



## **Minéralisation aurifère du gîte Orfée, Eeyou Istchee Baie-James, Québec**

Adina Bogatu et François Huot

MB 2016-10

**Avertissement**

Ce document est une copie fidèle du manuscrit soumis par l'auteur, sauf pour une vérification sommaire destinée à assurer une qualité convenable de diffusion.

MINÉRALISATION AURIFÈRE DU GÎTE ORFÉE, EEYOU ISTCHEE  
BAIE-JAMES, QUÉBEC

Rapport préliminaire

SNRC : 33G06

Par Adina Bogatu, étudiante en maîtrise

François Huot, géo., Ph.D.

En collaboration avec le MERN et l'Université Laval

2016

## RÉSUMÉ

Le gîte Orfée (~0,2 Mt à 14,5 g/t Au), mis au jour par Mines d'Or Virginia en 1998, est situé dans la Sous-province de La Grande, dans la région d'Eeyou Istchee Baie-James (SNRC 33G06). Deux zones aurifères, soit Orfée et Orfée-Est, sont associées à une formation de fer à oxydes et silicates et à un mudrock graphiteux contenant jusqu'à ~20 % de sulfures. Les deux gîtes sont bordés au nord par des amphibolites et, au sud, par des wackes de la Sous-province de La Grande. Cet assemblage lithologique, métamorphisé au faciès des amphibolites, se trouve à 300 mètres au nord du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca.

L'étude vise à décrire l'ensemble des caractéristiques géologiques des deux indices et à concevoir un modèle métallogénique interprétant la mise en place de l'or dans un contexte orogénique. L'échantillonnage des unités lithologiques, les observations de terrain et par microscopie optique et la lithogéochimie permettront la caractérisation des assemblages minéralogiques, des affinités des roches magmatiques, ainsi que la nature et l'intensité des altérations.

Les amphibolites basaltiques, au nord, sont composées de hornblende, de plagioclase et, localement, de biotite et de grenat. Elles sont foliées selon une orientation est-ouest. Cette unité inclut quelques niveaux glomérophyriques et est coupée par un dyke dioritique porphyrique à plagioclase avec des enclaves mafiques. Ce dyke, affecté par la foliation principale, coupe une altération pervasive à grenat, hornblende, chlorite et pyrrhotite dans les amphibolites. Des signatures tholéitiques et calco-alcalines divisent les amphibolites basaltiques en deux groupes distincts. La formation de fer à oxydes et silicates est composée d'une alternance de niveaux à quartz-plagioclase, magnétite et grunérite-hédénbergite-hornblende-grenat-sulfures. Les zones de déformation quasi verticales, à mouvement dextre, semblent expliquer l'épaississement local et le boudinage de la formation de fer. Un niveau de mudrock graphiteux est déformé dans un couloir mylonitique fortement aurifère à l'interface de la formation de fer avec les amphibolites basaltiques. Cette unité contient de l'or visible, ainsi qu'une teneur maximale de 54,6 g/t Au sur 1 m. Les wackes, au sud, sont divisés en deux populations distinctes selon les teneurs en MgO, en Cr et en Ni. Une première population, magnésienne, contient plus de 30 % de hornblende, tandis qu'un deuxième groupe, beaucoup moins riche en MgO, contient moins de 5 % de hornblende. Les wackes sont affectés par deux foliations métamorphiques. Les amphibolites, la formation de fer et les wackes sont injectés par une grande variété de veines de quartz déformées. Des dykes de granite pegmatitique cisailés et boudinés coupent les wackes et les amphibolites.

La géochronologie de la mise en place du dyke dioritique et des granites pegmatitiques, ainsi que l'étude de l'altération hydrothermale, du métamorphisme et de la déformation structurale permettront de développer un modèle métallogénique de la mise en place de la minéralisation aurifère à Orfée en considérant l'histoire géodynamique du contact La Grande-Opinaca.

## ABRÉVIATIONS

MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec
SNRC	Système national de référence cartographique
INNA	Analyse par activation neutronique
ICP-MS	Spectrométrie de masse à plasma couplé par induction
LA-ICP-MS	Ablation laser par spectrométrie de masse à plasma couplé par induction
ID-TIMS	Dilution isotopique et de spectrométrie de masse à ionisation thermique
HFSE	Éléments à faible rayon ionique

### Roches

I1B	Granite
I2J	Diorite
M16	Amphibolite
R1	Veine
S3	Wacke
S6	Mudrock
S9	Formation de fer

### Minéraux

AS	Arsénopyrite
Au	Or natif
BO	Biotite
CL	Chlorite
CP	Chalcopyrite
DP	Diopside
EP	Épidote
GN	Grunérite
GR	Grenat
HB	Hornblende
MG	Magnétite
OR	Orthose
OX	Orthopyroxène
PO	Pyrrhotite
PG	Plagioclase
QZ	Quartz
SF	Sulfures
SR	Séricite

SN	Titanite/sphène
TL	Tourmaline

Textures

GH	Gloméroporphyrique
PO	Porphyrique

## Table de Matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Localisation et accès</b> .....	<b>2</b>
<b>Géologie régionale</b> .....	<b>2</b>
<b>Problématique, objectifs et méthodologie</b> .....	<b>3</b>
<i>Échantillonnage</i> .....	4
<i>Analyses géochimiques et pétrographie optique</i> .....	5
<i>Datation isotopique U-Pb</i> .....	5
<b>Travaux réalisés</b> .....	<b>6</b>
<i>Descriptions de terrain</i> .....	<b>6</b>
<i>Amphibolites basaltiques</i> .....	6
<i>Wackes</i> .....	7
<i>Formation de fer</i> .....	8
<i>Mudrock graphiteux</i> .....	8
<i>Dykes dioritiques porphyriques à plagioclase</i> .....	9
<i>Granite pegmatitique</i> .....	9
<i>Descriptions pétrographiques</i> .....	<b>10</b>
<i>Amphibolites basaltiques</i> .....	10
<i>Wackes</i> .....	11
<i>Formation de fer</i> .....	11
<i>Mudrock graphiteux</i> .....	12
<i>Dykes dioritiques porphyriques à plagioclase</i> .....	12
<i>Géochimie</i> .....	<b>13</b>
<i>Amphibolites basaltiques</i> .....	13
<i>Wackes</i> .....	14
<i>Datation isotopique U-Pb d'un dyke d'un dyke de granite pegmatitique et d'un dyke de diorite porphyrique à plagioclase</i> .....	14

<b>Interprétations.....</b>	<b>15</b>
<b>Conclusion et travaux futurs.....</b>	<b>18</b>
<b>Références.....</b>	<b>20</b>
<b>Figures.....</b>	<b>22-39</b>

### **Liste des figures (titre simplifié)**

Figure 1 : Carte géologique générale.....	22
Figure 2 : Carte géologique régionale .....	23
Figures 3 et 4 : Cartes géologiques des tranchées à Orfée .....	24, 25
Figures 5A et 5B : Cartes détaillées des tranchées à Orfée .....	26,27
Figure 6 : Planche des photos de terrain (amphibolites) .....	28
Figure 7 : Planche des photos de terrain (wackes) .....	29
Figure 8 : Planche des photos de terrain (formation de fer et mudrock graphiteux) .....	30
Figure 9 : Planche des photos de terrain (dykes).....	31
Figure 10 : Observations pétrographiques des altérations.....	32
Figure 11 : Observations pétrographiques de la minéralisation .....	33
Figure 12 : Diagramme de discrimination des amphibolites basaltiques et des basaltes .....	34
Figure 13 : Diagramme de discrimination des wackes.....	35
Figure 14 : Diagrammes concordia d'un granite pegmatitique et d'un dyke dioritique.....	36
Figure 15 : Diagramme de boîtes à moustache.....	37
Figure 16 : Diagrammes des terres rares des volcanites mafiques (Guyer et Orfée).....	38
Figure 17 : Diagramme de discrimination des basaltes (Orfée, Guyer et Yasinski) .....	39



## Introduction

L'assemblage lithologique associé aux zones aurifères d'Orfée et d'Orfée Est, observé et décrit dans le cadre de ce projet de maîtrise, est situé dans le vaste craton archéen de la Province géologique du Supérieur, à 300 mètres au nord du contact des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, dans la municipalité d'Eeyou Istchee Baie-James (figure 1). Plusieurs ceintures volcano-sédimentaires ont été identifiés dans cette partie de la Sous-province de La Grande (figure 1). La région de la propriété minière de Poste Lemoyne (figures 1 et 2) est composée d'un socle tonalitique folié à gneissique appartenant au Complexe de Langelier (3452 Ma à 2788 Ma; Goutier *et al.*, 2002; Davis *et al.*, 2014) et au Pluton de poste Le Moyne (2881 ±2 Ma; Goutier *et al.*, 2002), des formations sédimentaires et des roches volcaniques ultramafiques à felsiques (figure 2). La bande de roches volcaniques du Groupe de Guyer, daté de 2820 à 2806 Ma (David *et al.*, 2012), a été nommée ainsi en raison du lac de même nom par St. Seymour *et al.* (1979). Les deux zones aurifères d'Orfée et d'Orfée Est sont associées spatialement à une formation de fer à oxydes et silicates et à un mudrock graphiteux riche en sulfures, bordés au nord par des amphibolites et, au sud, par des wackes de la Sous-province de La Grande. Cet assemblage lithologique a été métamorphisé au faciès des amphibolites.

