

MATÉRIEL SUPPLEMENTAIRE AU MEMOIRE DE MAITRISE

***Metal Earth* à Chibougamau**

Géochimie, géométrie et mode de mise en place du Complexe d'Eau Jaune

KIEFFER Marie, 2019 ©

RESUMES ET POSTERS PRESENTES DANS LE CADRE DU CONGRES QUEBEC MINES + ENERGIE

Défi de la recherche en Géosciences

Editions 2018 et 2019



Synthèse cartographique de l'indice Moly-Desgagné : déformation et métamorphisme (Complexe à l'Eau Jaune, région de Chibougamau, Québec)

Marie Kieffer, Lucie Mathieu et Damien Gaboury (CERM, DSA, UQAC)

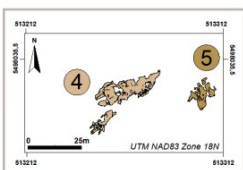
L'indice Moly-Desgagné (ou Lac Sébastien) est l'une des deux seules occurrences de molybdène (Mo) documentées dans la région de Chibougamau. Il s'agit d'une série de 6 décapages récents située dans le nord-est du Complexe à l'Eau-Jaune (CEJ). Le CEJ est l'une des plus importantes intrusions polyphasées du transect *Metal Earth* dans la région de Chibougamau, mais peu de travaux lui ont été consacrés. Ainsi, les données disponibles sont insuffisantes pour statuer sur sa nature et son évolution (géochimie), sa géométrie, sa structuration et sa profondeur de mise en place, ce qui rend difficile de replacer l'intrusion dans son cadre stratigraphique.

Durant la campagne de cartographie réalisée pour le transect sismique *Metal Earth* à l'été 2018, 31 jours de travaux ont été consacrés au CEJ. Ces travaux avaient pour objectif de documenter les différentes phases intrusives, leurs relations à la déformation et au métamorphisme ainsi que leurs chronologies de mise en place. Le second objectif était de déterminer la relation entre l'indice de Mo et l'évolution géologique du complexe. 12 jours de cartographie dans le CEJ ont permis de documenter et d'échantillonner les différentes lithologies observées. 19 jours ont été consacrés à la cartographie de détail des décapages de l'indice Moly-Desgagné. Ceux-ci constituent le meilleur secteur d'affleurements pour étudier la déformation ainsi que la minéralisation en Mo. Ils mettent en évidence une foliation ancienne, peu développée (N-S) et localement plissée. La foliation dominante (N110 à N130) est marquée par un alignement des amphiboles et des feldspaths (faciès métamorphique des amphibolites). Elle s'accompagne de dykes d'aspect bréchique et de couloirs de déformations subverticaux (mylonites anastomosées). Certains de ces couloirs sont riches en chlorite (métamorphisme rétrograde) et la foliation ancienne, toujours faiblement présente en bordure, implique une circulation de fluides hydrothermaux rétrogrades. L'activité hydrothermale est également manifestée par différentes générations de veines de tourmaline, quartz-tourmaline et quartz dans des réseaux de fractures cassantes. Elles contiennent localement de la pyrite, indiquant des conditions thermiques en équilibre avec le faciès des schistes verts. Les altérations en carbonates associées aux veines de tourmaline détruisent les fabriques anciennes. La minéralisation en Mo est principalement observée aux épontes des veines de quartz des zones de cisaillement N110 à N130 riches en chlorite, mais aussi sous la forme de flocons de molybdénite dans des veines de tourmaline noire plus tardives. Le système hydrothermal montre donc une évolution et la minéralisation en Mo est séquentielle.

[Contribution *Metal Earth* numéro MERC-ME-2018-054]

CERM : Centre d'Etudes sur les Ressources Minérales
DSA : Département des Sciences Appliquées
UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

Contexte



Localisation de deux des six découpes de l'indice Moly-Desgagné

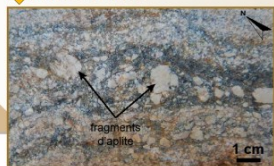
[Contribution Metal Earth MERC-ME-2018-054]

Avec une superficie de plusieurs centaines de km², le Complexe à l'Eau-Jaune (CEJ) est l'une des plus importantes intrusions polyphasées du transect *Metal Earth* à Chibougamau. Il contient l'indice Moly-Desgagné (ou Lac Sébastien), qui est l'une des deux seules occurrences de molybdène (Mo) documentées dans la région. Peu de travaux ont à ce jour été consacrés au CEJ et leurs résultats ne permettent pas de statuer sur la nature du ou des magmas (source, évolution), le mode et la profondeur de mise en place du complexe, sa structure et sa relation avec son encaissant. Par conséquent, le CEJ (non daté) ne peut actuellement pas être replacé dans la stratigraphie de la région de Chibougamau.

La campagne de cartographie de l'été 2018 a été réalisée dans l'ensemble du CEJ ainsi que sur les six découpes de l'indice Moly-Desgagné, qui constituent le meilleur secteur d'affleurements pour étudier la déformation, le métamorphisme et la minéralisation en Mo.

Les travaux ont permis de documenter les différentes phases intrusives du CEJ, leurs relations à la déformation, et d'établir une chronologie relative entre les unités. Des roches ayant subi un métamorphisme de haut grade (faciès des amphibolites) auxquelles se surimpose une minéralisation rétrograde et tardi-déformation ont également été mises en évidence dans le secteur de l'indice Moly-Desgagné.

a Aplite bréchifiée



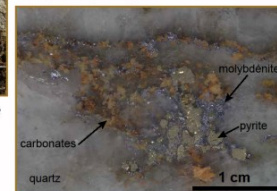
b Zone de cisaillement à chlorite



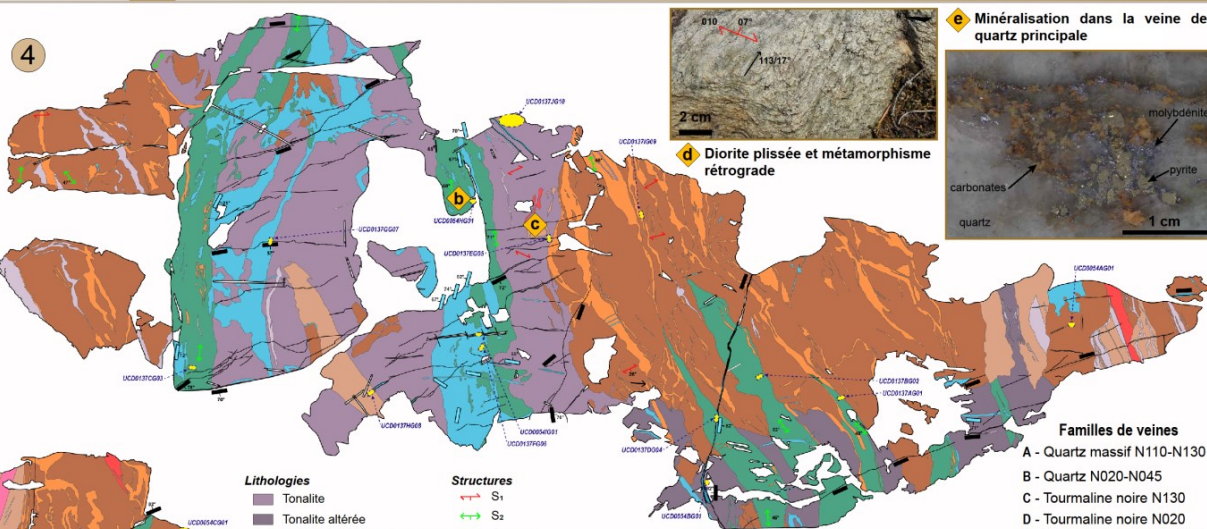
c Altération associée à la tourmaline



e Minéralisation dans la veine de quartz principale



d Diorite plissée et métamorphisme rétrograde



Familles de veines

- A - Quartz massif N110-N130
- B - Quartz N020-N045
- C - Tourmaline noire N130
- D - Tourmaline noire N020 (réimpruntent les veines A)
- E - Tourmaline noire N175

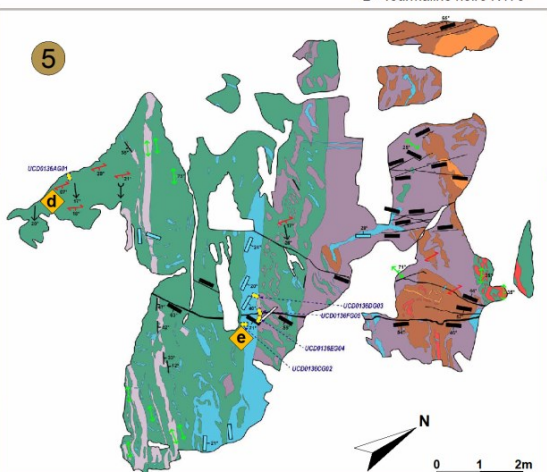
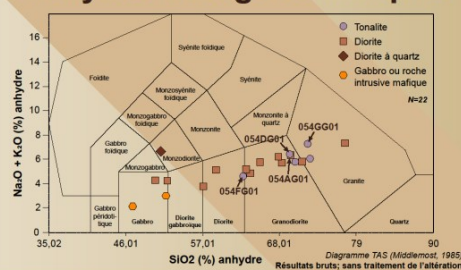
Chronologie

- Episodes intrusifs (magmatisme)
- Déformation ductile : métamorphisme de haut grade
- Fluides hydrothermaux rétrogrades et déformation

Perspectives

- Classification des phases intrusives
- Mesure des conditions P-T du métamorphisme
- Caractérisation de la déformation (lames minces)
- Caractérisation de la minéralisation

Analyses lithogéochimiques



***Metal Earth* à Chibougamau – le Complexe d’Eau Jaune : lien entre déformation, métamorphisme et minéralisations**

Marie Kieffer, Lucie Mathieu et Damien Gaboury (CERM, DSA, UQAC)

Le Complexe d’Eau Jaune (CEJ) est l’une des plus importantes intrusions polyphasées du transect *Metal Earth* dans la région de Chibougamau. Cependant, peu de travaux lui ont été consacrés et cette étude a pour objectif de déterminer la pétrogenèse, la géométrie, la structuration et la profondeur de mise en place du CEJ.

