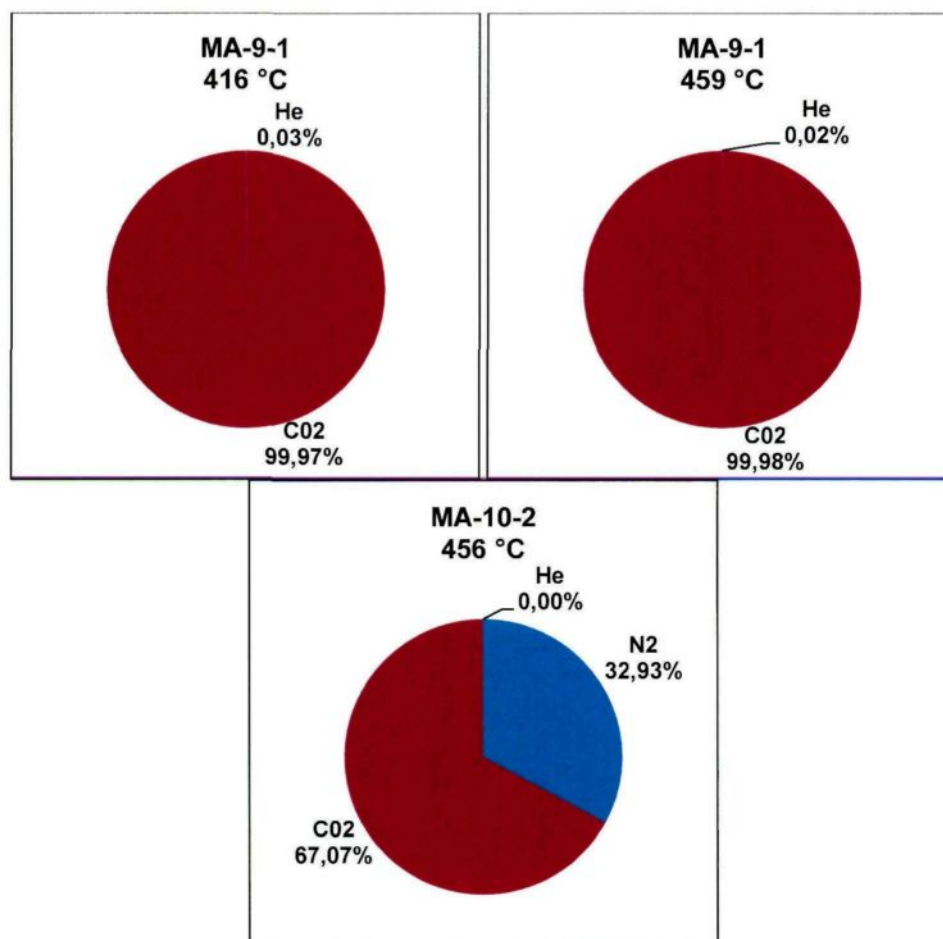


Figure 4.13 (Suite) : Composition des inclusions fluides à température élevée du site Major.

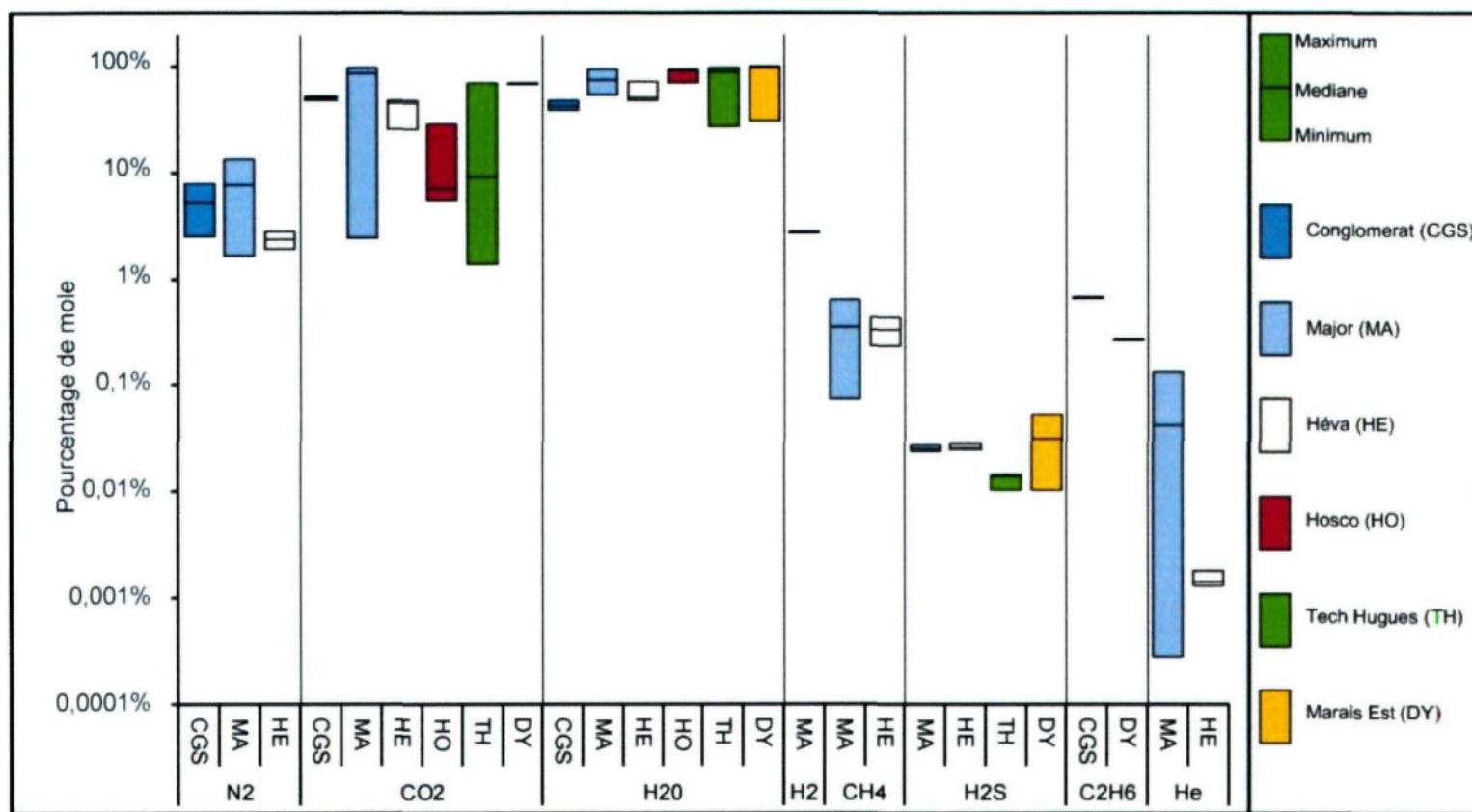


Figure 4.14 : Composition des inclusions fluides de l'épisode hydrothermal de température moyenne.

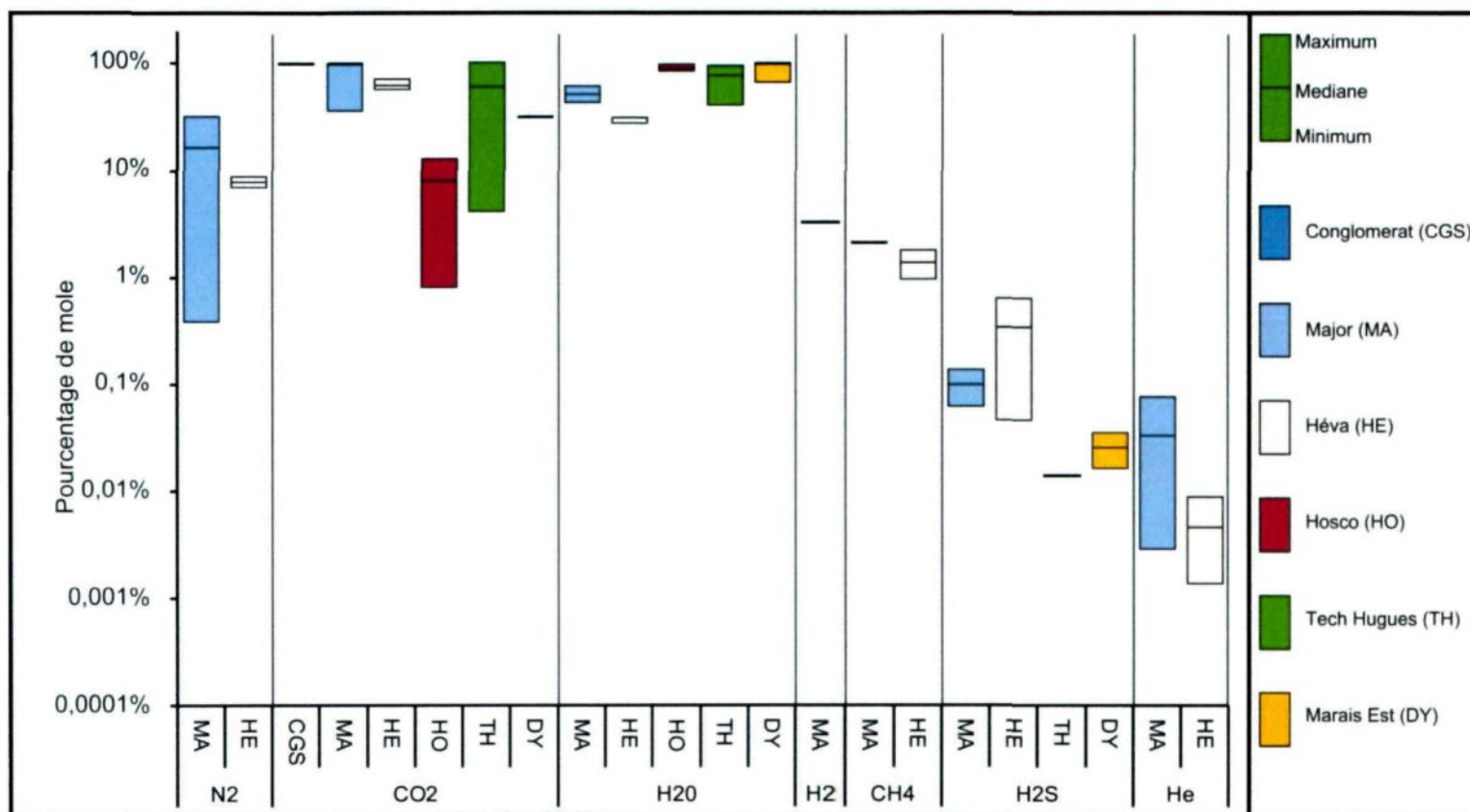


Figure 4.15 : Composition des inclusions fluides de l'épisode hydrothermal de température élevée.

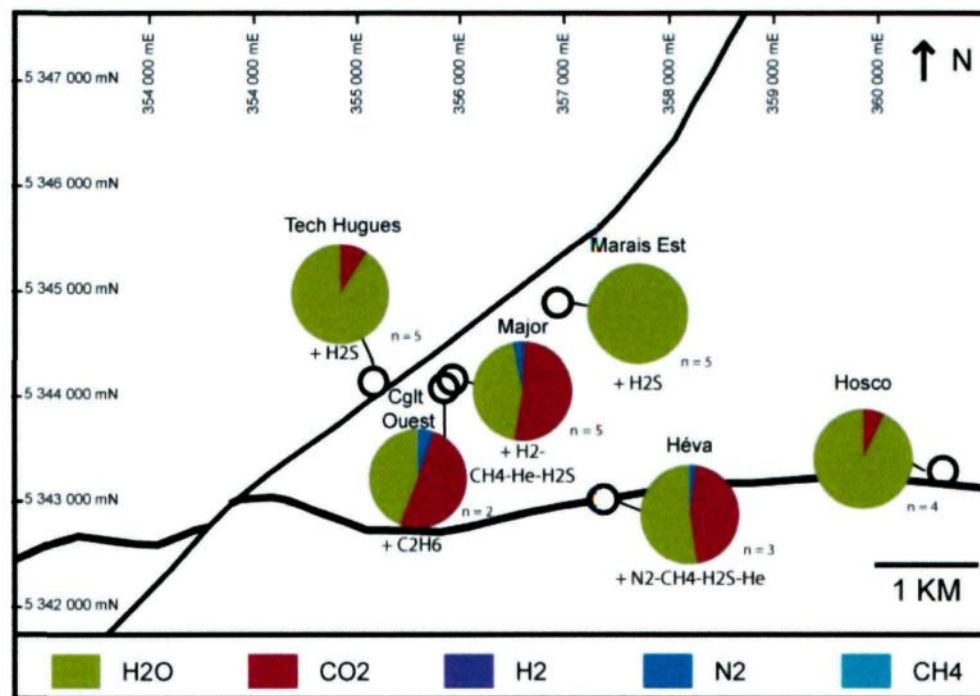


Figure 4.16 : Composition selon la médiane des fluides de moyenne température par site d'observation.

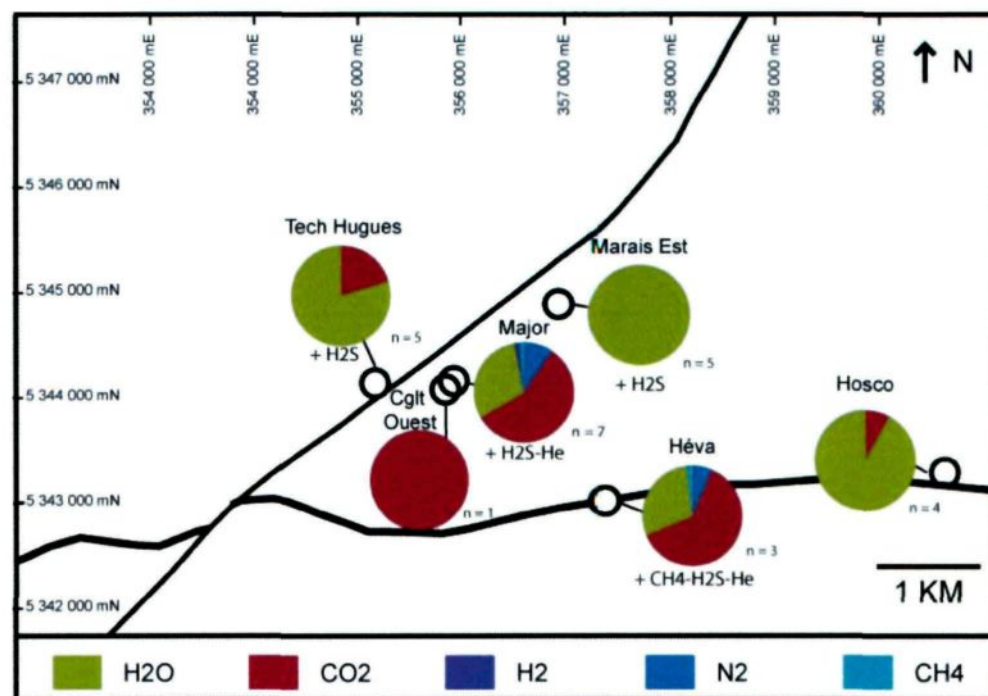


Figure 4.17 : Composition selon la médiane des fluides de haute température par site d'observation.

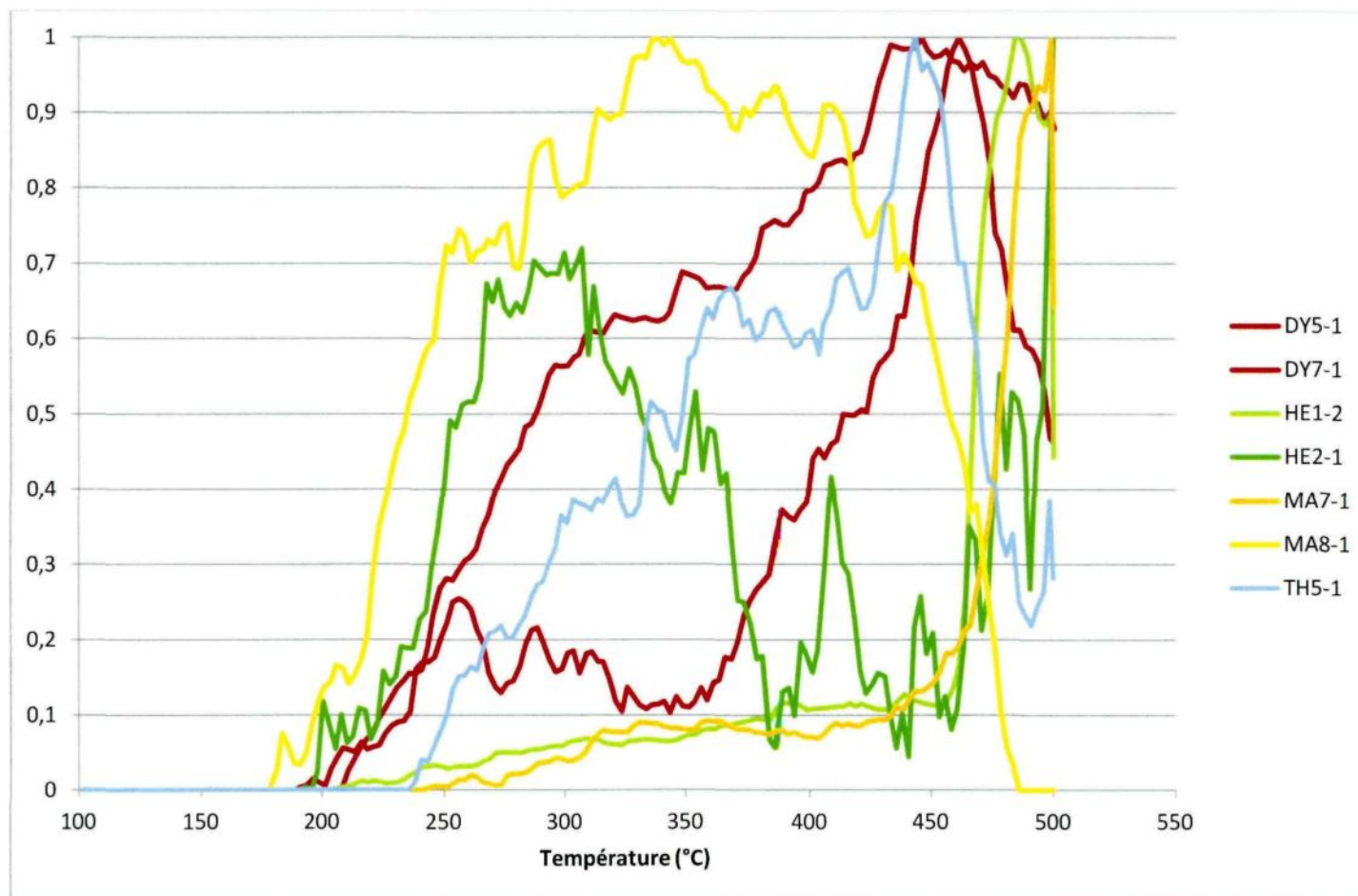


Figure 4.18 : Mesure du H₂S selon la température de dérépitation. En ordonnée : ratio entre la mesure de H₂S d'un échantillon en fonction de la température par rapport à la mesure maximum de H₂S observée dans ce même échantillon.

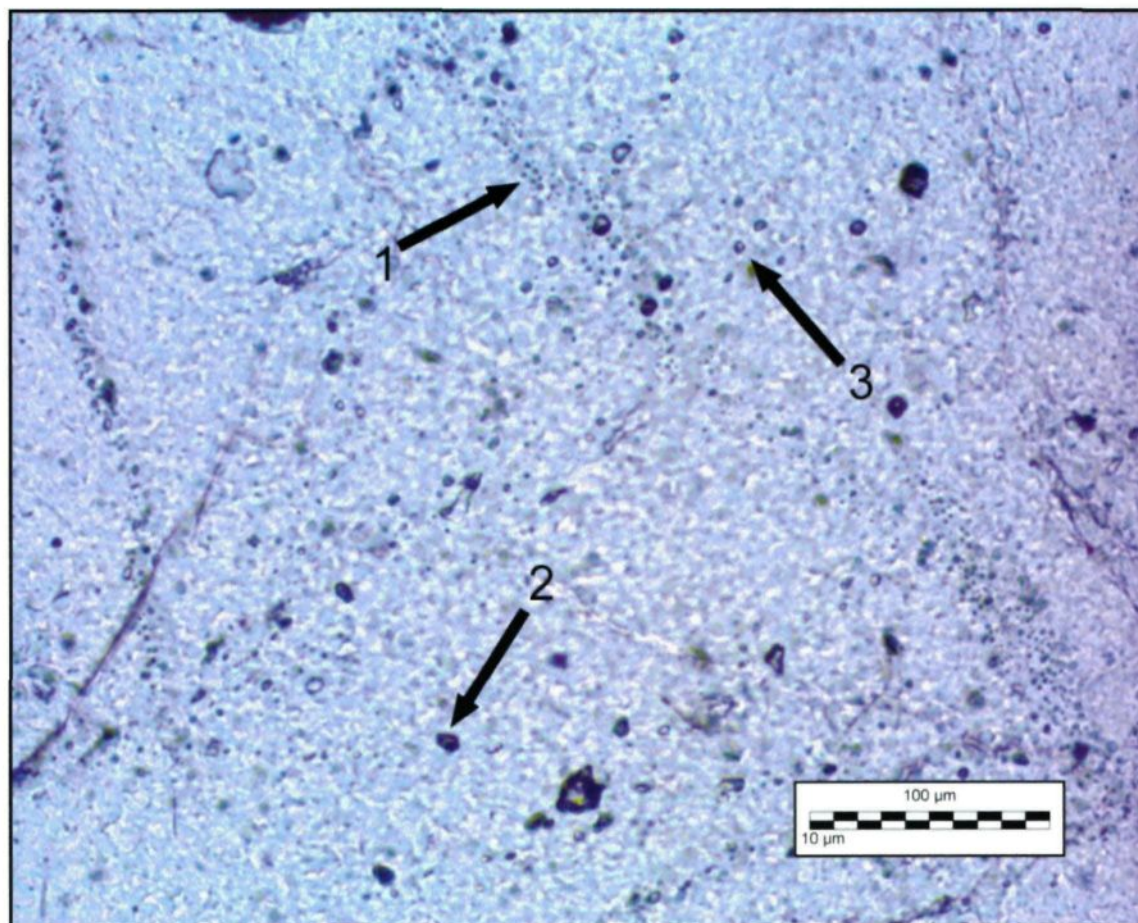


Figure 4.19 : Microphotographie des familles d'inclusions fluides. 1) Inclusions liquides. 2) Inclusions à vapeur. 3) Inclusions à liquide et vapeur.

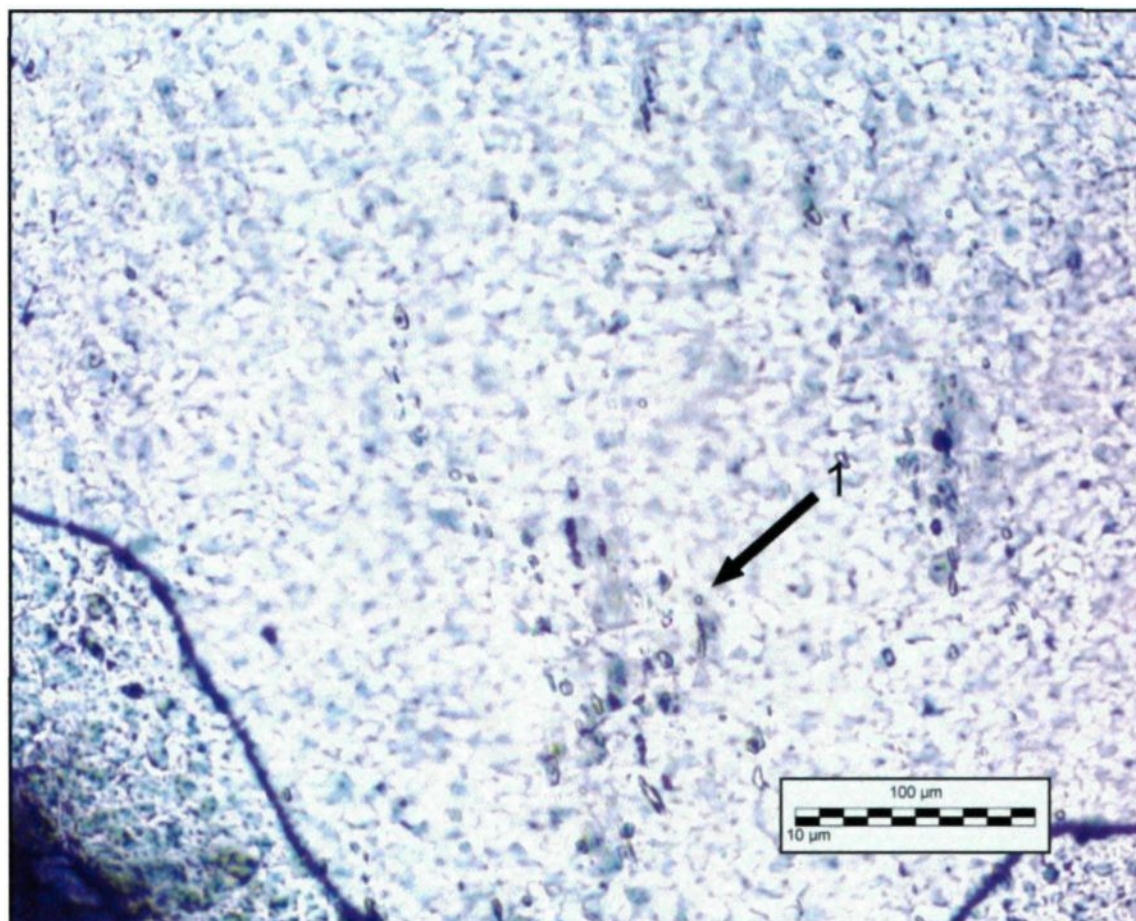


Figure 4.20 : Microphotographie des inclusions fluides de l'échantillon DY-5-1. Les familles d'inclusions 2 et 3 sont absentes des échantillons du site Marais Est.

Tableau 4.1 : Compositions en gaz et températures de décrépitaiton par échantillon. Td : température de décrépitaiton.

	Td (°C)	N ₂	CO ₂	H ₂ O	H ₂	CH ₄	H ₂ S	C ₂ H ₆	He	Somme (pression mbar)
DY-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DY-2-1	468	-	-	100,00%	-	-	-	-	-	3,57E-05
DY-2-2	263	-	-	100,00%	-	-	-	-	-	3,59E-06
DY-2-2	463	-	-	100,00%	-	-	-	-	-	9,84E-06
DY-5-1	300	-	-	99,95%	-	-	0,053%	-	-	1,14E-05
DY-5-1	454	-	-	99,96%	-	-	0,035%	-	-	2,98E-05
DY-7-1	268	-	-	99,99%	-	-	0,010%	-	-	1,22E-05
DY-7-1	440	-	-	99,98%	-	-	0,016%	-	-	2,84E-05
DY-8-1	300	-	-	100,00%	-	-	-	-	-	3,72E-06
DY-8-1	435	-	-	100,00%	-	-	-	-	-	9,76E-06
DY-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DY-11-1	300	-	68,98%	30,76%	-	-	-	0,26%	-	1,98E-06
DY-11-1	480	-	31,41%	68,59%	-	-	-	-	-	2,26E-06
HE-1-2	270	1,93%	45,61%	52,01%	-	0,43%	0,025%	-	0,0018%	7,48E-06
HE-1-2	470	6,80%	60,60%	30,14%	-	1,83%	0,64%	-	0,0014%	3,99E-06
HE-2-1	257	-	25,75%	74,22%	-	-	0,029%	-	0,0013%	2,76E-06
HE-2-1	472	-	69,52%	30,43%	-	-	0,046%	-	0,0047%	1,20E-06
HE-3-1	282	2,86%	47,94%	48,97%	-	0,23%	-	-	0,0015%	7,95E-06
HE-3-1	450	8,81%	56,30%	33,91%	-	0,98%	-	-	-	-

Tableau 4.1 (Suite) : Compositions en gaz et températures de décrépitation par échantillon. Td : température de décrépitation.