Lors de la campagne de terrain de l'été 2014, 160 échantillons ont été prélevés parmi toutes les lithologies observées à Orfée, soit sur les tranchées, soit en carottes de forages. Un total de 127 échantillons ont été analysés pour la lithogéochimie et une centaine seront l'objet d'une caractérisation pétrographique. Une synthèse des descriptions de terrain et de ces analyses est relatée dans le présent rapport. Deux échantillons ont été prélevés pour des datations U-Pb.

Veillez noter que le nom de la propriété minière s'écrit maintenant Poste Lemoyne (appartenant maintenant à Redevances Aurifères Osisko), tandis que le nom du lieu de transport électrique s'écrit poste Le Moyne (commission de toponymie du Québec). Le nom de la propriété s'écrivait Poste Le Moyne Extension dans les rapports décrivant les premiers forages.

## **Localisation et accès**

Le gîte aurifère Orfée est situé sur la propriété Poste Lemoyne qui est à environ 42 kilomètres au sud du réservoir La Grande 3 et à 450 kilomètres au NNE de la ville de Matagami, sur le territoire municipal d'Eeyou Istachee Baie-James, au Québec. En 1998, Mines d'Or Virginia a mis au jour deux zones minéralisées, soit Orfée et Orfée Est dans la partie nord-est du feuillet SNRC 33G06 (Cayer, 2003; figure 3). Le secteur minéralisé est accessible au kilomètre 176 de la route Transtaïga, par un sentier pouvant être emprunté vers le camp temporaire de Poste Lemoyne. L'indice Orfée, situé à environ 3 kilomètres du camp, est accessible par VTT. Recouverte d'un dépôt quaternaire (34 m d'épaisseur), la zone aurifère Orfée Est a été interceptée seulement en forages.

## **Géologie régionale**

La Province géologique du Supérieur est composée de roches datées entre 4,3 et 2,57 Ga, et déformées durant plusieurs orogénèses. Le contact des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, se situe à 300 mètres au sud de la zone aurifère Orfée, dans la région du lac Guyer. Les roches de la Sous-province de La Grande sont comparables à celles des sous-provinces de Sachigo-Uchi-Wabigoo du nord-ouest ontarien, tandis que la Sous-province d'Opinaca, ensemble métasédimentaire et plutonique fortement métamorphisé, est comparable aux sous-provinces d'English River et de Quetico, en Ontario (Goutier *et al.*, 2002). La Sous-province de La Grande est un ensemble volcano-plutonique composé d'un socle tonalitique ancien, de séquences volcano-sédimentaires et de multiples intrusions ultramafiques à felsiques, métamorphisées au faciès des amphibolites. Le socle tonalitique appartient au Complexe de Langelier (Algl1) et au Pluton de poste Le Moyne (mApln). Selon Goutier *et al.* (2002), dans la région du lac Guyer, trois domaines majeurs peuvent être distingués selon la lithologie, le faciès métamorphique et la structure : le domaine nord et le domaine central dans la Sous-province de La Grande, et le domaine sud dans la Sous-province d'Opinaca. Le domaine nord est composé de roches plutoniques et gneissiques, le domaine central englobe la séquence volcano-sédimentaire, tandis que le domaine sud est composé de roches métasédimentaires et plutoniques. L'unité volcano-sédimentaires englobé par le domaine central a été assignée aux roches du Groupe de Guyer (mAgy) (Goutier *et al.*, 2002). Ce

groupe volcano-sédimentaire (2820 à 2806 Ma, David *et al.*, 2012) contient principalement des metabasaltes, avec localement des volcanites intermédiaires métamorphisées, une unité de tuf felsique, des niveaux de formation et de wacke interstratifiés avec les volcanites et un ensemble de basalte magnésien, de komatiite et de wacke ultramafique (Goutier *et al.*, 2002). Son âge et la présence de volcanites ultramafiques le distingue du Groupe de Yasinski, plus jeune (2751 à 2725 Ma, Goutier, communication personnelle, 2015). Le socle et les roches volcano-sédimentaires ont été injectées par les Intrusions de Duncan (nAdcn) de composition tonalitique et dioritique. Les intrusions appartenant à la Suite de Bezier (nAbez) et au Granite du Vieux Comptoir (nAvcr) représentent les plus jeunes intrusions archéennes de la région et elles s'injectent dans la Sous-province de La Grande, ainsi que dans la Sous-province d'Opinaca. Au contact sud avec la Sous-province de La Grande, la Sous-province d'Opinaca est composée de paragneiss à biotite du Complexe de Laguiche (nAlgi) injectés par de multiples intrusions granitiques. Des datations préliminaires U-Pb de zircons détritiques dans la Sous-province d'Opinaca indiquaient que ces roches étaient plus jeunes que celles de la Sous-province de La Grande. Des nouvelles datations U-Pb nous indiquent qu'une partie des paragneiss des feuillets 33G01 et 33H04 sont plus vieux que 2710 Ma, l'âge du Pluton de la Frégate (Augland *et al.*, 2015) et plus jeunes que  $2703 \pm 4$  Ma, l'âge de l'un des plutons de la Suite de Bezier (David, inédit, 2015) coupant à la fois les roches du La Grande et d'Opinaca. Le degré de métamorphisme augmente des extrémités vers le cœur de la Sous-province d'Opinaca, avec des bordures au faciès inférieur ou moyen des amphibolites à une partie centrale au faciès des granulites.

### **Problématique, objectifs et méthodologie**

La zone Marco (Corvet Est), la zone 32 (La Grande Sud), Roberto (Éléonore), Auclair (Clearwater) et la mine Eastmain (Eastmain) sont tous des gîtes d'or situés près du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca (figure 1). Les gîtes aurifères Orfée et Orfée Est, font également partie des indices aurifères retrouvés près du contact La Grande – Opinaca. Des études de maîtrise ont été effectués sur la zone aurifère Marco, à Corvet Est (Aucoin *et al.*, 2012), et sur le gîte de la zone 32 (Mercier-Langevin *et al.*, 2012). Le travail accompli dans le cadre de ce projet de maîtrise sera utile pour :

- Caractériser l’affinité magmatique des assemblages lithologiques encaissant la minéralisation, et les intégrer aux lithologies régionales;
- Définir la séquence paragénétique de la minéralisation ainsi que des lithologies encaissantes;
- Comprendre la distribution spatiale de la minéralisation aurifère et son association avec différentes assemblages minéralogiques dans un contexte orogénique;
- Caractériser les altérations et définir leurs relations temporelles;
- Concevoir un modèle métallogénique pour le gîte Orfée;

Dans le cadre de ce présent rapport, les problématiques abordées seront concentrées sur la caractérisation des différentes lithologies à Orfée, définir leur affinité magmatiques et déterminer leur rôle comme encaissant de la minéralisation. Pour ce faire, la méthode de travail développée se base sur la combinaison de levés cartographiques, la description des lithologies sur le terrain, la pétrologie optique des échantillons prélevés sur les tranchées et en carottes de forages, et sur les analyses lithogéochimiques d’échantillons clés. Des datations U-Pb sur des zircons et monazites d’un granite pegmatitique et d’un dyke dioritique ont été réalisées à l’*University of Toronto* dans le but d’établir une contrainte temporelle sur l’assemblage lithologique d’Orfée.

### *Échantillonnage*

Lors de la campagne de terrain du 15 juillet au 8 août 2014, les travaux ont été effectués sur les tranchées et les carottes de forages de la propriété du Poste Lemoyne. Les tranchées sont exposées un peu partout sur la propriété (figure 3). Cette étude s’est concentrée sur la cartographie et la description des tranchées TR-01-01, TR-01-02, TR-01-03 et Tranchée B à l’indice Orfée (figures 5A et B), plus les tranchées C et C98-13 (figure 3). Les lithologies de 27 forages ont été étudiées lors de cette étude (figure 4). Au total, 46 échantillons ont été prélevés sur les tranchées avec une scie à roches et 102 en carottes de forages. La nature des échantillons se repartie comme suit : 47 échantillons d’amphibolite de basalte variablement altérés, 10 de dykes dioritiques porphyriques à plagioclase, 24 de wackes, 27 de formations de fer, 7 de mudrock graphiteux, 7 de pegmatites et 26 de veines de quartz avec divers assemblages minéralogiques.