Les observations de terrain, les observations pétrographiques en lames minces et les analyses lithogéochimiques ont permis de montrer que le CEJ se met en place dans la Formation d’Obatogamau, dont des enclaves sont retrouvées dans chacune de ses phases. Aussi, le CEJ est constitué de six phases intrusives majeures appartenant à la série des tonalites-trondhjemites-granodiorites (TTG). Du plus précoce au plus tardif, ces phases sont : (1) la diorite 1, qui a un patron d’éléments de terres rares (ETR) peu fractionné ; (2) la diorite 2, qui est un produit de la différenciation de la diorite 1 ; (3) les tonalites 1 et 2 ; (4) les phases centrales 1 et 2. La tonalite 1 a un patron d’ETR fractionné avec une anomalie positive en Eu et un enrichissement en Lu. Elle est moins enrichie en ETR et plus riche en SiO₂ que la tonalite 2. Celle-ci présente une anomalie négative en Eu et un appauvrissement en Lu. La phase centrale 1 est issue d’une source mafique (amphibolite à grenats) tandis que la phase centrale 2 provient d’une source mantellique. Les calculs de géothermobarométrie sur les amphiboles montrent que ces phases se mettent en place à un niveau crustal profond, au faciès des amphibolites (3,5 à 6 kbar et environ 800 °C). Des conditions de 2,5 kbar et 750 °C sont obtenues pour les diorites 2, ce qui permet de formuler l’hypothèse que les phases centrales 1 et 2 seraient remontées dans les phases tonalitiques et dioritiques par le jeu de failles. L’étude structurale détaillée montre que le complexe est dans l’ensemble très peu déformé et a enregistré au moins deux phases de déformation (foliations N-S, puis E-O). La partie est du CEJ est ensuite traversée par un couloir de déformation ductile orienté N110 à N130. Une circulation de fluides hydrothermaux tardifs rétrogrades (compatibles avec des conditions de type schiste verts) est confinée dans ce corridor. Les minéralisations en molybdène de l’indice Moly-Desgagné sont associées à cet épisode tardif par rapport au métamorphisme et à la déformation. La nature du CEJ, sa profondeur de mise en place et les minéralisations rétrogrades sont atypiques dans le secteur de Chibougamau.

[Contribution *Metal Earth* numéro ME-2019-198]

CERM : Centre d’Etudes sur les Ressources Minérales

DSA : Département des Sciences Appliquées

UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

Le Complexe d'Eau Jaune : lien entre déformation, métamorphisme et minéralisations

Kieffer M., Mathieu, L. et Gaboury D. (CERM, DSA, UQAC)

[Contribution Metal Earth ME-2019-198]

Problématiques

Le Pluton de Chibougamau est connu pour ses minéralisations à Cu-Au. Il est polyphasé et la nature de ses phases est bien documentée. Le Complexe d'Eau Jaune (CEJ) est la seconde intrusion polyphasée la plus volumineuse du transect *Metal Earth* à Chibougamau, mais peu de travaux lui ont été consacrés (Mueller et al. 1989 ; Tait 1992) et la nature de ses phases est peu documentée.

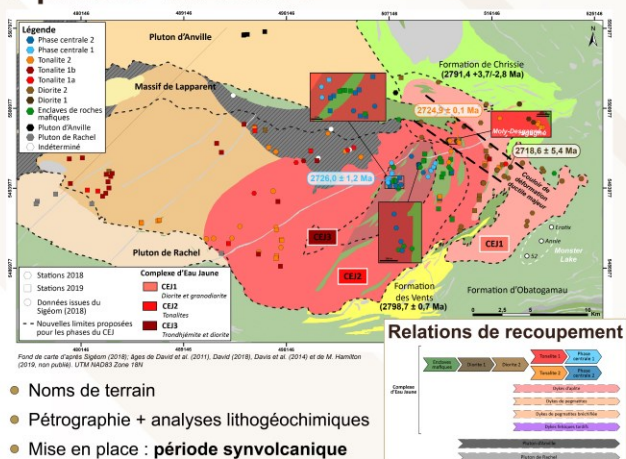
Le CEJ est en contact avec les roches volcaniques les plus anciennes de la région de Chibougamau : la Formation des Vents (2798,7 ± 0,7 Ma) et la Formation de Chrissie (2791,4 ± 3,7 / -2,8 Ma) (David et al. 2011 ; Davis et al. 2014).

Le CEJ contient l'indice Moly-Desgagné, l'un des deux seuls indices de Mo connus dans la région de Chibougamau, le second étant le gîte MOP-II.

- Documenter la pétrogenèse du CEJ
- Établir les relations entre le CEJ et ses roches encaissantes
- Évaluer la nature du lien entre le CEJ et l'indice Moly-Desgagné (Mo)

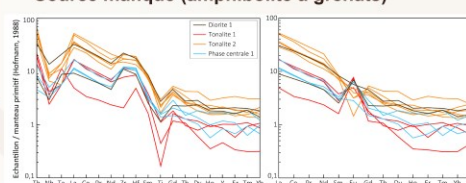
→ Replacer le CEJ dans la stratigraphie locale
Proposer un modèle de mise en place et un style de minéralisation pour l'intrusion

6 phases intrusives

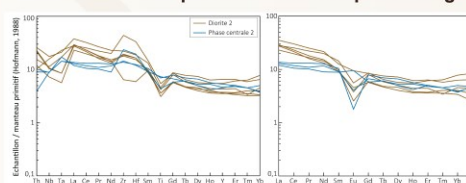


2 magmas de sources différentes

Source mafique (amphibolite à grenats)



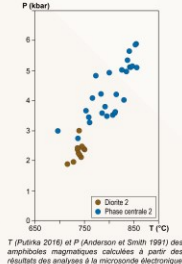
Source mantellique métasomatisée par un magma possiblement de type TTG



* noms de terrain

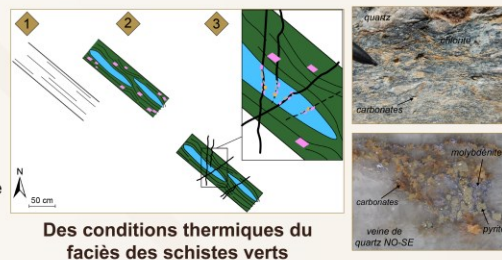
Mise en place au faciès des amphibolites

- Cristallisation des épidotes (25 km) et des amphiboles magmatiques (19 à 7 km; 700 à 850 °C) pendant la remontée des magmas
- Déformation syn-magmatisme : faciès des amphibolites
 - D_{1-CEJ} : foliations N-S (locales)
 - D_{2-CEJ} : foliations E-O
 - corridor de déformation ductile NO-SE
- Mise en place finale : 8,3 à 4,3 km de profondeur, dans des formations volcaniques qui sont au faciès métamorphique des schistes verts (Fm des Vents, Chrissie et Obatogamau)



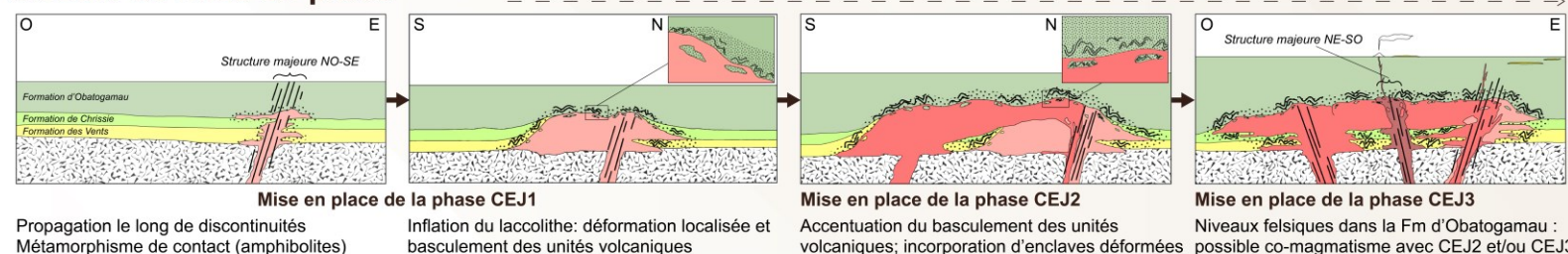
Déformation tardive, minéralisations en Mo rétrogrades

- Rejeu du couloir de déformation NO-SE période syntectonique événement D₂ régional probable
- Veines de quartz NO-SE altérations de type orogénique (chlorite, carbonates, séricite, pyrite)
- Fractures N-S à NE-SO veines de tourmaline / quartz-tourmaline Mo remobilisé des roches intrusives, qui cristallise avec carbonates et pyrite dans les fractures des veines de quartz



Modèle de mise en place

Synvolcanique : pendant le volcanisme de la Formation d'Obatogamau (enfouissement)



RAPPORTS DE TRAVAUX DE TERRAIN

ETE 2018 ET ETE 2019

Initiative *Metal Earth*



Rapport des travaux réalisés à l'été 2018 – version publiée en anglais, disponible sur :

https://merc.laurentian.ca/sites/default/files/paper_8_kieffer_final_english.pdf

Rapport des travaux réalisés à l'été 2019 – version publiée en anglais, prochainement disponible sur :

<https://merc.laurentian.ca/research/metal-earth/reports>

Géométrie, géochimie et mode de mise en place du Complexe d'Eau Jaune, région de Chibougamau, Québec

M. Kieffer, L. Mathieu et D. Gaboury

Centre d'Etudes sur les Ressources Minérales, Département des Sciences Appliquées, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec G7H 2B1

INTRODUCTION

Le Complexe d'Eau-Jaune (CEJ) est une intrusion polyphasée située dans la région de Chibougamau, au nord-est de la Sous-province de l'Abitibi. Les roches du CEJ ont été soumises à des déformations ductiles et à un haut degré de métamorphisme ; ainsi, ce complexe pourrait représenter l'un des rares exemples de croûte profonde documenté en Abitibi. Il s'agit d'un complexe peu étudié dont la profondeur, le mécanisme de remontée, l'âge et la relation avec la stratigraphie de la région de Chibougamau restent indéterminés.

La superficie du CEJ, de plusieurs centaines de kilomètres carrés, en fait l'une des plus importantes intrusions du transect sismique du projet *Metal Earth* dans la région de Chibougamau. Cependant, peu de travaux ont été consacrés au CEJ et leurs résultats ne permettent pas de statuer sur la nature (géochimie) et la géométrie du complexe, ni même sur sa structure et sa profondeur de mise en place. Par conséquent, il est difficile de replacer le CEJ dans son cadre stratigraphique, ce qui est pourtant essentiel à l'interprétation du transect de Chibougamau. De plus, un indice de molybdène (Mo), connu depuis les années 1970, a été redécouvert en 2009 dans l'une des phases du CEJ. Cet indice, appelé Moly-Desgagné (ou Lac Sébastien), correspond à une série de six décapages récents (2009 à 2017) situés dans le nord-est du complexe, à proximité du contact entre deux phases magmatiques (figure 1). A l'heure actuelle, il s'agit de l'un des deux seuls indices de Mo documentés dans la région de Chibougamau, le premier correspondant au gîte MOP-II à Au-Cu-Mo situé au nord-ouest de Chibougamau (Lépine, 2009).