	Td (°C)	N ₂	CO ₂	H ₂ O	H ₂	CH ₄	H ₂ S	C ₂ H ₆	He	Somme (pression mbar)
HO-2-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HO-3-1	333	-	28,86%	71,14%	-	-	-	-	-	5,49E-06
HO-5-2	293	-	7,51%	92,49%	-	-	-	-	-	3,86E-06
HO-5-2	432	-	13,10%	86,90%	-	-	-	-	-	8,89E-06
HO-6-1	312	-	6,64%	93,36%	-	-	-	-	-	2,17E-06
HO-6-1	417	-	0,82%	99,18%	-	-	-	-	-	1,58E-06
HO-9-1	322	-	5,63%	94,37%	-	-	-	-	-	6,57E-06
HO-9-1	404	-	7,30%	92,70%	-	-	-	-	-	1,02E-05
HO-9-1	463	-	8,76%	91,24%	-	-	-	-	-	7,63E-06
TH-3-1	239	-	9,19%	90,81%	-	-	-	-	-	8,65E-07
TH-3-1	303	-	72,24%	27,76%	-	-	-	-	-	6,98E-07
TH-3-1	500	-	100%	-	-	-	-	-	-	3,31E-07
TH-4-1	303	-	4,26%	95,74%	-	-	-	-	-	9,50E-06
TH-4-1	442	-	6,20%	93,80%	-	-	-	-	-	1,86E-05
TH-5-1	268	-	1,40%	98,58%	-	-	0,014%	-	-	4,45E-06
TH-5-1	472	-	4,06%	95,92%	-	-	0,014%	-	-	1,30E-05
TH-7-1	300	-	32,79%	67,21%	-	-	-	-	-	1,77E-06
TH-7-1	345	-	59,27%	40,73%	-	-	-	-	-	1,48E-06
TH-7-1	475	-	34,87%	65,13%	-	-	-	-	-	2,55E-06

Tableau 4.1 (Suite) : Compositions en gaz et températures de décrépitation par échantillon. Td : température de décrépitation.

	Td (°C)	N ₂	CO ₂	H ₂ O	H ₂	CH ₄	H ₂ S	C ₂ H ₆	He	Somme (pression mbar)
CGS-10-1	283	7,91%	52,99%	39,10%	-	-	-	-	-	1,88E-06
CGS-6-2	373	-	100,00%	-	-	-	-	-	-	1,72E-07
CGS-9-1	290	2,54%	48,97%	47,83%	-	-	-	0,66%	-	1,08E-05
MA-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA-6-1	290	-	99,87%	-	-	-	-	-	0,13%	8,28E-07
MA-6-1	391	-	99,92%	-	-	-	-	-	0,077%	3,27E-06
MA-6-1	490	-	99,96%	-	-	-	-	-	0,045%	5,92E-06
MA-7-1	266	-	2,42%	96,91%	-	0,64%	0,028%	-	0,0003%	1,22E-06
MA-7-1	460	-	36,17%	61,61%	-	2,07%	0,14%	-	-	4,40E-06
MA-8-1	280	1,66%	40,33%	55,21%	2,71%	0,074%	0,024%	-	-	1,24E-05
MA-8-1	395	0,39%	52,40%	43,93%	3,22%	-	0,063%	-	-	5,43E-06
MA-9-1	324	-	99,92%	-	-	-	-	-	0,081%	4,96E-07
MA-9-1	416	-	99,97%	-	-	-	-	-	0,034%	2,22E-06
MA-9-1	459	-	99,98%	-	-	-	-	-	0,021%	4,29E-06
MA-10-2	303	13,70%	86,30%	-	-	-	-	-	0,002%	2,01E-06
MA-10-2	456	32,93%	67,07%	-	-	-	-	-	0,003%	4,55E-06

Tableau 4.2 : Caractéristiques des familles d'inclusions fluides. Phase : phase du contenu de l'inclusion. L : phase liquide. V : phase vapeur. Bulle : présence de bulle dans l'inclusion. Position : position de la bulle dans l'inclusion. Proportion : espace occupé dans l'inclusion par la bulle. Phase bulle : phase du contenu de la bulle.

Type	Fréquence	Forme	Arrondi	Taille (µm)	Phase	Bulle	Position	Proportion	Phase bulle
1	Commune	Sphérique	Arrondi	1-5	L	Aucune	-	-	-
2	Fréquente	Sphérique à suballongée	Anguleux à subarrondi	10-100	V, parfois L	Rare	En bordure	20-30%	L
3	Fréquente	Allongée à subsphérique	Arrondi à subarrondi	10-20	L	Fréquente à systématique	Cloisonnée à centrée	50-90%	L, parfois V

Tableau 4.3 : Type d'inclusions répertoriées par échantillon.

Type	CGS-6	CGS-9	CGS-10	DY-5	DY-7	HE-1	HE-3	HO-3	HO-5	MA-6	MA-7	TH-3	TH-5
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2		X	X			X	X	X	X		X	X	X
3	X		X			X	X	X	X	X	X		X

Chapitre 5

Synthèse et discussion

5.1 Introduction

Ce chapitre vise à récapituler les grandes observations dégagées de cette étude et de les discuter selon plusieurs considérations lithologique, structurale, métamorphique et hydrothermale. L'interprétation de ces différents volets visent à préciser l'histoire et le rôle de la Faille de Davidson, sa relation avec l'évolution géologique régionale et de caractériser les événements d'hydrothermalisme observés sur la propriété.

5.2 Ensembles lithologiques

La propriété Henriksen et la Faille de Davidson qui la traverse sont situées dans un contexte géologique composé de roches sédimentaires mais aussi de roches volcaniques et intrusives. Tous les sites étudiés sur la propriété Henriksen sont encaissés dans des roches sédimentaires. Néanmoins les types de lithologies et de faciès présentent quelques nuances dont on distingue trois groupes.

- Les unités sédimentaires constituées d'alternance de lits de siltstones et de grès et interprétées comme des séquences de turbidites. La composition est majoritairement à quartz - feldspaths. L'épaisseur des lits est variable, d'ordre millimétrique à centimétrique. Le litage primaire est généralement orienté E-O avec un fort pendage vers le Nord.
- L'unité de volcanoclastite felsique observée sur le site Marais Est. De granulométrie fine (inférieure à 2mm) et homogène, elle est essentiellement composée d'un assemblage à quartz - feldspaths. Le litage est orienté E-O et pend vers le Nord (270/75).
- L'unité conglomératique observée sur le site Major. Elle est formée de bandes plissées constituées de fragments de roches d'origine volcanique variées (mafique et felsique), intercalées de lits centimétriques à décimétriques de grès composé de quartz -feldspaths.

5.2.1 Groupes de Cadillac et de Pontiac.

La totalité des sites étudiés sur la propriété Henriksen sont interprétés comme faisant partie du Groupe de Cadillac d'après les cartes géologiques (compilation SIGEOM en 2009). Néanmoins, il est impossible de distinguer les faciès de grès siltstones du Groupe du Cadillac de ceux du Groupe de Pontiac (Dimroth et al., 1983a). Toujours d'après ces auteurs, la délimitation entre les deux groupes est matérialisée par la bordure sud du Groupe du Timiskaming. Powell et al. (1995) établissent que les roches du Pontiac sont métamorphisées au faciès des schistes

verts supérieurs jusqu'au faciès amphibolite, caractérisés par l'apparition de biotite ou d'andalousite. Il reste néanmoins possible que le métamorphisme des roches sédimentaires du Groupe du Cadillac atteigne la zone à biotite.

Dans le secteur étudié, tous les sites observés sont situés au nord de la limite nord interprétée des conglomérats du Timiskaming, une bande d'environ 700 m d'épaisseur en contact avec les roches du Pontiac plus au sud. La Faille de Cadillac est localisée au nord de cette bande conglomératique et est interprétée passer au voisinage immédiat des sites Héva et Hosco.

Le grade métamorphique interprétée pour les sites Tech Hugues, Marais Est et Kinojévis correspond à la zone à chlorite, ce qui est en dessous du métamorphisme répertorié dans les roches sédimentaires du Pontiac. Dans le cas des sites Hosco, Major et Héva, le métamorphisme se situe dans la zone à biotite, ce qui reste compatible avec l'interprétation des isogrades d'apparition des minéraux métamorphiques proposé par Powell et al. (1995).

5.2.2 Groupe de Timiskaming et Conglomérat du site Major

Le Groupe de Timiskaming est interprété comme le faciès proximal du Groupe de Cadillac et les faciès distaux du Groupe de Pontiac (Dimroth et al., 1983a, Hyde, 1980). Dans la propriété Henriksen, aucun site n'est répertorié comme encaissé dans ce groupe. Néanmoins, le site Major, situé dans le Groupe de Cadillac d'après les cartes géologiques (p.ex. SIGEOM), est constitué d'un assemblage de conglomérat - grès. À l'ouest de la Faille de Davidson, dans le

secteur de Granada, le faciès conglomérats-grès du Timiskaming est reconnu au sud de la Faille de Cadillac immédiatement au contact avec le Pontiac sur une épaisseur apparente de plus de 2 km. Toutefois, à l'est de la Faille de Davidson, l'épaisseur de ce faciès diminue progressivement vers l'est.

L'unité de conglomérat-grès du site Major définit en carte une forme ellipsoïde de quelques centaines de mètres localisée au sein d'unités sédimentaires généralement attribuées au Groupe de Cadillac. Le conglomérat du site Major se caractérise par la présence de fragments d'origine volcanique mafique et felsique. La présence de lits métriques dans les conglomérats, et d'interlits de grès à stratifications obliques avec chenaux d'érosion est plus compatible avec un environnement fluvatile de type Timiskaming. Selon Mueller et Donaldson (1992), les conglomérats du Timiskaming comprennent des brèches de talus et des cônes alluvionnaires qui se déposent dans les dépressions topographiques. Le contact entre l'unité conglomératique et la séquence sédimentaire du Cadillac n'est pas observé. Toutefois, une discordance pourrait être suspectée. De plus, les fragments de laves volcaniques contrastent avec les fragments de tufs, volcanoclastites et formations de fer formant habituellement les conglomérats du Groupe de Cadillac (Dimroth et al. 1983a).

La présence d'une lentille de conglomérat de type Timiskaming au nord de la Faille de Cadillac et à l'est de la Faille de Davidson peut s'expliquer par différents scénarios.

- 1) L'unité de turbidites associée au Groupe de Cadillac et qui encaisse la lentille de conglomérat pourrait être interprétée comme faisant partie du Timiskaming.
- 2) La lentille de conglomérat est en discordance sur le Groupe de Cadillac et représente l'expression d'un cône alluvionnaire distinct pouvant appartenir au Groupe du Timiskaming. Ce scénario apparaît le plus probable.

5.2.3 Le dyke de gabbro de l'indice Marais

L'indice Marais Est présente un dyke de gabbro dont l'origine et l'âge sont importants à discuter en raison des implications sur les systèmes minéralisés présents. Ce dyke est localisé à moins de 100 m de la Faille de Davidson et son orientation lui est subparallèle. Les investigations en lames minces ont montré que le dyke a conservé une apparence relativement fraîche. L'étude pétrographique montre en effet des cristaux d'augite bien développés et bien préservés, tout comme ceux de plagioclase, ainsi que des microtextures granophyriques. De plus, le dyke montre peu de signe de déformation à l'exception de la fracturation au contact des roches sédimentaires encaissantes. À faible profondeur et température, le principal processus de métamorphisme et d'altération des roches mafiques est le passage de fluides au contact des grains provoquant un métamorphisme de la surface des grains. Ce processus est favorisé par la fracturation de la roche (mécanisme fragile) exposant davantage de surface au contact des fluides (Bucher et Frey 2002). La résultante est un remplacement de la

bordure des minéraux, tel que visible dans le dyke. Trois hypothèses sur la nature du dyke peuvent être avancées et qui sont :

- 1) un dyke d'âge protérozoïque;
- 2) un dyke d'âge archéen post déformation ductile;
- 3) un dyke d'âge archéen pré-déformation ductile et donc possiblement synvolcanique.

Dans la première hypothèse, le dyke est mis en place au Protérozoïque. Les éléments supportant ce scénario sont le recoupement apparent de la schistosité par le dyke. La préservation de la texture ignée du dyke est également inhabituelle dans le cas d'un dyke archéen. Néanmoins l'absence d'auréole d'altération et de recristallisation autour du dyke paraît peu compatible avec la mise en place à température élevée d'un dyke mafique. De plus, en Abitibi, ces dykes protérozoïques sont généralement observables sur les levés aéromagnétiques, ce qui ne semble pas être le cas ici.

L'hypothèse d'un dyke archéen post-déformation ductile est également à envisager. Cette interprétation est compatible avec l'absence de déformation ductile au sein du dyke, et la présence de métamorphisme qui postdate la déformation ductile. Cette hypothèse permet d'expliquer le recoupement apparent de la schistosité dans les volcanoclastites. L'âge de mise en place serait plus jeune que la fin de l'épisode de déformation ductile à environ 2670 ma (Daigneault et al., 2002) et la fin du métamorphisme régional à 2643 ma (Powell et al., 1995).

L'hypothèse d'un dyke archéen pré-déformation ductile est également possible. Le métamorphisme caractérisé par la présence d'actinote en bordure des pyroxènes et de pumpellyite est typique du faciès prehnite-pumpellyite. La préservation de la texture ignée des dykes de gabbro durant le métamorphisme a déjà été observée par Powell et al., (1995). Cette interprétation du faciès est en accord avec la présence de chlorite et l'absence de biotite dans l'encaissant volcano-sédimentaires. La perturbation de la schistosité dans les volcanoclastites environnant le dyke suggère une mise en place post-déformation ductile. Toutefois, le contraste de compétence face à la déformation et la forme irrégulière du dyke peuvent être à l'origine de cette perturbation. Aussi comme la fabrique Sp est peu développée à cet endroit, son absence dans le dyke peut donc être expliquée. Cela situerait la mise en place du dyke avant la période d'activité du métamorphisme, compris entre 2677 et 2643 ma (Powell et al., 1995). L'absence de signature magnétique du dyke concorde avec cette interprétation, la magnétite primaire ayant été altérée en ilménite par le métamorphisme. Cette hypothèse est concordante avec une mise en place en contexte volcanique (Scott et al., 2002).

5.3 Structure et déformation

5.3.1 Style structuraux des indices

L'environnement structural du secteur d'étude est marqué par la jonction de la Faille de Davidson et de la Faille de Cadillac. La schistosité principale Sp apparaît

comme un élément observable sur tous les affleurements, correspondant probablement à la schistosité régionale observée dans l'Abitibi et pouvant être associée à un événement de déformation D1 (Figure 5.1). Des événements de déformation plus tardifs affectent localement les sites Hosco et Kinojévis mais sont clairement tardifs par rapport à la minéralisation.

5.3.2 Métamorphisme

Le métamorphisme exprimé dans la propriété Henriksen est caractérisé à l'aide des assemblages de minéraux métamorphiques contenus dans les roches sédimentaires des différents sites observés. Parmi ceux-ci, la chlorite et la biotite sont des marqueurs efficaces des conditions de métamorphisme. Les sites observés dans la propriété sont regroupés par la présence de l'un de ces deux minéraux. Les sites Hosco, Héva et Major contiennent de la biotite et sont donc métamorphisés à un faciès plus élevé que les sites Marais Est, Kinojévis et Tech Hugues, comportant uniquement de la chlorite (Figure 5.2).

5.3.3 Faille de Davidson

Seul le site Kinojévis expose un style structural pouvant être lié à la Faille de Davidson. Les points saillants de la Faille de Davidson sont détaillés ci-dessous.

- 1) Un tracé NE légèrement courbé variant de N060 à N040.
- 2) Des décalages apparents différents pour les principales structures et contacts lithologiques (Figure 1.3), tel ;

- la trace de la Faille de Cadillac est décalé senestre de 1000 m;
 - le contact N du Groupe de Cadillac est décalé senestre de 2 km le compartiment E de la faille étant occupé par les roches sédimentaires du Groupe de Cadillac sur une épaisseur apparente de 3 km alors que le coté ouest de la faille présente deux bandes sédimentaires du Groupe de Cadillac faisant respectivement 1 km (au sud) et 400 m (au nord) en épaisseur apparente.
- 3) La présence de conglomérat occupant une plage de forme ellipsoïde en plan le long du coté est de la faille, et interprétée comme du Timiskaming.
- 4) Un style structural de la faille caractérisé par :
- Un couloir de déformation où des plis P2 en chevrons manifestant une composante de raccourcissement de direction NO-SE;
 - un plan de décollement de pendage modéré vers l'ouest; et
 - des stries tardives subhorizontales compatibles avec une composante de décrochement.
- 5) Un grade métamorphique plus élevé remontant plus au N du côté SE de la faille avec un faciès qui atteint la zone à biotite alors que les roches sédimentaires sont dans la zone à chlorite du côté NO.

Si la Faille de Davidson montre clairement un mouvement tardif probablement en décrochement senestre, le faible décalage de la Faille de Cadillac par rapport au Groupe de Cadillac, son tracé courbé et la présence des conglomérats de type Timiskaming militent en faveur d'une activité précoce de la faille. La faille pourrait alors être une fracture présente au moment de l'édification volcanique et sédimentaire durant la période du Timiskaming et aurait été le foyer d'une réactivation tardive lors de la déformation tectonique. Une fracture précoce pourrait expliquer la présence d'une lentille de conglomérat de type Timiskaming sur son côté ouest. Le dyke mafique de l'indice Marais pourrait également avoir suivi cette fracture ou une autre subparallèle. La déformation tardive pourrait expliquer la déflexion observée du tracé de la faille et le décalage de zones métamorphiques différentes.

De plus, la Faille de Davidson est interprétée sur les cartes comme une faille sans épaisseur. Le plissement P2 associé à cette faille définit néanmoins un couloir de déformation. D'après la coupe de Kinojévis, cette perturbation semble s'étaler sur au moins plusieurs dizaines de mètres. La présence d'une zone de démagnétisation le long de la Faille de Davidson à l'échelle régionale laisse également supposer la présence d'un couloir de déformation. En vue des informations recueillies jusqu'à présent, il ne semble pas possible de définir davantage l'envergure et les propriétés de ce couloir. La découverte d'autres affleurements le long de la faille ou de forages recoupant celle-ci pourrait permettre de préciser les caractéristiques de la Faille de Davidson.

5.4 Hydrothermalisme et Minéralisation

5.4.1 Générations de veines

Les différents sites étudiés au voisinage de la Faille de Davidson présentent différentes expressions de l'activité hydrothermale accompagnées localement de minéralisations aurifères. Cette activité hydrothermale s'exprime sous la forme de veines à dominance de quartz présentant des caractéristiques variées. Néanmoins, on peut regrouper plusieurs veines ayant des caractéristiques semblables d'après les critères de paragenèse, de chronologie relative et de contrôle structural.

- Veines syn-déformation ductile D1. Elles sont à quartz, associé à des traces de calcites, de sulfures et localement à d'autres minéraux traces (micas, tourmaline). Sur le site Major, le fait que les veines soient parallèles à la schistosité et non au litage indique une mise en place syn-déformation ductile. Les veines syn-déformation ductile sont massives et peu continues en dépit des effets de la déformation qui a pu modifier leur géométrie. Leurs contrôles sont surtout les zones de déformation et dans une moindre mesure les contacts lithologiques. Cette catégorie regroupe les sites Hosco, Major, et Tech Hugues. Bien que les veines de Héva n'aient pas été mises en relation avec des structures, elles partagent plusieurs caractéristiques avec cette catégorie dont une relation pré- à syn-déformation et une paragenèse essentiellement à quartz accompagnée de sulfures et de calcite en trace. Ces

veines peuvent être associées à un seul événement de mise en place, mais dont les contrôles structuraux varieraient localement selon les différents sites.

- Veines post déformation D1. Ces veines sont composées uniquement de quartz et d'albite. Elles ont une apparence bréchique incorporant des fragments d'épontes déformées et leur contrôle sont des fractures donc associées à une déformation fragile tardive. Les représentants de ce groupe sont les sites Marais Est et Kinojévis.

Au regard des analyses des éléments traces dans le quartz des veines par LA-ICP-MS, il apparaît que la méthode employée dans l'étude n'est pas adaptée pour vérifier la présence de plusieurs générations de quartz dans des veines. Les observations ont démontré que les teneurs des éléments n'ont pu être déterminées de manière suffisamment précise avec la méthode analytique utilisée pour différencier d'éventuelles générations de quartz hydrothermaux. Une hypothèse est que les différences de concentration pour un élément entre deux générations de quartz sont de l'ordre du centième de l'ordre de grandeur de la concentration (Suttner et Leininger 1972).

Les différents sites étudiés de minéralisation ne présentent pas d'indications permettant d'établir un lien clair avec la Faille de Davidson. Les contrôles structuraux des veines sont tous d'orientations Est-Ouest, donc à première vue associés à la déformation régionale D1. L'exception à cet état de fait est la minéralisation du site Marais Est. Les veines sont mises en place le long du

contact Nord-Est entre l'intrusion mafique et les volcanoclastites. Or cette intrusion a possiblement été mise en place le long d'une fracture parallèle à la Faille de Davidson comme discuté dans la section 5.3.2. De ce point de vue, la Faille de Davidson a contribué indirectement à la mise en place de cette famille de veine. Néanmoins, il s'agit ici de la seule observation allant dans le sens d'un rôle métallogénique de la Faille de Davidson.

5.4.2 Signatures de fluides

L'étude des inclusions fluides a démontré que toutes les veines contiennent des inclusions fluides ayant décrépités selon deux températures modales interprétées comme le passage de deux générations de fluides pouvant être à l'origine des minéralisations aurifères avoisinant la Faille de Davidson. Ces deux venues de fluides, l'une à température moyenne (300°C), l'autre à haute température (450°C), sont enregistrées dans les veines de tous les sites d'observation. Pour chaque génération, la composition du fluide varie d'un site à l'autre, mais on distingue deux grands types de fluides dont la répartition est identique pour les deux générations :

- un fluide de type majoritairement aqueux-carbonique avec un cortège variable de gaz en trace (en ordre décroissant d'importance de composition : N_2 , H_2 , CH_4 , H_2S , C_2H_6 et He). Les sites Hosco, Major, Tech Hugues et Héva enregistrent ce type de fluide.

- un fluide aqueux avec du H_2S en trace. Ce type de fluide est enregistré uniquement sur le site Marais Est. Ce résultat est aussi probable pour le site Kinojévis mais l'absence d'inclusions dans les veines de ce site ne permet pas de le confirmer.

La distribution des différents types de fluides permet de dégager les observations suivantes.

- Le site Marais Est possède la composition de fluide la plus distincte de tous les sites étudiés. Ce site est également le plus éloigné de la Faille de Cadillac.
- Les sites jouxtant la Faille de Cadillac ont des compositions très similaires à ceux jouxtant la Faille de Davidson.
- Les sites à l'est de la Faille de Davidson les plus proches de l'intersection de la Faille de Davidson et de la Faille de Cadillac sont les plus enrichis en gaz en trace.
- Les sites dont les veines contiennent de la calcite contiennent également du CO_2 dans leurs inclusions fluides.

La relation spatiale de la composition des fluides suggère que la Faille de Cadillac est le conduit principal des fluides hydrothermaux et que la faille de Davidson a joué le rôle de conduit secondaire.

Au regard de la chronologie relative, toutes les veines syn- et post-déformation D1 semblent avoir enregistré les deux mêmes pics de températures de décrépitation ce qui leur a permis de capturer en inclusions le passage de deux événements hydrothermaux. Ceci suggère que les deux types de veines ont été mises en place par l'une des deux générations de fluides avant d'être reprise plus tard par un second événement. De plus, les sites dont les veines contiennent de la calcite contiennent également du CO_2 dans leurs inclusions fluides. À l'opposé, les veines du site Marais Est ne contiennent pas de calcite, et les inclusions fluides contenues dans le quartz de ces veines ne contiennent pas de CO_2 , composant principal de la calcite. Cette relation entre la présence de calcite dans les veines et la présence de CO_2 dans les inclusions permet d'associer l'un des événements hydrothermaux à la formation des veines. Par ailleurs, ce scénario est appuyé par le fait que les inclusions fluides de type 1, contenant uniquement une phase vapeur composée d'eau, sont observées dans tous les sites alors que les inclusions de type 2 et 3 contenant du CO_2 ne sont pas observées dans le site Marais Est.

La dispersion spatiale des compositions de fluides peut être interprétée comme une différenciation latérale d'un fluide unique. À haute température, les gaz et la vapeur d'eau sont miscibles et coexistent sous forme d'une seule phase (Guha et al., 1990, Ridley et Diamond, 2000). Quand les conditions de pression et température varient, ces gaz et la vapeur d'eau se dissocient et forment plusieurs phases distinctes (Hodkiewicz et al., 2009, Guha et al., 1990). Une fois dissociés

ces gaz n'ont pas le même comportement et la même capacité de déplacement au sein de la roche (Brown et al., 2002). Cet état de fait est visible dans le cas des échantillons HO-4-1, TH-7-1, MA-6-1 et MA-9-1 et Y où la génération de fluide de température moyenne est déphasée en une phase de vapeur d'eau et une autre de gaz carbonique (CO₂). Néanmoins, dans le cas où ces générations de fluides sont responsables de la venue d'or, il apparaît peu probable que la variation de la composition des gaz majeurs et en traces n'influence pas la solubilité de l'or dans le fluide. En effet, le CO₂ est reconnu comme un élément critique dans l'équilibre des fluides hydrothermaux à potentiel aurifère (Benning et Seward, 1996), rendant peu plausible l'hypothèse que le site Marais Est ait été minéralisé par le passage d'un fluide dépourvu de CO₂.

L'événement hydrothermal de haute température (à 450°C) est compatible avec un milieu métamorphique du faciès des schistes verts en termes de température. Cet événement peut donc correspondre à la mise en place des veines. De plus, la génération de fluide à basse température (300°C) correspond à un niveau crustal plus superficiel que les zones à chlorite et à biotite (minimum de 350°C). Les roches étaient donc exhumées ou en cours d'exhumation au moment du passage de ce fluide. L'absence de bordure d'altération suffisamment large empêche néanmoins de vérifier la relation chronologique du métamorphisme avec l'hydrothermalisme. Dans ce scénario, la première venue de fluide correspond au métamorphisme le plus élevé, tandis que le second apparaît après l'exhumation des roches. Ceci est compatible avec le modèle génétique voulant que dans les

gisements aurifères orogéniques, il est communément admis que les fluides hydrothermaux à l'origine de la minéralisation apparaissent tardivement dans l'orogénèse (Groves et al., 1998, Kerrich et Kyser, 1994, Neumayr et al., 2000, Pilote et al., 1990).

5.5 Implications et recommandations

Les résultats de l'étude apportent un exemple où une faille active tardivement a une histoire beaucoup plus complexe et étendue, malgré l'absence d'évidences flagrantes au premier abord apportant des informations sur ces différents épisodes. Dans une région à l'histoire tectonique complexe, ancienne et prolongée, il est très probable que d'autres failles partagent une histoire commune avec celle de Davidson, comprenant une mise en place ancienne suivie de plusieurs épisodes de réactivation.

D'un point de vue hydrothermal, l'étude des inclusions fluides démontre que plusieurs événements hydrothermaux peuvent être associés aux mêmes veines. De plus, en partant du principe que les relations de terrains et les résultats analytiques de la composition des inclusions fluides sont justes, le fait que des générations de veines de relations chronologiques différentes ont la même signature hydrothermale soulèvent des questions, notamment si les événements hydrothermaux ont une durée plus grande que celle des événements tectoniques. De plus, les deux événements hydrothermaux ont des compositions très similaires, ce qui rappelle les processus de failles-valves.

Il est également possible de tirer plusieurs recommandations et guides pour l'exploration. La recherche de gisement aurifère de type orogénique est très souvent focalisée sur le contexte de déformation, c'est-à-dire la présence de zone de déformation, comme la Faille de Cadillac par exemple. Même si ces contextes contrôlent en grande partie la mise en place des minéralisations, d'autres structures peuvent être associées à ces minéralisations. Comme la Faille de Davidson. Une structure précoce n'ayant pas l'aspect de zone de déformation peut jouer un rôle dans l'hydrothermalisme. Le secteur de Duparquet et de Rouyn-Noranda recèle de nombreuses structures précoces syn-volcaniques qui, bien que de faibles envergures, peuvent servir de conduit au passage de fluides hydrothermaux. Ces structures ont probablement été délaissées par l'exploration des gisements orogéniques de par leur association avec les calderas de Rouyn. Malgré cela, ces failles peuvent constituer des vecteurs potentiels d'exploration intéressants, d'autant plus lorsque ces structures de second ordre sont associées spatialement à des structures de déformations plus importantes.