### *Analyses géochimiques et pétrographie optique*

Sur les 148 échantillons, 128 ont été envoyées au *Activation Laboratories Ltd.* à Ancaster, Ontario, pour des analyses géochimiques. 110 échantillons ont été analysés pour leurs contenus en éléments majeurs et en éléments en traces, tandis que 18 veines de quartz ont été analysées seulement pour des éléments en traces. Les analyses géochimiques ont été obtenues par la méthode INAA et par ICP-MS, en utilisant le Varian Vista ICP. Des lames minces polies ont été effectuées sur 100 échantillons par IOS services Géoscientifiques inc., à Saguenay au Québec. Au moment de rédiger ce rapport, 33 lames minces avaient été fabriquées et décrites partiellement.

### *Datation isotopique U-Pb*

Un échantillon de granite pegmatitique injecté dans l'unité de wacke et un dyke dioritique porphyrique à plagioclase coupant les amphibolites basaltiques ont été prélevés afin d'en déterminer leurs rapports Pb/U et Pb/Pb dans des cristaux de monazite et de zircon par la technique de dilution isotopique et de spectrométrie de masse à ionisation thermique (ID-TIMS). Les échantillons ont été analysés au *Jack Satterly Geochronology Laboratory* à l'*University of Toronto*, par D. W. Davis. La technique de datation de l'ID-TIMS est l'une des plus précises sur des minéraux accessoires. Cette technique de datation a été décrite par Machado *et al.* (1991) et implique la séparation des zircons et des monazites les plus fraîches et moins fracturés. Les échantillons ont été écrasés en utilisant un concasseur à mâchoires et par un moulin à disque. La séparation des zircons et des monazites a été faite par séparation paramagnétique à l'aide d'un Frantz isodynamique, ainsi que par densité en utilisant du bromoforme et de l'iodure de méthylène. Pour ce qui est des zircons du dyke dioritique, ils ont été analysés par un laser New Wave de 213 nm avec un faisceau de 18 microns de diamètre, à 5 Hz et 40 % d'intensité. Les données ont été enregistrées pour  $^{88}\text{Sr}$  (10 ms),  $^{206}\text{Pb}$  (30 ms),  $^{207}\text{Pb}$  (90 ms),  $^{232}\text{Th}$  (10 ms) et  $^{238}\text{U}$  (20 ms). Le faisceau était laissé en marche pour 10 secondes avant de commencer l'enregistrement des données pendant 25 secondes, suivi par 50 secondes de nettoyage. Environ 120 cycles d'analyse ont été effectués par zircon, en produisant des trous d'ablation de 15 microns de profondeur. Pour le zircon, le standard utilisé pour l'intégration des données provient de l'échantillon DD91-1, une monzodiorite de la Sous-province de Pontiac au Québec, daté à  $2682 \pm 1$  Ma

par la méthode ID-TIMS. Pour ce qui est des monazites du granite pegmatitique, la méthode ID-TIMS a été adoptée pour l'analyse des ratios d'isotopes Pb/U. Les grains de monazite ont été dissous dans des bombes Teflon 6N HCl selon la méthode de Krogh (1973), et redissous dans du HCl 3N. Les solutions pures d'U et de Pb ont été séparées du reste de mélange, et chargées sur des filaments de Re et analysées avec un spectromètre de masse VG354. L'âge est calculé en traçant une droite qui passe par le plus de données et l'origine de la droite «concordia». Cette droite permet de calculer la moyenne des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Une probabilité d'accord de plus de 10 % est acceptable d'un point de vue statistique. L'incertitude sur l'âge est présentée pour un intervalle de confiance de 95 %, et les ellipses d'erreurs sur le diagramme représentent un intervalle de  $2\sigma$ .

## Travaux réalisés

### *Descriptions de terrain*

#### *Amphibolites basaltiques*

Les volcanites mafiques à Orfée ressemblent beaucoup à celles décrites par Goutier *et al.* (2002), ainsi que par Bandyayera *et al.* (2011, 2013). Cette unité borde la zone minéralisée au nord (figure 5A) et a un assemblage minéralogique composé majoritairement de hornblende et de plagioclase. Les cristaux varient entre 1 et 3 millimètres. La roche fraîche a une couleur vert foncé, tandis qu'en surface altérée, une teinte grisâtre se superpose. Des faciès massifs (figure 6A) et coussinés (figure 6B) ont été observés sur les tranchées de l'indice Orfée. Des niveaux glomérophyriques sont interstratifiés avec les faciès massifs (figure 6C). L'aplatissement des coussins, ainsi qu'une foliation  $S_1$  d'orientation NW-SE ( $296^\circ/75^\circ$ , figure 5A) indiquent qu'une déformation dominante a affecté ces roches (figure 6B). Une linéation définie par des amphiboles alignées est aussi orientée E-W et est parallèle aux charnières des plis ( $296^\circ/73^\circ$  et  $87^\circ/36^\circ$ ) et à des couloirs de cisaillement. Une altération pervasive à grenat, hornblende et séricite (figure 6D), associée à des sulfures disséminés (pyrrhotite, pyrite et chalcopryrite), affecte cette unité de façon irrégulière (figure 5A). Une altération à biotite (figure 6E) s'étend localement dans cette unité, mais de façon moins présente que l'altération à grenat, hornblende, séricite et sulfures. Des veines de quartz, parfois avec une

altération à grenat, hornblende-grunérite, orthopyroxène et séricite, coupent l'unité d'amphibolite (figure 6F). Cette unité est aussi coupée par des dykes porphyriques en plagioclase de composition dioritique, et par des dykes granitiques pegmatitiques.

### *Wackes*

L'unité sédimentaire, interprétée comme une séquence de wackes, borde la zone minéralisée au sud (figure 5A). Deux populations différentes ont été identifiées selon la minéralogie, ainsi que la lithogéochimie (voir la section Géochimie). Une première population est beaucoup plus riche en minéraux mafiques, tels la hornblende altérée par la chlorite. Outre la hornblende, son assemblage minéralogique est composé de biotite, de plagioclase, de quartz, avec de la pyrite, de la chalcopyrite et de la pyrrhotite en traces. Cette unité a une couleur gris-vert en cassure fraîche, avec une patine d'un vert foncé. Sur les tranchées, ces wacke mafiques ont été observées sur la tranchée TR-01-02 à Orfée, ainsi que sur la tranchée C et sur la tranchée C98-13. L'épaisseur des lits varie de 2-3 cm à 20 cm et ils sont souvent interstratifiés avec des wackes de composition intermédiaire. La population de composition intermédiaire est surtout caractérisée par un assemblage minéralogique composé de quartz, de feldspath et de biotite, avec, comme minéraux accessoires, de la hornblende, de la muscovite et des sulfures. La granulométrie est inférieure à 1 millimètre. La couleur de cette population en cassure fraîche est gris moyen, tandis que la surface altérée est d'un gris plus pâle.

Les deux populations de wackes ont été affectées par la déformation régionale, mais les wackes mafiques ont mieux enregistré une foliation  $S_2$  (figures 5A et 5B;  $265^\circ/76^\circ$ ) développée à angle par rapport à  $S_0$ - $S_1$  (figures 7A et 7D). Bien que plissée par endroits, les wackes montrent encore un granoclassement normal qui indique une polarité stratigraphique vers le sud (figure 7B). Des veines à quartz, contenant des altérations variables de grenat, de hornblende-grunérite et de séricite coupent aussi cette unité (figure 7E). Les intrusions pegmatitiques boudinées et mylonitisées coupent aussi l'unité de wackes (figure 7F).

### *Formation de fer*

La formation de fer à silicates et à oxydes est située entre l'unité de wackes et les amphibolites basaltiques (figure 5A). Cette unité est composée de niveaux à grunérite-hornblende-grenat-hedenbergite, avec magnétite-sulfures en traces, et des niveaux à quartz-plagioclase (figure 8A). Les cristaux varient en granulométrie, avec des tailles entre 2-3 millimètres dans les niveaux à grunérite-hornblende-grenat, et des cristaux 1-2 millimètres dans les niveaux siliceux. La formation de fer atteint une épaisseur maximale de 10 mètres, tandis que chaque bande individuelle a entre 2 et 5 centimètres, et s'étend latéralement sur 25 à 30 mètres à Orfée (figure 5A). La couleur en cassure fraîche de cette unité est vert-gris, tandis que la couleur en surface altérée est brunâtre. Des plis parasites en Z, suggérant une déformation de cisaillement dextre d'orientation est-ouest, expliquent la zone d'épaississement de la formation de fer sur la tranchée TR-01-01 à Orfée (figure 5A). Quelques niveaux boudinés ont été observés à Orfée (figure 8B). La foliation principale, parallèle au litage, suit une orientation de WNW à NW, et a un pendage de 60° à 85°. Sur la tranchée C (figure 3), deux populations de plis affectent la formation de fer (figure 8C). La grunérite remplace la hornblende, et les sulfures semblent être plus concentrés dans les bandes avec remplacement à grunérite. L'altération à grunérite-grenat semble être concentrée dans la charnière des plis P2 (figure 8D).