Le CEJ a fait l'objet de travaux cartographiques au cours de l'été 2018, afin d'apporter de nouvelles données au projet de cartographie du transect sismique de Chibougamau. Ces travaux avaient pour objectif principal de documenter les différentes phases du CEJ, leurs relations à la déformation et au métamorphisme, ainsi que les aspects chronologiques de leur mise en place. Le second objectif était de déterminer la relation entre l'indice de Mo et l'évolution géologique du complexe. Le présent rapport fait état des résultats de cartographie préliminaires pour le CEJ et pour les décapages de l'indice Moly-Desgagné.

GÉOLOGIE RÉGIONALE

La Sous-province archéenne de l'Abitibi est constituée d'un assemblage de roches volcaniques et sédimentaires recoupées par des intrusions. Les grandes masses plutoniques de la Sous-province de l'Abitibi sont peu travaillées, car elles sont généralement considérées comme étant stériles par rapport aux roches volcaniques. Le CEJ ne fait pas exception à la règle. La synthèse des informations disponibles sur le CEJ et sa relation avec la stratigraphie locale est présentée ci-après. Elle illustre la problématique soulevée au niveau de l'interprétation du transect sismique du projet *Metal Earth* dans la région de Chibougamau.

Le CEJ est situé à l'extrémité est du Massif de Lapparent (figure 1), qui est une masse pré-tectonique de gneiss tonalitique à dioritique, appartenant à la série de type Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite (TTG) et correspondant à des niveaux crustaux profonds exhumés par l'action de mécanismes encore peu documentés (Mueller et al. 1989 ; Chown et Mueller 1992 ; Chown et al. 2002). Ce point est particulièrement important en ce qui concerne le projet *Metal Earth*, puisque l'exhumation des parties profondes de la croûte est caractéristique des orogènes post-archéens et que la croûte ancienne pourrait ne pas être suffisamment rigide pour permettre le développement de ce type de processus (Zibra et al. 2017). La documentation d'un processus d'exhumation en Abitibi permettrait donc de mieux renseigner la transition néoarchéenne entre les processus tectoniques anciens et modernes. Le Massif n'a pas été daté et est recoupé par des plutons polyphasés tonalitiques syn- à post-tectoniques, dont fait potentiellement partie le CEJ (Racicot et al. 1984 ; Midra et al. 1991).

Le CEJ a été interprété comme une intrusion faisant partie de la série de type TTG et mise en place à la transition entre les périodes synvolcanique et syntectonique (Legault 2003 ; Faure 2012). Selon Tait (1992), le CEJ est formé d'une phase précoce mineure de diorite à diorite quartzifère (I), et de trois phases tardives de tonalite (II, III et IV) qui contiennent des enclaves de roches volcaniques. La phase I est considérée comme étant possiblement synvolcanique tandis que les phases II, III et IV seraient syntectoniques. Cela diffère de l'interprétation de Chown et al. (2002) proposant que la totalité du CEJ serait synvolcanique. Aucune des phases magmatiques du CEJ n'a fait l'objet d'une datation absolue, et les données géochimiques disponibles sont insuffisantes pour conclure sur la nature synvolcanique à syntectonique des différentes phases du CEJ.

L'intrusion polyphasée du CEJ est donc en contact avec les roches appartenant au Massif de Lapparent, à l'ouest. Elle est également en contact avec les basaltes de la Formation d'Obatogamau à l'est, et surtout avec les plus anciennes laves de la Sous-province de l'Abitibi au nord-est et au sud (figure 1). En effet, le CEJ est en contact avec les roches volcaniques intermédiaires datées à $2791,4 \pm 3,7/-2,8$ Ma (Leclerc et al. 2010 ; David et al. 2011) appartenant à la Formation de Chrissie. Il est également en contact avec des roches volcaniques mafiques et felsiques datées à $2798,7 \pm 0,7$ Ma (Mueller et al. 1989 ; Davis et al. 2014), qui sont initialement décrites en tant que Membre des Vents par Potvin (1991) mais rapportées en tant que Formation des Vents par Leclerc et al. (2017). Il s'agit des plus anciennes roches de la région de Chibougamau et de la Sous-province de l'Abitibi. Mueller et al. (1989) et Tait (1992) ont émis l'hypothèse selon laquelle le CEJ serait un complexe subvolcanique qui aurait alimenté le volcanisme de la Formation des Vents et qui serait donc comagmatique avec le CEJ. Ainsi, le CEJ serait du même âge ou plus ancien que la Formation des Vents. Or, le CEJ n'a pas été daté, la Formation de Chrissie et la Formation des Vents affleurent peu et leurs relations avec l'intrusion du CEJ sont peu documentées.

UNITÉS LITHOLOGIQUES DU CEJ ET MÉTAMORPHISME

Les principales unités lithologiques observées dans le CEJ sont des roches intrusives de composition felsiques à intermédiaire. Les limites entre les différentes « phases » du CEJ, telles que définies sur la carte dressée par le Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec (SIGEOM 2016 ; figure 1) seront utilisées afin de présenter et de situer les résultats préliminaires. Ainsi, la phase centrale (CEJ3) est caractérisée par une tonalite à grains grossiers (1-3 mm en moyenne) qui semble être assez homogène d'un affleurement à l'autre (figure 2A). La phase intermédiaire (CEJ2) est homogène dans la partie ouest-sud-ouest du complexe, où il s'agit encore d'une tonalite à grains grossiers. Cette dernière est toutefois différente de la tonalite observée dans la phase CEJ3, car elle est plus altérée, de couleur plus pâle et renferme fréquemment des baguettes d'amphiboles. Le reste de la phase CEJ2 n'est pas homogène puisque qu'elle contient d'autres unités lithologiques associées à la tonalite citée précédemment : de la diorite à grains grossiers, de la diorite à grains fins, des injections felsiques ainsi que des roches mafiques (amphibolites généralement). Bien qu'elle semble constituer l'unité lithologique la plus représentative de la phase CEJ2, la diorite est plus ancienne que la tonalite, car elle est systématiquement recoupée par cette

dernière ou retrouvée en enclave (figure 2B). Des dykes d'aspect bréchique recoupent l'ensemble de ces unités. Ils sont constitués de fragments d'aplite entourés par des rubans de quartz grisâtre (figure 2C). Il est à noter que la partie la moins homogène de la phase CEJ2 est rubanée sur la majorité des affleurements visités. La phase CEJ1-CEJ (indéterminé), localisée sur le pourtour est et sud-est du complexe, est représentée par une diorite, très souvent rubanée et ici encore recoupée par des injections tonalitiques, mais moins abondantes que celles observées dans la phase CEJ2.

Des enclaves de roches volcaniques métamorphisées au faciès des amphibolites ont été relevées sur l'ensemble de la partie est du complexe. Les glomérocristaux de feldspaths, dont la dimension varie de 2 mm à 4 cm, indiquent qu'il s'agit probablement d'enclaves provenant de la Formation d'Obatogamau (figure 2D). Les phases du CEJ contenant ces enclaves ne peuvent donc pas être comagmatiques avec la Formation des Vents.

L'indice Moly-Desgagné se trouve dans la phase CEJ2 et ses décapages mettent en évidence la complexité de l'intrusion ainsi que le degré de métamorphisme des roches de cette phase. Ainsi, il montre l'ensemble des unités lithologiques de la phase CEJ2, rubanées, plissées, déformées et métamorphisées au faciès des amphibolites. Localement, des couloirs de déformation contenant de la chlorite indiquent que ces roches ont subi un métamorphisme rétrograde.

DEFORMATION, ALTÉRATION ET MINÉRALISATION

Les décapages de l'indice Moly-Desgagné constituent la meilleure exposition d'affleurements pour étudier les différents épisodes de déformation, ainsi que la minéralisation en Mo. Ils montrent une foliation peu marquée (ancienne), orientée nord-sud et avec un faible pendage vers l'est (N025/20°). Celle-ci renferme une linéation d'étirement à faible plongée vers l'est (20°). Cette foliation est localement plissée, avec des plis ouverts à asymétriques de taille centimétrique, dont l'axe est colinéaire aux linéations d'étirement. La foliation dominante est quant à elle orientée N110 - N130 et est marquée par un alignement des amphiboles et des feldspaths (faciès métamorphique des amphibolites). Elle s'accompagne de couloirs de déformation subverticaux et orientés est-ouest (mylonites anastomosées). Les dykes d'aspect bréchique orientés est-ouest sont probablement associés à cet épisode de déformation, les rubans de quartz étant typiques des mylonites. Aucune relation de recoupement directe n'a été observée entre les deux fabriques. Il est donc possible que la foliation nord-sur ait subi un raccourcissement qui aura eu pour résultat de la réorienter selon une direction est-ouest. Plusieurs autres affleurements du CEJ ont également une texture fortement foliée, pratiquement gneissique, selon une direction N110 - N130. Ils sont situés uniquement dans le prolongement de la zone de déformation de l'indice Moly-Desgagné, ce qui permet de suspecter la présence d'une zone de déformation de plus grande échelle. Enfin, certains couloirs de déformation est-ouest sont totalement remaniés par une altération rétrograde en chlorite. La foliation ancienne y est toujours faiblement présente en bordure. Cette chloritisation implique une circulation de fluides hydrothermaux d'altération rétrograde. La schistosité est-ouest est alors confinée aux couloirs de déformation ayant subi les effets de l'altération rétrograde causée par les fluides hydrothermaux.

Outre la chloritisation, l'activité hydrothermale se manifeste sous forme de différentes générations de veines de tourmaline, de quartz-tourmaline et de quartz dans des réseaux de fractures cassantes. La présence de pyrite dans certaines veines de quartz et d'aplite implique des conditions thermiques en équilibre avec un degré de métamorphisme au faciès des schistes verts. Le système hydrothermal ne peut donc se manifester qu'à partir du dernier épisode de déformation. Cinq familles de veines ont été individualisées, et les relations de recoupement indiquent la chronologie de mise en place suivante :

1. Une première génération de veines de quartz blanc massif orientées N110-130 est confinée aux zones de cisaillement affectées par une altération rétrograde en chlorite ; les veines sont à faible pendage, contiennent des cubes de pyrite, et présentent localement une texture saccharoïde ;

2. Des veines de quartz orientées N020 - N045, également sécantes à la foliation des roches encaissantes ; de la même façon, un dyke d'aplite de direction similaire (N090) recoupe cette foliation ;
3. Une première génération de veines de tourmaline noire de direction environ N130 ;
4. Des veines de tourmaline noire orientées N020 réempruntant localement des veines de quartz ; et
5. Une génération tardive de veines de tourmaline noire de direction N175 recoupant les veines de l'ensemble des épisodes précédents ; la figure 3 est un exemple des différentes générations de veines de quartz, de quartz-tourmaline et de tourmaline, observées sur l'un des décapages de l'indice Moly-Desgagné.