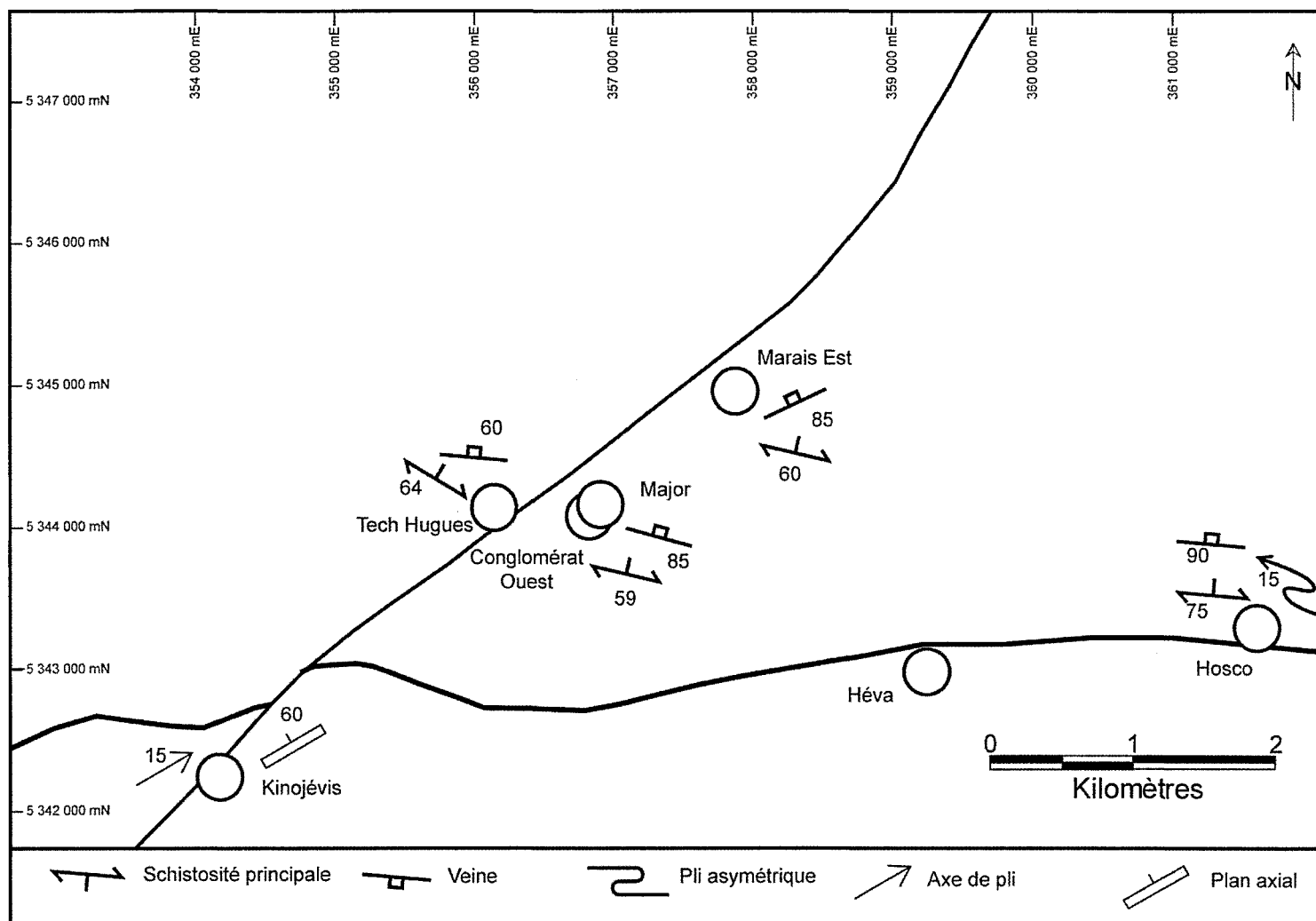


Figure 5.1: Carte structurale du secteur présentant les attitudes générales des structures par site.

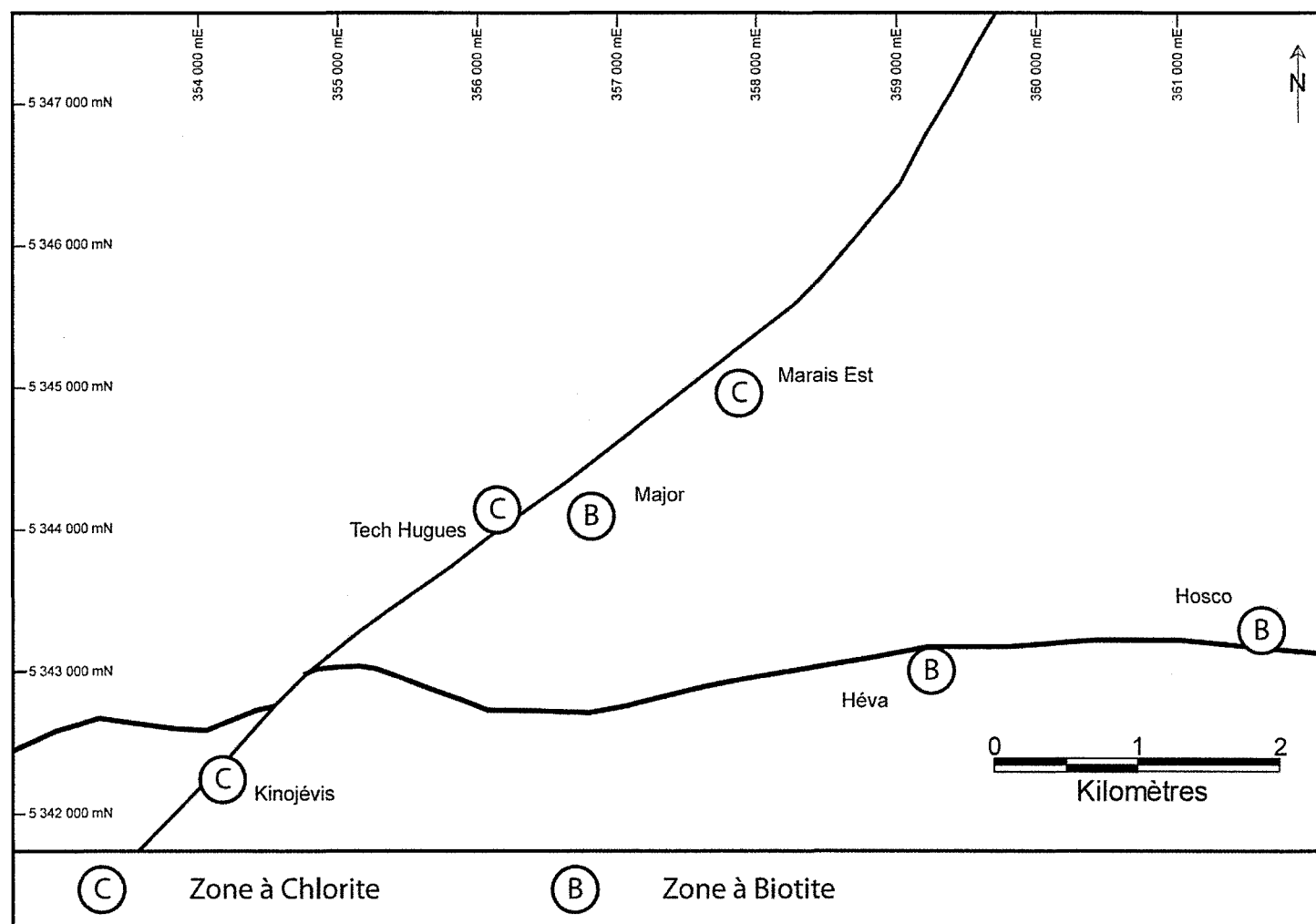


Figure 5.2 : Carte récapitulative du grade métamorphique par site.

Chapitre 6

Conclusion

L'étude d'un ensemble d'indices aurifères situés au voisinage de la Faille de Davidson située à l'est de Rouyn-Noranda a permis de préciser l'évolution géologique de cette faille à partir de caractérisation lithologique et structurale et de déterminer son rôle métallogénique dans la mise en place de différentes veines aurifères. Au niveau de l'environnement géologique, on retient les éléments suivants :

- Le secteur étudié de la Faille de Davidson est caractérisé par des assemblages volcano-sédimentaires variés mais dominés par les roches sédimentaires du Groupe de Cadillac.
- Une unité de conglomérat-grès formant une zone ellipsoïde de quelques centaines de mètres de diamètre, isolée au sein des roches du Groupe de Cadillac et adjacent du côté est de la Faille de Davidson est interprété comme une unité de type Timiskaming.

- Un dyke de gabbro d'une centaine de mètres d'épaisseur et d'orientation parallèle à la Faille de Davidson qui, bien que présentant certaines analogies avec les dykes protérozoïques, est interprété dans cette étude comme ayant une origine archéenne probablement synvolcanique.

Au niveau de la déformation et du métamorphisme on retient les éléments suivants :

- L'ensemble de la propriété est caractérisé par une schistosité orientée E-O inclinée vers le Nord et correspondant à une déformation D1. Localement quelques inflexions ONO sont notées en bordure de la Faille de Davidson.
- Le corridor de la Faille de Davidson montre les effets d'une déformation D2 se caractérisant par des plis en chevrons d'axes faiblement plongeant et matérialisant une composante de raccourcissement NW-SE. Des stries subhorizontales indiquent aussi une composante de décrochement tardive.
- Le secteur d'étude se caractérise globalement par le passage de la zone à chlorite au Nord vers la zone à biotite au sud. L'isograde est toutefois décalé par la Faille de Davidson faisant ainsi remonter la zone à biotite plus au nord du côté E de la faille.
- Le métamorphisme a été mise en place après le pic de déformation ductile et imprimé de façon statique d'après l'absence d'orientation des cristaux d'amphiboles dans le plan de schistosité.

- Plusieurs éléments militent en faveur d'une histoire précoce de la Faille de Davidson parmi lesquels les décalages apparents différents des unités stratigraphiques et de la Faille de Cadillac, un tracé courbé, la présence de conglomérat de type Timiskaming adjacent à la faille et la présence d'un dyke de gabbro parallèle à la faille et interprétée synvolcanique.

Au niveau des minéralisations et de l'hydrothermalisme, les éléments suivants sont à retenir :

- La méthode de mesures des éléments traces dans le quartz a été jugée trop peu précise et souffrant de trop nombreuses erreurs analytiques pour différencier le quartz des différentes veines.
- Les veines sont séparées en deux grands types : un type à quartz-calcite pré à syn déformation-ductile D1 contrôlé par des zones de déformation locales et un type post-déformation D1.
- Les veines à quartz-calcite syn-déformation D1 sont associées spatialement aux failles Davidson et de Cadillac. Les veines tardives sont plus éloignées de la Faille de Cadillac mais jouxtent la Faille de Davidson.
- Trois types d'inclusions fluides sont observés. Le type 1, à vapeur d'eau, est répertorié sur tous les sites. Les types 2 et 3, respectivement à vapeur-gaz et gaz, sont présents dans tous les sites à l'exception de Marais Est.
- Toutes les veines analysées sont caractérisée par des inclusions fluides dont la décrépitation s'est effectuée à deux températures distinctes

interprétées comme l'évidence de deux générations de fluides hydrothermaux, l'un de température moyenne à 300°C et un autre de température élevée à 450°C.

- La présence de ces deux températures dans tous les sites suggère que les veines ont enregistré la même évolution hydrothermale.
- La corrélation de la calcite présente uniquement dans les veines enregistrant du CO₂ dans leurs inclusions suggère que ces générations de fluides sont synchrones à la mise en place des veines.
- Le fluide à 450°C est compatible avec les conditions du métamorphisme local, suggérant qu'il est à l'origine des veines. Le fluide à 300°C voit sa température inférieure aux conditions de métamorphisme, donnant une relation chronologique postérieure compatible avec une introduction de fluide durant ou après une phase d'exhumation.
- La proportion de gaz est similaire d'une génération à l'autre, mais varie latéralement pour une même génération. Les fluides sont aqueux-carboniques et plus ou moins enrichi en N₂, H₂, CH₄, H₂S, C₂H₆ et He. Le site Marais Est, le plus éloigné de la Faille de Cadillac, est néanmoins de type aqueux et dépourvu d'autres gaz à part du H₂S.
- La distribution spatiale de la composition des fluides serait compatible avec une introduction contrôlée par le conduit majeur que représente la Faille de Cadillac mais aussi par la Faille de Davidson qui a pu servir de conduit secondaire.

La Faille de Davidson a pu jouer un rôle non négligeable dans la mise en place de l'or en créant, de par son intersection avec la Faille de Cadillac un conduit plus favorable pour la circulation hydrothermale. Des travaux supplémentaires sur d'autres failles mineures similaires en Abitibi permettraient de confirmer cette hypothèse.

Références

Augustin, J. (2011). Facteurs de contrôle et processus métallogéniques des minéralisations aurifères du gisement de Wona, Mine Mana, Burkina Faso. Mémoire de Maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi. 220p.

Benning, L.G. and Seward, T.M. (1996). Hydrosulphide complexing of Au(I) in hydrothermal solutions from 150-400 degrees C and 500-1500bar. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 60(11): 1849-1871.

Bloem, E., Dalstra, H.J., Groves, D. and Ridley, J. (1994). Metamorphic and structural setting of Archaean amphibolite-hosted gold deposits near Southern Cross, Southern Cross Province, Yilgarn Block, Western Australia. *Ore Geology Reviews* 9: 183-208.

Boulter, C.A., Fotios, M.G. and Phillips, G.N. (1987). The Golden Mile, Kalgoorlie: A Giant Gold Deposit Localized in Ductile Shear Zones by Structurally Induced Infiltration of an Auriferous Metamorphic Fluid. *Economic Geology* 82: 1661-1678.

Brown, S., Groves, D. and Newton, P. (2002). Geological setting and mineralization model for the Cleo gold deposit, Eastern Goldfields Province, Western Australia. *Mineralium Deposita* 37(8): 704-721.

Bucher, K. and Frey, M. (2002). Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer Verlag, Berlin : 341p.

Chown, E. H., Daigneault, R., and Mueller, W. 1990. Geological setting of the eastern extremity of the Abitibi Belt. *In* Lithotectonic framework and associated mineralization of the eastern extremity of the Abitibi greenstone belt. *Edited by* J. Guha, E. H. Chown, and R. Daigneault. Geological Survey of Canada, Open File 2158, pp. 1-32.

Daigneault, R., Mueller, W.U. and Chown, E.H. (2002). Oblique Archean subduction: accretion and exhumation of an oceanic arc during dextral transpression, Southern Volcanic Zone, Abitibi Subprovince Canada. *Precambrian Research* 115(1-4): 261-290.

Davis, D.W. (1992). U–Pb dating of detrital zircon in sediments in the Pontiac and Abitibi subprovinces; preliminary results. *Lithoprobe Report* 19, 33–35.

Dennen, W.H. (1964). Impurities in quartz. *Geological Society of America Bulletin* 75: 241-246.

Dennen, W.H. (1966). Stoichiometric substitution in natural quartz. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 30: 1235-1241.

Dimroth, E., Imreh, L., Goulet, N. and Rochelbau, M. (1983a). Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part 111: Plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20: 1374-1388.

Dimroth, E., Imreh, L., Goulet, N. and Rochelbau, M. (1983b). Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical mode. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20: 1355-1373.

Dimroth, E., Imreh, L., Rocheleau, M. and Goulet, N. (1983c). Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. *Canadian Journal of Earth Sciences* 19: 1729-1758.

Eilu, P., Mikucki, E.J. and Dugdale, A.L. (2001). Alteration zoning and primary geochemical dispersion at the Bronzewing lode-gold deposit, Western Australia. *Mineralium Deposita* 36: 13-31.

Gaboury, D. (2001). Predictive Distribution of Fault-Fill and Extensional Veins : Example from the Sigma Gold Mine, Abitibi Subprovince, Canada. *Economic Geology* 96: 1397-1405.

Gaboury, D. (2011). Gold exploration in metamorphic terrains using fluid inclusion compositions in quartz: signification of their volatile content. *World Gold 2011 congres requested paper*: 11p.

Gaboury, D. and Daigneault, R. (1999). Evolution from sea floor-related to sulfide-rich quartz veint-type gold mineralization during deep submarine volcanic construction: the Géant Dormant gold mine, Archean Abitibi belt, Canada. *Economic Geology* 94: 3-22.

Gaboury, D., Keita, M., Guha, J. and Lu, H.Z. (2008). Mass spectrometric analysis of volatiles in fluid inclusions decrepitated by controlled heating under vacuum. *Economic Geology* 103: 439-443.

Goldstein, R.H. (2003). Petrographic analysis of fluid inclusions: In *Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation*. Mineralogical Association of Canada Short Course 32 (eds. Samson, I., Anderson, A., and Marshall, D.),: 9-53.

Goldstein, R.H. and Reynolds, T.J. (1994). *Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals*: Tulsa, Oklahoma. Society for Sedimentary Geology: 199.

Groves, D., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G. and Robert, F. (1998). Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* 13: 7-27.

Groves, D. and Phillips, G.N. (1987). The genesis and tectonic control on Archaean Gold deposits of the Western Australian shield - a Metamorphic replacement model. *Ore Geology Reviews* 2: 287-322

Guha, J., Lu, H.Z. and Gagnon, M. (1990). Gas composition of fluid inclusions using solid probe mass spectrometry and its application to study of mineralizing processes. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 54: 553-558.

Gunning, H.C. (1941). Bousquet-Joannès area, Quebec. . Geological Survey of Canada, Memoir 231: 110.

Hagemann, S.G., Groves, D., Ridley, J. and Vearncombe, J.R. (1992). The Archean Lode Gold Deposits at Wiluna, Western Australia: High-Level Brittle-Style Mineralization in a Strike-Slip Regime. *Economic Geology* 87: 1022-1053.

Heynke, U., Leeder, O. and Schulz, H. (1992). On Distinguishing Quartz of Hydrothermal or Metamorphogenic Origin in Different Monomineralic Veins in the Eastern Part of Germany. *Mineralogy and Petrology* 46: 315-329.

Hodkiewicz, P.F., Groves, D.I., Davidson, G.J., Weinberg, R.F. and Hagemann, S.G. (2008). Influence of structural setting on sulphur isotopes in Archean orogenic gold deposits, Eastern Goldfields Province, Yilgarn, Western Australia. *Mineralium Deposita* 44(2): 129-150.

Hyde, R.S. (1980). Sedimentary facies in the archaean Timiskaming Group and their tectonic implications, Abitibi Greenstone-Belt, Northeastern Ontario, Canada. *Precambrian Research* 12(1-4): 161-195.

Kenworthy, S. and Hagemann, S.G. (2007). Fault and vein relationships in a reverse fault system at the Centenary orebody (Darlot gold deposit), Western

Australia: Implications for gold mineralisation. *Journal of Structural Geology* 29(4): 712-735.

Kerrick, R., Goldfarb, R.J., Groves, D.I., Steven, G. and Yiefei, J. (2000). The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces. *Science In China (Series D)* 43: 68p.

Kerrick, R. and Kyser, T.K. (1994). 100 ma timing paradox of archean gold, Abitibi greenstone-belt (Canada) - new evidence from U-Pb and Pb-Pb evaporation ages of hydrothermal zircons. *Geology* 22(12): 1131-1134.

Laferrière, A. (2010). Ni 43-101 Technical Report – Mineral Resource Estimate – Joanna Gold Property (Rouyn-Noranda, Quebec) for Aurizon Mines Ltd. 107.

Leader, L.D., Robinson, J.A. and Wilson, C.J.L. (2010). Role of faults and folding in controlling gold mineralisation at Fosterville, Victoria. *Australian Journal of Earth Sciences* 57(2): 259-277.

Legault, M.I. and Daigneault, R. (2006). Synvolcanic gold mineralization within a deformation zone: the Chevrier deposit, Chibougamau, Abitibi Subprovince, Canada. *Mineralium Deposita* 41: 203-228.

Ludden, J., Hubert, C. and Gariépy, C. (1986). The tectonic evolution of the Abitibi greenstone belt of Canada. *Geol. Mag.* 30: 357-372.

Monecke, T., Kempe, U. and Götze, J. (2002). Genetic significance of the trace element content in metamorphic and hydrothermal quartz: a reconnaissance study. *Earth and Planetary Science Letters* 202: 709-724.

Mueller, A.G., Harris, L.B. and Lungan, A. (1987). Structural Control of Greenstone-Hosted Gold Mineralization by Transcurrent Shearing: A New Interpretation of the Kalgoorlie Mining District, Western Australia. *Ore Geology Reviews* 3: 359-387.

Mueller, W. and Donaldson, J.A. (1992). Development of sedimentary basins in the archean Abitibi belt, Canada - an overview. *Canadian Journal of Earth Sciences* 29(10): 2249-2265.

Mueller, W.U., Daigneault, R., Mortensen, J.K. and Chown, E.H. (1996). Archean terrane docking: Upper crust collision tectonics, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Tectonophysics* 265(1-2): 127-150.

- Müller, A. and Koch-Müller, M. (2009). Hydrogen speciation and trace element contents of igneous, hydrothermal and metamorphic quartz from Norway. *Mineralogical Magazine* 73(4): 569-583.
- Neumayr, P., Hagemann, S.G. and Couture, J.F. (2000). Structural setting, textures, and timing of hydrothermal vein systems in the Val d'Or camp, Abitibi, Canada: implications for the evolution of transcrustal, second- and third-order fault zones and gold mineralization. *Canadian Journal of Earth Sciences* 37(1): 95-114.
- Phillips, G.N. and Powell, R. (2010). Formation of gold deposits: a metamorphic devolatilization model. *Journal of Metamorphic Geology* 28(6): 689-718.
- Pilote, P., Guha, J. and Daigneault, R. (1990). Contexte structural et minéralisations aurifères des gîtes Casa-Berardi, Abitibi, Québec. *Canadian Journal of Earth Sciences* 27: 1672-1685.
- Pitcairn, I.K., Olivo, G.R., Teagle, D.A.H. and Craw, D. (2010). Sulfide Evolution during Prograde Metamorphism of the Otago and Alpine Schists, New Zealand. *The Canadian Mineralogist* 48(5): 1267-1295.
- Powell, R., Will, T.M. and Phillips, G.N. (1991). Metamorphism in Archaean greenstone belts: calculated fluid compositions and implications for gold mineralization. *Journal of Metamorphic Geology* 9: 141-150.
- Powell, W.G., Carmichael, D.M. and Hodgson, C.J. (1995). Conditions and timing of metamorphism in the southern Abitibi greenstone belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences* 32: 787-805.
- Richard, P.L. (2012). Facteurs de contrôle sur la distribution des veines et de l'or à la Mine Beaufor, Abitibi. Mémoire de Maitrise. Université du Québec à Chicoutimi. 276p
- Ridley, J. and Diamond L.W. (2000). Fluid chemistry of lode-gold deposits, and implications for genetic models. *Rev. Econ. Geol* 13: 141-162.
- Robert, F. and Poulsen, K.H. (1997). World-class Archaean gold deposits in Canada: An overview. *Australian Journal of Earth Sciences* 44(3): 329-351.
- Rocheleau M. (1980). Stratigraphie et sédimentologie de l'Archéen dans la région de Rouyn, Abitibi, Québec. Thèse de doctorat, Université de Montréal. 313p.
- Roedder, E. and Bodnar, R.J. (1980). Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 8: 263-301.

Rusk, B.G., Lowers, H.A. and Reed, M.H. (2008). Trace elements in hydrothermal quartz: Relationships to cathodoluminescent textures and insights into vein formation. *Geology* 36(7): 547.

Scott, C.R., Mueller, W.U. and Pilote, P. (2002). Physical volcanology, stratigraphy, and lithogeochemistry of an Archean volcanic arc: evolution from plume-related volcanism to arc rifting of SE Abitibi Greenstone Belt, Val d'Or, Canada. *Precambrian Research* 115(1-4): 223-260.

Spear, F.F.S.M.S.o.A., Washington, D.C. (1993). *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure – Temperature – Time Paths*. Mineralogical Society of America.

Suttner, L.J. and Leininger, R.K. (1972). Comparison of the Trace Element Content of Plutonic, Volcanic, and Metamorphic Quartz from Southwestern Montana. *Geological Society of America Bulletin* 83(6): 1855.

Thomas, J.B., Bruce Watson, E., Spear, F.S., Shemella, P.T., Nayak, S.K. and Lanzirotti, A. (2010). TitaniQ under pressure: the effect of pressure and temperature on the solubility of Ti in quartz. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 160(5): 743-759.

Tomkins, A.G. (2010). Windows of metamorphic sulfur liberation in the crust: Implications for gold deposit genesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74: 3246-3259.

Tripp, G.I. and Vearncombe, J.R. (2004). Fault/fracture density and mineralization: a contouring method for targeting in gold exploration. *Journal of Structural Geology* 26(6-7): 1087-1108.

Vearncombe, J.R. (1998). Shear zones, fault networks, and Archean gold. *Geology* 26(9): 855.

Vielreicher, N., Ridley, J. and Groves, D. (2002). Marymia: an Archean, amphibolite facies-hosted, orogenic lode-gold deposit overprinted by Palaeoproterozoic orogenesis and base metal mineralisation, Western Australia. *Mineralium Deposita* 37(8): 737-764.

Wark, D.A. and Watson, E.B. (2006). TitaniQ: a titanium-in-quartz geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 152(6): 743-754.

Zhou, T., Phillips, G.N., Denn, S. and Burke, S. (2003). Woodcutters goldfield: Gold in an Archaean granite, Kalgoorlie, Western Australia. *Australian Journal of Earth Sciences* 50(4): 553-569.