### *Mudrock graphiteux*

L'unité de mudrock graphiteux se situe principalement dans la formation de fer sur la tranchée TR-01-01, tandis que sur la tranchée TR-01-02, elle se situe entre les wackes et les amphibolites basaltiques (figure 5A). Sa granulométrie est très fine ce qui rend la distinction minéralogique ardue sur le terrain. Son assemblage minéralogique est composé de quartz, de feldspath, de graphite et de sulfures disséminés à massifs. Des cristaux d'arsénopyrite idiomorphes ont été notés sur la tranchée TR-01-02. Sa couleur en cassure fraîche est gris foncé (figure 8F), tandis que sa couleur en surface altérée est brun-rouillé, indiquant un grand pourcentage de sulfures. Une altération préférentielle des sulfures donne un aspect vésiculaire à cette unité. À l'interface entre la formation de fer et les amphibolites basaltiques, cette unité est aplatie et déformée dans un couloir de cisaillement aurifère d'orientation WNW-ESE. Le mudrock graphiteux, fortement minéralisé en or



(max. 54,6 g/t), nécessite plus d'études pétrographiques et analytiques pour une meilleure description et une meilleure interprétation.

### *Dykes dioritiques, porphyriques à plagioclase*

Une série de dykes dioritiques, porphyriques à plagioclase, coupent l'unité d'amphibolites basaltiques (figure 5A). Les dykes ont un assemblage minéralogique composé de plagioclase, de hornblende, de biotite et de <5 % quartz. La taille des phénocristaux de plagioclases varie de 1 à 2 millimètres, avec une couleur en cassure fraîche gris moyen et gris-brunâtre en surface altérée. Les dykes ont une épaisseur de 1 à 2 mètres. Ils coupent la foliation principale des amphibolites basaltiques, mais sont eux même déformés, ce qui se traduit par une foliation dans ceux-ci (figure 9A). Des enclaves centimétriques, mafiques, foliées, à grains fins et de forme irrégulière (figure 9B) sont distribuées de façon homogène dans les dykes. Ces dykes coupent aussi l'altération pervasive à grenat, hornblende, séricite et sulfures dans les amphibolites basaltiques (figure 9A), mais sont coupés par les veinules de quartz, à grenat, hornblende, grunérite, hedenbergite et plagioclase altéré par la séricite. Sur la tranchée TR-01-01 à Orfée, le dyke est boudiné et cisailé dans un couloir de déformation d'orientation WNW, parallèle à la schistosité principale (figure 9C). Les dykes dioritiques ont des ressemblances texturales et minéralogiques avec les roches de la Suite de Bezier, décrit par Goutier *et al.* (2002), dans les feuillets 33G05 et 33G06. Les deux unités comprennent des enclaves mafiques foliées (figures 9B et 9D). Elles sont de composition intermédiaire et les nouvelles datations U-Pb indiquent qu'elles ont le même âge de 2703 Ma (David, inédit, 2015; Davis, inédit, 2015). Les colorations des roches de Bezier indiquent la présence significative de feldspaths potassiques (Goutier *et al.*, 2002). L'étude de leur géochimie permettra de mieux les comparer.

### *Granite pegmatitique*

Le granite pegmatitique se trouve sous forme de dykes métriques dans l'unité de wacke et les amphibolites basaltiques (figure 5A). Une interprétation par Mines d'Or Virginia suggère que cette unité coupe la formation de fer, mais aucune observation faite sur le terrain ou en forages lors de la campagne de terrain 2014 ne concrétise cette

hypothèse. Ce granite est composée de quartz, de feldspath potassique, de plagioclase, avec de la muscovite, du grenat et de la tourmaline en traces. Sa granulométrie varie de 5 millimètres et 2 centimètres. Sa couleur en cassure fraîche est blanche, et sa patine est gris-blanchâtre. Certains dykes son boudinés et cisailés dans l'unité de wackes (figure 9E), et boudinée dans l'unité d'amphibolites basaltiques (figure 9F). Ce granite pegmatitique ressemble à ceux observés à plusieurs endroits au contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca (33F02, affleurement 1998-JG-2224, page couverture du RG 99-15; 33G06, affleurement 2014-AR-4102), dont certains sont associés au Granite du Vieux-Comptoir (33F02, affleurement 1995-LP-30, daté à  $2618 \pm 2$  Ma, Goutier *et al.*, 2000). Par contre, le Granite du Vieux-Comptoir est une unité plurikilométrique, alors que le granite pegmatitique à Orfée est sous forme de petites injections.

### *Descriptions pétrographiques*

Pour l'instant, l'or a été observé dans quatre des 39 échantillons étudiés par microscopie optique, soit PLE-02-14-79,6; PLE-07-112-502; PLE-02-23-191 et PLE-02-21-124,6. La numérotation de la lame correspond au forage et au métrage de l'échantillon, donc PLE-02-14-79,6, correspond au forage PLE-02-14 et au métrage (79,6 m) où l'échantillon a été prélevé.

### *Amphibolites basaltiques*

Un échantillon affecté par un fort remplacement à sulfures a été observé et décrit en lame mince (PLE-02-14-79,6). Son assemblage minéralogique est composé de 40 % biotite, 30 % hornblende, 10 % plagioclase, 10 % pyrrhotite et 5 % quartz, et de l'or, la chalcopryrite et la sphalérite en traces. Les cristaux idioblastiques de biotite ont des tailles comprises entre 1,4 et 0,2 millimètres, avec des cristaux à plus grande granulométrie associés à la hornblende, tandis que les cristaux plus fins sont associés au plagioclase. Les cristaux de hornblende sont idioblastiques à subhypidioblastiques, 0,5 à 1 millimètres, altérées par l'épidote et par la chlorite, avec des inclusions de tourmaline (figure 10A). Des halos pléochroïques sont distribués sur la surface de la biotite et de la hornblende, indiquant la présence d'inclusions de minéraux radioactifs comme le zircon (figure 10A). La pistachite à texture d'arlequin (figure 10C) remplace la biotite aussi. L'or disséminé dans

des cristaux de plagioclase altéré par la séricite a précipité dans des fractures de clivage de la hornblende (figure 11A). Les cristaux idiomorphes de plagioclase (0,1 à 0,2 millimètres) sont affectés par une altération à séricite associée à l'or. La pyrrhotite est disséminée ou en agrégats, de forme irrégulière, avec des cristaux de chalcopryrite et d'or cristallisant en bordure (figure 11B). Une veine de chlorite coupant la roche (figure 10D) contient de l'or disséminé, ainsi que de la pyrrhotite avec de l'or en bordure.

### *Wackes*

Cette unité a été divisée en deux groupes, comme discuté dans la section *Description de terrain*, ainsi que plus loin dans la section *Géochimie*. La première population, plus riche en minéraux mafiques, est composée de biotite à 40 %, de hornblende à 35 %, de quartz à 15 % et de plagioclase à 10 %. L'assemblage minéralogique des minéraux en traces est composé de pyrite, de chalcopryrite et de pyrrhotite. Le clivage principal est défini par une foliation principale, identifiée en lames minces par l'alignement des micas. Une foliation secondaire se développe parallèle aux charnières des plis lors d'un événement de déformation subséquent. Des porphyroblastes d'hornblende sont orientés obliques à la foliation principale, et sont superposés par la biotite définissant la foliation principale.

La deuxième population, de composition intermédiaire, est caractérisée par un assemblage minéralogique composé de 35 à 40 % plagioclase, de 30 % biotite, de 15 % quartz, de 2 % grenat, de 2 à 5 % hornblende, de 1 % pyrrhotite, de 1 % pyrite. La tourmaline, la chalcopryrite et la magnétite sont des minéraux accessoires observés. Les cristaux de plagioclase sont altérés par la séricite de 5 à 10 %. Les sulfures sont distribués de façon homogène dans la matrice de la roche. Une foliation pénétrative est définie par la biotite, tandis qu'une foliation plus discrète est aussi définie par des cristaux de biotite. Des veinules de quartz-calcite recoupent la foliation principale de cette sous-unité.

### *Formation de fer*

Parmi les échantillons étudiés, un assemblage minéralogique composé de hornblende, de grunérite, de quartz, de grenat, de magnétite, d'hedenbergite, de plagioclase et de calcite. Les minéraux sont regroupés dans des niveaux à quartz-plagioclase, magnétite

et grunérite-hedenbergite-hornblende-grenat-sulfures. Les minéraux accessoires comprennent la pyrrhotite, la chalcoppyrite, la pyrite, et le graphite. Les niveaux de hornblende, remplacés par la grunérite, sont beaucoup plus riches en sulfures que les niveaux à quartz-plagioclase. La pyrrhotite est disséminée à massive, avec des couronnes secondaires de pyrrhotite autour des cristaux suggérant deux générations de pyrrhotite. Les cristaux de grenat comprennent des inclusions d'amphibole et de quartz. Des lamelles de graphite sont distribuées de façon homogène dans la matrice de l'échantillon 14-AB-6110-A2, ce qui indique leur nature tardive.