La minéralisation en Mo est majoritairement située aux épontes des veines de quartz présentes dans les zones de cisaillement est-ouest affectées par l'altération rétrogrades en chlorite. L'exemple le plus marquant est la poche de molybdénite massive en bordure d'une veine de quartz, qui constitue l'affleurement de découverte de l'indice Moly-Desgagné dans les années 1970 (figure 2F). Toutefois, on observe également des flocons de molybdénite dans des veines de tourmaline noire plus tardives. Le système hydrothermal évoluant dans le temps, la minéralisation en Mo peut s'être effectuées en plusieurs pulses.

Enfin, une altération en carbonates (ankérite) est observée autour des veines de quartz orientées est-ouest. Une altération est également associée aux veines de tourmaline noire, et se distingue par un changement de teinte de la roche encaissante et par l'apparition de petits cubes de pyrite (1 - 2 mm ; figure 2E). Cette altération détruit les fabriques anciennes.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les travaux de cartographie réalisés durant l'été 2018 ont permis de faire ressortir la complexité de l'intrusion, tant au niveau lithologique que métamorphique. Les différentes unités lithologiques et les relations de recoupement relevées démontrent que la phase dioritique est la plus ancienne. Dans la phase CEJ2, elle est souvent retrouvée en enclaves ou en lambeaux dans la tonalite, qui constitue pourtant l'unité lithologique minoritaire. En revanche, la tonalite de la phase CEJ3 est homogène, dénuée d'enclaves de diorite et la roche est peu déformée, ce qui pourrait indiquer que cette phase est plus tardive.

Le haut degré de métamorphisme des roches de la phase CEJ2, et plus particulièrement des unités lithologiques de l'indice Moly-Desgagné et des affleurements ayant des caractéristiques similaires (rubanement), implique un niveau crustal profond. Ces roches au faciès métamorphique des amphibolites sont déshydratées. Il est donc difficile de penser que les parties plus profondes soient à l'origine de fluides métamorphiques rétrogrades. L'hypothèse d'un système intrusif tardif est donc privilégiée ; celui-ci serait responsable de l'apport des fluides hydrothermaux à l'origine des minéralisations rétrogrades en chlorite, molybdénite et ankérite. Un bon candidat serait un dyke à feldspaths potassiques situé 1 km au nord de l'indice Moly-Desgagné. Ce dyke de direction N050 est sécant à la foliation et sa mise en place remonte donc à une époque plus tardive que le dernier des épisodes de déformation cités plus haut. Il pourrait être lié à la phase centrale du complexe (CEJ3), qui semble elle aussi avoir été mise en place de façon tardive par rapport à la déformation, déterminant ainsi l'âge de la minéralisation.

TRAVAUX FUTURS

Les différentes unités lithologiques identifiées dans le CEJ feront l'objet d'une analyse pétrographique et géochimique afin de vérifier la classification des roches établie sur le terrain. Cela permettra de vérifier l'affinité des phases et leur appartenance à la série de type TTG, et de tester

l'hypothèse d'un comagmatisme entre les différentes phases. Cela permettra également de vérifier le lien entre le dyke tardif à feldspaths potassiques et la phase centrale CEJ3. Le degré de métamorphisme de certaines de ces roches sera mesuré à partir des amphiboles. Le but est d'approximer les conditions de mise en place de l'intrusion du CEJ. Enfin, une datation absolue U-Pb sur des zircons provenant de la phase tonalitique de l'indice Moly-Desgagné permettra de contraindre l'histoire de la mise en place de l'intrusion. Une datation au rhénium-osmium réalisée sur la poche de molybdénite permettrait également de contraindre l'âge des épisodes de déformation.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier P. Houle pour avoir partagé son savoir et ses innombrables connaissances sur la région de Chibougamau, ainsi que pour son enthousiasme pour le projet. R. Daigneault, P. Bédard et P. Bedeaux ont contribué significativement à la réflexion sur les épisodes de déformation et de métamorphisme. Merci à R. Simard pour la visite de terrain de la propriété Boma – la montagne. Les auteurs sont également reconnaissants au prospecteur L. Desgagné qui a permis l'accès aux décapages de l'indice Moly-Desgagné ainsi que pour son assistance lors du transport du matériel d'échantillonnage. Le premier auteur remercie également L.-P. Perron Desmeules, M. Desrochers, A. Brochu et M. Bellemare pour leur aide précieuse, mais surtout pour leur patience à toute épreuve lors des longues journées de cartographie sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné.

RÉFÉRENCES

- Chown, E. H., et Mueller, W. 1992. Basement influence on the supracrustal and plutonic evolution and deformation of an Archean greenstone belt; *in* Proceedings of the Seventh International Conference on Basement Tectonics, Kingston, Ontario, August 1987, v.1, p.465-476.
- Chown, E. H., Harrap, R., et Moukhsil, A. 2002. The role of granitic intrusions in the evolution of the Abitibi belt, Canada; *Precambrian Research*, v.115, p.291-310.
- David, J., McNicoll, V., Simard, M., Bandyayera, D., Hammouche, H., Goutier, J., Pilote, P., Rhéaume, P., Leclerc, F., et Dion, C. 2011. Datations U-Pb effectuées dans les provinces du Supérieur et de Churchill en 2009-2010; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2011-02(A), 2p.
- Davis, D.W., Simard, M., Hammouche, H., Bandyayera, D., Goutier, J., Pilote, P., Leclerc, F., et Dion, C. 2014. Datations U-Pb effectuées dans les provinces de Supérieur et de Churchill en 2011- 2012; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2014-05, 62p.
- Faure, S., 2012. Réévaluation de la géologie et des modèles d'exploration pour l'or dans le segment Caopatina-Desmaraisville, sud de Chibougamau; CONSOREM, rapport Projet CONSOREM 2012-02, 68p.
- Leclerc, F., Houle, P., et Rogers, R. 2010. Géologie de la région de Chapais (32G15-200-0101); Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2010-09, 19p.
- Leclerc, F., Roy, P., Houle, P., Pilote, P., Bédard, J. H., Harris, L. B., McNicoll, V. J., van Breemen, O., David, J., et Goulet, N. 2017. Géologie de la région de Chibougamau; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RG 2015-03, 97p.
- Legault, M. 2003. Environnement métallogénique du couloir de Fancamp avec emphase sur les gisements aurifères de Chevrier, région de Chibougamau, Québec. Thèse de doctorat en Ressources Minérales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 488p.
- Lépine, S. 2009. Le gîte à Au-Cu-Mo de MOP-II (Chibougamau, Québec) : un porphyre Archéen déformé. Mémoire de maîtrise en Sciences de la Terre, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, 206p.

- Midra, R., Chown, E. H., et Tait, L. 1991. Géologie de la région du lac Dickson (bande Caopatina- Desmaraisville); Ministère de l’Energie et des Ressources du Québec, rapport MB 91-30 (cf. ET 90-01), 65p.
- Mueller, W., Chown, E. H., Sharma, K. N. M., Tait, L., et Rocheleau, M. 1989. Paleogeographic and paleotectonic evolution of a basement-controlled Archean supracrustal sequence, Chibougamau-Caopatina, Quebec; *The Journal of Geology*, v. 94 (4), p.399-420.
- Potvin, R. 1991. Etude volcanologique du centre felsique du Lac des Vents, région de Chibougamau; Mémoire de maîtrise en Sciences de la Terre, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 132p.
- Racicot, D., Chown, E. H., et Hanel, T. 1984. Plutons of the Chibougamau-Desmaraisville Belt : A preliminary survey. Dans : Chibougamau – Stratigraphy and mineralization. Edité par : Guha, J., et Chown, E. H. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 34, p.178-197.
- SIGÉOM, 2016. SIGÉOM (ressource électronique): Système d’Information Géominière à référence spatiale. Regroupement des données géoscientifiques aux échelles 1 : 20 000 et 1 : 50 000, Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune Québec. Disponible sur : <http://sigeom.mines.gouv.qc.ca>.
- Tait, L. 1992. Géologie de la région du lac à l’Eau Jaune (Territoire-du-Nouveau-Québec); Ministère de l’Energie et des Ressources du Québec, rapport MB 91-29 (cf. ET 90-08), 86p.
- Zibra, I., Korhonen, F. J., Peternell, M., Weinberg, R. F., Romano, S. S., Braga, R., De Paoli, M. C. et Roberts, M. 2017. On thrusting, regional unconformities and exhumation of high-grade greenstones in Neoproterozoic orogens. The case of the Waroonga Shear Zone, Yilgarn Craton; *Tectonophysics*, v. 712–713, p. 362–395.

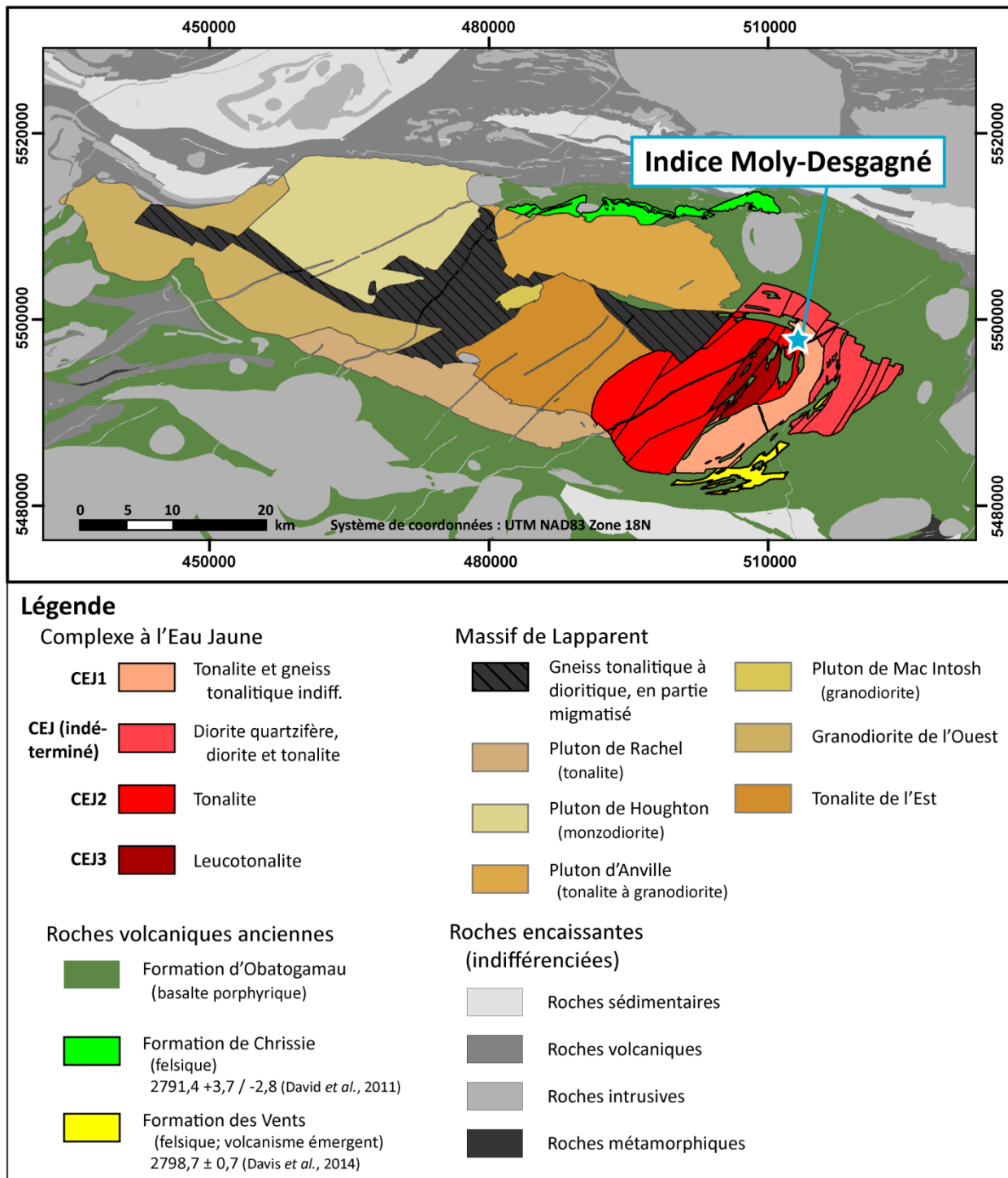


Figure 1. Carte géologique simplifiée de la région du Complexe d'Eau Jaune, réalisée à partir des données du Sigéom (2016) ; légendes d'après Racicot *et al.* (1984) ; Mueller *et al.* (1989) ; Midra *et al.* (1991) ; Leclerc *et al.* (2010) ; Sigéom (2016).