Annexe A :

Liste des échantillons et des données de terrain

A1 : Liste des échantillons recueillis en été 2010

Décapage	Échantillon	Support	Utilisation	Roche
Major	MA-1-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-1-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-2-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Conglomérat
	MA-2-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-2	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	MA-3-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-3-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-4-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-4-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-5-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-5-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-6-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-6	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	MA-7-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	MA-7-2	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	MA-7-SP1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Conglomérat
	MA-7-SP2	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	MA-7	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	MA-8	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	MA-9-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	MA-9-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-9	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	MA-10-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-10-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	MA-10	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	MA-11-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	MA-11-2	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Conglomérat
Conglomérat Ouest	Cgs-2-1	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Cgs-2-2	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Cgs-2-3	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Cgs-4-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-4-2	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-5-1	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Cgs-6-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-6	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	Cgs-7-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-7-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat

A1 (suite) : Liste des échantillons recueillis en été 2010

Décapage	Échantillon	Type	Utilisation	Roche
Cgt. Ouest	Cgs-8-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-8-2	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-9-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	Cgs-9	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
	Cgs-10-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Conglomérat
	Cgs-10	Bloc	Inclusions Fluides	Conglomérat
Hosco	Ho-1-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Siltstone
	Ho-2-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Siltstone
	Ho-2	Bloc	Inclusions Fluides	Siltstone
	Ho-3-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Siltstone
	Ho-3	Bloc	Inclusions Fluides	Siltstone
	Ho-4-1	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Ho-4-2	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Ho-4	Bloc	Inclusions Fluides	Siltstone
	Ho-5-1	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Ho-5-2	Lame 30microns	Pétrographie	Siltstone
	Ho-5	Bloc	Inclusions Fluides	Siltstone
	Ho-6	Bloc	Inclusions Fluides	Siltstone
Tech Hugues	TH1-1	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	TH1-2	Lame 30microns	Pétrographie	Conglomérat
	TH2-1	Lame 30microns	Pétrographie	Slates
	TH3-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Intrusion
	TH3-2	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Intrusion
	TH3	Bloc	Inclusions Fluides	Intrusion
	TH4-1	Lame 30microns	Pétrographie	Grès
	TH4	Bloc	Inclusions Fluides	Grès
	TH5-1	Lame 30microns	Pétrographie	Grès
	TH5	Bloc	Inclusions Fluides	Grès
	TH6-1	Lame 30microns	Pétrographie	Grès
	TH7	Bloc	Inclusions Fluides	Grès
Héva (forages)	HE1-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Schistes
	HE1-2	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Schistes
	HE1	Bloc	Inclusions Fluides	Schistes
	HE2-1	Lame 30microns	Pétrographie	Schistes
	HE2	Bloc	Inclusions Fluides	Schistes
	HE3-1	Lame 30microns	Pétrographie	Schistes
	HE3	Bloc	Inclusions Fluides	Schistes

A1 (suite) : Liste des échantillons recueillis en été 2010

Décapage	Échantillon	Type	Utilisation	Roche
Marais Est	DY1-1	Surface polie, 29mm	Pétrographie	Dyke
	DY1	Bloc	Inclusions Fluides	Dyke
	DY2-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Dyke
	DY2	Bloc	Inclusions Fluides	Dyke
	DY3-1	Lame 30microns	Pétrographie	Dyke
	DY4-1	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY4-2	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY5-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Wackes
	DY5-2	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY5	Bloc	Inclusions Fluides	Wackes
	DY6-1	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY6-2	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY7-1	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY7-2	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY7	Bloc	Inclusions Fluides	Wackes
	DY8-1	Lame 30microns	LA-ICP-MS Quartz	Wackes
	DY8	Bloc	Inclusions Fluides	Wackes
	DY9-1	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY9-2	Lame 30microns	Pétrographie	Wackes
	DY10	Bloc	Inclusions Fluides	Wackes

A2 : Liste des éléments structuraux mesurés en été 2010

Localisation	Type	Estant*	Nordant*	Direction	Pendage/ Plongée	Code
Conglomérat Ouest	S1	355862,3	5344143,5	290	72	4
Conglomérat Ouest	S1	355861,6	5344143,7	287	72	4
Conglomérat Ouest	S1	355860,1	5344144,5	285	62	4
Conglomérat Ouest	S0	355856,2	5344145,7	310	82	1
Conglomérat Ouest	S0	355855,4	5344146,8	320	90	1
Conglomérat Ouest	S1	355851,7	5344151,1	284	58	4
Conglomérat Ouest	S1	355853,1	5344151,9	305	63	4
Conglomérat Ouest	S0	355850,3	5344151,1	312	86	1
Conglomérat Ouest	S0	355849,3	5344150,9	343	89	1
Major	S1	355925,1	5344142,6	272	40	4
Major	S1	355922,5	5344144,0	263	40	4
Major	S1	355917,1	5344145,4	283	56	4
Major	S1	355916,2	5344146,1	274	52	4
Major	S1	355913,2	5344147,0	284	64	4
Major	S1	355911,7	5344147,4	284	56	4
Major	S1	355911,3	5344147,9	269	56	4
Major	S1	355910,2	5344148,3	271	60	4
Major	Veine	355914,8	5344146,1	285	75	37
Major	Veine	355914,6	5344149,8	310	90	37
Major	Veine	355922,2	5344146,2	283	90	37
Major	Veine	355907,3	5344151,8	250	83	37
Major	Veine	355906,8	5344153,4	257	90	37
Major	Veine	355909,9	5344152,0	280	88	37
Major	Veine	355909,6	5344153,3	275	87	37
Major	Veine	355913,4	5344149,0	316	90	37
Major	Veine	355921,9	5344143,5	285	70	37
Major	Veine	355918,8	5344144,7	288	65	37
Major	Veine	355917,8	5344146,0	280	72	37
Major	Veine	355898,5	5344149,5	298	85	37
Major	Veine	355908,1	5344145,9	300	90	37
Major	Veine	355915,0	5344159,6	287	85	37
Major	Veine	355911,0	5344159,4	283	90	37

*Système de coordonnées UTM Nad 83 zone 18

A2 (suite) : Liste des éléments structuraux mesurés en été 2010

Localisation	Type	Estant*	Nordant*	Direction	Pendage/ Plongée	Code
Hosco	S1	360497,5	5343096,7	198	21	4
Hosco	S1	360499,5	5343097,4	243	29	4
Hosco	S1	360501,6	5343096,4	208	15	4
Hosco	S1	360501,6	5343097,4	247	28	4
Hosco	S1	360506,1	5343095,9	180	21	4
Hosco	S1	360509,8	5343096,9	278	76	4
Hosco	S1	360514,7	5343096,5	288	72	4
Hosco	S1	360501,1	5343100,7	279	77	4
Hosco	S1	360499,5	5343093,7	252	46	6
Hosco	S1	360498,6	5343093,6	198	18	7
Hosco	S1	360497,4	5343090,7	219	21	8
Hosco	S1	360499,8	5343089,5	267	64	10
Hosco	S1	360500,7	5343089,6	254	44	9
Hosco	S1	360500,0	5343087,6	204	34	4
Hosco	S1	360499,5	5343086,9	238	44	4
Hosco	S1	360504,1	5343091,2	226	28	4
Hosco	S1	360505,3	5343089,3	268	82	4
Hosco	S1	360508,3	5343087,5	269	82	4
Hosco	S1	360512,0	5343089,6	253	45	4
Hosco	S1	360513,4	5343090,3	274	78	4
Hosco	L1	360501,4	5343100,7	279	16	9
Hosco	L1	360498,6	5343092,2	283	16	9
Hosco	L1	360504,6	5343086,7	270	30	9
Hosco	Axe de pli	360503,2	5343096,5	294	16	71
Hosco	Axe de pli	360496,7	5343093,2	294	16	71
Hosco	Axe de pli	360498,1	5343089,8	286	25	71
Hosco	Axe de pli	360508,7	5343087,8	293	16	71
Hosco	Axe de pli	360508,5	5343091,8	270	18	71
Hosco	Crénulation	360507,6	5343096,0	140	78	15
Hosco	Crénulation	360515,1	5343090,9	134	82	15

*Système de coordonnées UTM Nad 83 zone 18

A2 (suite) : Liste des éléments structuraux mesurés en été 2010

Localisation	Type	Estant*	Nordant*	Direction	Pendage/ Plongée	Code
Marais Est	S1	356849,2	5344905,6	276	51	4
Marais Est	S1	356847,8	5344906,0	254	68	4
Marais Est	S1	356854,0	5344900,2	280	64	4
Marais Est	S1	356851,8	5344901,2	240	44	4
Marais Est	S1	356847,0	5344899,7	290	63	4
Marais Est	S1	356845,0	5344902,9	286	70	4
Marais Est	S1	356843,4	5344899,7	292	62	4
Marais Est	S1	356838,5	5344909,6	200	74	4
Marais Est	S1	356834,3	5344905,2	250	64	4
Marais Est	S1	356832,1	5344901,1	256	79	4
Marais Est	S1	356833,0	5344899,0	280	56	4
Marais Est	S1	356841,4	5344893,7	277	59	4
Marais Est	S1	356830,3	5344893,5	277	65	4
Marais Est	S1	356830,9	5344890,7	284	60	4
Marais Est	S1	356838,9	5344888,4	284	52	4
Marais Est	Veine	356858,9	5344900,5	227	90	37
Marais Est	Veine	356856,7	5344900,1	249	90	37
Marais Est	Veine	356856,1	5344894,1	241	90	37
Marais Est	Veine	356854,7	5344894,7	248	90	37
Marais Est	Veine	356855,2	5344897,2	235	90	37
Marais Est	Veine	356856,8	5344897,6	250	82	37
Marais Est	Veine	356856,1	5344898,9	250	85	37
Marais Est	Veine	356857,9	5344896,4	200	79	37
Marais Est	Veine	356840,7	5344899,1	260	64	37

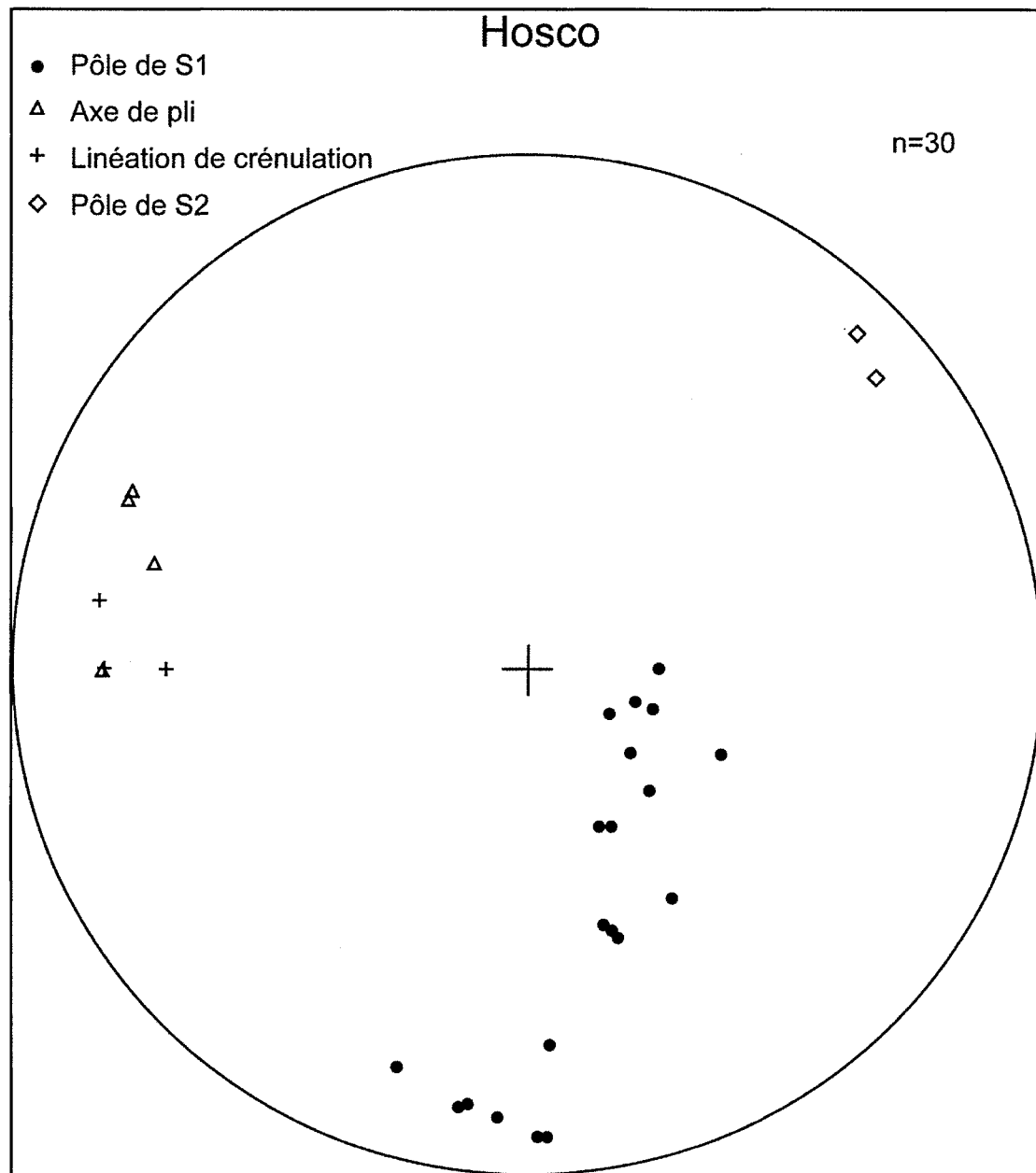
*Système de coordonnées UTM Nad 83 zone 18

A2 (suite) : Liste des éléments structuraux mesurés en été 2010

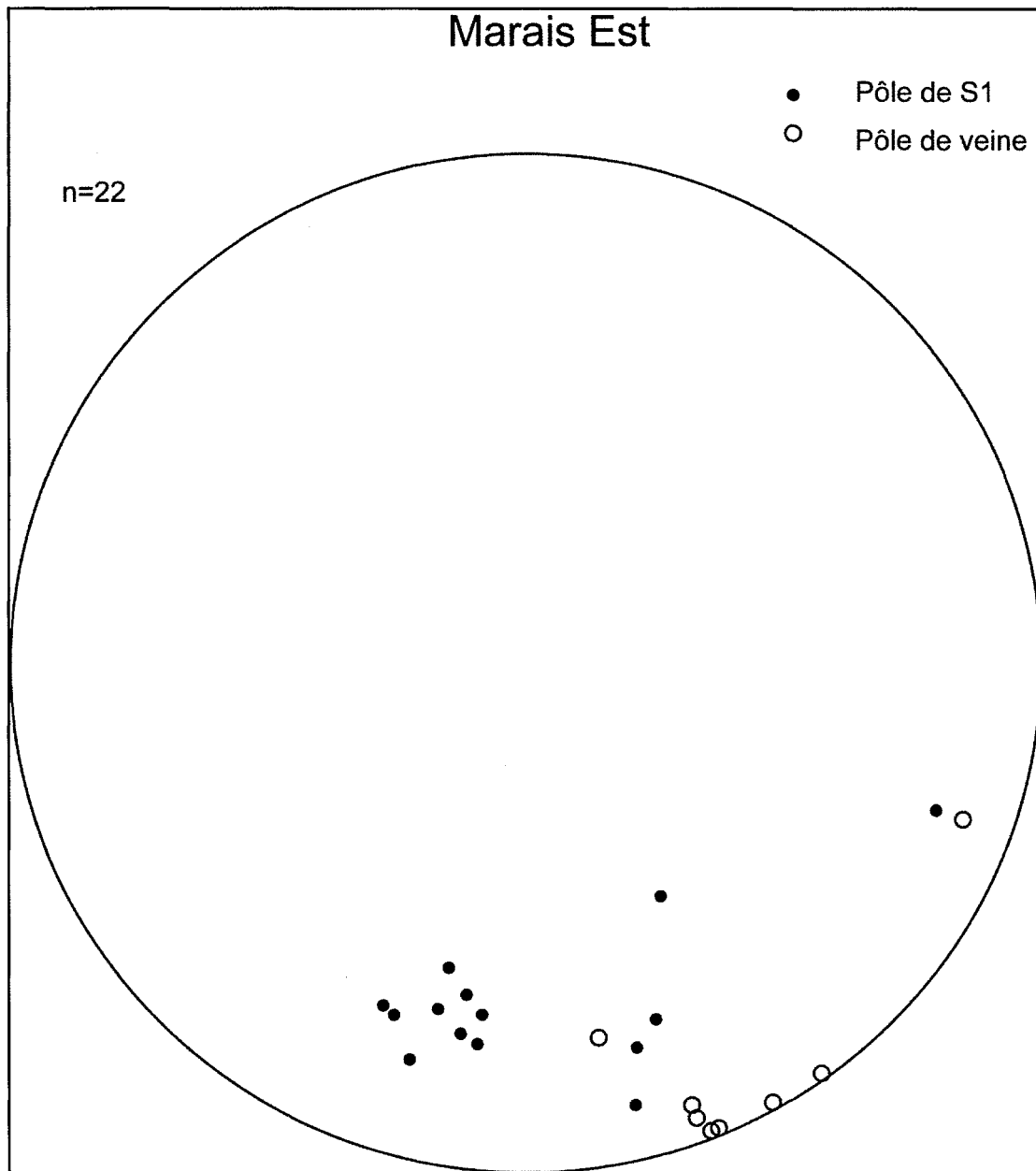
Localisation	Type	Estant*	Nordant*	Direction	Pendage/ Plongée	Code
Tech Hugues	S1	355174,1	5344177,7	312	49	4
Tech Hugues	S1	355173,3	5344175,8	298	50	4
Tech Hugues	S1	355174,5	5344174,8	294	76	4
Tech Hugues	S1	355173,4	5344174,1	294	76	4
Tech Hugues	S1	355172,5	5344175,1	294	71	4
Tech Hugues	S1	355171,6	5344175,5	300	75	4
Tech Hugues	S1	355171,8	5344173,3	315	60	4
Tech Hugues	S1	355170,9	5344172,9	300	58	4
Tech Hugues	S1	355170,2	5344172,6	305	52	4
Tech Hugues	S1	355170,5	5344175,8	294	59	4
Tech Hugues	L1	355173,4	5344174,5	268	65	9
Tech Hugues	Veine	355173,3	5344174,2	36	26	37
Tech Hugues	Veine	355172,9	5344173,8	102	58	37
Tech Hugues	Veine	355172,4	5344174,0	335	25	37
Tech Hugues	Veine	355170,0	5344173,0	308	34	37
Tech Hugues	Veine	355167,7	5344172,3	49	8	37
Tech Hugues	Veine	355168,5	5344172,8	82	32	37
Tech Hugues	Veine	355169,0	5344173,8	84	90	37
Tech Hugues	Veine	355169,0	5344174,2	11	12	37
Tech Hugues	Veine	355168,8	5344175,5	14	26	37
Tech Hugues	Veine	355167,1	5344175,4	75	22	37
Tech Hugues	Veine	355165,2	5344175,3	341	19	37
Tech Hugues	Veine	355166,2	5344174,3	74	29	37
Tech Hugues	Veine	355165,6	5344174,2	96	55	37
Tech Hugues	Veine	355165,4	5344174,5	86	51	37
Tech Hugues	Veine	355164,5	5344174,2	87	54	37
Tech Hugues	Veine	355163,0	5344174,0	85	42	37

*Système de coordonnées UTM Nad 83 zone 18

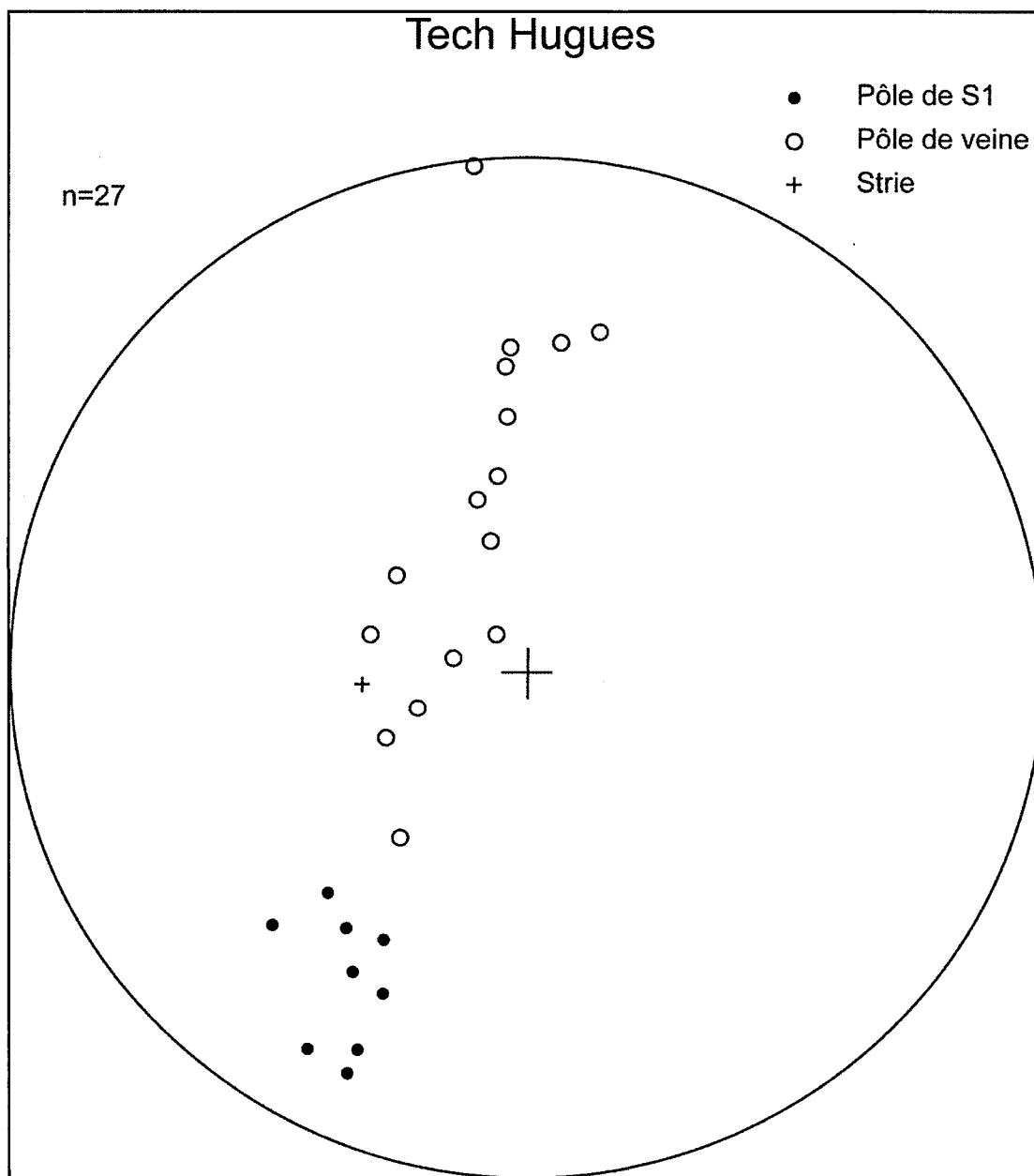
A3 : Stéréonet présentant les éléments structuraux du site Hosco



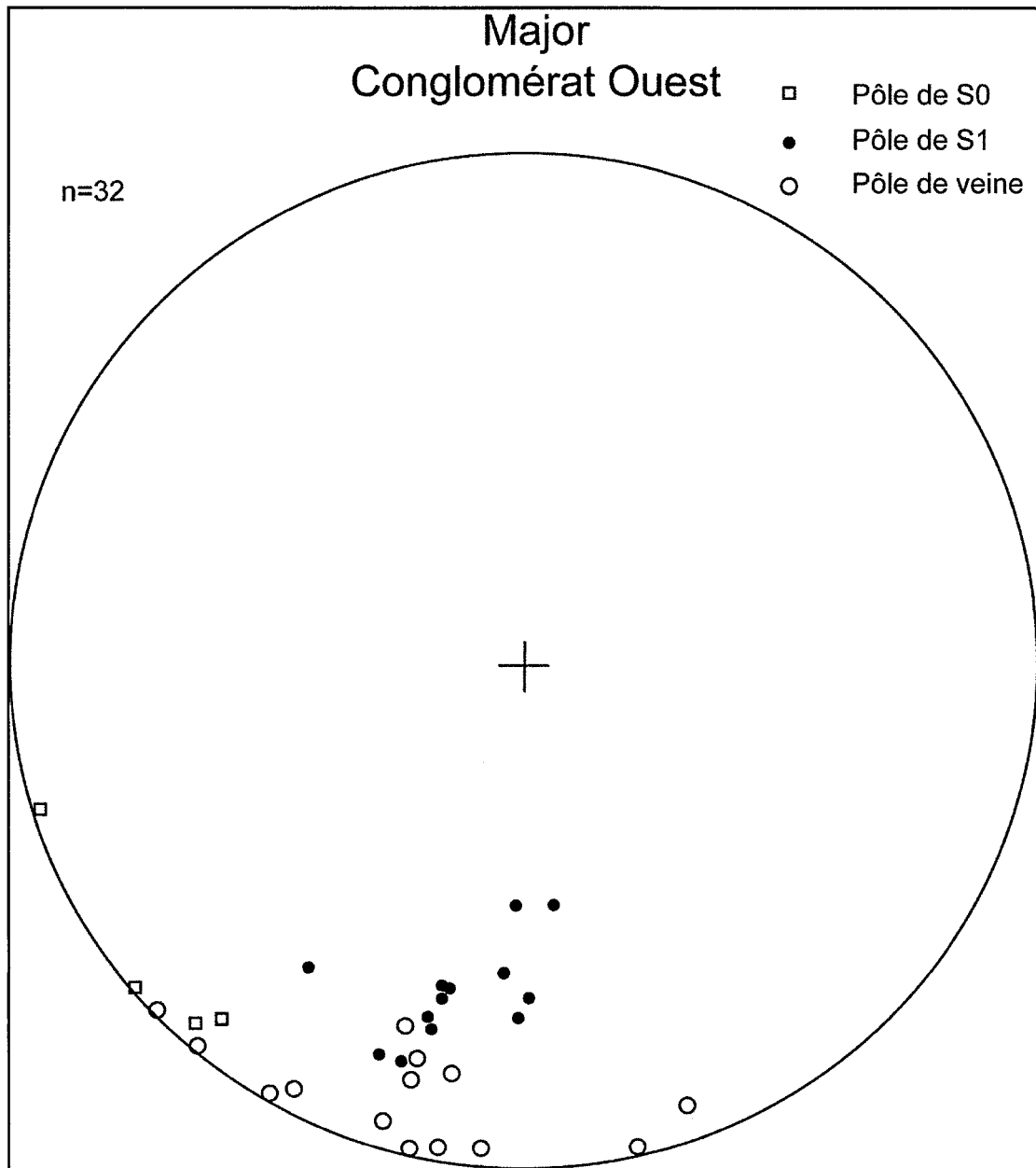
A3 (suite) : Stéréonet présentant les éléments structuraux du site Marais Est



A3 (suite) : Stéréonet présentant les éléments structuraux du site Tech Hugues



A3 (suite) : Stéréonet présentant les éléments structuraux du site Major



A4 : Description des encaissants étudiées

Lame	Qtz	Pl	Bte	Fsp	Ms	Cc	Am	Sf	Aug	Tl	Ep	Il	Remarques
Cgs-2-1	20		10	15			50	5					Siltstone. Matrice foliée de quartz recristallisée et biotite orientée. Hornblende verte peciloblastique non-orientée.
Cgs-2-2	15		5	15			60	5					Siltstone. Matrice foliée de quartz recristallisée et biotite orientée. Hornblende verte peciloblastique non-orientée. Sulfures plus ou moins associés aux amphiboles.
Cgs-2-3	15		10	15			55	5					Siltstone. Matrice foliée de quartz recristallisée et biotite orientée. Hornblende verte peciloblastique non-orientée.
Cgs-4-1	15	Tr	10	15			55	5					Siltstone. Bandes parfois dépourvues de biotite. Amphiboles poeciloblastiques non-orientées
Cgs-4-2	25	5	5	20			40	5					Conglomérat. Fragments centimétriques à composition similaire mais en proportions différentes. Hornblende plus petites mais mieux formées. Visibles dans fragments d'origines mafiques. Texture ignée des fragments bien conservée
Cgs-5-1	30	Tr	Tr	30			40	Tr					Siltstone a matrice de quartz-feldspath-plagioclase. Bandes compositionnelles à amphiboles. Matrice détritiques avec grains corrodés
Cgs-7-1	30	5	15	25		15		10					Conglomérat. Fragments centimétriques mafiques à hornblende + plagioclase en gros cristaux dans une matrice chloritisée et à pyrite.
Cgs-7-2	35	15	5	30		10		5					Conglomérat. Fragments centimétriques à porphyres de plagioclases dans une matrice à quartz+feldspaths+plagioclase. Fractures remplies de calcite
Cgs-8-1	30		5	35		20	Tr	10					Conglomérat. Veinules tardives à quartz et un peu carbonatée. Quelques traces d'amphiboles.
Cgs-8-2	30	5	20	30		15	Tr	Tr					Conglomérat. Veinules tardives à quartz et un peu carbonatée. Biotite plus développée, auréole de désintégration présente.