#### *Mudrock graphiteux*

Cette unité a un assemblage minéralogique composé de quartz à 60 %, de biotite à 10 %, de graphite à 10 %, d'albite à 5 %, de pyrrhotite à 5 %, de hornblende à 5 %, d'orthoclase à 1-2 %, avec arsénopyrite et sphalérite comme minéraux accessoires. La matrice hétérogène est composée de quartz, d'albite et de graphite entre 0,01 et 0,02 millimètres. Des cristaux de quartz et de plagioclase recristallisés, à granulométrie plus grossière que la matrice, entourent les amas de sulfures. Les cristaux de quartz ont une extinction ondulatoire, à caractère biaxiale. Des veines non-aurifères de quartz et de pyrrhotite disséminée à semi-massive coupent la matrice fine. De l'or natif est libre dans la matrice de quartz, tandis que de l'or associé avec la pyrrhotite et avec la chalcoppyrite est concentré dans une veine à pyrrhotite, chalcoppyrite et séricite (figure 11F). La teneur en or originale du forage est de 15,20 g/t Au sur 1 m (Blanchet, 2002) et nous avons obtenu 54,60 g/t Au (éch. 2014060802).

#### *Dykes dioritiques, porphyriques à plagioclase*

Cette unité est composée de plagioclase à 57 %, de hornblende à 35 %, de quartz à 5 %, de biotite à 3 %, avec la titanite, la tourmaline, la pyrrhotite, la magnétite, la pyrite, des tellurures de bismuth et l'or comme minéraux accessoires. Dans l'échantillon PLE-07-112-502 (figure 11C), provenant de l'indice Orfée Est, le plagioclase est faiblement affecté par une altération à prehnite/séricite. La teneur en or originale du forage est de 23,63 g/t Au sur 1 m (éch. 117778, Cayer, 2008) et nous avons obtenu 59,90 g/t Au (éch. 2014060871). Les cristaux de hornblende sont idiomorphes à hypidiomorphes, ~2,2 mm, altérés par endroits par de la biotite, avec des inclusions de quartz, de microcline, de titanite

et de tourmaline (figure 10B). Les cristaux de plagioclase sont hypidiomorphes à xénomorphes, de 1 à 4 mm, avec une texture ressemblant à la macle écossaise et des macles polysynthétiques. La titanite est idiomorphe, de 0,1 à 0,2 mm, et est en inclusions dans la hornblende ou dans le plagioclase. La pyrrhotite est disséminée dans la matrice silicatée, avec la chalcopirite cristallisant en bordure des cristaux de pyrrhotite et des cristaux idiomorphes de pyrite superposés par endroits. L'or natif est en inclusions dans des cristaux de plagioclase et d'hornblende (figure 11D), mais aussi libre dans une veine de quartz cisailée (figure 11E) qui coupe le dyke. L'or est souvent entouré d'une altération à prehnite/séricite (figure 10F). Des veines plus tardives à quartz-calcite (figure 10E) coupent la matrice du dyke, ainsi que la veine de quartz aurifère. Une foliation est définie par la biotite altérant la hornblende, et par la séricite altérant les plagioclases. Dans l'échantillon PLE-02-23-191 (éch. 2014060861), nous avons obtenu une teneur de 7,06 g/t Au.

### *Géochimie*

Cent-dix échantillons ont été analysés pour leur contenu en éléments majeurs et en éléments en traces, tandis que 18 veines de quartz ont été analysées seulement pour des éléments en traces. Les échantillons proviennent des tranchées TR-01-01, TR-01-02 et Tr-01-03 à Orfée, des tranchées C et C98-13, ainsi que des carottes de forages à Orfée et à Orfée Est. Les échantillons frais, ainsi que altérés, ont été utilisés pour les diagrammes, tous normalisés à 100 % anhydre pour les éléments majeurs.

### *Amphibolites basaltiques*

Les amphibolites basaltiques d'Orfée ont des teneurs en MgO de 5 à 6 % poids, un Mg# de 38 à 50, des teneurs en SiO<sub>2</sub> de 42,0 à 55,7 % poids, des teneurs en TiO<sub>2</sub> de 0,98 à 1,45 % poids et des teneurs en Zr de 74 à 86 ppm. Sur le diagramme de Ross et Bédard (2009), les basaltes d'Orfée sont divisés en deux groupes distinctes selon leur ratio Th/Yb versus Zr/Y (figure 12B). Le groupe I a une tendance plus tholéiitique, tandis que le groupe II a une tendance plus transitionnelle entre tholéiitique et calco-alcaline (figure 12B). Les deux mêmes populations d'amphibolites basaltiques se distinguent bien par leurs spectres de terres rares (figures 12C et 12D). Le premier groupe (groupe I) est caractérisé par un très léger enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes

(La/Yb<sub>nc</sub> = 0,78 à 2,44; La/Sm<sub>nc</sub> = 0,92 à 1,64; Gd/Yb<sub>nc</sub> = 0,92 à 1,39; Zr/Y = 1,35 à 4,05), mais le spectre des terres rares est assez plat (figure 12C), profil spécifique aux basaltes de type MORB. Ce groupe a aussi des teneurs moyennes en Cr de 113 ppm et en Ni de 60 ppm, valeurs plus faibles que les amphibolites du groupe II, soit 339 ppm Cr et 116 ppm Ni. Le diagramme des multiéléments a un profil assez plat pour les basaltes du groupe I (figure 12E). Le groupe II a un enrichissement assez remarqué en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes (La/Yb<sub>nc</sub> = 1,78 à 4,47; La/Sm<sub>nc</sub> = 1,31 à 3,35; Gd/Yb<sub>nc</sub> = 1,09 à 1,56; Zr/Y = 0,55 à 2,70). Cet enrichissement en terres rares légères est observé sur le spectre des terres rares (figure 12D), ce qui suggère une source différente des amphibolites du groupe I. En outre, une anomalie négative en Nb-Ta et en Ti est observée sur le profil du diagramme des multiéléments (figure 12F), suggérant une affinité calco-alcaline. Les deux populations semblent être interstratifiées, sans distribution spatiale spécifique.

### *Wackes*

Les analyses géochimiques de cette unité indiquent l'existence de deux populations de wacke. Un premier groupe contient des valeurs élevées en MgO (8,00 à 14,53 % poids), de même qu'en Ni (263 à 496 ppm) et en Cr (805 à 1470 ppm). La deuxième population contient entre 1,39 à 4,27 % poids MgO, entre 60 et 188 ppm Ni et entre 154 et 340 ppm Cr (figures 13A et B). La population de wacke riche en MgO pourrait être un équivalent distal de l'unité de wacke ultramafique du Guyer (voir Stamatelopoulou-Seymour et Francis, 1980; Goutier *et al.*, 2002) située à 4 km au NE de l'indice Orfée.

### *Datation isotopique U-Pb d'un dyke de granite pegmatitique et d'un dyke de diorite porphyrique à plagioclase*

La datation de l'échantillon de granite pegmatitique (14-AB-6134-A1, NAD 1983, zone 18, UTM, 485618E, 5923630N), provenant de la tranchée TR-01-01 à Orfée, a donné un âge de 2613,6 ± 0,4 Ma (figure 14A; Davis, inédit, 2015). Cet âge est très proche de celle au Granite du Vieux-Comptoir, daté à 2618 ± 18/-13 Ma et à 2618 ± 2 Ma (Goutier *et al.*, 1999 et 2000).

La datation U-Pb d'un dyke porphyrique à plagioclase a été effectuée sur l'échantillon 14-AB-6124-B1 (NAD 1983, UTM, zone 18, 485631E, 5923643N; cette

étude). La datation de cet échantillon, prélevé sur la tranchée TR-01-01 à Orfée, a donné un âge de  $2703 \pm 7$  Ma (Davis, inédit, 2015; figure 14B). Un âge de  $2703 \pm 4$  Ma a été obtenu par David (inédit, 2015) suite à la datation de l'échantillon 2014-JG-2088 (NAD 1983, UTM, zone 18, 457469E, 5922120N) provenant de la Suite de Bezier. Cette unité, du même âge que le dyke dioritique à plagioclase daté à Orfée, est de composition intermédiaire et contient des enclaves mafiques. L'étude en pétrologie optique des deux unités, ainsi que l'analyse des enclaves mafiques au MEB sera utile pour comparer les dykes dioritiques à plagioclase retrouvés à Orfée et les roches de la Suite de Bezier.

## Interprétations

Les travaux en cours offrent un nouveau regard sur notre compréhension de la minéralisation aurifère, des altérations et des associations lithologiques dans le secteur des indices aurifères Orfée et Orfée Est. Les deux nouvelles datations U-Pb permettent de faire des corrélations avec des suites importantes de la région et de commencer à établir un cadre temporel de l'événement minéralisateur.