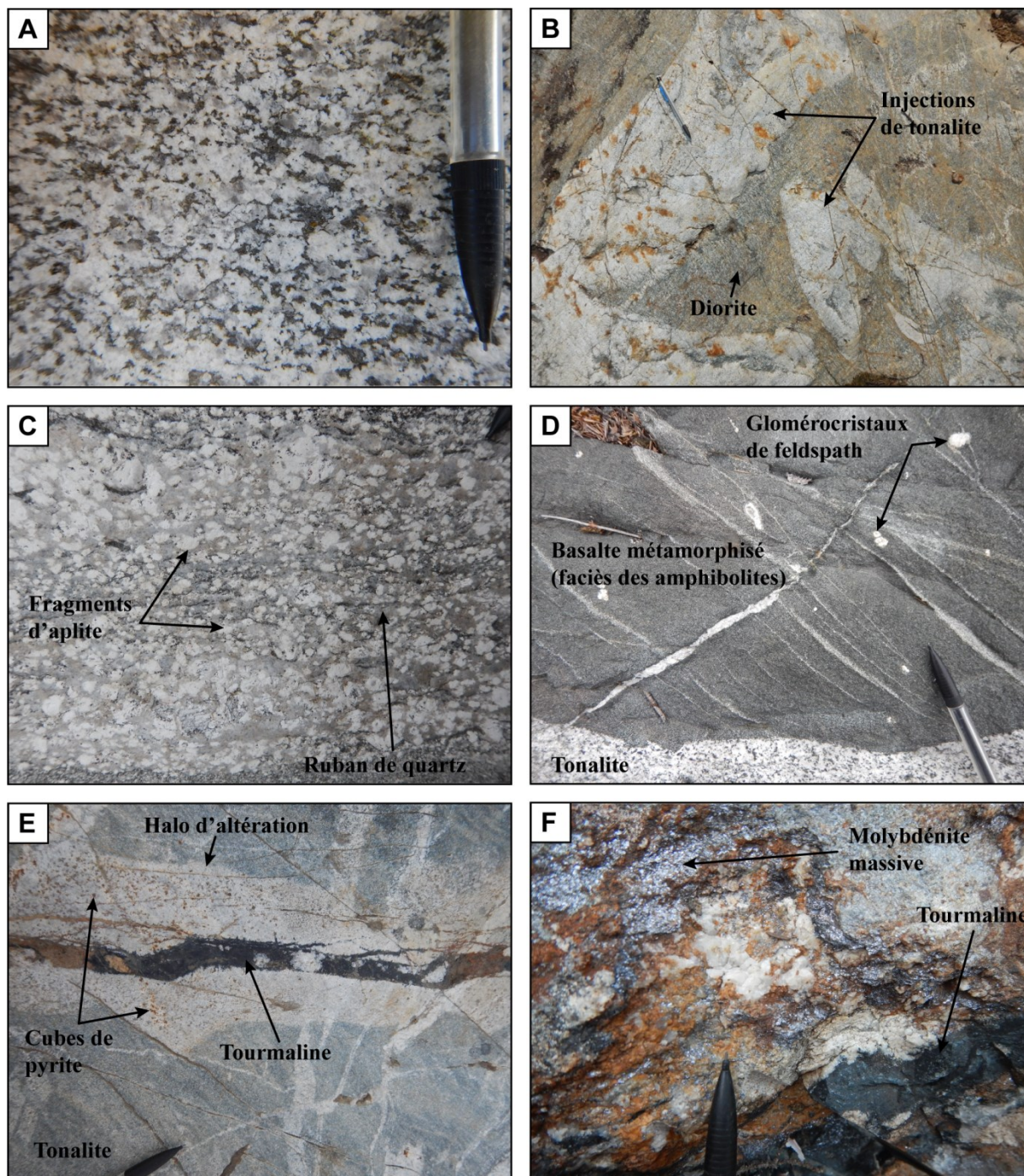


Figure 2. Photographies prises dans le Complexe d'Eau Jaune (la pointe du crayon indique le nord) montrant : A) Tonalite située dans la phase CEJ3 ; B) une injection de tonalite (clair) dans de la diorite ; C) un dyke à texture bréchique : fragments d'aplite autobréchifiée entourés par un ruban de quartz ; D) une enclave de basalte à glomérocristaux de feldspaths (Formation d'Obatogamau) au faciès métamorphique des amphibolites, dans une tonalite de la phase CEJ3 ; E) une veine de tourmaline noire dans de la tonalite, avec un halo d'altération (lessivage) contenant des cubes de pyrite (indice Moly-Desgagné) ; F) poche de molybdénite massive située sur l'affleurement de découverte de l'indice Moly-Desgagné.

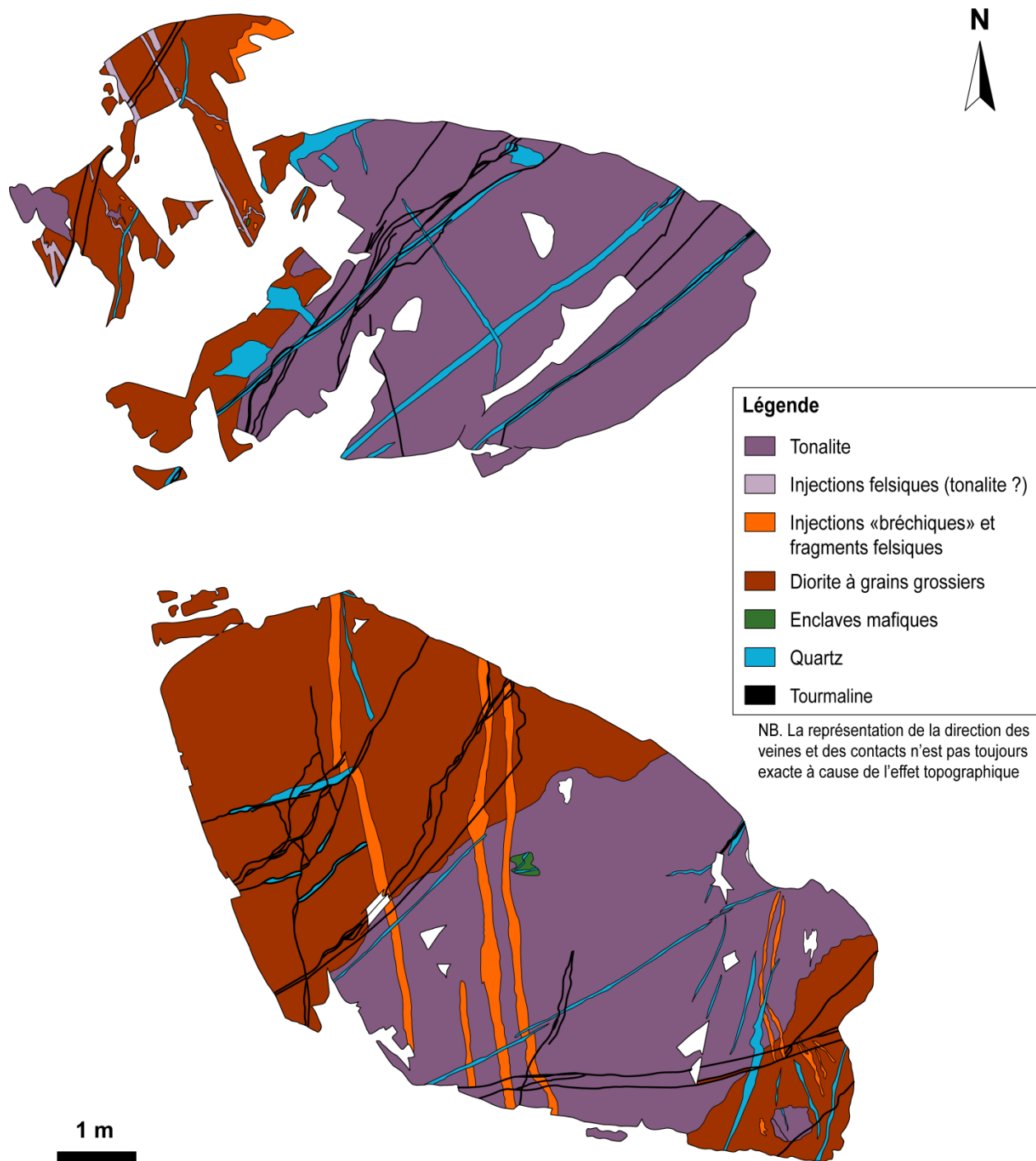


Figure 3. Cartographie préliminaire de l'un des décapages de l'indice Moly-Desagné montrant les principales unités lithologiques rencontrées dans le Complexe d'Eau Jaune ainsi que les différentes générations de veines de quartz, de quartz-tourmaline et de tourmaline.

Géométrie, géochimie et mode de mise en place du Complexe d'Eau-Jaune, nord-est la Sous-province l'Abitibi, Québec

Marie Kieffer, Lucie Mathieu, Damien Gaboury et Pierre Bedeaux

Centre d'Etudes sur les Ressources Minérales, Département des Sciences Appliquées, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec G7H 2B1

PREAMBULE

Le présent rapport de terrain s'inscrit dans la continuité du projet de maîtrise de M. Kieffer et des travaux de terrain entrepris à l'été 2018. Ce rapport présente les résultats des travaux de terrain de l'été 2019.