A4 (suite) : Description des encaissants étudiées

Lame	Qtz	Pl	Bte	Fsp	Ms	Cc	Am	Sf	Aug	Tl	Ep	Il	Remarques
MA-3-1	40	10	20	25		5	Tr	Tr			Tr		Conglomérat. Fragments à quartz-feldspaths-plagioclases et à biotite-muscovite-épidote-pyrite. Fragments bien Conglomérat. Fragments à quartz-feldspaths-plagioclases et à biotite-muscovite-épidote-pyrite. Foliation développée Conglomérat. Bloc felsique a quartz-feldspaths-plagioclase. Plagioclase en porphyroclastes séricitisés. Conglomérat. Bloc felsique a quartz-feldspaths-plagioclase. Plagioclase en porphyroclastes séricitisés.
MA-3-2	35		25	20	10	5		5			Tr		
MA-5-1	25	20	15	20	10	5		5					
MA-5-2	35	15	10	20		20	Tr	Tr					
MA-10-2	45	Tr	15	35		5							
MA-11-1	35	5		25	15	10		5					
HE-1-1	65	20		15									Schiste. Début de formation de bandes compositionnelles
HE-2-1	40	10	10	25		10				5			Schiste. Bien développé. Bandes à granulométrie variable.
HE-3-1	25		35	20	15					5			Éponte. Biotite aciculaires en rosette. Tourmaline associée a la biotite. Recoupe schiste à
HO-1-1	35		40	20		Tr	10						Siltstone. Très bien foliée, granulométrie très fine. Actinote en porphyroblastes
HO-3-1	5		80					15					Éponte, biotite orientée parallèle a la veine
HO-4-1	35		30	35									Siltstone. Texture foliée très fine avec porphyroblastes d'actinotes.
HO-4-2	35		35	25			5						Siltstone. Texture foliée très fine porphyroblastique à actinotes.
HO-5-2	35		25	20			20						Siltstone. Amphibole hypidiomorphe, porphyroblastique non orientée dans matrice fine bien foliée

A4 (suite) : Description des encaissants étudiées

Lame	Qtz	Pl	Bte	Fsp	Ms	Cc	Am	Sf	Aug	Tl	Ep	Il	Remarques
TH1-1	35	25		20	5	15							Microconglomérat. Fragments à texture basaltique. Fragments cherteux
TH1-2	35	20		15	10	15		5					Microconglomérat. Muscovite et calcite en interstice dans la matrice
TH2-1	30	10		20	15	20		5					Siltstone. Granulométrie très fine. Muscovite et calcite en imprégnation. Sulfures en baguettes et encerclés de chlorite.
TH4-1	40	10		35	5	10							Grès. Texture détritiques, grains corrodés. Grains de quartz, plagioclase et feldspaths en grains parfois plus gros et encaissé dans une matrice plus fine altérée en muscovite et calcite.
TH6-1	35	10		25	15	10		5					Grès. Texture détritiques, grains corrodés. Altération mieux développée en muscovite.
DY3-1	10	40							40		Tr	10	Intrusion mafique. Texture ignée (granophyres), augite remplacée par épidote+actinote+pumpellyite
DY4-1	55	10	5	30									Wackes. Texture détritiques. Faible altération biotite + séricite. Faible déformation et réduction du grain
DY4-2	60	5	5	30									Wackes. Texture détritiques, grains corrodés, faible altération biotite + séricite. Faible réduction du grain
DY5-2	45	5	20	30									Wackes. Texture détritiques. Faible altération biotite + séricite. Biotite orientée.
DY6-1	45	15	5	35									Wackes. Texture détritique
DY6-2	45	10	5	40									Wackes. Texture détritique
DY7-1	47	20	3	30									Wackes. Encaissant en brèche dans les veines
DY7-2	45	20	5	30							Tr		Wackes. Encaissant en brèche dans les veines. Épidote parfois visible dans l'encaissant
DY9-1	50	15	Tr	35									Wackes. Texture détritique, présence de fragments de chert. Foliation faiblement développée avec faible allongement des cristaux
DY9-2	45	20	Tr	40									Wackes. Texture détritique, présence de fragments de chert. Foliation peu développée avec cristaux peu allongés

A5 : Descriptions des veines étudiées

Lame	Qtz	CC	Fsp	Cl	Sf	Bte	Ms	Tl	Remarque
Cgs-6-1	70	30							Quartz a bordures irrégulières polygonales. Eponte avec sulfures en grains hydionorphes polygonaux et en baguettes avec chlorite associée.
Cgs-9-1	65	35							Veine a quartz-carbonates. Plagioclase en traces. Amas de pyrite interstitielle mineurs.
MA-1-1	85	15				Tr			Quartz microcristallin, polygonal. Eponte de calcite+biotite altérée en chlorite
MA-1-2	80	20				Tr	Tr		Quartz microcristallin, polygonal. Calcite en éponte
MA-2-2	50	50							Quartz microcristallin, calcite en eponte, biotite/muscovite en traces
MA-4-1	75	25							Quartz microcristallin polygonal. Pas d'éponte
MA-4-2	80	20							Quartz microcristallin polygonal. Pas d'éponte
MA-6-1	10	70				20			Bordure de veine. Calcite très présente. Eponte de biotite orientée parallèlement à la veine
MA-7-1	70	30					Tr		Quartz cencimetrique. Bien formé. Calcite et muscovite interstice.
MA-7-2	50	35			5		10		Quartz cencimetrique. Bien formé. Calcite et muscovite interstice. Présence de pyrite xénomorphe.
MA-7-SP2	80	15			Tr		5		Quartz cencimetrique. Bien formé. Calcite et muscovite interstice. Présence de pyrite xénomorphe.
MA-9-1	20	80							Veine tardive à calcite.
MA-10-1	85	15			Tr				Veine à quartz et un peu de calcite. Traces de pyrite xénomorphe.
HE1-1	99	1			Tr				Quartz millimétriques. Bordures en sutures polygonales.
HE2-1	90	Tr			10			Tr	Quartz recristallisé centimétriques. Tourmaline, sulfures et carbonates millimétriques.
HE3-1	95	Tr				5			Quartz polygonal avec bordure irrégulière.

A5 (suite): Descriptions des veines étudiées

Lame	Qtz	CC	Fsp	Cl	Sf	Bte	Ms	Tl	Remarque
HO-3-1	100	Tr			Tr				Texture massive, grains irréguliers et ondulants
HO-4-1	60	40			Tr				Gros cristaux de quartz, extinction roulante, perturbation de S1, Calcite en éponte
HO-4-2	95	5							Amphibole associée a la veine
HO-5-1	95			5	Tr				Quartz en gros grains, ondulants. Actinote associée
TH3-1	95	5					Tr		Quartz centimétrique, carbonates hématisés et millimétriques. Muscovite en éponte.
TH5-1	95	5							Quartz avec bordure suturée, en grains centimétriques et calcite en grains millimétriques.
DY1-1	100	Tr							Quartz recristallisé et déformé (forme polygonale)
DY5-2	100	Tr							Veinules recoupées par des veines plus épaisses. Quartz recristallisée. Hématite et carbonates rarement associés et interstitiels.
DY6-1	90			5	5				Veines brechiques a quartz et feldspaths. Grains recristallisés et massif
DY6-2	95				5				Veines brechiques a quartz et feldspaths. Grains recristallisés et massif
DY7-1	100	Tr	Tr						Breche hydrothermale. Assemblage avec calcite interstitielle
DY7-2	100	Tr	Tr						Breche hydrothermale. Assemblage avec calcite interstitielle
DY9-1	50	50							Veineules diffuses en grains fins recoupant l'encaissant
DY9-2	60	40							Veineules diffuses en grains fins recoupant l'encaissant

Annexe B :

Résultats d'analyse des éléments traces dans le quartz
des veines par LA-ICP-MS

B1 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Major

Échantillon		CGS 6-1-1	CGS 6-1-1	CGS 6-1-2	CGS 6-1-2	CGS 9-1-1	CGS 9-1-1	CGS 9-1-2	CGS 9-1-2	CGS 9-1-3	CGS 9-1-3
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	1,863	2,36E-02	1,81	5,07E-02	2,95	5,98E-02	1,79	4,99E-02	2,99	2,63E-02
Be	9	0,2256	7,27E-03	0,89	2,45E-02	0,38	3,41E-02	0,32	2,38E-02	0,274	8,89E-03
B	11	12,468	2,45E-01	23	6,29E-01	37,2	7,55E-01	24,3	4,74E-01	8,82	3,85E-01
Na	23	206,8	1,45E-01	1950	3,38E-01	448	3,91E-01	344	3,27E-01	221	1,93E-01
Al	27	187,3	5,43E-02	496	1,22E-01	680	1,41E-01	507	1,25E-01	235	6,42E-02
P	31	20,125	4,03E-01	78	8,83E-01	33	1,24E+00	24	8,92E-01	26,8	4,65E-01
K	39	3,31	1,95E-01	18,8	6,28E-01	13,1	6,41E-01	10,9	4,50E-01	3,72	2,47E-01
Ca	43	183,45	1,31E+01	980	3,62E+01	573	3,63E+01	426	2,32E+01	259	1,45E+01
	44	442,95	1,25E+00	1260	3,31E+00	846	3,27E+00	668	2,82E+00	607	1,77E+00
Ti	46	14,165	2,01E-02	11,9	4,30E-02	45,9	5,30E-02	15,9	4,55E-02	10,9	2,45E-02
	47	12,025	2,91E-02	18,4	6,89E-02	80	7,49E-02	23,9	5,61E-02	18,5	3,95E-02
	48	2,6555	1,02E-03	2,77	2,47E-03	15	3,02E-03	3,9	2,44E-03	2,9	1,35E-03
	49	13,895	5,30E-02	24,8	1,23E-01	76	1,50E-01	23,7	1,08E-01	13,1	6,77E-02
	50	11,076	3,50E-01	8,3	8,64E-01	53	9,34E-01	20,1	7,28E-01	12,5	4,33E-01
Fe	56	-5,253	5,79E-02	-11,09	1,46E-01	1180	1,58E-01	1150	1,17E-01	-5,88	7,15E-02
	57	290,3	3,88E-02	1140	7,85E-02	533	9,83E-02	480	8,41E-02	382	4,70E-02
Ge	72	1,022	4,05E-02	4,77	8,91E-02	2,12	9,21E-02	1,53	9,39E-02	1,54	4,71E-02
	74	0,9205	2,45E-02	3,25	5,13E-02	1,71	6,90E-02	1,22	4,43E-02	1,39	2,56E-02
Ba	138	0,9485	6,29E-04	5,17	9,71E-04	6,6	1,52E-03	4,09	1,70E-03	0,9	5,91E-04
La	139	0,1327	6,27E-04	0,56	1,75E-03	0,345	1,05E-03	0,244	1,15E-03	0,172	8,82E-04
Sm	147	0,1201	6,22E-03	0,58	1,16E-02	0,27	1,42E-02	0,127	8,90E-03	0,129	6,13E-03
Yb	172	0,1187	8,39E-04	0,52	3,11E-03	0,169	2,50E-03	0,111	2,95E-03	0,155	1,65E-03
Lu	175	0,0704	4,13E-04	0,203	1,17E-03	0,101	9,50E-04	0,082	8,25E-04	0,075	7,37E-04

B1 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Major

Échantillon		MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA
		7-1-1	7-1-1	7-1-2	7-1-2	7-2-1	7-2-1	7-2-2	7-2-2	7SP1-A	7SP1-A
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	4,63	3,29E-02	15,7	3,42E-02	13,6	3,99E-02	10,2285	3,41E-02	17,8	1,27E-02
Be	9	0,314	1,63E-02	0,48	2,07E-02	0,24	2,21E-02	0,6756	1,39E-02	0,253	9,23E-03
B	11	637	4,23E-01	-8900	4,55E-01	88	5,11E-01	872,45	4,10E-01	4,4	1,93E-01
Na	23	552	2,26E-01	-1400	2,57E-01	27100	3,16E-01	813,5	2,38E-01	427	2,10E-01
Al	27	305	1,06E-01	455	8,99E-02	2560	1,47E-01	384,45	9,60E-02	744	4,28E-02
P	31	490	6,49E-01	-5200	7,37E-01	85	7,96E-01	513,35	6,67E-01	6,23	6,62E-01
K	39	1058	4,16E-01	-15200	5,01E-01	700	4,47E-01	1317,7	3,29E-01	12,3	1,31E-01
Ca	43	3540	2,52E+01	-45300	2,83E+01	14600	3,20E+01	4434,5	1,93E+01	241	8,64E+00
	44	1129	2,92E+00	-5700	2,88E+00	14700	3,19E+00	1197,05	2,19E+00	496	1,65E+00
Ti	46	7,5	3,67E-02	12,1	3,92E-02	30,4	4,45E-02	4,8865	2,99E-02	11,3	2,66E-02
	47	12,7	5,64E-02	19	5,22E-02	37,8	6,91E-02	5,2015	6,31E-02	22,5	1,28E-02
	48	1,16	2,30E-03	0,46	2,62E-03	15,2	2,58E-03	1,065	1,68E-03	2,33	9,58E-04
	49	9,6	1,02E-01	9	8,08E-02	39	9,71E-02	7,315	7,31E-02	14,6	4,39E-02
	50	31850	5,93E-01	-160000	6,60E-01	1050	8,29E-01	6767	5,37E-01	21	3,81E-01
Fe	56	2200	1,96E-01	1830	1,75E-01	1230	2,09E-01	101,5	1,50E-01	132	8,84E-02
	57	680	8,27E-02	1240	9,33E-02	368	1,07E-01	875,05	6,34E-02	56,2	3,31E-02
Ge	72	6,4	7,12E-02	-52	6,65E-02	2,23	7,43E-02	8,9005	5,53E-02	2,57	4,15E-02
	74	3,45	5,21E-02	-14,7	4,44E-02	2,24	4,31E-02	4,9255	3,43E-02	2,525	1,82E-02
Ba	138	1,55	1,27E-03	1,38	4,97E-04	62	9,67E-04	1,62	7,57E-04	3,06	1,05E-03
La	139	0,182	1,36E-03	0,272	1,66E-03	0,76	1,31E-03	0,3068	1,11E-03		
Sm	147	0,156	6,48E-03	0,255	7,26E-03	0,194	8,66E-03	0,30215	7,01E-03		
Yb	172	0,214	8,07E-04	0,25	2,86E-03	0,208	2,84E-03	0,2732	1,39E-03		
Lu	175	0,115	5,90E-04	0,114	4,71E-04	0,087	9,38E-04	0,16475	6,48E-04		

B1 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Major

Échantillon		MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA
		7SP1-C1	7SP1-C1	7SP1-C2	7SP1-C2	7SP1-C3	7SP1-C3	7SP2--1	7SP2--1	7SP2--2	7SP2--2
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	9,77	1,33E-02	11,75	1,29E-02	17,5	1,40E-02	18,81	3,41E-02	0,412	8,46E-04
Be	9	0,088	1,33E-02	0,541	1,04E-02	0,61	1,18E-02	0,376	1,92E-02	0,0068	5,33E-04
B	11	3,45	2,10E-01	12,8	1,96E-01	5,12	2,39E-01	6,69	3,64E-01	0,187	1,08E-02
Na	23	540	2,16E-01	543	1,90E-01	471	2,52E-01	303	2,15E-01	4,7067	6,54E-03
Al	27	960	4,42E-02	881	4,05E-02	656	4,28E-02	438	8,13E-02	10,186667	2,28E-03
P	31	8,98	6,43E-01	10,8	4,46E-01	9,4	6,68E-01	36,3	4,95E-01	0,5736667	1,56E-02
K	39	12,6	1,98E-01	10	1,39E-01	8,3	1,72E-01	3,58	3,43E-01	0,136	1,05E-02
Ca	43	511	1,00E+01	660	8,78E+00	232	1,06E+01	196	2,19E+01	6,3966667	5,82E-01
	44	770	1,96E+00	840	1,42E+00	454	1,78E+00	558	2,30E+00	13,4	5,41E-02
Ti	46	28,5	2,89E-02	19,2	2,81E-02	13	3,02E-02	10	2,76E-02	0,1593333	8,09E-04
	47	35,9	1,23E-02	52	1,31E-02	16,3	1,23E-02	6,89	4,37E-02	0,194	1,25E-03
	48	10,7	1,09E-03	5,9	9,46E-04	3,2	1,27E-03	1,03	1,52E-03	0,0345667	5,03E-05
	49	84	6,07E-02	31,3	5,45E-02	13,1	5,41E-02	8,6	6,30E-02	0,2323333	1,68E-03
	50	42	5,64E-01	33,8	4,30E-01	17,9	5,18E-01	7,6	4,97E-01	0,1523333	1,61E-02
Fe	56	107	6,02E-02	257	5,81E-02	110	6,65E-02	660	5,54E-02	15	1,74E-03
	57	60	3,93E-02	137	3,64E-02	40,2	3,09E-02	421	4,25E-02	7,4333333	1,50E-03
Ge	72	1,902	5,29E-02	2,44	4,13E-02	2,3	4,24E-02	3,25	6,10E-02	0,0570667	1,75E-03
	74	1,936	2,38E-02	2,22	1,87E-02	2,28	1,98E-02	3,07	4,19E-02	0,0477667	9,55E-04
Ba	138	2,88	1,53E-03	2,59	1,07E-03	1,32	1,27E-03	0,933	7,50E-04	0,0269667	1,50E-05
La	139							0,173	9,42E-04	0,0033933	2,37E-05
Sm	147							0,223	6,34E-03	0,0039833	1,75E-04
Yb	172							0,207	9,73E-04	0,00399	3,85E-05
Lu	175							0,109	4,58E-04	0,0026033	1,65E-05

B2 : résultats d'analyse des échantillons des forages Héva

Echantillon		HE 1-1-1	HE 1-1-1	HE 1-1-2	HE 1-1-2	HE 1-2A	HE 1-2A	HE 1-2AB	HE 1-2AB	HE 1-2AV	HE 1-2AV
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	1,33	3,10E-02	2,78	3,29E-02	1,59	1,59E-02	2,085	1,07E-02	1,165	8,79E-03
Be	9	0,33	1,11E-02	0,265	1,21E-02	0,255	1,52E-02	0,113	8,96E-03	0,106	1,08E-02
B	11	-112,85	3,32E-01	-8,75	4,47E-01	3,04	2,22E-01	2,42	1,85E-01	2	1,61E-01
Na	23	7596,50	2,25E-01	172	2,26E-01	300	1,98E-01	115	1,76E-01	269	1,60E-01
Al	27	745,50	8,00E-02	250	8,20E-02	406	4,38E-02	661	4,07E-02	475	3,54E-02
P	31	43,66	6,12E-01	29,9	7,25E-01	9,27	7,85E-01	9,22	5,40E-01	6,45	5,17E-01
K	39	59,53	4,31E-01	2,48	4,72E-01	9,13	3,78E-01	9,7	3,49E-01	9,7	2,75E-01
Ca	43	3514,00	1,98E+01	254	2,50E+01	236	9,34E+00	175	6,55E+00	210	6,28E+00
	44	3719,00	2,04E+00	528	2,51E+00	523	2,40E+00	584	1,64E+00	533	1,43E+00
Ti	46	8,58	2,57E-02	6,38	3,51E-02	14,7	4,03E-02	33,3	1,98E-02	18,4	2,12E-02
	47	11,22	4,29E-02	6,33	5,62E-02	21,8	2,24E-02	43,3	1,34E-02	34,4	1,38E-02
	48	4,34	1,61E-03	0,87	2,81E-03	4,55	1,66E-03	8,1	1,12E-03	4,6	9,13E-04
	49	12,01	7,38E-02	4,13	8,47E-02	21,6	6,35E-02	45,7	7,79E-02	29,9	5,57E-02
	50	-55,99	5,51E-01	-6,2	6,27E-01	13,6	6,29E-01	34,7	5,32E-01	30,6	4,63E-01
Fe	56	1169,00	1,42E-01	550	1,72E-01	48,8	1,31E-01	74	7,26E-02	93	6,04E-02
	57	589,70	7,10E-02	440	7,75E-02	29,6	4,75E-02	54	4,39E-02	42	3,33E-02
Ge	72	3,14	6,20E-02	1,32	6,49E-02	1,213	4,31E-02	0,931	3,37E-02	1,05	3,66E-02
	74	2,05	4,09E-02	1,25	4,44E-02	1,326	2,04E-02	1,014	1,57E-02	0,902	1,60E-02
Ba	138	14,89	8,15E-04	0,622	8,36E-04	0,988	1,35E-03	0,644	8,40E-04	0,92	6,97E-04
La	139	0,36	1,16E-03	0,112	1,03E-03						
Sm	147	0,30	8,34E-03	0,201	7,19E-03						
Yb	172	0,25	1,15E-03	0,119	2,01E-03						
Lu	175	0,16	9,64E-04	0,106	6,37E-04						

B2 (suite) : résultats d'analyse des échantillons des forages Héva

Échantillon		HE 1-2B		HE 2-1-1		HE 2-1-2		HE 3-1-1		HE 3-1-2	
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	0,334	1,20E-02	0,0184	9,28E-04	0,03795	1,18E-03	3,91	3,36E-02	3,48	5,79E-02
Be	9	0,05	9,09E-03	0,0065	6,19E-04	0,00605	7,47E-04	0,185	2,44E-02	0,41	1,88E-02
B	11	3,25	1,71E-01	1,53	9,69E-03	0,2515	1,62E-02	7,52	4,18E-01	25,3	6,22E-01
Na	23	185	1,48E-01	41,9	-6,22E+04	11,8	-1,12E+05	182	2,78E-01	354	4,16E-01
Al	27	341	4,13E-02	5,64	2,41E-03	4,33	3,45E-03	292	7,91E-02	475	1,32E-01
P	31	6,79	4,52E-01	0,735	2,05E-02	0,58	2,70E-02	28,4	6,91E-01	33,2	9,50E-01
K	39	9	3,05E-01	0,297	9,61E-03	0,11	1,57E-02	6,17	2,75E-01	8,6	5,31E-01
Ca	43	306	7,58E+00	6,49	5,48E-01	6,705	7,50E-01	276	2,30E+01	401	3,64E+01
	44	704	1,61E+00	15	6,22E-02	10	7,95E-02	582	1,85E+00	622	3,54E+00
Ti	46	15,1	2,62E-02	0,4	7,96E-04	0,163	1,62E-03	11,3	2,99E-02	20	4,35E-02
	47	21,8	1,72E-02	0,56	1,26E-03	0,184	1,65E-03	9,75	4,63E-02	54	6,21E-02
	48	2,77	1,09E-03	0,082	4,02E-05	0,0214	9,93E-05	1,116	1,79E-03	3	2,49E-03
	49	15,8	6,57E-02	0,555	1,93E-03	0,2235	3,14E-03	8,8	7,17E-02	25	1,22E-01
	50	13,4	5,34E-01	0,433	1,39E-02	0,089	2,30E-02	4,9	6,83E-01	13,8	8,94E-01
Fe	56	62	7,11E-02	0,01	3,49E-03	30,1	6,47E-03	710	1,14E-01	920	1,90E-01
	57	25,1	4,68E-02	21,6	1,96E-03	17,5	3,20E-03	289	7,01E-02	660	1,19E-01
Ge	72	0,691	3,65E-02	0,0359	1,46E-03	0,0351	2,04E-03	1,64	5,54E-02	2,52	8,50E-02
	74	0,769	2,23E-02	0,0272	1,24E-03	0,02255	1,47E-03	1,59	3,00E-02	1,96	5,58E-02
Ba	138	0,88	8,77E-04	0,0352	2,07E-05	0,0145	3,71E-05	1,64	1,27E-03	3,21	1,16E-03
La	139			0,00381	2,82E-05	0,002935	3,80E-05	0,133	8,77E-04	0,243	2,12E-03
Sm	147			0,00325	1,85E-04	0,00277	2,97E-04	0,115	6,93E-03	0,195	1,36E-02
Yb	172			0,00332	3,56E-05	0,002515	8,08E-05	0,093	2,42E-03	0,117	5,92E-03
Lu	175			0,0017	1,23E-05	0,00117	2,59E-05	0,068	4,58E-04	0,138	9,10E-04

B3 : résultats d'analyse des échantillons du site Hosco

Échantillon		HO 2-1A	HO 2-1A	HO -2-1B	HO -2-1B	HO 3-1-1	HO 3-1-1	HO 3-1-2	HO 3-1-2	HO 4-2-1	HO 4-2-1
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	1,54	1,20E-02	0,82	1,39E-02	0,0571	8,27E-04	0,0417	1,51E-03	0,1248	1,45E-03
Be	9	0,73	1,19E-02	0,46	1,40E-02	0,01	4,92E-04	0,0205	9,21E-04	0,0085	1,16E-03
B	11	3,53	2,01E-01	2,74	2,10E-01	0,476	1,00E-02	1,27	1,76E-02	0,619	1,79E-02
Na	23	557	2,05E-01	485	1,76E-01	14,4	5,02E-03	66	9,82E-03	4460	-1,40E+05
Al	27	643	3,55E-02	370	3,74E-02	6,67	2,22E-03	12,6	3,09E-03	158,3	3,68E-03
P	31	10,3	8,60E-01	19,1	6,20E-01	1,04	1,69E-02	1,67	3,08E-02	1,4	2,65E-02
K	39	15,6	1,64E-01	12,9	1,67E-01	0,034	1,05E-02	0,282	1,71E-02	15,29	1,75E-02
Ca	43	311	6,73E+00	249	8,19E+00	9,2	5,95E-01	29,7	9,02E-01	967	8,74E-01
	44	628	1,65E+00	542	1,64E+00	15,9	5,51E-02	36,2	8,37E-02	961	9,42E-02
Ti	46	12,8	2,73E-02	34	2,48E-02	0,67	8,42E-04	0,415	1,41E-03	1,301	2,57E-03
	47	16,8	9,15E-03	37	1,33E-02	1,7	1,02E-03	0,5	2,24E-03	1,881	2,00E-03
	48	3,29	1,17E-03	12,1	1,15E-03	0,12	4,62E-05	0,084	1,02E-04	0,754	1,95E-04
	49	21,8	4,31E-02	49	5,81E-02	1,6	2,96E-03	0,513	4,61E-03	2,25	3,67E-03
	50	19,2	4,36E-01	52	5,10E-01	0,8	1,65E-02	0,53	2,39E-02	1,451	2,40E-02
Fe	56	90	2,29E-01	161	1,06E-01	31,3	2,82E-03	-0,474	4,83E-03	20	6,35E-03
	57	92	3,68E-02	87	4,66E-02	11,6	1,57E-03	18,2	2,46E-03	14,8	3,47E-03
Ge	72	2,57	4,21E-02	2,09	4,59E-02	0,0846	1,65E-03	0,0942	2,74E-03	0,0486	2,28E-03
	74	2,18	1,81E-02	2,05	2,26E-02	0,0684	1,16E-03	0,0743	1,71E-03	0,0428	1,74E-03
Ba	138	4,28	7,54E-04	2,99	1,13E-03	0,0256	1,85E-05	0,099	1,66E-05	4,15	4,02E-05
La	139					0,00663	3,52E-05	0,0085	3,55E-05	0,039	3,77E-05
Sm	147					0,0065	1,32E-04	0,0094	3,03E-04	0,00838	3,51E-04
Yb	172					0,0069	2,55E-05	0,008	2,36E-04	0,00615	8,80E-05
Lu	175					0,00416	1,34E-05	0,0054	7,04E-06	0,00177	3,35E-05