L'étude pétrographique préliminaire suggère que la minéralisation à Orfée est associée en majeure partie à une altération ferromagnésienne ainsi qu'à une altération en sulfures tardi-tectonique. Des importantes teneurs en or sont fortement corrélées avec l'ajout des éléments comme le  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , le  $\text{MgO}$ , le  $\text{CaO}$  et le S. L'or natif libre est associé à la hornblende et au plagioclase altéré par la prehnite/séricite (figures 11A, D et E), ainsi qu'à des veinules de quartz-arsénopyrite-tellurures de bismuth dans des dykes dioritiques porphyriques à plagioclase (figure 11E). De l'or visible a été observé aussi en bordure des cristaux de pyrrhotite et de chalcopyrite dans des veinules à sulfures massifs-quartz (figures 11B et 11F), et au long des fractures dans la magnétite et dans la hornblende dans des veinules à chlorite dans des formations de fer. L'unité de mudrock graphiteux est fortement minéralisée, avec une moyenne de concentration en or de 10,98 g/t sur nos sept échantillons analysés, ainsi qu'une valeur maximale de 54,6 g/t sur 1 m (figure 15A). Des observations sur le terrain, ainsi que les observations par microscopie ont permis de conclure que l'unité de mudrock graphiteux a subi au moins un événement de déformation, synmétamorphique ou postmétamorphique, responsable du cisaillement de la roche et de la formation d'une foliation mylonitique. Des fractures et des ouvertures de tension contemporaines à la

foliation ont pu accommoder les fluides riches en sulfures transporteurs de l'or. En outre, une corrélation a été observée entre la teneur en soufre et la concentration en or (figure 15B). La poursuite de nos travaux permettra s'en savoir d'avantage sur la provenance et l'association de l'or à Orfée.

Les amphibolites basaltiques de l'indice aurifère Orfée ont été interprétées comme des coulées basaltiques appartenant au Groupe de Guyer (Goutier *et al.*, 2002). Les volcanites mafiques du Groupe de Guyer ont été divisées en deux sous-groupes (figure 12), selon les teneurs en éléments majeurs, en terres rares, ainsi qu'en éléments en traces. Les basaltes du premier groupe (groupe I) ont des spectres de terres rares plus enrichis en terres rares lourdes que le groupe II, ainsi que des teneurs plus élevées en TiO<sub>2</sub> et Zr. Le deuxième groupe (groupe II) est légèrement enrichi en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes et intermédiaires et a de plus faibles teneurs en TiO<sub>2</sub> et Zr par rapport au premier groupe. La lithogéochimie des amphibolites basaltiques à Orfée semble diverger de celle caractérisant les roches volcaniques du Groupe de Guyer (figures 16 et 17). Pour des fins de comparaison, les champs compositionnels des terres rares normalisées aux chondrites CI des basaltes du Groupe de Yasinski ont été rajoutés sur les spectres de terres rares des roches volcaniques de la présente étude (figures 16B et 17A). Les roches volcaniques du Groupe de Yasinski, d'affinité tholéiitique (Richer–Laflèche *et al.*, 2000), sont divisées en trois sous-groupes. Le groupe I est caractérisé par un appauvrissement en terres rares légères et en Th, le groupe II est caractérisé par de spectres des terres rares subchondritiques, tandis que le groupe III est composé de roches ayant un enrichissement en terres rares légères et de fortes anomalies négatives en Nb et Ta (Richer–Laflèche *et al.*, 2000).

Les basaltes du groupe I à Orfée ont une tendance tholéiitique avec des teneurs en terres rares légères très faiblement enrichies par rapport aux terres rares lourdes. Cette signature indiquerait que la source de ces basaltes est semblable à celle des basaltes des rides océaniques de type E-MORB (Sun et McDonough, 1989). Sur le spectre des multiéléments (figure 12E) des amphibolites basaltiques du groupe I, l'absence de fractionnement des éléments lithophiles de faible rayon mais à fort potentiel ionique (HFSE) par rapport aux terres rares indique aussi une source mantellique semblable à celle



des basaltes des rides océaniques de type E-MORB. Les spectres des terres rares des amphibolites basaltiques du groupe I à Orfée sont assez similaires à ceux des basaltes du groupe II du Groupe de Guyer (figure 16A), sauf pour un enrichissement plus important en terres rares. En comparant ces deux groupes aux basaltes du Groupe de Yasinski (figure 16A), on observe que les spectres des terres rares de toutes les séries tholéitiques sont assez similaires, mais que les basaltes à Orfée sont plus enrichis en terres rares. En outre, les profils des éléments des terres rares lourdes suivent les mêmes pentes pour toutes les populations de basaltes tholéitiques étudiées, tandis que des différentes pentes sont observées pour les profils de terres rares légères (figures 16A et 17). Les teneurs en MgO des amphibolites basaltiques à Orfée sont légèrement plus faibles que celle des basaltes du Groupe de Guyer, ainsi que celle des basaltes du Groupe de Yasinski. L'enrichissement en terres rares et la faible concentration en MgO des basaltes tholéitiques à Orfée pourraient être expliqués par une source plus enrichie ou un plus faible degré de fusion partielle pour le magma de ces basaltes (Pearce, 2008), tandis que l'enrichissement en terres rares légères pourrait être expliqué par une faible contamination crustale (figure 16A).

Les basaltes du groupe II à Orfée ont, quant à eux, une signature magmatique transitionnelle (figure 12B) située entre les affinités tholéitique et calco-alcaline. Leurs spectres en terres rares sont plus proches de ceux du groupe III des basaltes de Yasinski que de ceux de deux groupes d'amphibolites basaltiques du Groupe de Guyer (figures 12B et 16). Sur les spectres des multiéléments (figure 12F), le groupe II des amphibolites basaltiques d'Orfée montrent une anomalie négative en Nb et Ta par rapport aux terres rares légères. Ces anomalies sont caractéristiques des basaltes des arcs insulaires ou des basaltes ayant une composante continentale (Richer-Lafleche *et al.*, 2000). La différenciation des magmas calco-alcalins à partir de magmas tholéitiques est possible par des processus d'assimilation et de cristallisation fractionnée si la fugacité de l'oxygène est adéquate (Richer-Lafleche *et al.*, 2000). Ainsi, lorsqu'un magma tholéitique traverse une croûte tonalitique, le processus de la contamination crustale peut enrichir le magma initial en Th et terres rares légères, et l'appauvrir en Nb, Ta et en TiO<sub>2</sub>. Donc, les amphibolites basaltiques du groupe II pourraient avoir la même source que les roches du groupe I, mais avec un niveau de contamination crustale plus importante (figure 17).

Le dyke dioritique porphyrique à plagioclase, daté à  $2703 \pm 7$  Ma (cette étude), est très semblable à l'unité de la Suite de Bezier. Ce dyke coupe l'altération pervasive à grenat, hornblende et séricite de l'unité amphibolitique, mais est recoupé par les veines à quartz, grenat, hornblende et sulfures. L'altération pervasive à grenat, hornblende et séricite n'est pas associée à la minéralisation. En outre, de l'or associé à un assemblage minéralogique composé d'arsénopyrite-pyrrhotite-chalcopryrite-tellurures de bismuth est superposé au dyke dioritique. Cette observation implique un événement minéralisateur plus jeune que  $2703 \pm 7$  Ma pouvant être associé à la mise en place du dyke ou une remobilisation plus tardive. Cette question sera répondue lors des observations des textures en microscopie optique et des analyses à la microsonde et par LA-ICP-MS.

Le granite pegmatitique, daté à  $2613,6 \pm 0,4$  Ma (cette étude), s'est mis en place dans les amphibolites basaltique et les wackes. Ceci nous permet de mettre une contrainte temporelle minimale sur l'assemblage lithologique d'Orfée. En outre, cette date correspond à deux autres unités semblables, appartenant au Granite du Vieux Comptoir, situées dans la région du lac Sakami (Goutier *et al.*, 1999, 2000). Des études pétrographiques et des comparaisons géochimiques restent à être effectuées pour déterminer si l'unité de granite pegmatitique à Orfée peut être associée minéralogiquement avec le Granite du Vieux-Comptoir. Des âges similaires ont aussi été obtenus dans des dykes granitiques contenant de l'or, dans le gisement de Roberto (2616 Ma – 2600 Ma, Ravenelle, 2013, Fontaine *et al.*, 2015) et dans l'intrusion de Cheechoo (2612 Ma, Fontaine *et al.*, 2015). Il serait intéressant de réaliser une étude géologique sur ces granites pegmatitiques porteurs d'or. La première observation d'or dans un granite pegmatitique a été réalisée par J. David lors de la séparation minéralogique de l'échantillon de datation du granite pegmatitique 95-LP-20 dont l'âge est de  $2618 \pm 2$  Ma (Goutier *et al.*, 2000).