INTRODUCTION

Le Complexe d'Eau-Jaune (CEJ) est une intrusion polyphasée située dans la région de Chibougamau, au nord-est de la Sous-province de l'Abitibi. Sa superficie de plusieurs centaines de km² en fait l'une des plus importantes intrusions du transect *Metal Earth* dans la région de Chibougamau. Cependant, peu de travaux ont été consacrés au CEJ et leurs résultats ne permettent pas de statuer sur la nature (géochimie), la géométrie du complexe, sa structure et sa profondeur de mise en place. Par conséquent, il est difficile de replacer le CEJ dans son cadre stratigraphique, ce qui est pourtant essentiel à l'interprétation du transect *Metal Earth*. De plus, un indice de molybdène (Mo), connu depuis les années 1970, a été redécouvert en 2009 dans l'une des phases du CEJ. Cet indice, appelé Moly-Desgagné (ou Lac Sébastien), correspond à une série de six décapages récents (2009 à 2019) situés dans le nord-est du complexe, à proximité du contact entre deux phases magmatiques (figure 1). A l'heure actuelle, il s'agit de l'une des deux occurrences de Mo documentées dans la région de Chibougamau, la première correspondant au gîte MOP-II à Au-Cu-Mo. Ce gîte est situé au nord-ouest de Chibougamau et la relation avec son encaissant est bien documentée (Lépine, 2009).

Le CEJ a fait l'objet de travaux de cartographie au cours des étés 2018 et 2019, afin d'apporter de nouvelles données au projet de cartographie du transect sismique de Chibougamau. Le CEJ est situé à moins de 5 km à l'ouest du transect sismique et n'est pas visible sur ce dernier. Ces travaux avaient pour objectif principal de documenter les différentes phases du CEJ, leurs relations à la déformation et au métamorphisme, ainsi que leurs chronologies de mise en place. Le second objectif était de déterminer la relation entre ce magmatisme et la minéralisation en molybdène. Le présent rapport présente les différentes phases magmatiques identifiées ainsi que la déformation enregistrée par le CEJ.

GÉOLOGIE RÉGIONALE

La Sous-province archéenne de l'Abitibi est constituée d'un assemblage de roches volcaniques et sédimentaires recoupées par des intrusions. Les grandes masses plutoniques de la Sous-province de l'Abitibi sont peu travaillées, car elles sont généralement considérées comme stériles par rapport aux roches volcaniques. Le CEJ ne fait pas exception à la règle. La synthèse des informations disponibles sur le CEJ et sa relation avec la stratigraphie locale est présentée ci-après. Elle illustre la problématique soulevée pour l'interprétation du transect *Metal Earth* dans la région de Chibougamau.

Le CEJ est situé à l'extrémité est du Massif de Lapparent (figure 1), qui est une masse pré-tectonique de gneiss tonalitique à dioritique, appartenant à la série des Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite (TTG) et correspondant à des niveaux crustaux profonds exhumés par des mécanismes encore peu documentés (Chown et Mueller 1992 ; Chown *et al.* 2002 ; Mueller *et al.* 1989). Le Massif n'a pas été daté, et il est recoupé par des plutons polyphasés tonalitiques syn- à post-tectoniques, dont fait potentiellement partie le CEJ (Midra *et al.* 1991 ; Racicot *et al.* 1984).

Le CEJ a été interprété comme une intrusion faisant partie de la série des TTG et mise en place à la transition entre les périodes synvolcanique et syntectonique (Faure 2012 ; Legault 2003). Selon Tait (1992), le CEJ est formé d'une phase précoce mineure de diorite à diorite quartzifère (I), et de trois phases tardives de tonalite (II, III et IV) qui contiennent des enclaves de roches volcaniques. La phase I est considérée comme possiblement synvolcanique et en lien avec les roches volcaniques de la Formation des Vents (Mueller *et al.* 1989 ; voir ci-dessous) tandis que les phases II, III et IV seraient syntectoniques. Cela diffère de l'interprétation de Chown *et al.* (2002) proposant que la totalité du CEJ serait synvolcanique. Aucune des phases magmatiques du CEJ n'a fait l'objet d'une datation absolue, et les données géochimiques disponibles sont insuffisantes pour conclure sur la nature synvolcanique à syntectonique des différentes phases du CEJ.

L'intrusion polyphasée du CEJ est donc en contact avec les roches appartenant au Massif de Lapparent, à l'ouest. Elle est également en contact avec les basaltes de la Formation d'Obatogamau à l'est, et surtout avec les plus anciennes laves de la Sous-province de l'Abitibi au nord-est et au sud (Figure 1). En effet, le CEJ est en contact avec les roches volcaniques intermédiaires datées à $2791,4 \pm 3,7/-2,8$ Ma (David *et al.* 2011 ; Leclerc, Houle et Rogers 2010) appartenant à la Formation de Chrissie. Il est également en contact avec des roches volcaniques mafiques et felsiques datées à $2798,7 \pm 0,7$ Ma (Davis *et al.* 2014 ; Mueller *et al.* 1989), qui sont initialement décrites en tant que Membre des Vents par Potvin (1991) mais rapportées en tant que Formation des Vents par Leclerc *et al.* (2017). Il s'agit des plus anciennes roches de la région de Chibougamau et de la Sous-province de l'Abitibi. Mueller *et al.* (1989) et Tait (1992) ont émis l'hypothèse que le CEJ serait un complexe subvolcanique qui aurait alimenté le volcanisme de la Formation des Vents et qui serait donc comagmatique avec le CEJ. Ainsi, le CEJ serait du même âge ou plus ancien que la Formation des Vents. Or, le CEJ n'a pas été daté, la Formation de Chrissie et la Formation des Vents affleurent peu et leurs relations avec l'intrusion du CEJ sont peu documentées.

CARACTERISATION DES PHASES DU CEJ

Les observations de terrain réalisées durant les campagnes de cartographie des étés 2018 et 2019 (155 stations), couplées aux observations pétrographiques en lames minces, ont permis de mettre en évidence au moins onze lithologies distinctes dans le secteur du CEJ. Des affleurements ont été visités dans le Pluton d'Anville et le Pluton de Rachel, situés respectivement aux bordures nord-ouest et sud-ouest du CEJ, afin de mieux contraindre la limite ouest du CEJ. Ainsi, le CEJ est constitué d'au moins six phases intrusives principales, de composition felsique à intermédiaire (figure 1). A ces phases s'ajoutent des dykes d'aplite, de pegmatites, de pegmatites mylonitisées et des dykes felsiques tardifs. Ces regroupements lithologiques ont été effectués à l'automne 2018 et à l'hiver 2019 sur la base des travaux de terrain de l'été 2018, d'observations pétrographiques en lames minces et d'analyses lithogéochimiques. Ils ont été complétés durant les travaux de cartographies de l'été 2019, et les noms de phases utilisés ici sont des noms de terrain. Les relations de recoupement entre les phases, observées sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné et dans l'ensemble du CEJ, ont permis d'établir une chronologie relative. Ainsi, du plus précoce au plus tardif, les lithologies observées sont :

- (1) Les enclaves de roches mafiques, qui sont présentes dans les six phases intrusives du CEJ. Elles sont généralement équigranulaires, mais leur granulométrie varie d'une enclave à l'autre (< 1 mm à

5 mm). Elles sont composées d'amphiboles métamorphiques entourées de feldspaths. Leur texture dite « poivre et sel » est typique des basaltes (et gabbros) métamorphisés au faciès des amphibolites. De plus, la présence de macrocristaux de feldspaths dans certaines enclaves indique que qu'elles proviennent probablement de la Formation d'Obatogamau, dans laquelle ce type de macrocristaux est documenté. Ainsi, les six phases intrusives ne peuvent être co-magmatiques avec la Formation des Vents ;

- (2) La diorite 1, qui est uniquement observée sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné et un autre affleurement situé dans l'est du CEJ. Cette phase est une diorite à grains grossiers (0,5 à 2 mm), composée de 30 à 40 % de quartz et de 30 à 50 % de feldspaths (figure 2A). Les feldspaths sont séricitisés, et l'altération est également marquée par la présence de chlorites (< 15 %) et de carbonates (< 10 %) ;
- (3) La diorite 2, qui constitue un faciès à grains fins sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné (0,3 à 0,7 mm). Cette lithologie est présente dans la partie est du CEJ, où elle montre une granulométrie plus grossière (1 à 3 mm ; figure 2B). Elle est formée de moins de 32 % de quartz et de 35 à 50 % de feldspaths, ici encore séricitisés. L'amphibole (10 %) est de la hornblende verte, et les intercroissances entre ce minéral et des feldspaths traduisent son origine magmatique.
- (4) Les tonalites 1 et 2, qui sont principalement observées dans le secteur ouest du CEJ. Ces faciès semblent s'étendre au-dehors des limites du CEJ telles que définies par le Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN). En effet, ils sont également observés dans l'est du Massif de Lapparent, jusqu'à environ 15 km à l'ouest de la bordure ouest du CEJ cartographiée par le MERN. Quelques affleurements de tonalite ont également été identifiés dans la partie est du CEJ, entre la diorite 1 et la phase CEJ 3. Les relations chronologiques entre les deux tonalites sont indéterminées. La tonalite 1 a une granulométrie moyenne (0,7 à 3 mm) et est formée de 30 à 50 % de quartz, de 30 à 40 % de microcline, de 5 à 20 % de feldspaths alcalins indéterminés, et de biotite et d'amphiboles en moindres proportions (< 5 %). On distingue la tonalite 1a fraîche (figure 2C) de la tonalite 1b altérée, par une différence de couleur. La tonalite 1a a une teinte beige, tandis que la tonalite 1b prend une teinte vert-rosée liée à la chloritisation et à de l'hématisation. Quant à la tonalite 2, elle a une granulométrie plus grossière (1 à 5 mm) et contient moins de quartz (20 à 30 %) et plus de biotite (10 à 15 %) que la tonalite 1 (figure 2D). Elle contient 7 à 30 % de feldspaths alcalins et de microcline et jusqu'à 40 % de plagioclases.
- (5) Les phases centrales 1 et 2, qui correspondent à la phase CEJ 3 définie par le MERN. Ici encore, aucune relation de recoupement n'est observée entre ces deux phases. La phase centrale 1 (figure 2E) est située sur la bordure de la phase CEJ 3 définie par le MERN. Elle est formée de 30 à 40 % de quartz, de 25 % de plagioclases et de 25 % de feldspaths alcalins (dont 5 % de microcline). Elle contient également 10 à 15 % de biotite et de rares cristaux de hornblende verte. La phase centrale 2 (figure 2F), située au cœur de la phase « CEJ 3 », se distingue de la phase centrale 1 par de plus faibles proportions de quartz (5 à 10 %) et de biotite ainsi que par une plus grande proportion d'amphiboles (30 à 35 %) et de plagioclases (30 à 40 %). La granulométrie de ces deux roches est homogène et grossière, entre 0,5 et 4 mm environ.
- (6) Les dykes d'aplite, de pegmatite, de pegmatites mylonitisées et les dykes felsiques recoupent l'ensemble de ces roches. Les relations chronologiques entre ces dykes restent indéterminées.