B3 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Hosco

Échantillon		HO 4-2-2		HO 4-2-2B		HO 5-1-1		HO 5-1-2		TH 3-1-1	
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	0,0838	1,90E-03	0,0934	1,78E-03	0,8315	2,57E-02	2,94	6,50E-02	0,222	3,66E-02
Be	9	0,01205	8,66E-04	0,0101	8,80E-04	0,2247	1,59E-02	0,82	4,04E-02	0,116	2,20E-02
B	11	1,285	2,11E-02	1,152	1,82E-02	8,737	2,77E-01	35,3	7,00E-01	6,78	3,78E-01
Na	23	1206	-1,72E+05	1523	-1,56E+05	7121	1,26E-01	12800	3,18E-01	202	2,25E-01
Al	27	76,1	5,30E-03	105,8	5,11E-03	696,3	5,62E-02	1370	1,42E-01	245	7,47E-02
P	31	1,715	3,21E-02	1,33	2,87E-02	26,735	4,70E-01	107	1,19E+00	13,6	6,45E-01
K	39	5,605	2,25E-02	8,51	2,20E-02	47,6	2,60E-01	98	6,59E-01	9	3,24E-01
Ca	43	354	1,34E+00	571	1,27E+00	3193	1,61E+01	6240	4,07E+01	206	2,04E+01
	44	359	1,38E-01	559	1,26E-01	3252	1,38E+00	6340	3,48E+00	549	1,97E+00
Ti	46	0,9845	1,86E-03	1,33	1,57E-03	7,895	2,73E-02	18,9	6,90E-02	8,4	2,69E-02
	47	1,255	2,79E-03	1,454	2,44E-03	12,8025	3,13E-02	28	7,93E-02	6,75	5,33E-02
	48	0,3815	1,27E-04	0,545	1,01E-04	2,8605	1,35E-03	6,77	3,41E-03	0,99	1,82E-03
	49	1,46	4,00E-03	1,65	3,59E-03	9,942	5,87E-02	30,7	1,49E-01	7,7	6,33E-02
	50	0,94	3,18E-02	1,41	2,54E-02	7,047	4,22E-01	14,5	1,07E+00	4,2	5,68E-01
Fe	56	32,4	7,14E-03	34,1	5,92E-03	20,3	9,50E-02	-15,8	2,41E-01	363	5,24E-02
	57	20,2	3,93E-03	13,1	3,44E-03	226,1	5,33E-02	1600	1,35E-01	238	5,59E-02
Ge	72	0,0483	3,29E-03	0,0376	2,85E-03	1,3265	4,58E-02	4,57	1,16E-01	1,219	5,62E-02
	74	0,03635	1,68E-03	0,0347	1,52E-03	0,9865	3,01E-02	4,61	7,63E-02	1,35	3,96E-02
Ba	138	1,63	4,68E-05	2,45	3,41E-05	13,26	7,60E-04	28	1,92E-03	1,79	4,17E-04
La	139	0,02435	5,17E-05	0,0275	3,66E-05	0,22585	7,78E-04	0,91	1,97E-03	0,061	9,02E-04
Sm	147	0,0082	4,11E-04	0,00668	3,80E-04	0,1223	3,94E-03	0,562	9,98E-03	0,078	8,00E-03
Yb	172	0,00785	1,53E-04	0,00579	1,78E-04	0,13025	1,91E-03	0,551	4,82E-03	0,0429	1,77E-03
Lu	175	0,0029	3,82E-05	0,00272	3,91E-05	0,08255	3,07E-04	0,238	7,77E-04	0,0318	7,57E-04

B3 : résultats d'analyse des échantillons du site Tech Hugues

Échantillon		TH 3-1-2	TH 3-1-2	TH 3-2A	TH 3-2A	TH 3-2B	TH 3-2B	TH 3-2BV	TH 3-2BV	TH 3-2C	TH 3-2C
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	1,47	6,29E-02	1,76	1,11E-02	1,15	1,09E-02	0,9	1,02E-02	0,593	1,22E-02
Be	9	0,74	3,55E-02	0,969	1,21E-02	0,9	1,16E-02	0,469	1,01E-02	0,319	1,31E-02
B	11	54,3	7,14E-01	4,16	1,67E-01	2,82	1,88E-01	2,64	1,57E-01	3,48	2,04E-01
Na	23	1150	4,75E-01	779	1,45E-01	688	1,75E-01	588	1,79E-01	297	1,72E-01
Al	27	386	1,66E-01	337	3,89E-02	278	4,05E-02	209	4,76E-02	236	4,41E-02
P	31	65,5	9,30E-01	18,8	5,13E-01	13,69	5,35E-01	7,38	5,70E-01	11,02	5,89E-01
K	39	33	5,94E-01	12,79	2,28E-01	8,7	2,62E-01	12,6	3,23E-01	10,5	2,88E-01
Ca	43	960	3,89E+01	429	6,80E+00	363	6,93E+00	282	6,60E+00	203	7,26E+00
	44	1090	4,22E+00	671	1,33E+00	593	1,66E+00	503	1,56E+00	441	1,65E+00
Ti	46	16,7	5,97E-02	16,5	2,14E-02	10,7	2,29E-02	13,1	2,41E-02	51	2,48E-02
	47	18,6	9,75E-02	26,4	1,84E-02	19,7	1,57E-02	26	1,48E-02	63	1,49E-02
	48	2,57	3,58E-03	3,52	1,22E-03	2,11	1,06E-03	2,44	1,13E-03	13,5	1,21E-03
	49	18,2	1,18E-01	17,8	5,41E-02	14,5	5,40E-02	13,7	6,73E-02	85	6,45E-02
	50	36	1,05E+00	35,6	3,89E-01	26	4,84E-01	26	5,48E-01	47	5,34E-01
Fe	56	580	1,12E-01	176	8,47E-02	140	7,93E-02	103	6,71E-02	137	9,66E-02
	57	820	1,15E-01	108	3,30E-02	116	4,08E-02	57	3,65E-02	79	4,36E-02
Ge	72	2,74	1,14E-01	3,11	3,84E-02	2,87	3,69E-02	2,5	4,13E-02	2,18	4,07E-02
	74	2,23	6,60E-02	3,36	1,72E-02	3,07	1,96E-02	2,5	1,92E-02	2,33	1,95E-02
Ba	138	6,71	1,38E-03	12,7	6,88E-04	6,4	1,01E-03	11,4	1,53E-03	2,8	4,25E-04
La	139	0,299	2,29E-03								
Sm	147	0,338	1,18E-02								
Yb	172	0,272	4,93E-03								
Lu	175	0,142	1,43E-03								

B3 et B4 : résultats d'analyse des échantillons des sites Tech Hugues et Marais Est

Échantillon		TH	TH	TH	TH	TH	TH	DY	DY	DY	DY
		5-1-1	5-1-1	5-1-1B	5-1-1B	5-1-2	5-1-2	DY1-1-1	DY1-1-1	DY1-1-2	DY1-1-2
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	0,0305	9,12E-04	0,0166	9,24E-04	0,01865	8,62E-04	0,288	6,80E-04	0,0481	6,34E-04
Be	9	0,0111	3,47E-04	0,0059	3,28E-04	0,0073	4,70E-04	0,0122	4,10E-04	0,0155	2,47E-04
B	11	0,248	7,71E-03	0,1713333	9,01E-03	0,188	8,72E-03	0,1536	6,45E-03	0,237	6,64E-03
Na	23	73	5,23E-03	54,766667	5,90E-03	39,7	5,21E-03	15,07	5,20E-03	13,78	4,50E-03
Al	27	8,23	1,98E-03	5,4433333	2,11E-03	5,33	1,94E-03	33,5	1,54E-03	51,9	1,51E-03
P	31	0,85	1,46E-02	0,63	1,50E-02	0,8745	1,42E-02	1,09	1,15E-02	0,947	1,20E-02
K	39	0,195	1,10E-02	0,171	1,17E-02	0,0978	1,08E-02	1,227	8,41E-03	2,64	7,33E-03
Ca	43	16,6	4,95E-01	10,866667	5,23E-01	7,03	3,99E-01	11,56	3,81E-01	12,43	4,52E-01
	44	23,9	5,95E-02	20,033333	5,81E-02	14,05	6,25E-02	23,09	4,06E-02	21	4,60E-02
Ti	46	0,219	7,45E-04	0,205	7,67E-04	0,226	6,92E-04	0,303	6,84E-04	0,319	6,68E-04
	47	0,248	1,03E-03	0,2083333	1,30E-03	0,2425	1,06E-03	0,347	1,00E-03	0,445	9,45E-04
	48	0,0354	4,65E-05	0,0307667	5,82E-05	0,02785	5,13E-05	0,0274	2,28E-05	0,072	2,83E-05
	49	0,31	2,48E-03	0,1716667	2,57E-03	0,243	2,15E-03	0,358	1,86E-03	0,388	2,23E-03
	50	0,176	1,22E-02	0,1426667	1,45E-02	0,085	1,23E-02	0,241	1,05E-02	0,175	1,14E-02
Fe	56	32	2,92E-03	-0,164633	3,38E-03	9,91	2,88E-03	20,4	2,50E-03	21,4	2,57E-03
	57	10,7	1,38E-03	8	1,37E-03	10,85	1,18E-03	8,5	8,53E-04	10	9,84E-04
Ge	72	0,0597	1,35E-03	0,0531667	1,42E-03	0,05315	1,36E-03	0,0876	1,32E-03	0,1045	1,40E-03
	74	0,0466	9,12E-04	0,0429333	8,83E-04	0,0489	7,42E-04	0,0788	8,99E-04	0,0995	6,40E-04
Ba	138	0,303	3,11E-05	0,3663333	2,58E-05	0,162	2,39E-05	0,142	2,13E-05	0,218	8,96E-06
La	139	0,0076	2,89E-05	0,00433	2,14E-05	0,00376	2,31E-05	0,00588	1,93E-05	0,00548	2,20E-05
Sm	147	0,0072	1,89E-04	0,00401	1,62E-04	0,00441	1,97E-04	0,00554	1,72E-04	0,00527	1,52E-04
Yb	172	0,0056	5,46E-05	0,0039933	5,22E-05	0,00435	5,64E-05	0,00547	4,31E-05	0,00446	3,58E-05
Lu	175	0,00251	8,80E-06	0,0021967	1,32E-05	0,00251	1,11E-05	0,00399	1,30E-05	0,00296	1,97E-05

B4 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Marais Est

Échantillon		DY 1-1-3	DY 1-1-3	DY 2-1A	DY 2-1A	DY 2-1B	DY 2-1B	DY 2-1C	DY 2-1C	DY 5-1A1	DY 5-1A1
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	0,497	7,11E-04	7,87	9,44E-03	3,96	1,10E-02	3,56	1,01E-02	15,7	9,33E-03
Be	9	0,00899	3,41E-04	0,844	1,01E-02	0,331	1,18E-02	0,861	1,12E-02	0,193	9,13E-03
B	11	0,1754	6,53E-03	3,3	1,58E-01	3,59	1,98E-01	3,28	1,90E-01	2,92	1,65E-01
Na	23	21,3	5,60E-03	1518	2,19E-01	1122	3,54E-01	2750	3,90E-01	819	1,80E-01
Al	27	42,6	1,90E-03	406	3,09E-02	803	4,01E-02	561	3,60E-02	957	3,51E-02
P	31	0,577	1,38E-02	10,23	4,47E-01	6,94	4,69E-01	12,08	5,07E-01	5,8	7,14E-01
K	39	0,723	8,55E-03	35,2	1,65E-01	63,2	2,32E-01	35	2,39E-01	20,5	1,68E-01
Ca	43	10,08	4,35E-01	880	5,78E+00	815	8,39E+00	1070	7,30E+00	490	6,85E+00
	44	17,19	4,79E-02	1238	1,34E+00	1201	1,53E+00	1348	1,46E+00	833	1,20E+00
Ti	46	0,249	7,14E-04	29,2	2,25E-02	13,57	2,21E-02	28	2,04E-02	24,6	3,15E-02
	47	0,303	9,30E-04	41,9	1,57E-02	19,1	1,84E-02	47,9	1,75E-02	29,4	1,26E-02
	48	0,0204	2,68E-05	9,4	9,00E-04	2,21	9,33E-04	9,3	9,97E-04	2,19	9,55E-04
	49	0,16	2,12E-03	34,9	6,06E-02	11,4	7,23E-02	41,5	7,06E-02	31	5,59E-02
	50	0,096	1,04E-02	37,7	2,97E-01	18,4	4,21E-01	46,5	3,76E-01	12,3	4,41E-01
Fe	56	14,3	2,77E-03	201	5,78E-02	93	1,19E-01	186	9,72E-02	115	1,63E-01
	57	7,6	1,13E-03	60,4	2,74E-02	48	3,38E-02	80	3,45E-02	44,6	3,82E-02
Ge	72	0,0658	1,09E-03	2,77	3,06E-02	2,647	3,31E-02	2,97	3,88E-02	2,24	4,00E-02
	74	0,0618	7,34E-04	2,61	1,38E-02	2,661	1,74E-02	3,01	1,58E-02	2,19	1,59E-02
Ba	138	0,1115	1,58E-05	15,21	7,54E-04	14,8	9,28E-04	15,89	1,03E-03	3,91	5,00E-04
La	139	0,00294	2,24E-05								
Sm	147	0,00352	1,29E-04								
Yb	172	0,00318	4,10E-05								
Lu	175	0,00218	1,33E-05								

B4 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Marais Est

Échantillon		DY 5-2-1	DY 5-2-1	DY 5-2-2	DY 5-2-2	DY 6-1-1	DY 6-1-1	DY 6-1-2	DY 6-1-2	DY 7-1-1	DY 7-1-1
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	25,5	3,01E-02	17,5	5,51E-02	2,4	3,01E-02	0,93	3,78E-02	5,4015	2,12E-02
Be	9	0,756	1,51E-02	0,273	1,95E-02	0,444	1,74E-02	0,387	1,70E-02	0,1932	1,55E-02
B	11	-5,28	4,58E-01	-8,66	5,97E-01	9,01	3,62E-01	15	5,78E-01	3,186	2,22E-01
Na	23	-21,13	2,29E-01	434	4,48E-01	4850	-2,61E+06	2020	-3,62E+06	526,25	-1,56E+06
Al	27	1345	8,42E-02	901	1,51E-01	1550	1,09E-01	920	1,29E-01	296,23	6,51E-02
P	31	81	6,66E-01	96	9,95E-01	42,6	5,53E-01	30,5	8,64E-01	14,41	3,56E-01
K	39	25,4	3,57E-01	8,4	5,39E-01	66,6	3,52E-01	25,9	5,88E-01	8,0155	2,58E-01
Ca	43	350	2,30E+01	339	3,46E+01	627	2,12E+01	544	3,61E+01	168,775	1,27E+01
	44	642	2,13E+00	668	3,48E+00	993	2,31E+00	875	2,52E+00	348,2	1,33E+00
Ti	46	26	3,23E-02	27	4,71E-02	9,46	3,86E-02	11,7	5,32E-02	24,0985	2,52E-02
	47	33	4,67E-02	46	7,11E-02	10,5	5,13E-02	12	6,72E-02	28,155	2,89E-02
	48	4,3	2,16E-03	4,2	3,47E-03	1,61	2,05E-03	1,87	2,29E-03	7,64	1,16E-03
	49	13,7	7,67E-02	40	1,10E-01	10,1	7,10E-02	17,6	9,30E-02	34,5	4,10E-02
	50	-18,5	4,71E-01	-6,4	9,84E-01	7,8	5,26E-01	10,1	7,24E-01	8,6805	3,13E-01
Fe	56	1170	1,43E-01	750	2,49E-01	990	8,84E-02	450	1,51E-01	583,5	6,94E-02
	57	568	7,65E-02	389	1,30E-01	539	7,76E-02	310	9,12E-02	149,95	4,89E-02
Ge	72	3,71	6,36E-02	2,29	8,75E-02	3,44	5,87E-02	3,11	8,34E-02	1,081	3,53E-02
	74	3,34	3,54E-02	2,13	6,01E-02	3,15	4,45E-02	3,08	5,74E-02	1,1308	2,17E-02
Ba	138	3,69	5,48E-04	2,87	1,01E-03	8,88	7,04E-04	6,84	9,38E-04	0,8318	6,45E-04
La	139	0,276	7,06E-04	0,194	1,45E-03	0,213	1,11E-03	0,188	1,56E-03	0,09295	4,90E-04
Sm	147	0,271	8,44E-03	0,161	1,35E-02	0,243	9,82E-03	0,18	1,18E-02	0,11644	4,80E-03
Yb	172	0,265	3,45E-03	0,143	4,34E-03	0,204	3,15E-03	0,139	4,37E-03	0,096255	1,84E-03
Lu	175	0,175	5,30E-04	0,057	1,17E-03	0,148	7,07E-04	0,117	6,87E-04	0,054395	3,91E-04

B4 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site Marais Est

Échantillon		DY 7-1-2	DY 7-1-2	DY 7-2-2	DY 7-2-2	DY 8-1A	DY 8-1A	DY 8-1B	DY 8-1B	DY 8-1C	DY 8-1C
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	6,887	4,01E-02	0,433	1,01E-03	8,1	9,23E-03	27,1	1,17E-02	54,1	1,05E-02
Be	9	0,3295	1,99E-02	0,0136	5,14E-04	0,277	9,95E-03	0,551	1,18E-02	0,3	1,28E-02
B	11	19,935	3,81E-01	0,62	1,04E-02	2,34	1,63E-01	4,94	1,79E-01	4,03	1,68E-01
Na	23	674,6	-3,04E+06	18,1	6,99E-03	2390	5,26E-01	10210	9,28E-01	7750	1,69E+00
Al	27	338,7	9,47E-02	24,1	2,33E-03	1056	3,04E-02	2950	3,55E-02	2087	3,94E-02
P	31	37,46	6,04E-01	1,37	1,69E-02	7,31	4,41E-01	8,1	5,69E-01	8,26	4,43E-01
K	39	8,5815	4,70E-01	0,528	1,13E-02	27,1	2,36E-01	34,5	2,23E-01	49,5	2,36E-01
Ca	43	491,45	2,27E+01	13,6	6,38E-01	326	5,54E+00	668	6,48E+00	503	8,07E+00
	44	505,5	2,80E+00	20,7	6,97E-02	787	1,61E+00	976	1,77E+00	845	1,83E+00
Ti	46	6,144	4,58E-02	0,29	9,91E-04	51,2	2,32E-02	18,4	2,13E-02	45,4	2,19E-02
	47	9,38	5,45E-02	0,388	1,32E-03	76	1,40E-02	21,3	2,05E-02	77	1,98E-02
	48	2,465	2,72E-03	0,0427	5,19E-05	7,6	1,04E-03	5,4	1,11E-03	12,7	9,88E-04
	49	12,668	7,02E-02	0,54	3,36E-03	50	6,28E-02	29	6,88E-02	64	7,93E-02
	50	6,5185	5,64E-01	0,316	1,46E-02	48	3,80E-01	27,9	3,91E-01	45,4	4,05E-01
Fe	56	839,05	1,06E-01	50,9	3,73E-03	114	5,94E-02	108	7,14E-02	69	6,35E-02
	57	523,95	9,23E-02	18,3	1,52E-03	46,7	2,60E-02	61	3,42E-02	25,3	3,84E-02
Ge	72	1,6941	5,68E-02	0,0946	1,66E-03	1,711	2,93E-02	3,46	3,80E-02	2,353	3,98E-02
	74	1,4407	3,53E-02	0,0855	1,04E-03	1,612	1,55E-02	3,4	1,62E-02	2,451	1,74E-02
Ba	138	1,4311	8,03E-04	0,11	2,40E-05	2,94	1,02E-03	7,08	6,72E-04	5,8	6,36E-04
La	139	0,19168	1,62E-03	0,00613	2,96E-05						
Sm	147	0,1696	8,34E-03	0,00701	1,81E-04						
Yb	172	0,14305	3,42E-03	0,00562	4,96E-05						
Lu	175	0,060735	6,53E-04	0,00337	1,67E-05						

B5 : résultats d'analyse des échantillons des gisements Géant Dormant et Beaufort

Échantillon		GD-1	GD-1	GD-2	GD-2	BE-1	BE-1	BE-2	BE-2
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	0,7	1,30E-02	0,429	1,20E-02	0,637	1,68E-02	0,55	1,47E-02
Be	9	0,226	1,11E-02	0,2	1,00E-02	0,485	1,12E-02	0,32	1,06E-02
B	11	7,03	2,85E-01	7,18	2,67E-01	9,22	2,84E-01	10,55	3,01E-01
Na	23	-2040000	-4,44E+06	-3380000	-3,60E+06	-2300000	-5,23E+06	-3400000	-4,56E+06
Al	27	447	7,25E-02	655	6,39E-02	387	6,83E-02	399	7,44E-02
P	31	29,3	5,85E-01	26,6	5,11E-01	57,4	5,77E-01	50,1	5,03E-01
K	39	4,5	9,74E-01	9,7	8,04E-01	9,7	8,87E-01	-29,3	9,08E-01
Ca	43	625	5,01E+00	845	4,23E+00	395	5,18E+00	198	5,96E+00
	44	1186	1,01E+00	1261	9,26E-01	839	1,27E+00	602	1,28E+00
Ti	46	6,6	2,84E-02	8,6	1,92E-02	10,2	2,11E-02	6,37	1,85E-02
	47	5	1,58E-02	4,9	1,06E-02	10,5	1,90E-02	4,89	1,86E-02
	48	0,8	1,49E-03	0,94	1,14E-03	1,27	1,37E-03	0,625	1,58E-03
	49	3,7	5,20E-02	3,9	5,69E-02	9,3	6,56E-02	5,26	6,09E-02
	50	6,2	7,19E-01	-0,3	6,42E-01	13,5	6,15E-01	5,2	7,20E-01
Fe	56	620	1,63E-01	342	1,40E-01	7	2,26E-01	-61,1	2,50E-01
	57	1240	6,30E-02	600	4,94E-02	4600	7,43E-02	2200	8,06E-02
Ge	72	1,15	6,71E-02	0,832	5,44E-02	1,87	5,36E-02	1,73	5,55E-02
	74	0,79	3,40E-02	0,733	3,39E-02	1,8	3,69E-02	1,58	3,69E-02
Ba	138	2,41	2,48E-04	3,39	7,05E-04	1,31	5,86E-04	1,59	4,63E-04
La	139	0,178	4,65E-04	0,156	2,88E-04	0,216	2,87E-04	0,194	6,32E-04
Sm	147	0,165	3,45E-03	0,118	9,77E-04	0,257	2,57E-03	0,181	1,67E-03
Yb	172	0,245	2,67E-03	0,201	1,72E-03	0,282	2,71E-03	0,23	1,61E-03
Lu	175	0,119	5,21E-04	0,091	4,27E-04	0,162	6,87E-04	0,091	4,86E-04

B6 (suite) : résultats d'analyse des échantillons du site d'observation Kinojévis et du protérozoïque provenant du Burkina Faso

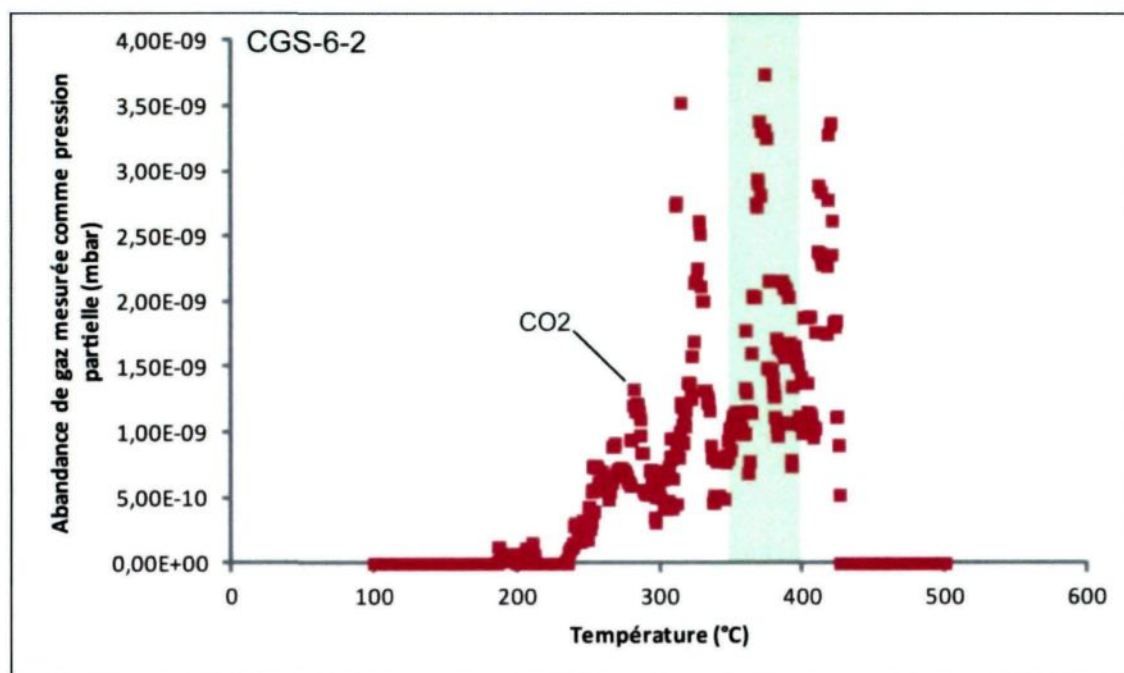
Échantillon		KI-1-1		KI-1-2		BF-1		BF-2	
Élément	Isotope	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD	Mesures	LOD
Li	7	0,427	1,15E-02	1,83	1,87E-02	1,63	1,27E-02	0,72	1,34E-02
Be	9	0,235	1,27E-02	0,66	1,07E-02	1,24	1,13E-02	0,348	9,18E-03
B	11	13,47	2,55E-01	31,7	4,27E-01	8,73	2,27E-01	5,25	3,10E-01
Na	23	-2640000	-3,45E+06	176800	-6,03E+06	-4190000	-4,41E+06	-1050000	-5,50E+06
Al	27	322	6,42E-02	3710	1,25E-01	507	7,56E-02	286	7,97E-02
P	31	37,4	5,22E-01	108	8,75E-01	91,5	5,29E-01	63,3	5,96E-01
K	39	5	8,12E-01	346	1,38E+00	11,8	8,25E-01	-8,7	1,02E+00
Ca	43	373	5,24E+00	26000	7,77E+00	338	4,41E+00	191	5,63E+00
	44	672	1,33E+00	26800	1,64E+00	785	1,15E+00	708	1,66E+00
Ti	46	7,9	3,05E-02	32,5	5,23E-02	8,52	1,89E-02	12,7	2,22E-02
	47	7,3	2,28E-02	48,8	2,17E-02	9,7	1,49E-02	6,6	1,59E-02
	48	1,4	1,78E-03	20,1	1,95E-03	1,45	1,27E-03	0,76	1,38E-03
	49	6,8	4,77E-02	50	6,12E-02	16,8	5,57E-02	9,6	6,05E-02
	50	2,2	5,67E-01	27,8	1,01E+00	15,2	4,99E-01	9,5	8,00E-01
Fe	56	201	1,75E-01	-21	2,97E-01	-38,17	2,18E-01	800	2,99E-01
	57	1190	6,59E-02	2730	1,10E-01	5320	7,30E-02	3290	7,56E-02
Ge	72	1,073	6,62E-02	1,93	1,02E-01	5	6,12E-02	2,58	6,70E-02
	74	0,878	3,49E-02	1,68	6,62E-02	5,13	3,41E-02	2,47	3,86E-02
Ba	138	0,864	4,90E-04	70,6	8,18E-04	1,228	3,93E-04	0,499	9,52E-04
La	139	0,107	2,45E-04	1,99	6,18E-04	0,57	2,51E-04	0,178	4,74E-04
Sm	147	0,158	3,07E-03	0,652	1,65E-03	0,6	2,24E-03	0,284	3,13E-03
Yb	172	0,123	1,36E-03	0,433	2,83E-03	0,607	1,36E-03	0,204	1,34E-03
Lu	175	0,066	5,41E-04	0,189	9,03E-04	0,371	9,75E-04	0,113	6,55E-04

Annexe C :

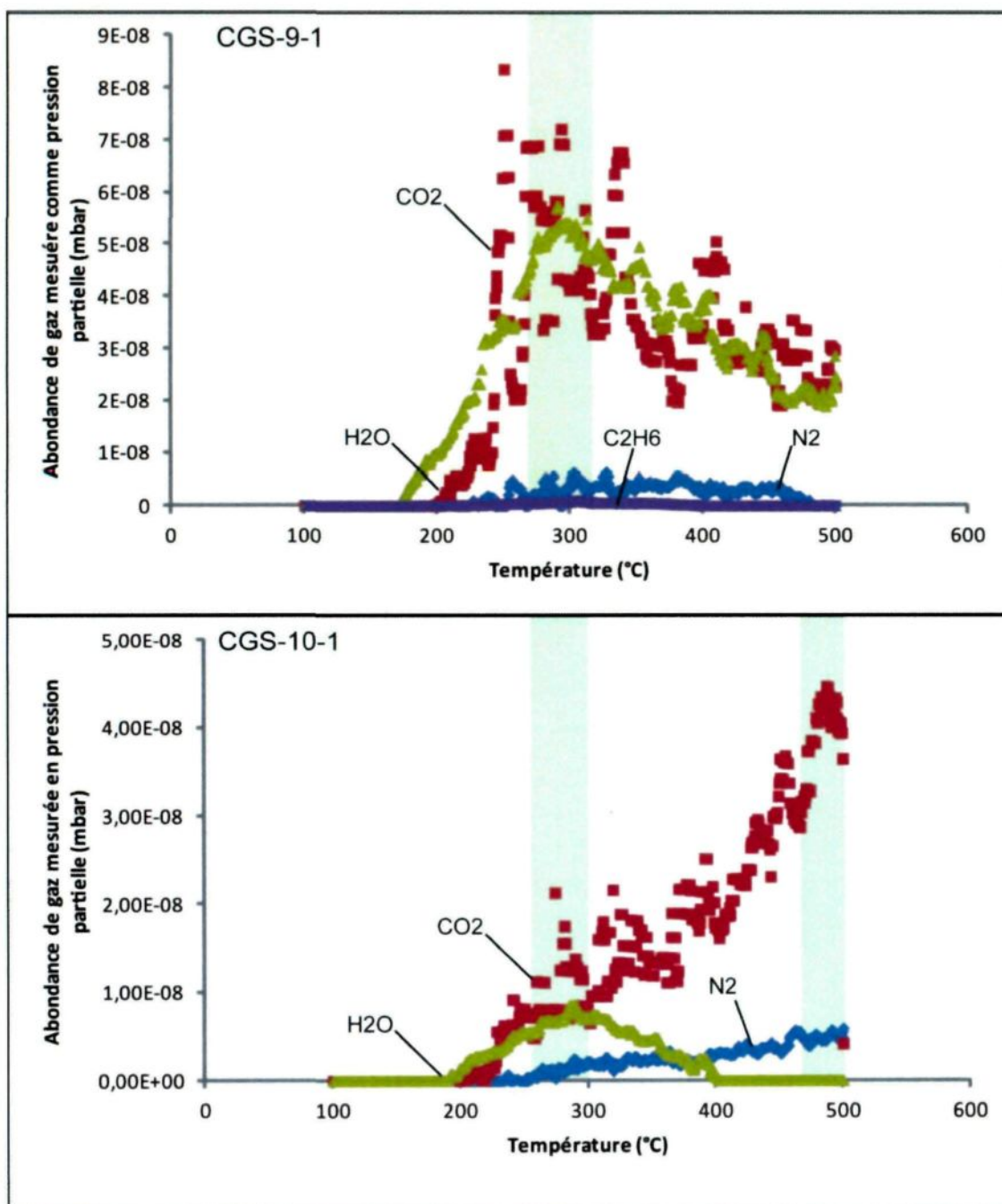
Spectrométrie de masse des inclusions fluides

Tous les graphiques présentent l'abondance relative des gaz comme pression partielle en millibar en fonction de la température. Les rectangles représentent les domaines d'intégrations utilisés pour calculer la composition du fluide libérée durant un pic de décrépitation. Cette intégration couvre en général de -25°C à +25°C autour de la température de décrépitation du pic. Le calcul se fait en additionnant toutes les valeurs d'un gaz comprises dans la boîte d'intégration (Gaboury 2011).