## **Conclusion et travaux futurs**

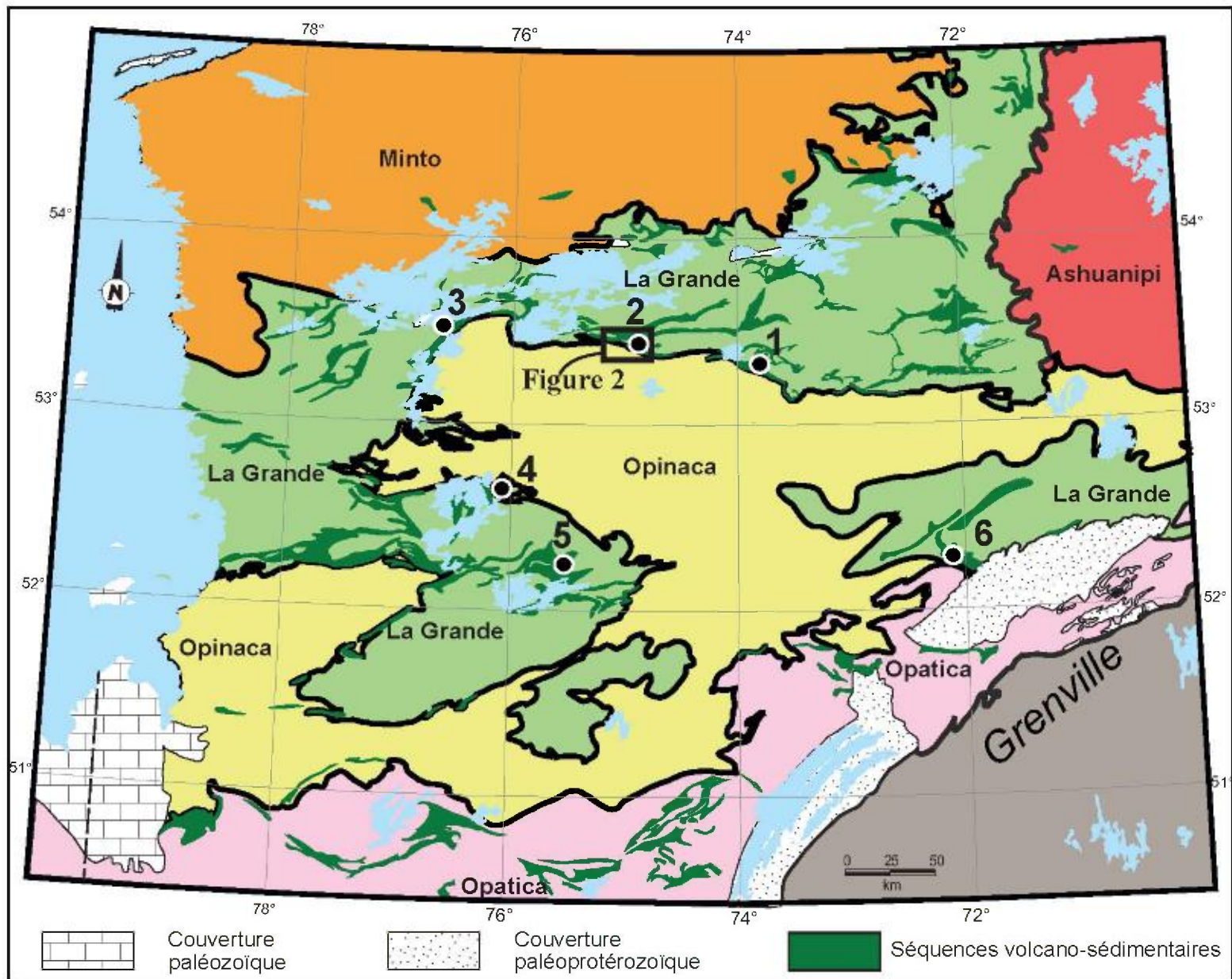
Les lithologies les plus minéralisées en or sont le mudrock graphiteux, les formations de fer et les dykes dioritiques porphyriques à plagioclase. Les teneurs en or corrélient relativement bien avec celles en soufre et en fer, ce qui en fait des métalotectes pour ce secteur. La géochimie des amphibolites basaltiques indique qu'il y a deux types d'amphibolites présents dans le secteur. Le premier groupe a un spectre des terres rares

assez plat, tandis que le deuxième groupe est enrichi en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes. Même si ces roches mafiques ont été interprétées comme des basaltes du Groupe de Guyer, leurs géochimies diffèrent en partie de celles décrites par Bandyayera *et al.* (2014). Cela suggère que les amphibolites basaltiques adjacentes au gîte aurifère Orfée ont une source différente de celle des basaltes du Groupe de Guyer. Une ressemblance des spectres des terres rares, ainsi que des spectres des multiéléments des amphibolites basaltiques du groupe II à Orfée avec les basaltes du groupe III du Groupe de Yasinski (figure 16B) est observée. Cela pourrait bien indiquer que les basaltes à Orfée ont une source plus similaire aux basaltes de Yasinski, ou que les deux groupes sont contemporains. Des travaux sont encore nécessaires pour déterminer si ces amphibolites appartiennent au Groupe de Guyer (2,8 Ga) ou à une unité plus jeune (2,7 Ga) comme celle de Yasinski à l'ouest, ou celle de Corvette à l'est. Ceci pourrait impliquer une zone d'imbrication tectonique plus large au contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. En outre, la caractérisation des altérations et des différents assemblages minéralogiques associés avec la minéralisation permettra de développer un modèle de la mise en place de l'or.