DEFORMATION DU CEJ

Les observations réalisées durant les campagnes de terrain des étés 2018 et 2019 montrent que le CEJ a enregistré une histoire structurale intimement liée au degré de métamorphisme des roches. Dans l'ensemble, le CEJ est peu déformé. La déformation se concentre principalement au niveau des contacts entre les phases intrusives majeures décrites ci-dessus. L'ensemble des mesures prises dans le CEJ

indiquent que la foliation a tendance à mouler le contour des phases intrusives. Aussi, une forte déformation se concentre en bordure et dans les enclaves de roches mafiques. De plus, une zone de déformation majeure, ductile, est mise en évidence dans la partie est du CEJ. Ce corridor est orienté N110 à N130, et inclut les décapages de l'indice Moly-Desgagné (figure 3). L'ensemble des affleurements situés dans ce corridor de déformation montrent une forte foliation (plans orientés N110 à N130), marquée par l'alignement des feldspaths et du quartz, et parfois des amphiboles. Les travaux de détails réalisés sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné, ainsi que d'autres affleurements clefs du CEJ, ont permis d'établir une chronologie des événements de déformation. Le CEJ a enregistré au moins deux épisodes de déformation, qui sont définis par : (1) une foliation précoce orientée N-S (S1) ; et (2) une foliation principale orientée E-O (S2) et NO-SE dans le corridor de déformation. Dans ce corridor, les phases intrusives et les enclaves ont subi une déformation ductile, comme l'atteste le rubanement des roches. La S1 est plissée et forme des plis asymétriques. Le plan de la S1 contient généralement une linéation d'étirement à faible plongée ($< 20^\circ$) vers l'est. De plus, la présence de zones riches en chlorite ($> 60\%$) dans certains secteurs du corridor de déformation traduit la circulation de fluides hydrothermaux rétrogrades, compatibles avec le faciès métamorphique des schistes verts, comme sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les travaux de cartographie réalisés durant les étés 2018 et 2019 ont permis de montrer la diversité lithologique du CEJ. Ils ont aussi montré une relation complexe entre le magmatisme, la déformation et le métamorphisme. Les enclaves de basalte métamorphisées au faciès des amphibolites qui sont observées dans les six phases intrusives majeures du CEJ appartiennent à la Formation d'Obatogamau. Conséquemment, les phases du CEJ ne sont pas comagmatiques avec la Formation des Vents, qui est plus ancienne que la Formation d'Obatogamau. Cela est confirmé par l'âge publié par David (2018) pour la diorite 2, et les âges préliminaires obtenus par M. Hamilton (non publiés) pour la tonalite 2 et la phase centrale 1. Ces âges sont respectivement de $2718,6 \pm 5,4$ Ma, 2727 ± 1 Ma, et entre 2725 et 2728 Ma. Les relations de recoupement levées indiquent que la diorite 1 est la phase la plus précoce, suivie de la diorite 2, des phases tonalitiques 1 et 2 et des phases centrales 1 et 2. Les relations chronologiques entre les tonalites 1 et 2 ainsi qu'entre les phases centrales 1 et 2 n'ont pas été déterminées.

Bien que le CEJ soit peu déformé en général, un couloir de forte déformation orienté N110 à N130 recoupe l'est du CEJ. La déformation est ductile et serait compatible avec le faciès métamorphique des amphibolites. Ceci concorde avec les travaux de laboratoire, qui ont montré que les phases intrusives principales se sont mises en place à un niveau crustal profond. Les roches ont ensuite été affectées par une circulation localisée de fluides hydrothermaux rétrogrades, dans des conditions de P-T compatibles avec le faciès des schistes verts. Ces fluides ont été canalisés dans le corridor de déformation.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier Patrick Houle pour avoir partagé son savoir et ses innombrables connaissances sur la région de Chibougamau, ainsi que pour son enthousiasme pour le projet. Réal Daigneault et Bruno Lafrance ont contribué significativement à la réflexion sur les épisodes de déformation et de métamorphisme. Les auteurs sont également reconnaissants au prospecteur Larry Desgagné qui a permis l'accès aux décapages de l'indice Moly-Desgagné. Le premier auteur remercie également Laura-Pier Perron Desmeules, Maryse Desrochers, Antoine Brochu et Mike Bellemare pour leur aide précieuse, mais surtout pour leur patience à toute épreuve lors des longues journées de cartographie sur les décapages de l'indice Moly-Desgagné durant l'été 2018. Merci à Marcel Brandy Belalahy, Nesrine Mokchah, Yohannes Yacouba Degnan et Mathieu Robin pour leur assistance lors des traverses dans le CEJ.

RÉFÉRENCES

- Chown, E. H., et Mueller, W. 1992. Basement influence on the supracrustal and plutonic evolution and deformation of an Archean greenstone belt; *in* Proceedings of the Seventh International Conference on Basement Tectonics, held in Kingston, Ontario, Canada, August 1987, volume 1, p.465-476.
- Chown, E. H., Harrap, R., et Moukhsil, A. 2002. The role of granitic intrusions in the evolution of the Abitibi belt, Canada; *Precambrian Research*, v.115, p.291-310.
- David, J. 2018. Datations U-Pb dans la Province du Supérieur effectuées au GEOTOP en 2015-2016. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport MB 2018-16.
- David, J., McNicoll, V., Simard, M., Bandyayera, D., Hammouche, H., Goutier, J., Pilote, P., Rhéaume, P., Leclerc, F., et Dion, C. 2011. Datations U-Pb effectuées dans les provinces du Supérieur et de Churchill en 2009-2010; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2011-02(A), 2p.
- Davis, D.W., Simard, M., Hammouche, H., Bandyayera, D., Goutier, J., Pilote, P., Leclerc, F., et Dion, C. 2014. Datations U-Pb effectuées dans les provinces de Supérieur et de Churchill en 2011- 2012; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2014-05, 62p.
- Faure, S., 2012. Réévaluation de la géologie et des modèles d'exploration pour l'or dans le segment Caopatina-Desmaraisville, sud de Chibougamau; CONSOREM, rapport Projet CONSOREM 2012-02, 68p.
- Leclerc, F., Houle, P., et Rogers, R. 2010. Géologie de la région de Chapais (32G15-200-0101); Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RP 2010-09, 19p.
- Leclerc, F., Roy, P., Houle, P., Pilote, P., Bédard, J. H., Harris, L. B., McNicoll, V. J., van Breemen, O., David, J., et Goulet, N. 2017. Géologie de la région de Chibougamau; Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Québec, rapport RG 2015-03, 97p.
- Legault, M. 2003. Environnement métallogénique du couloir de Fancamp avec emphase sur les gisements aurifères de Chevrier, région de Chibougamau, Québec. Thèse de doctorat en Ressources Minérales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 488p.
- Lépine, S. 2009. Le gîte à Au-Cu-Mo de MOP-II (Chibougamau, Québec) : un porphyre Archéen déformé. Mémoire de maîtrise en Sciences de la Terre, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, 206p.
- Midra, R., Chown, E. H., et Tait, L. 1991. Géologie de la région du lac Dickson (bande Caopatina- Desmaraisville); Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, rapport MB 91-30 (cf. ET 90-01), 65p.
- Mueller, W., Chown, E. H., Sharma, K. N. M., Tait, L., et Rocheleau, M. 1989. Paleogeographic and paleotectonic evolution of a basement-controlled Archean supracrustal sequence, Chibougamau-Caopatina, Quebec; *The Journal of Geology*, v. 94 (4), p.399-420.
- Potvin, R. 1991. Etude volcanologique du centre felsique du Lac des Vents, région de Chibougamau; Mémoire de maîtrise en Sciences de la Terre, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, 132p.
- Racicot, D., Chown, E. H., et Hanel, T. 1984. Plutons of the Chibougamau-Desmaraisville Belt : A preliminary survey. Dans : Chibougamau – Stratigraphy and mineralization. Edité par : Guha, J., et Chown, E. H. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 34, p.178-197.
- SIGÉOM, 2018. SIGÉOM (ressource électronique): Système d'Information Géominière à référence spatiale. Regroupement des données géoscientifiques aux échelles 1 : 20 000 et 1 : 50 000, Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune Québec. Disponible sur : <http://sigeom.mines.gouv.qc.ca>.
- Tait, L. 1992. Géologie de la région du lac à l'Eau Jaune (Territoire-du-Nouveau-Québec); Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, rapport MB 91-29 (cf. ET 90-08), 86p.