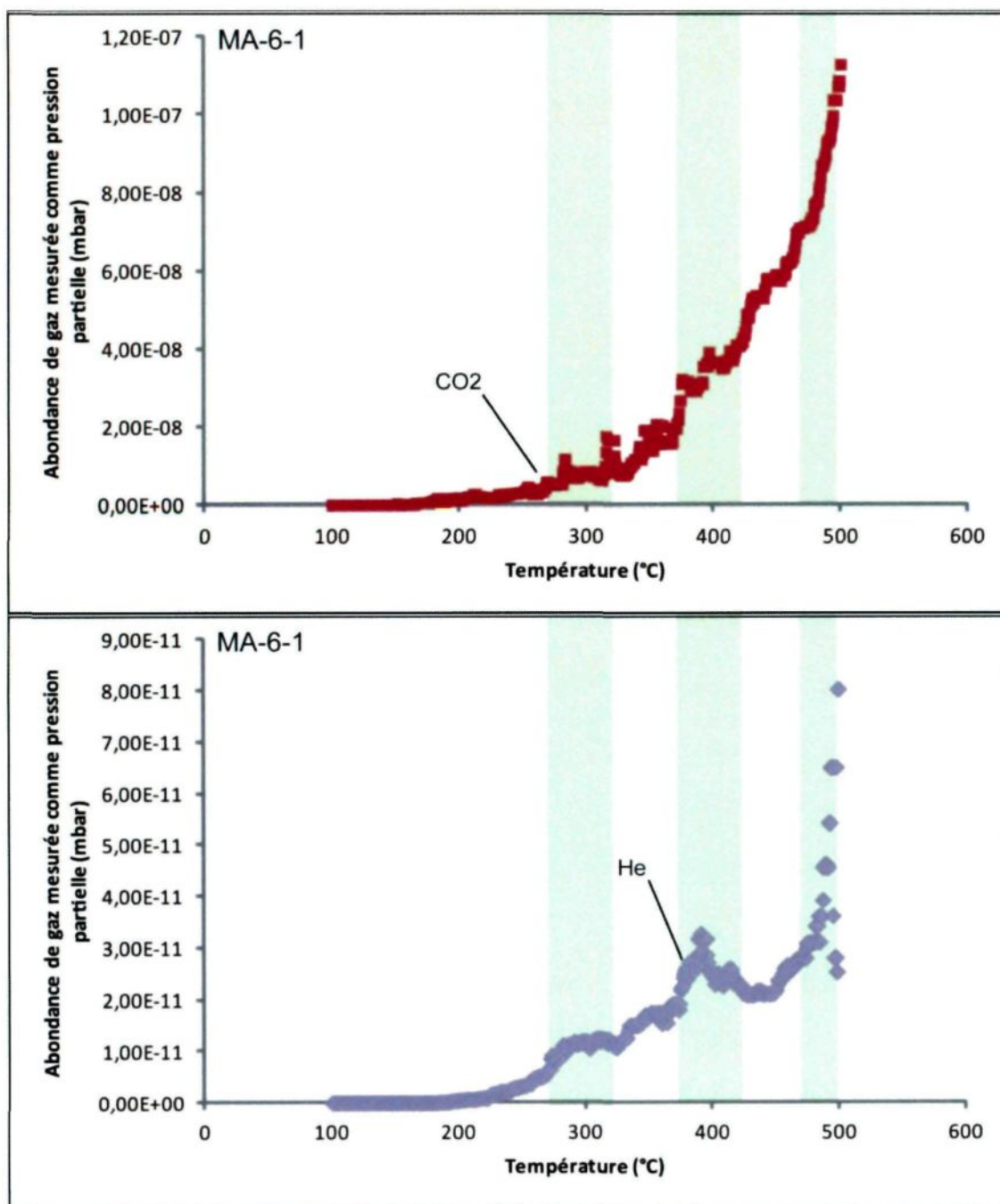
Annexe C1 : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Conglomérat Ouest)



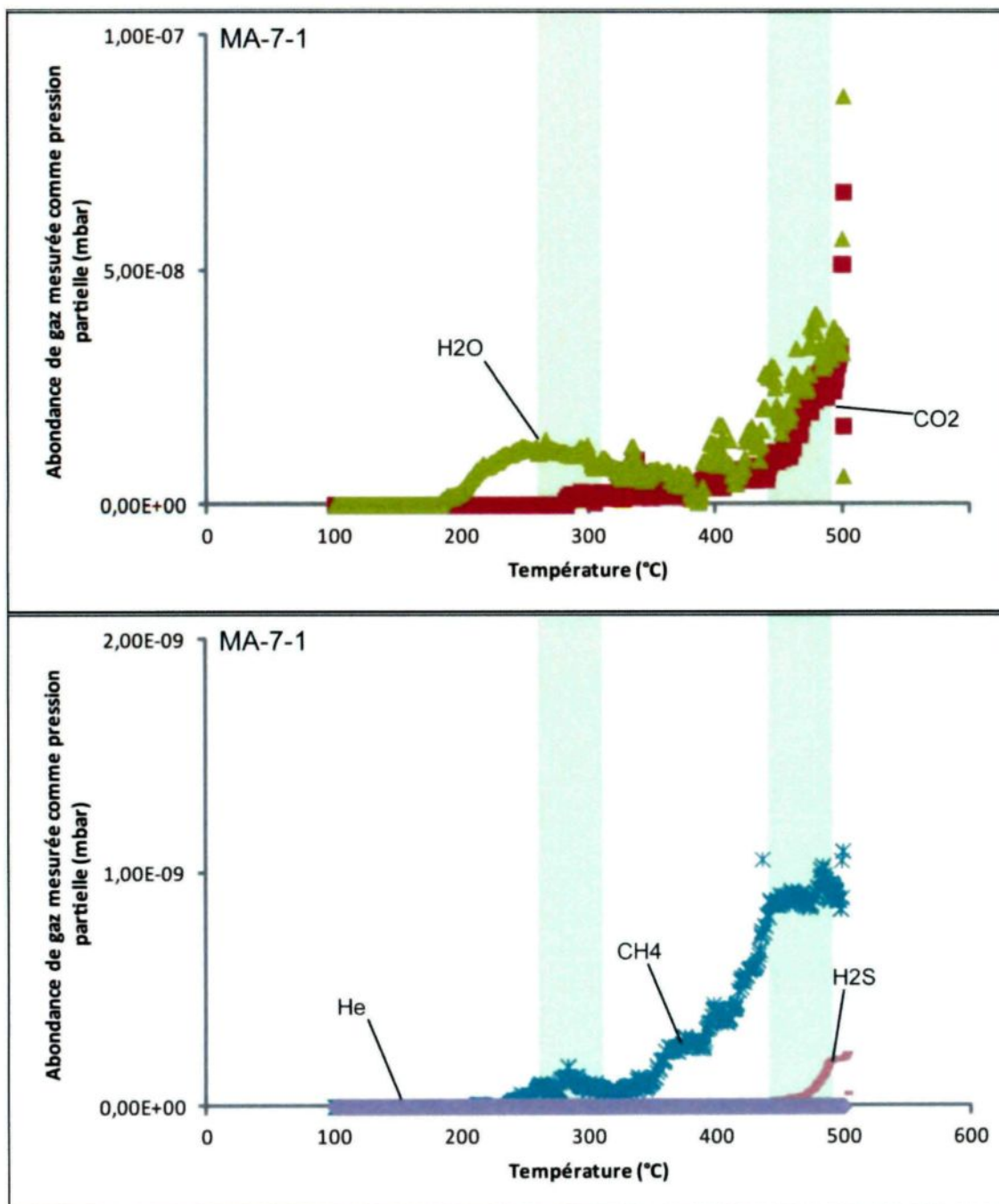
Annexe C1 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Conglomérat Ouest)



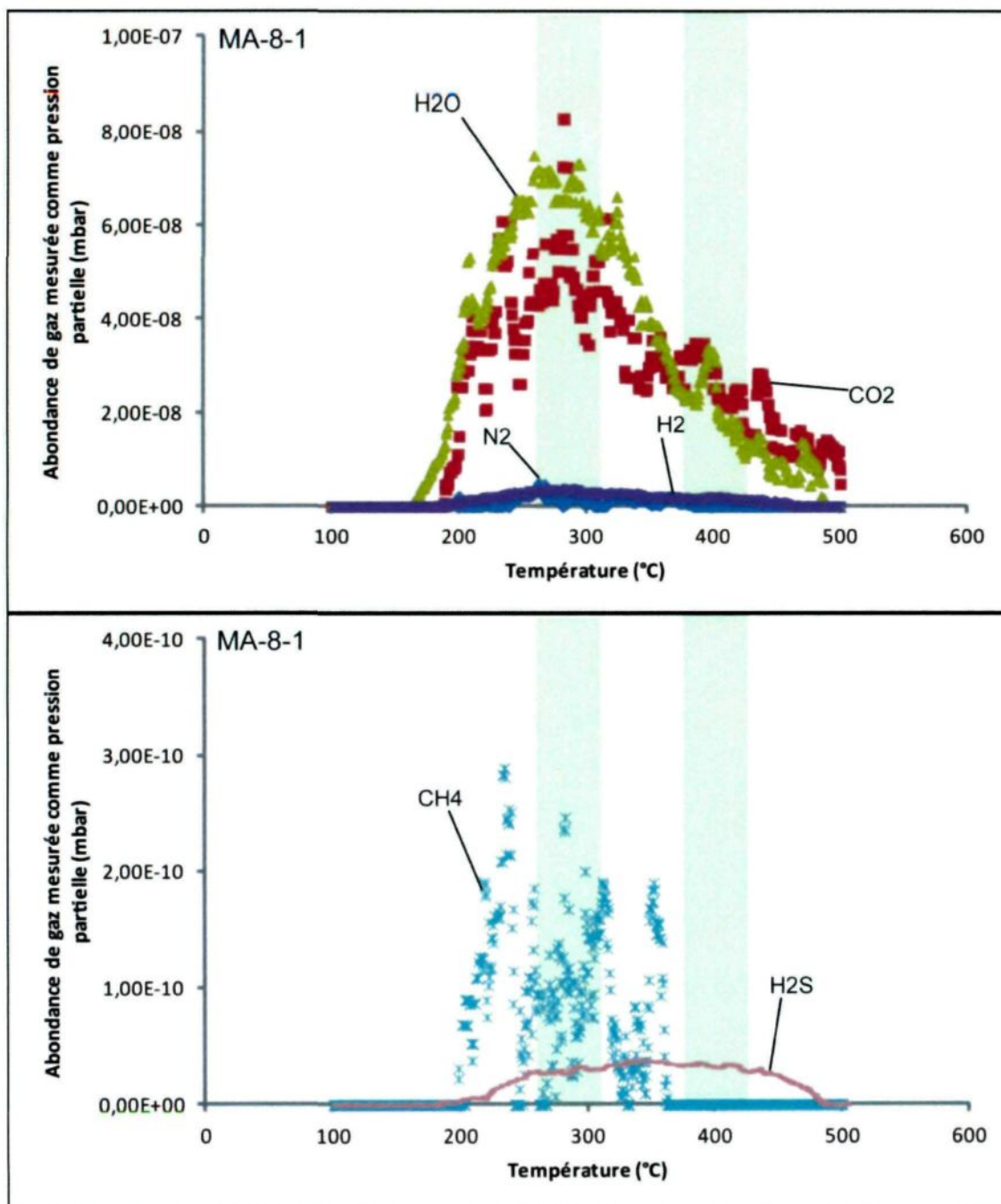
Annexe C2 : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Major)



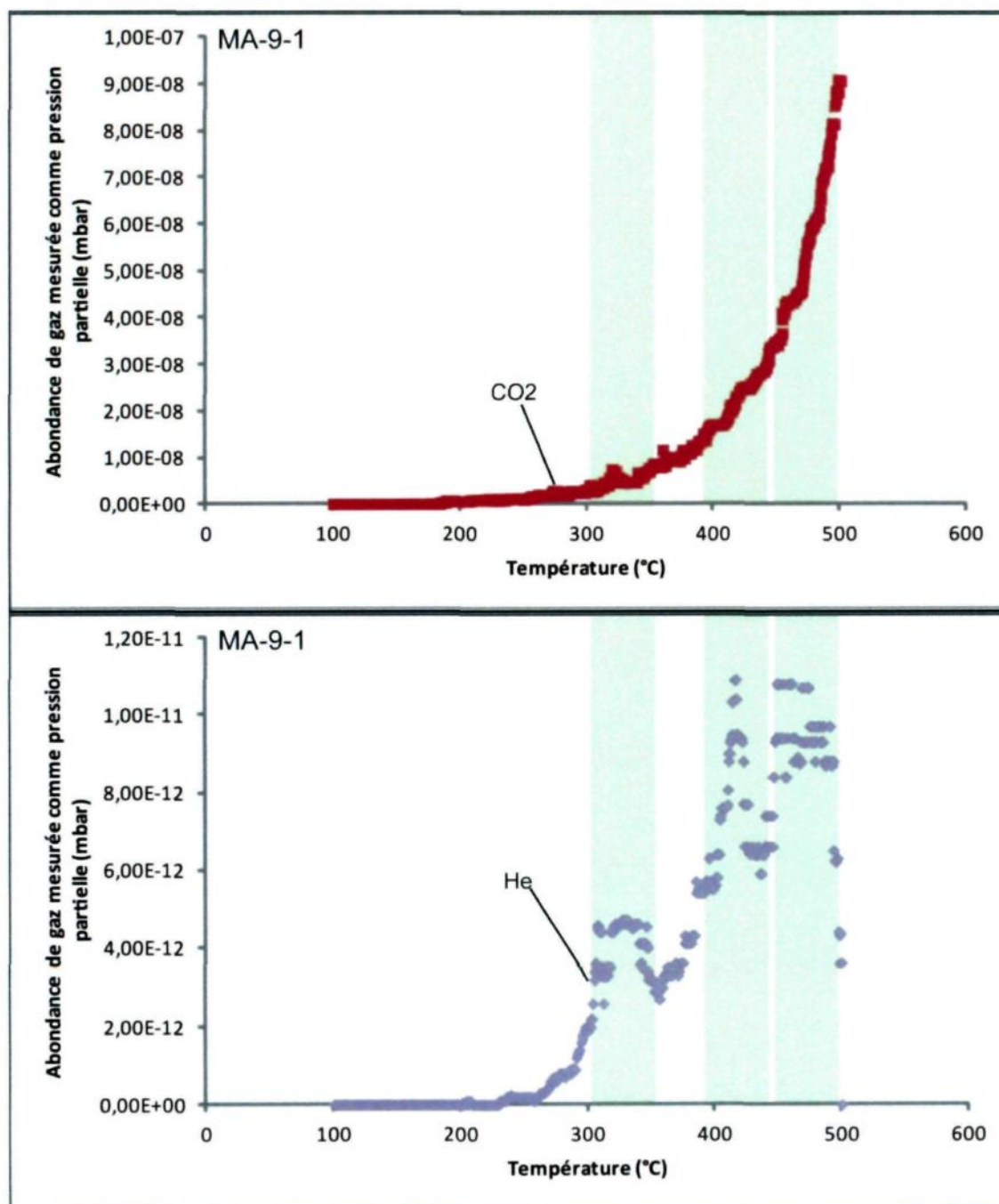
Annexe C2 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Major)



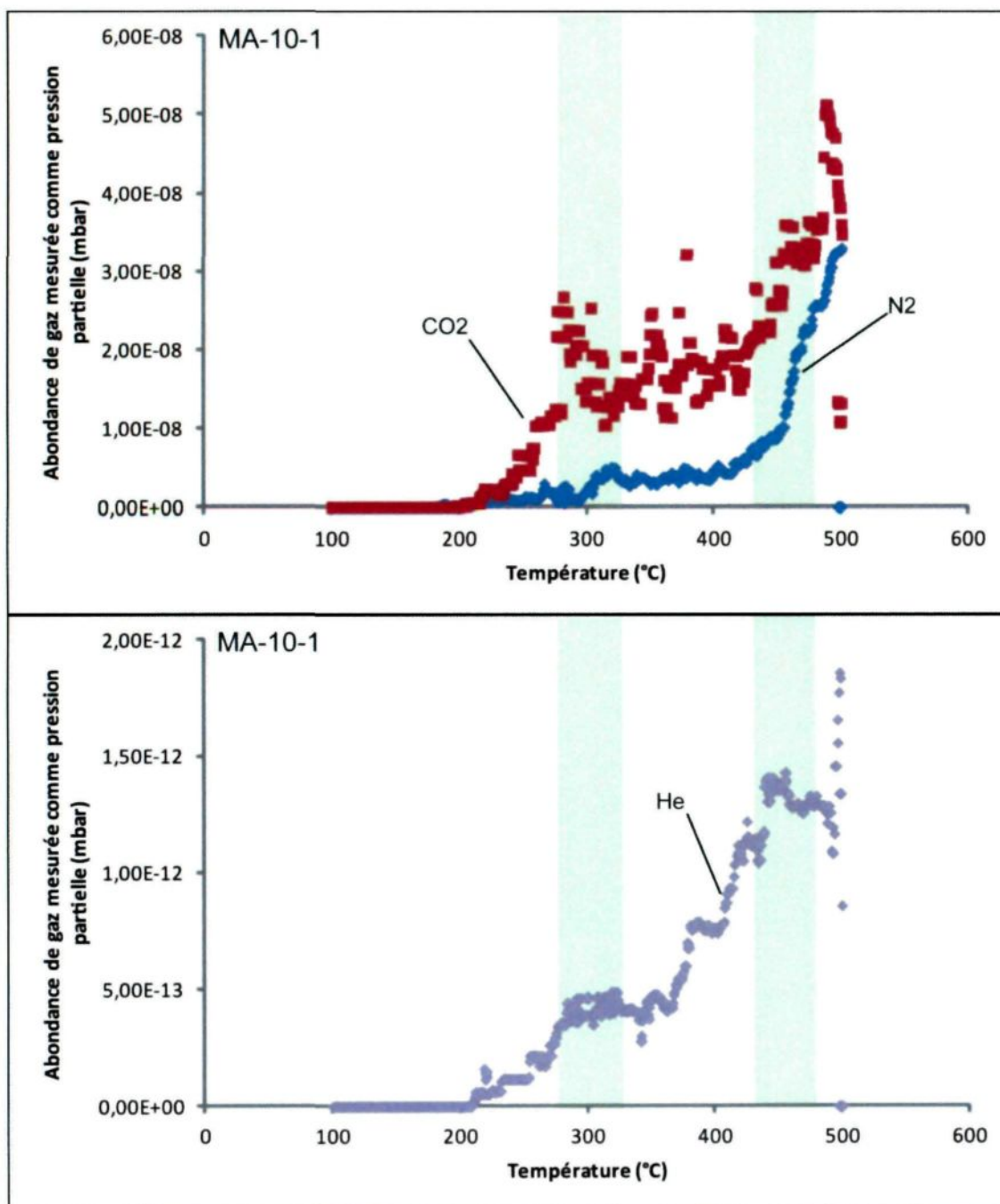
Annexe C2 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Major)



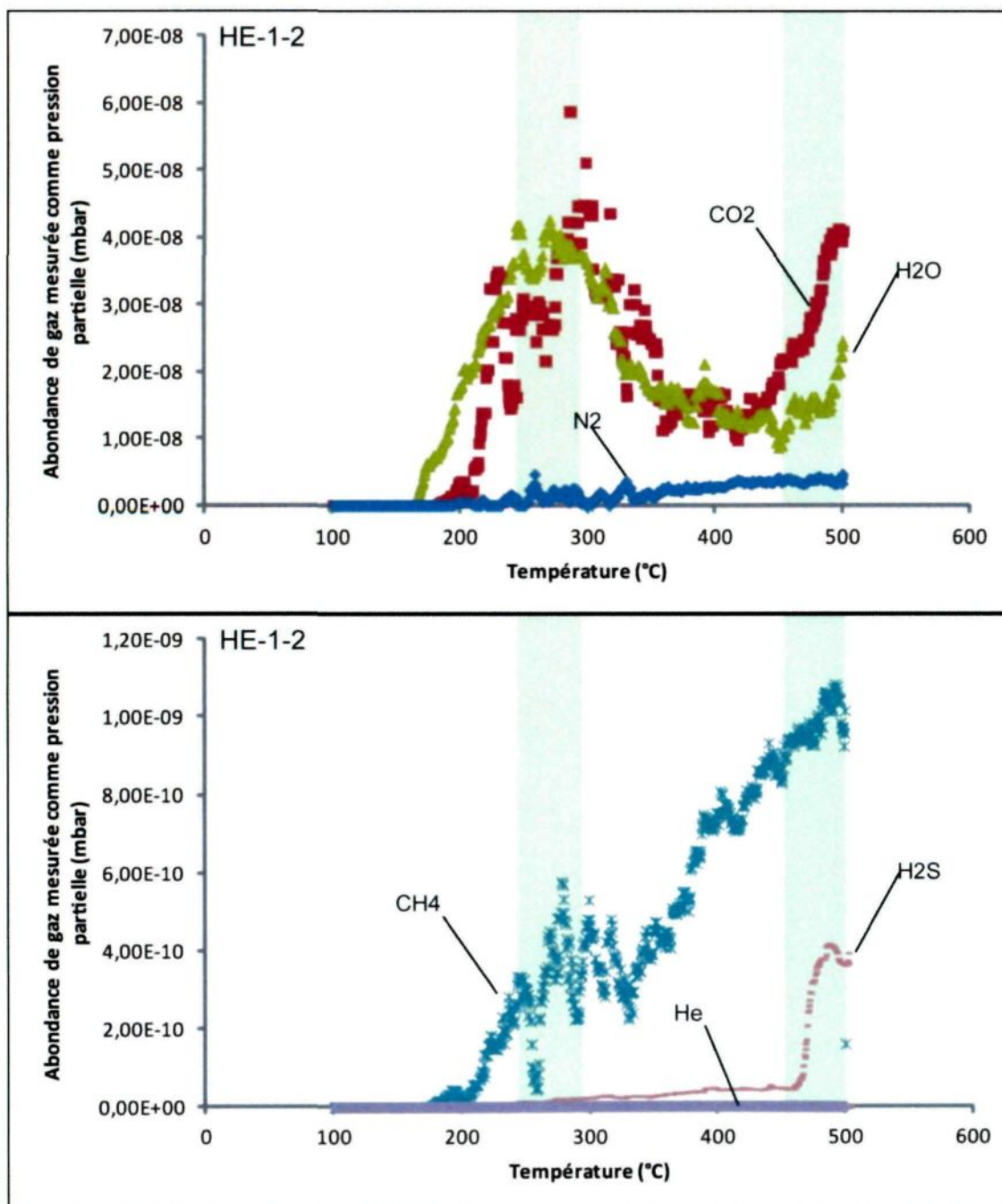
Annexe C2 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Major)



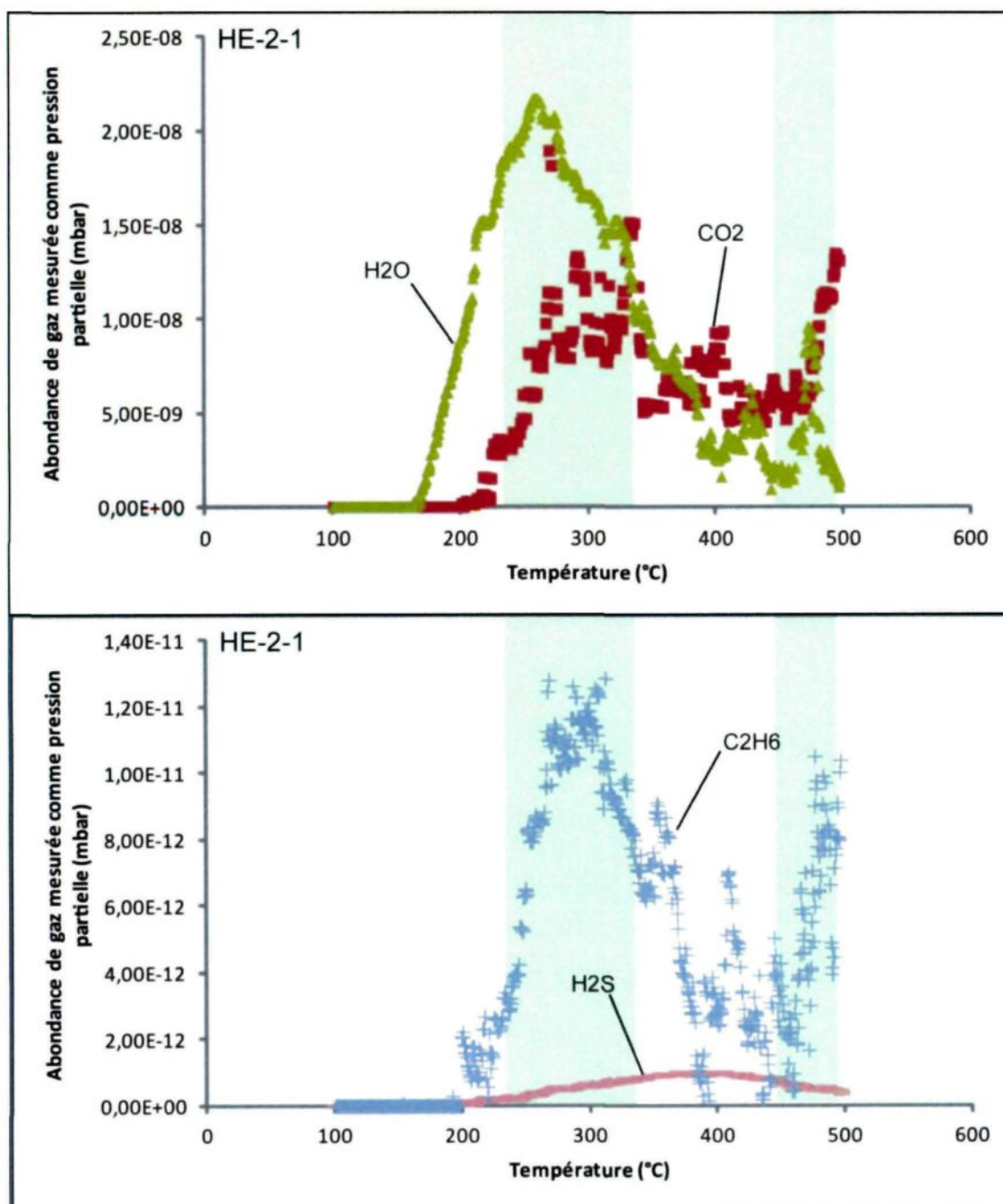
Annexe C2 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Major (décapage Major)



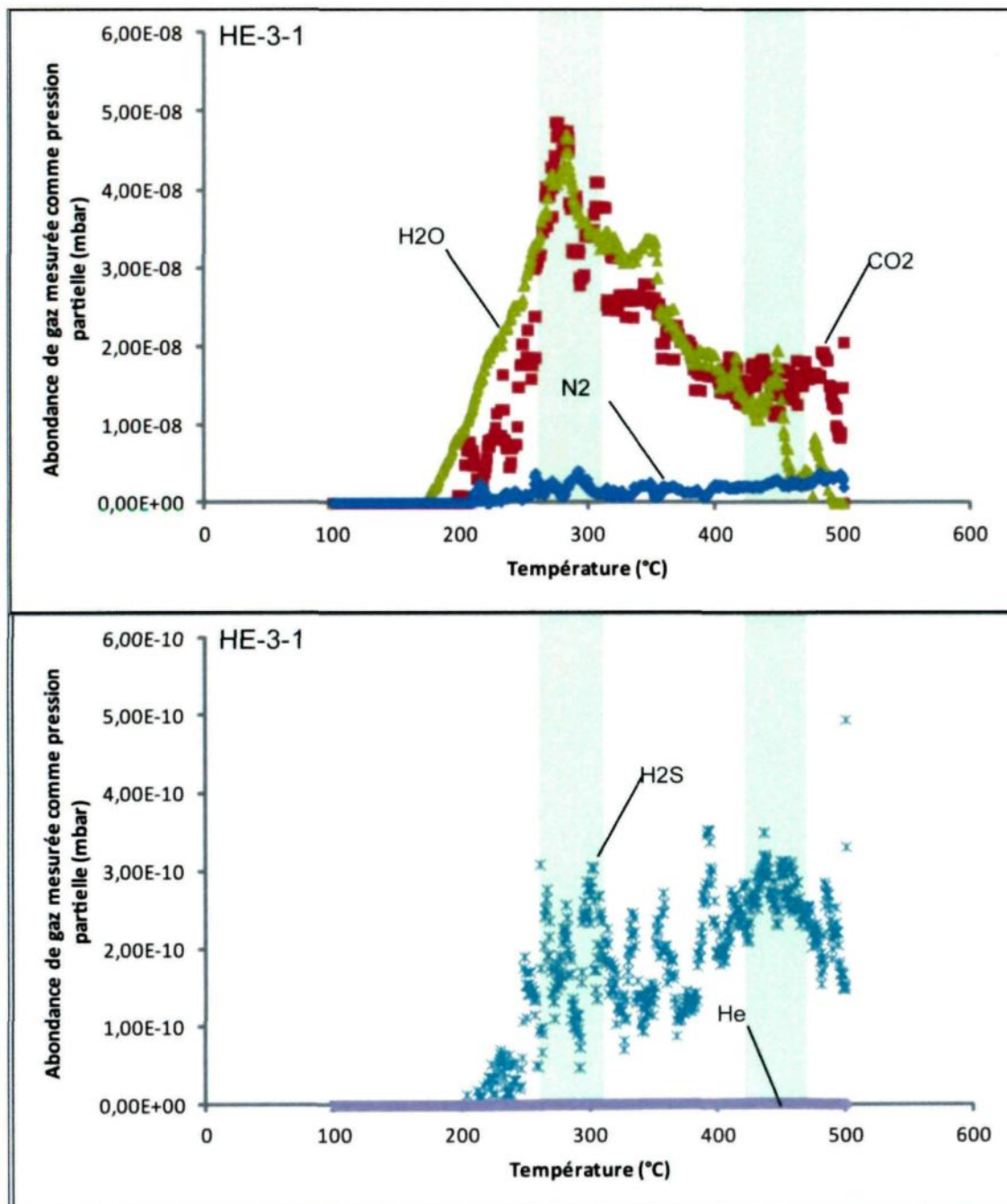
Annexe C3 : Résultats d'analyse des échantillons du forage Héva



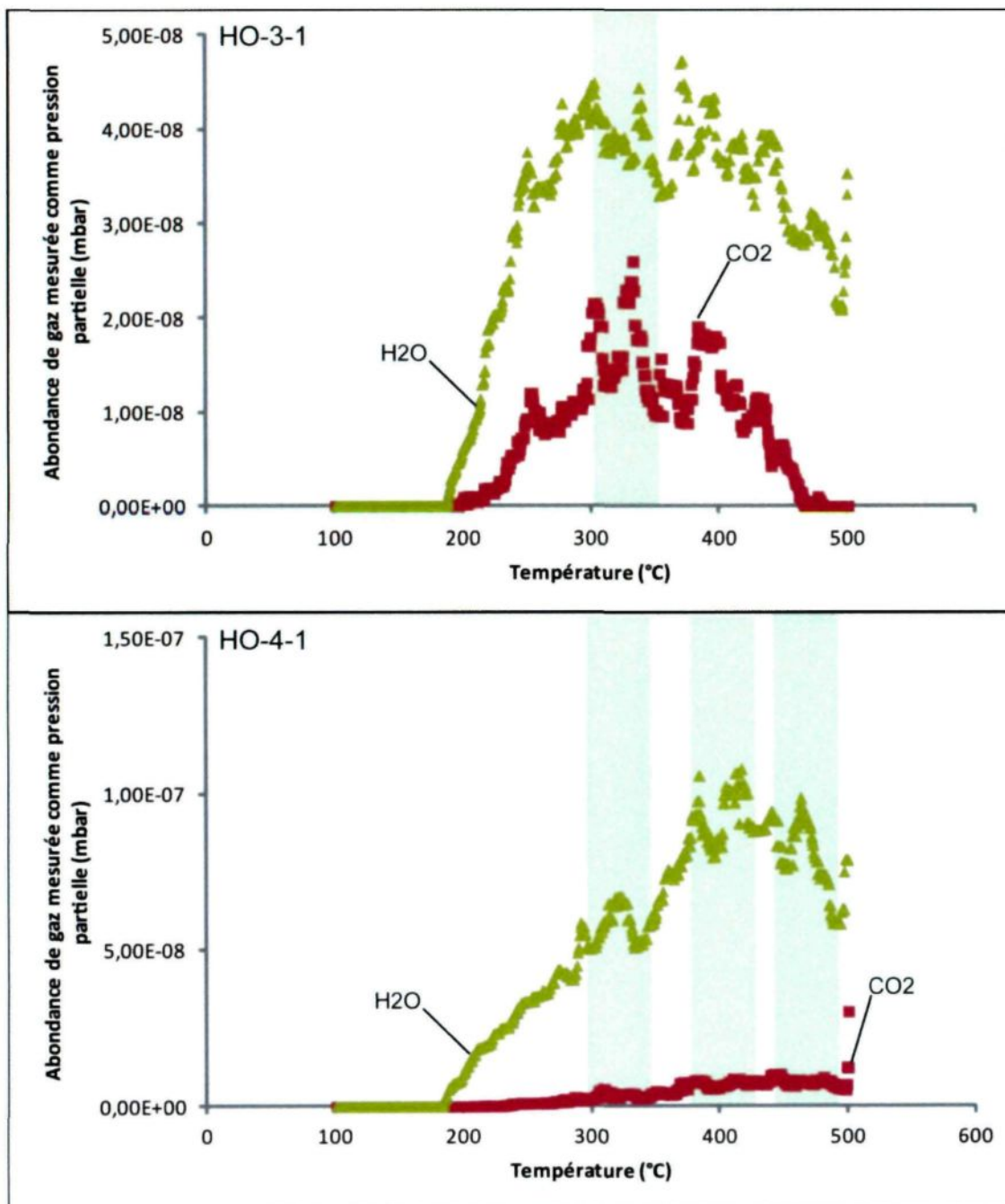
Annexe C3 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du forage Héva



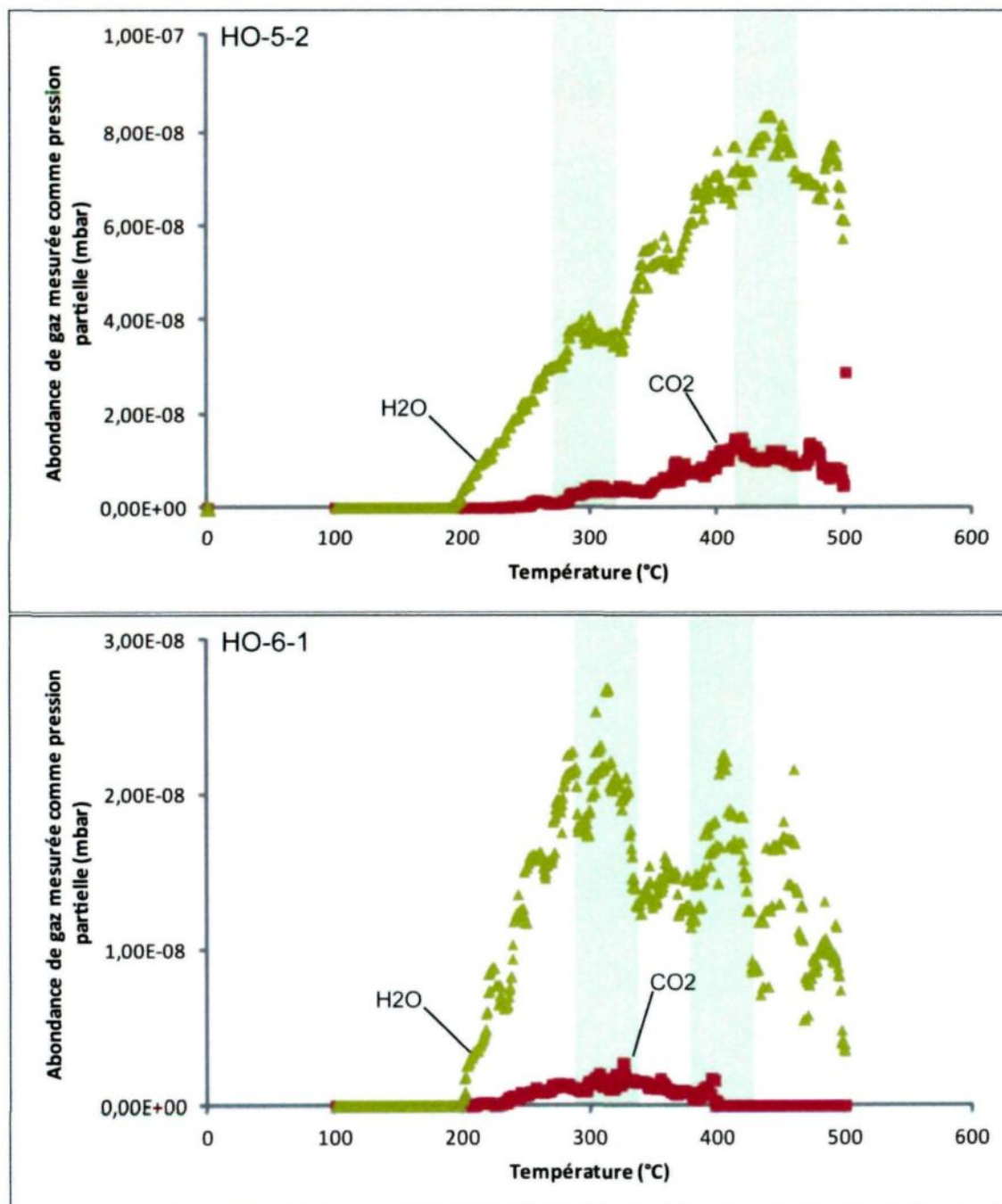
Annexe C3 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du forage Héva



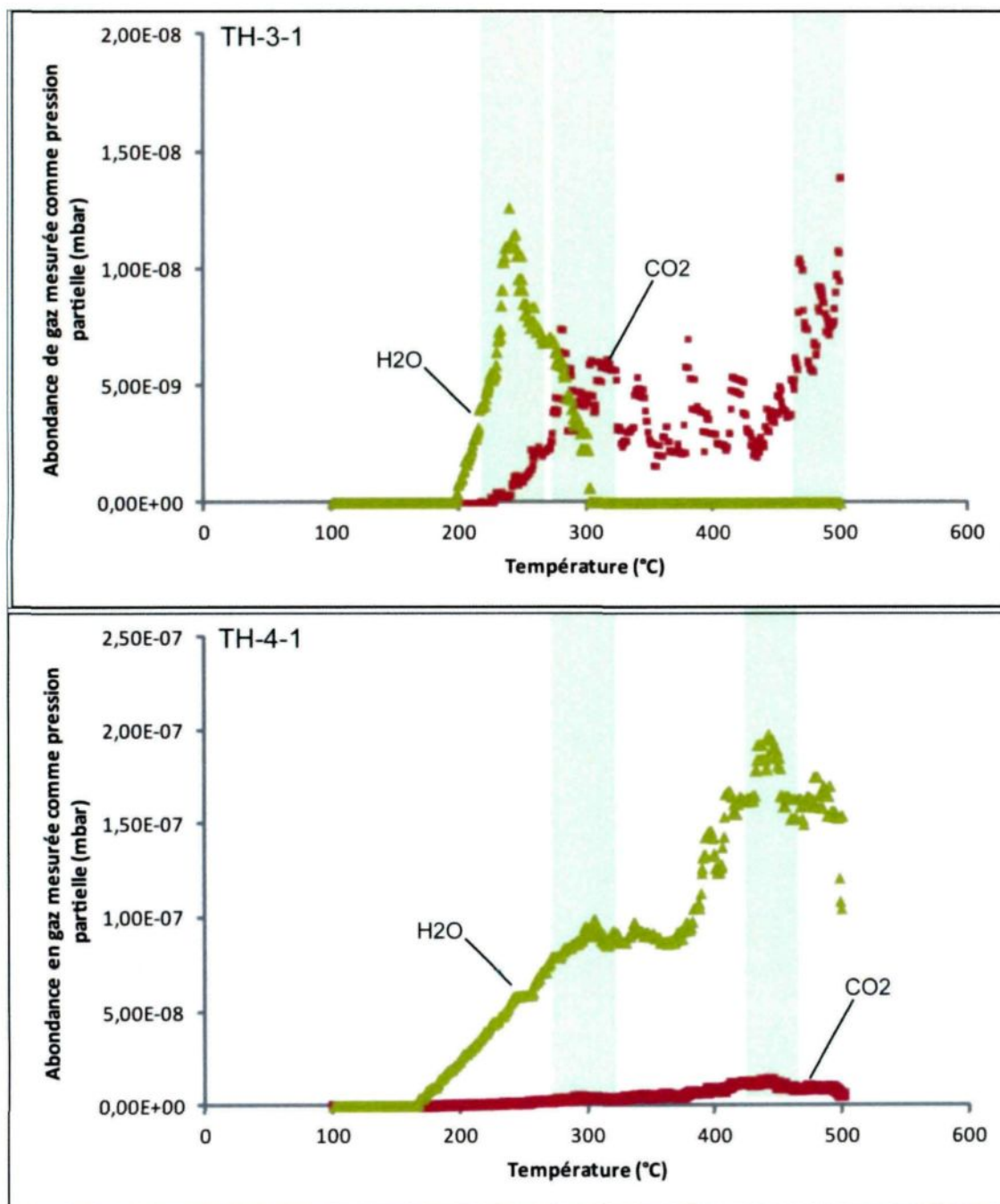
Annexe C3 : Résultats d'analyse des échantillons du site Hosco



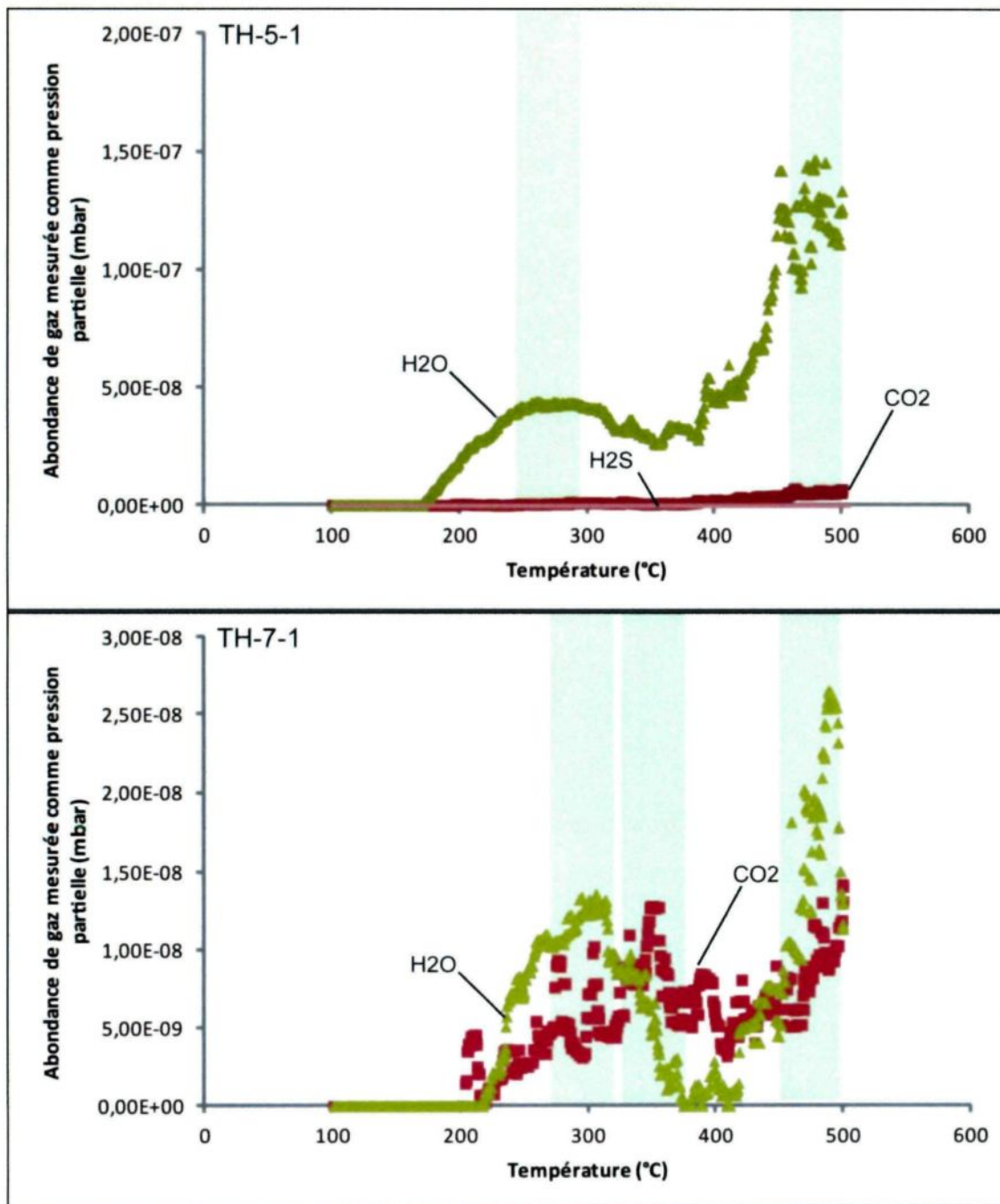
Annexe C3 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Hosco



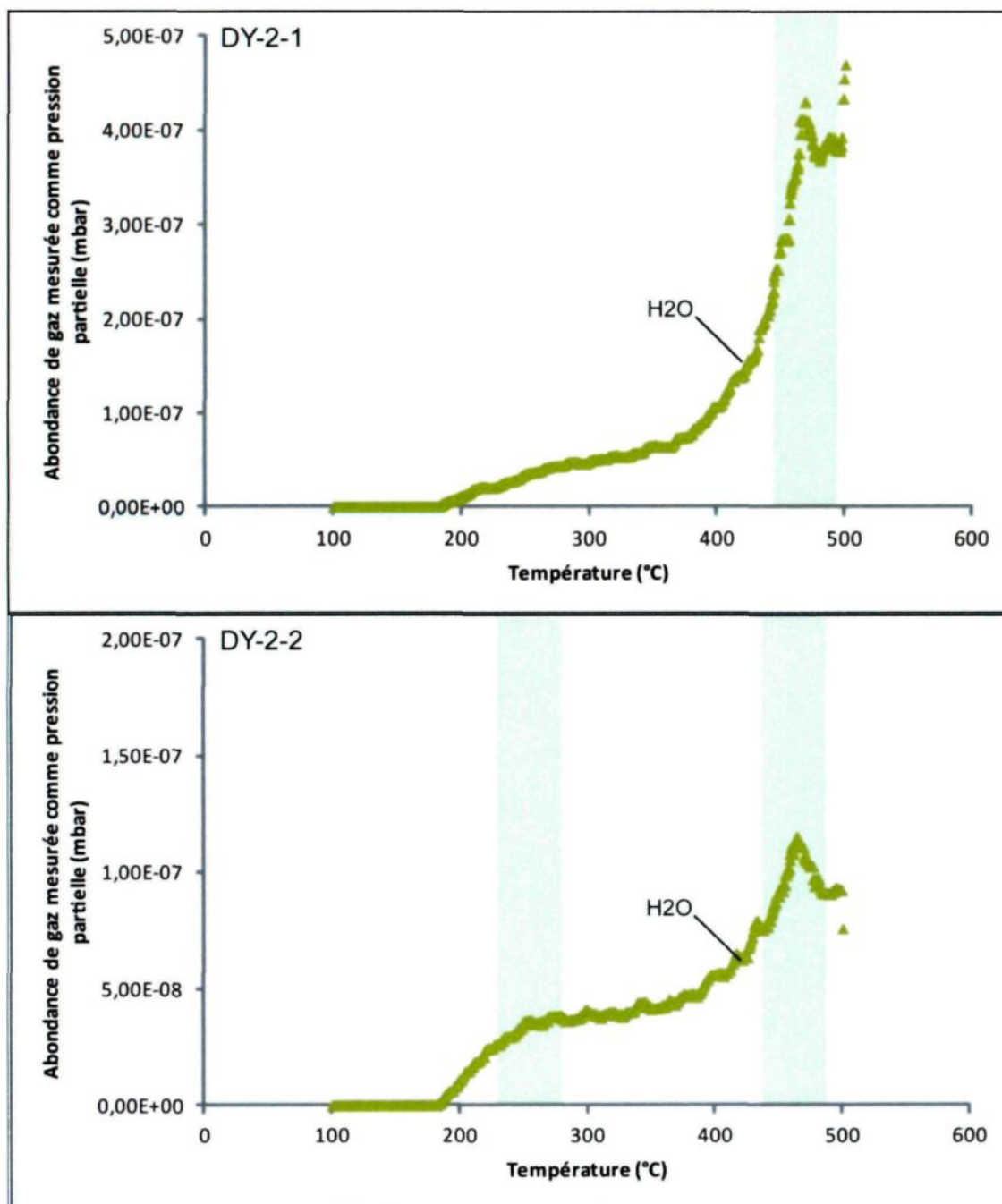
Annexe C4 : Résultats d'analyse des échantillons du site Tech Hugues



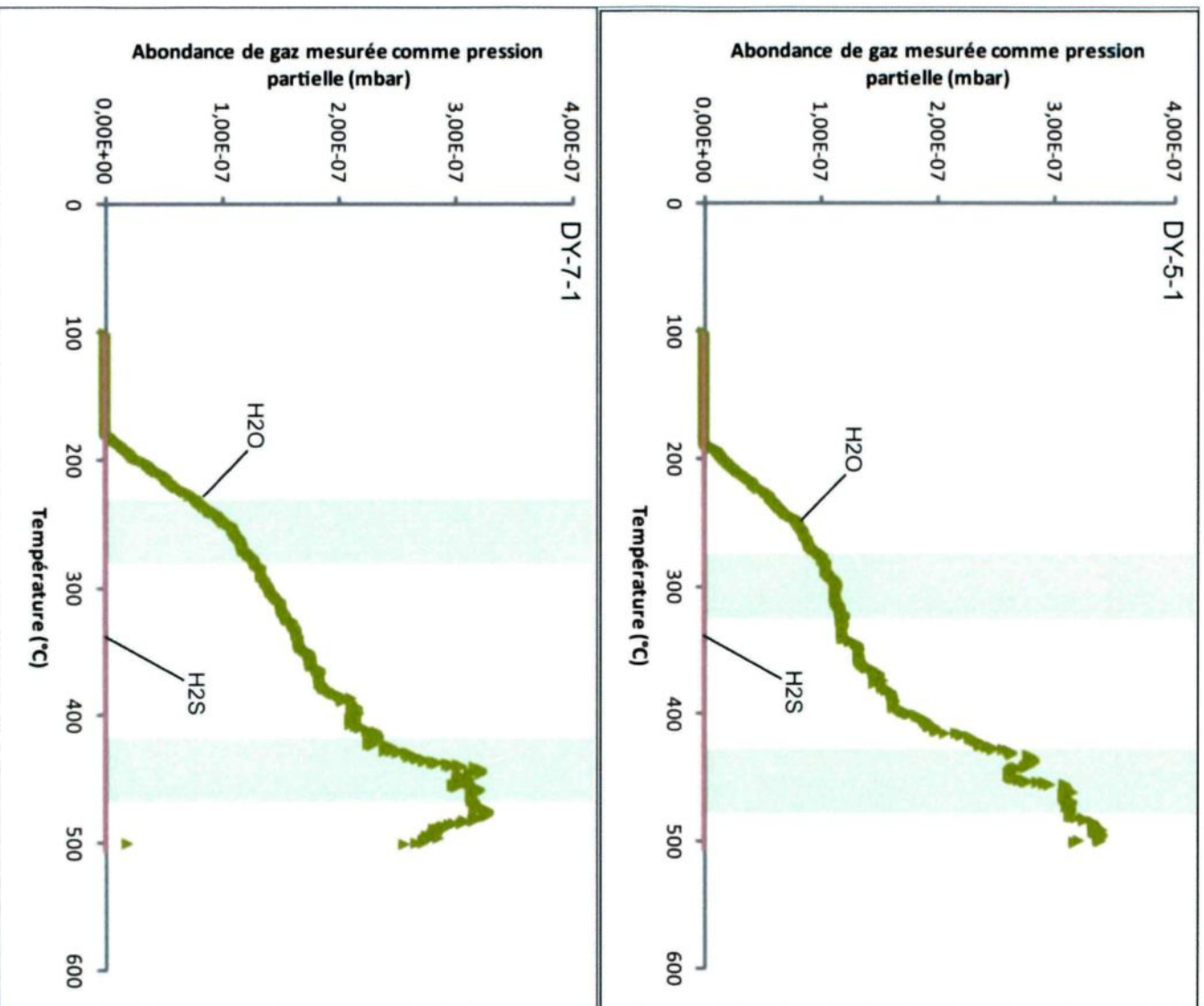
Annexe C4 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Tech Hugues



Annexe C5 : Résultats d'analyse des échantillons du site Marais Est



Annexe C5 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Marais Est



Annexe C5 (suite) : Résultats d'analyse des échantillons du site Marais Est