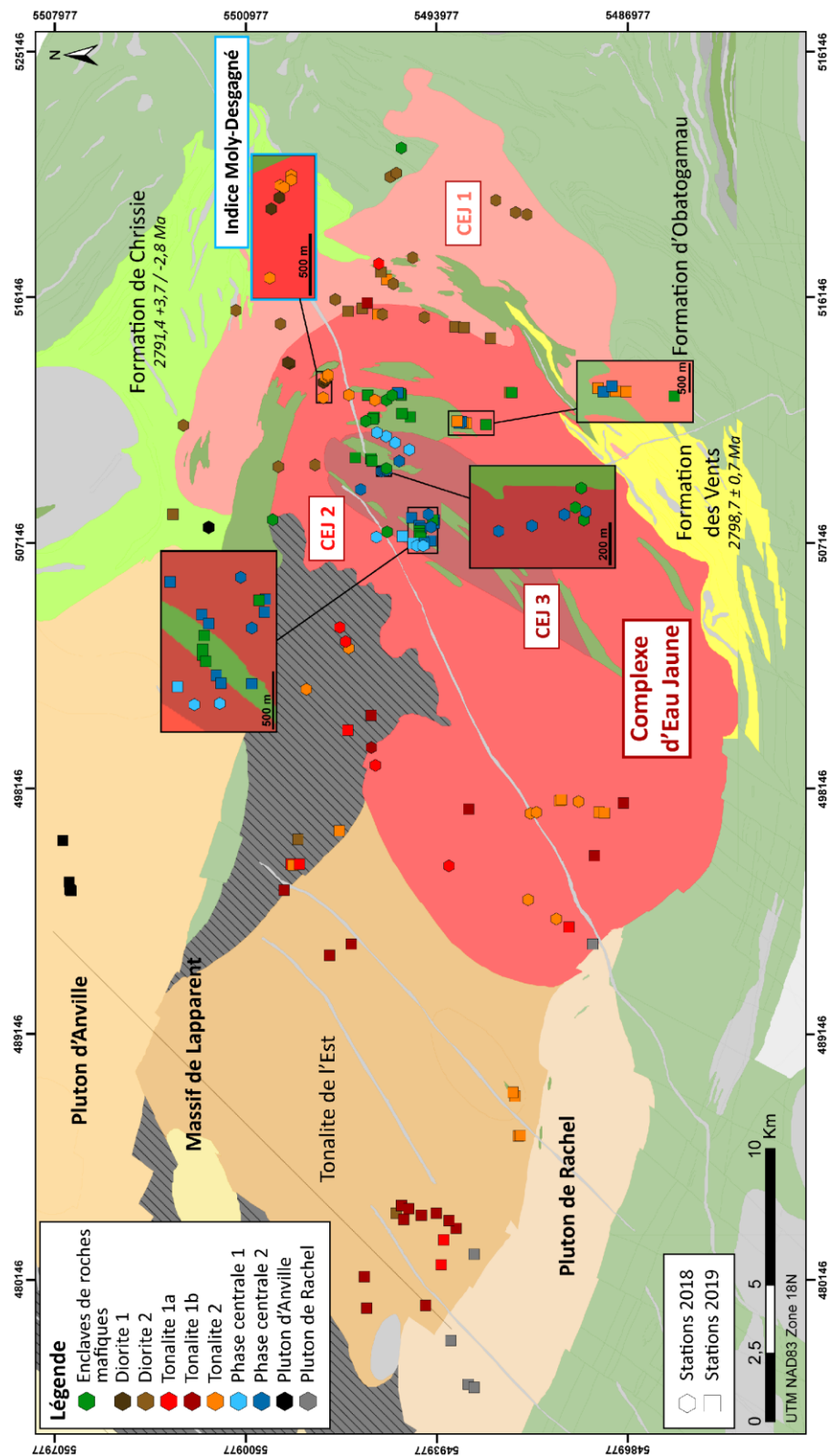


Figure 1. Carte géologique simplifiée de la région du Complexe d'Eau Jaune (CEJ) montrant la répartition des affleurements visités durant les campagnes de terrain des étés 2018 et 2019, et la lithologie principale de chaque affleurement. Carte réalisée à partir des données du Sigéom (2018) ; légendes d'après Sigéom (2018) ; Leclerc *et al.* (2010) ; David *et al.* (2011) ; Davis *et al.* (2014). Système de coordonnées : UTM NAD83 Zone 18N.

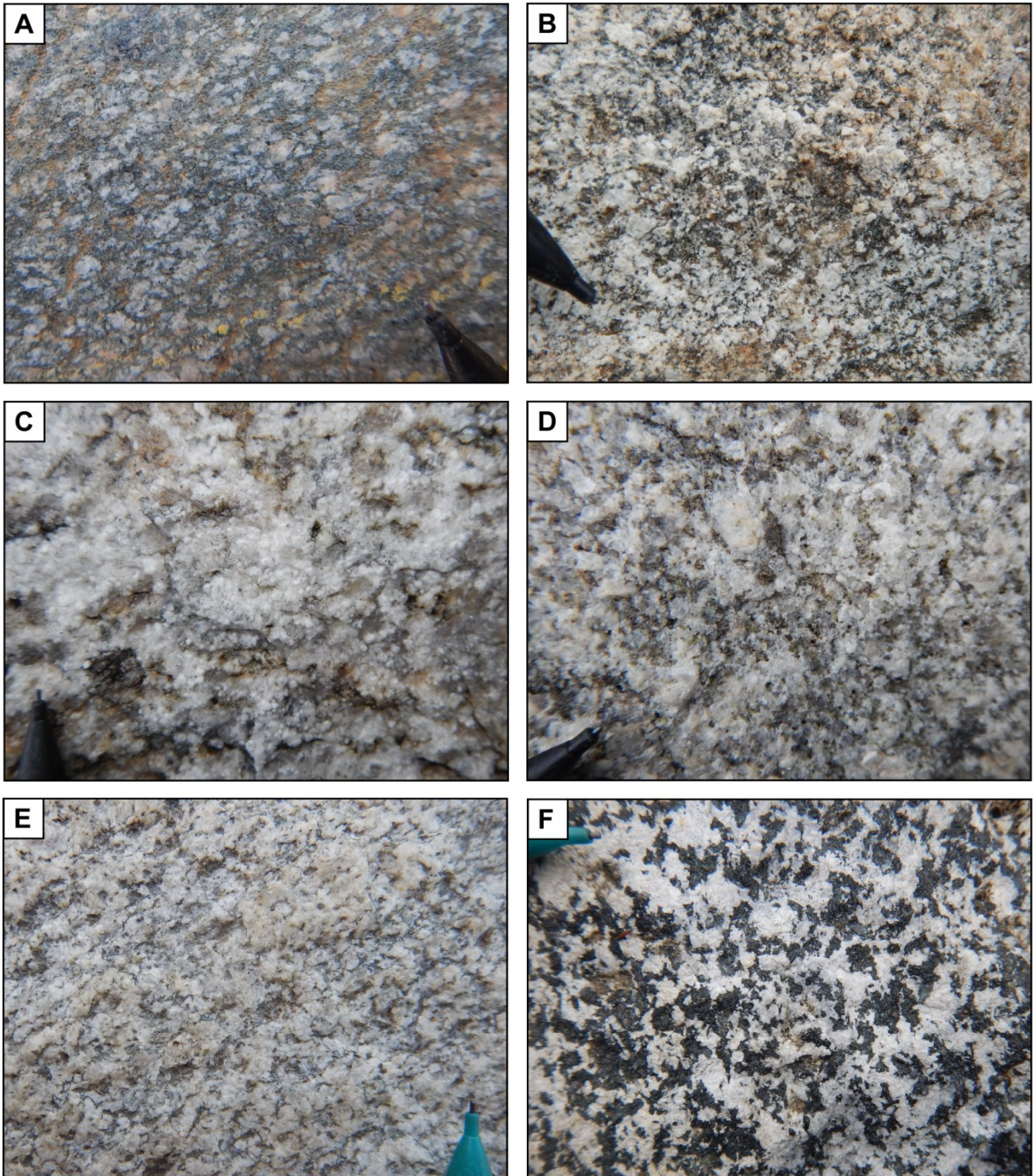


Figure 2. Photographies du CEJ (la pointe du crayon mesure 0,7 mm et indique le nord) montrant les textures des six phases intrusives majeures constituant le CEJ : A) diorite 1 (station MECH18UCD0137) ; B) diorite 2 (station MECH180069) ; C) tonalite 1a fraîche (station MECH18UCD0111) ; D) tonalite 2 (station MECH18UCD117) ; E) phase centrale 1 (station MECH19MIK0304) ; F) phase centrale 2 (station MECH19MIK0292).

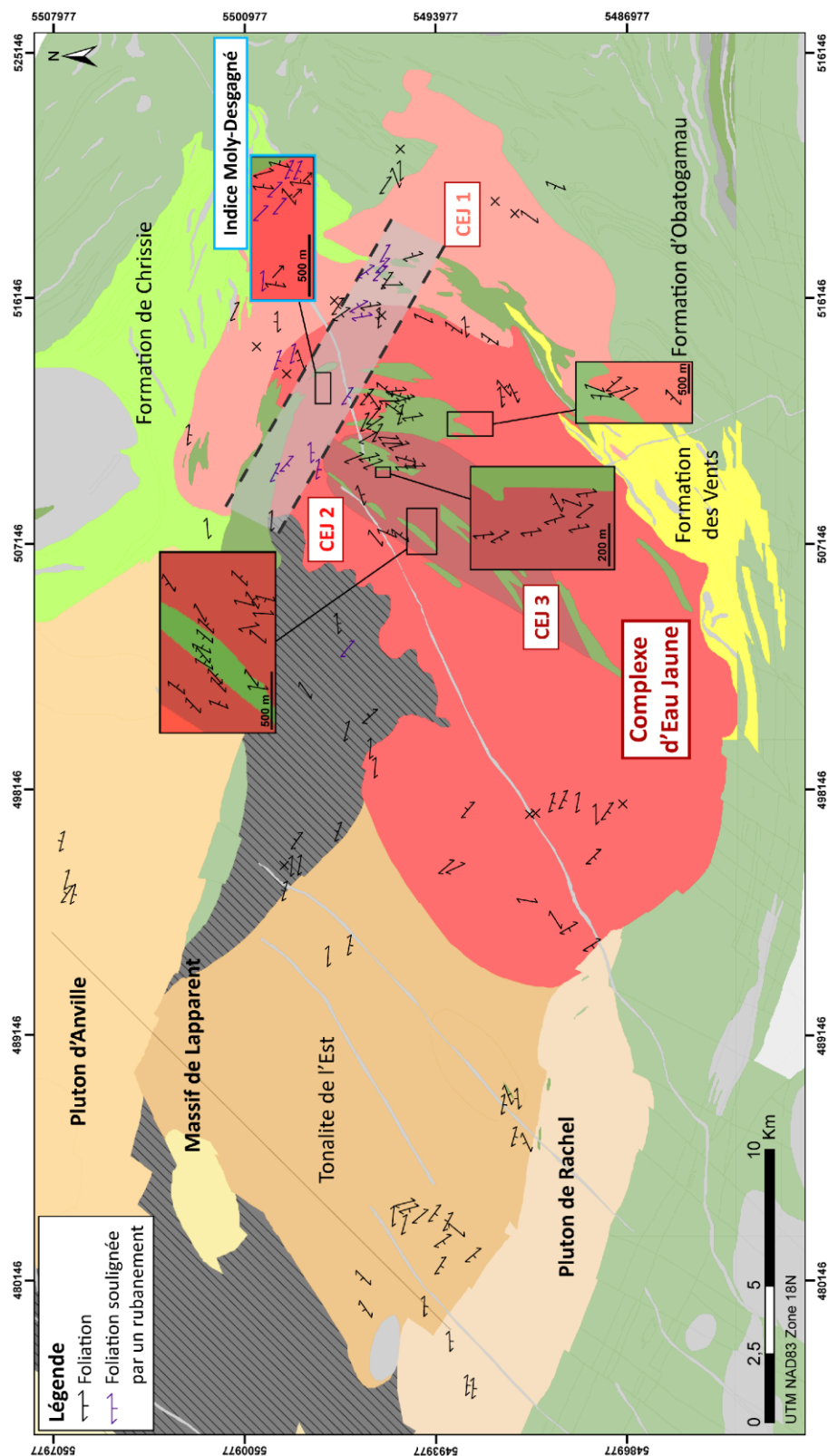


Figure 3. Carte géologique simplifiée de la région du Complexe à l'Eau Jaune montrant les mesures de foliations réalisées sur chaque affleurement visité durant les campagnes de terrain des étés 2018 et 2019. Carte réalisée à partir des données du Sigéom (2018) ; légendes d'après Sigéom (2018) ; Leclerc *et al.* (2010). Système de coordonnées : UTM NAD83 Zone 18N.