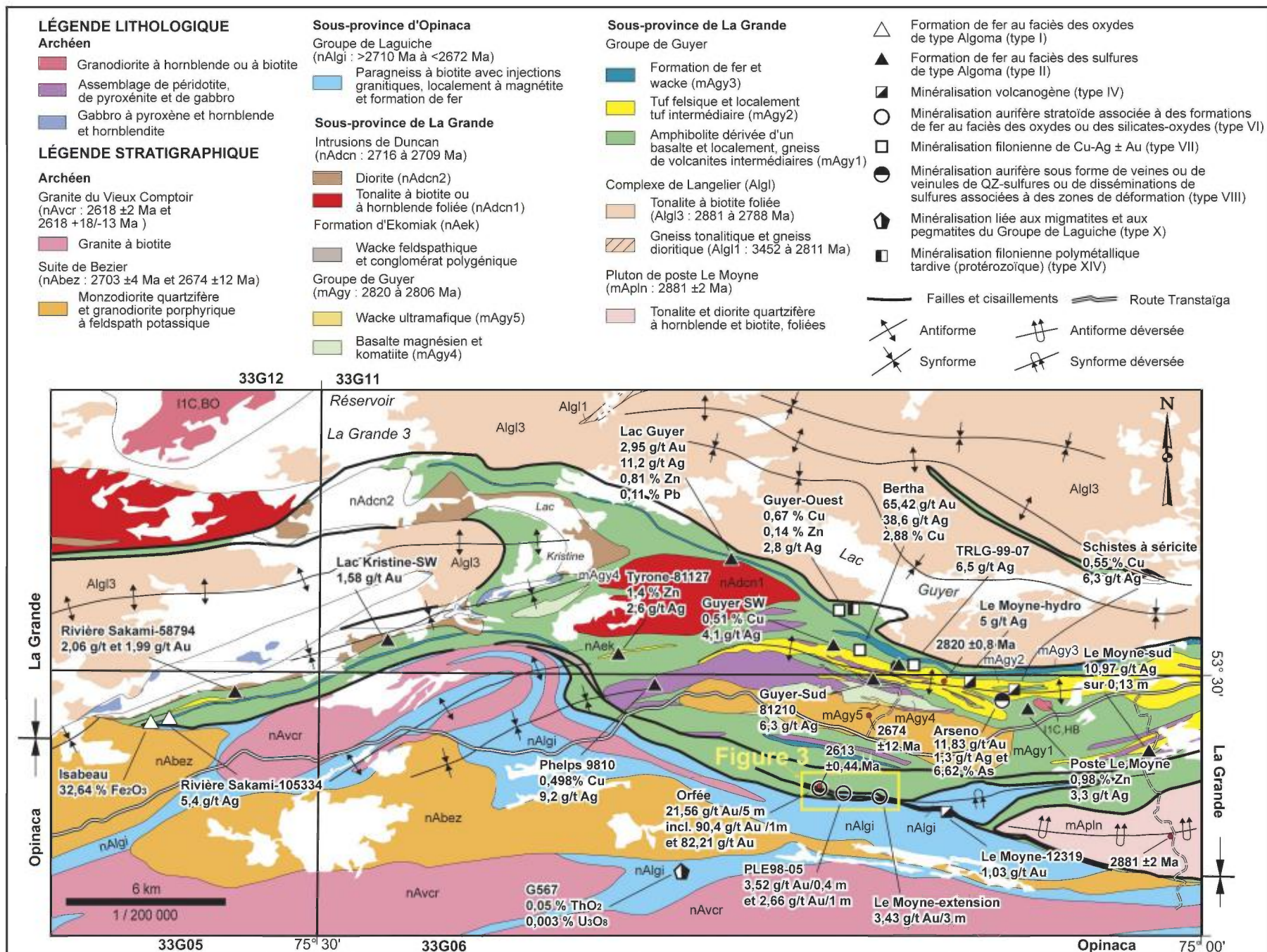
## Références

- Aucoin, M., Beaudoin, G., Creaser, R. A. et Archer, P., 2012. Metallogeny of the Marco zone, Corvet Est, disseminated gold deposit, James Bay, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 49, pages 1154-1176.
- Augland, L. E., David J., Pilote, P., Leclerc, F., Goutier, J., Hammouche, H., Lafrance, I., Talla Takam, F., Deschênes, P.-L., Guemache, M., 2015. Datations U-Pb dans les provinces de Churchill et du Supérieur effectuées au GEOTOP en 2012-2013. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, RP 2015-01, 42 pages.
- Bandyayera, D., Burniaux, P. et Morfin, S., 2011. Géologie de la région du lac Brune (33G07) et de la Baie Gavaudan (33G10). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP2011-01, 25 pages, 2 cartes.
- Bandyayera, D., Burniaux, P. et Chapon, B., 2013. Géologie de la région du lac Magin (33G09), de la colline Captel (33G15) et du lac Fontay (33G16), Baie-James, Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP2013-01, 32 pages, 3 cartes.
- Bandyayera, D., Goutier, J. et Burniaux, P., 2014. Géochimie des roches volcaniques et intrusives de la région des lacs Guyer et Nochet, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP2014-13, 29 pages.
- Blanchet, C., 2002. Propriété Poste Le Moyne Extension. Programme de forage, janvier-février 2002. Rapport statutaire déposé au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 59620, 316 pages, 16 plans.
- Cayer, A., 2003. Programme de forage, automne 202 – hiver 2003, propriété Le Moyne Extension. Rapport statutaire déposé au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles; GM 60336, 593 pages et 38 plans.
- Cayer, A., 2008. Technical Report and Recommendations. Winter 2007 Drilling Program. Poste Lemoyne Extension Property, Québec. Rapport statutaire déposé au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles; GM 63466, 620 pages et 19 plans.
- David, J., Simard, M., Bandyayera, D., Goutier, J., Hammouche, H., Pilote, P., Leclerc, F. et Dion, C., 2012. Datations U-Pb effectuées dans les provinces du Supérieur et de Churchill en 2010-2011. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RP2012-01, 33 pages.
- 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 du Supérieur et de Churchill en 2011-2012. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP2014-05, 62 pages.
- Fontaine, A., Dubé, B., Malo, M., McNicoll, V., Brisson, T., Doucet, D. et Goutier, J., 2015. Geology of the metamorphosed Roberto gold deposit (Éléonore Mine), Baie-James Region, Québec: Diversity of mineralization styles in a complex tectono-metamorphic framework. Geological Survey Canada; open file 7852, pages 209-225.
- Goutier, J., Dion, C., Lafrance, I., David, J., Parent, M., et Dion, D.-J., 1999. Géologie de la région des lacs Langelier et Threefold (33F/03 et 33F/04). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG98-18, 54 pages, 2 cartes.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M.-C., David, J. et Parent, M., 2000. Géologie de la région des lacs Guillaumat et Sakami (SNRC 33F/02 et 33F/07). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG99-15, 40 pages, 2 cartes.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M.-C., Davis, D.W., David, J. et Parent, M., 2002. Géologie de la région du lac Guyer (33G/05,33G/06, 33G/11). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG2001-15, 53 pages, 3 cartes.
- Krogh, T.E., 1973. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations. *Geo-chimica et Cosmochimica Acta*, volume 37, pages 485-494.

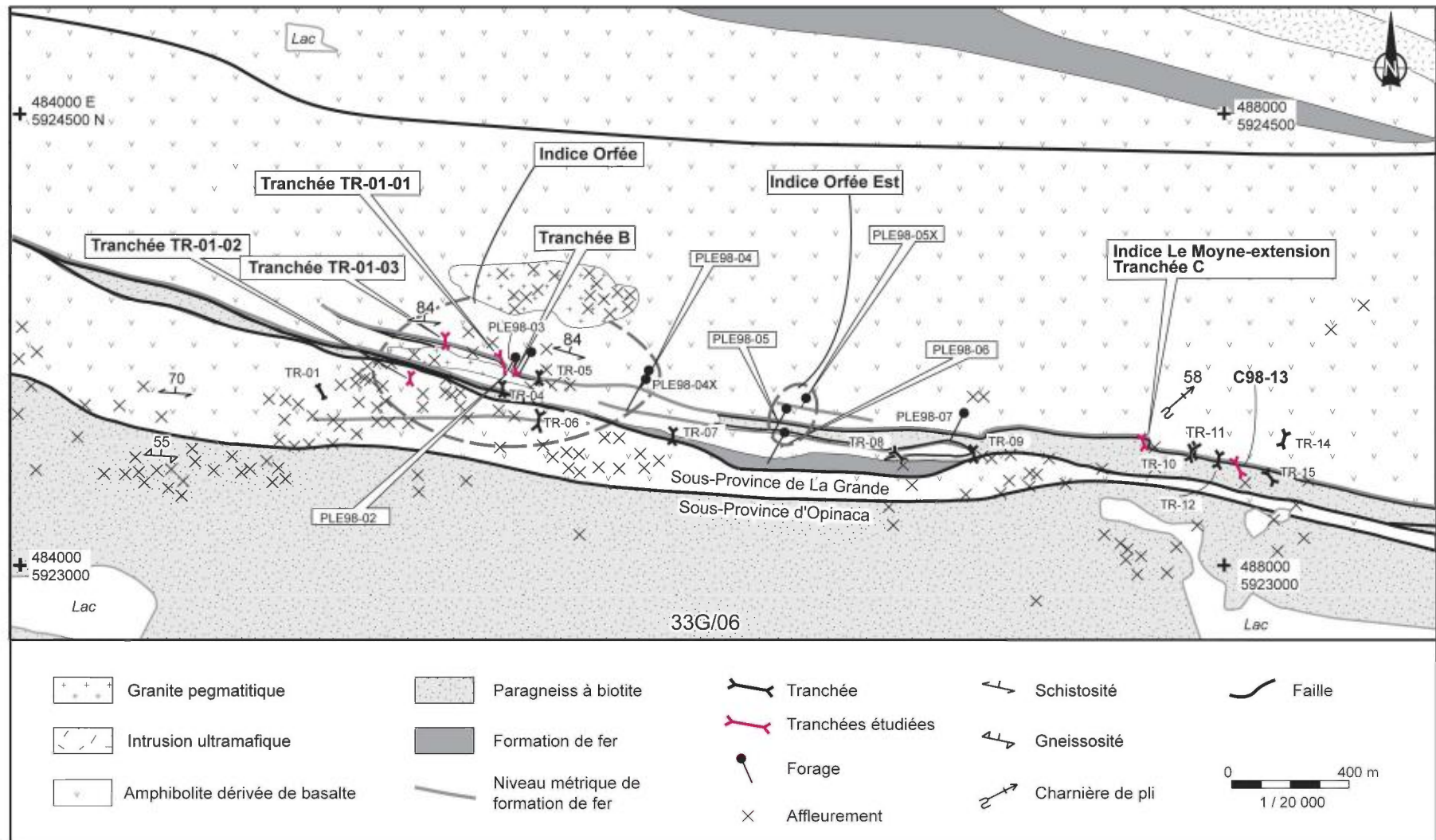
- Machado, N., Philippe, S., David, J. et Gariépy, C., 1991. Géochronologie U-Pb du territoire québécois: Fosses du Labrador et de l'Ungava et Sous-province du Pontiac. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB91-07, pages 5-10.
- Mercier-Langevin, P., Daigneault, R., Goutier, J., Dion, C. et Archer, P., 2012. Geology of the Archean Intrusion-Hosted La-Grande-Sud Au-Cu Prospect, La Grande Subprovince, James Bay Region, Québec. *Economic Geology*, volume 107, pages 935-962.
- Pearce, J.A., 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams, in Wyman, D.A., (ed.). Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulphide exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes, volume 12, pages 79-113.
- Pearce, J.A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, volume 100, issues 1-4, pages 14-48.
- Ravenelle J.-F., 2013. Amphibolite Facies Gold Mineralization: An example from the Roberto deposit, Eleonore property, James Bay, Quebec. Thèse de doctorat, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement, Québec, Canada, 283 pages.
- Richer-Lafèche, M., Moorhead, J., Goutier, J. et Fallara, F., 2000. Géochimie des roches volcaniques et des formations de fer du Groupe de Yasinski, sous-province de La Grande. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 2000-13, 77 pages.
- Ross, P.-S. et Bédard, J. H., 2009. Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 46, pages 823-839.
- Stamatelopoulou – Seymour, K. et Francis, D., 1980. An Archean ultramafic turbidite from Lac Guyer, James Bay Area, Quebec, Canada. *Canadian Journal of earth Sciences*, v. 17, p. 1576-1582.
- St. Seymour, K., Woussen, G. et Sharma, K.N.M., 1979. La séquence de komatiite archéenne du lac Guyer, région de la Baie James, Québec. Programme et résumés, réunion conjointe : Association géologique du Canada et Association minéralogique du Canada, 80 pages.
- Sun, S.S. et McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in the ocean basins* (A.D. Saunders and M.J. Norry, editors). Geological society of London. Special Publication; volume 42, pages 313-345.
- Sun, S.S. et McDonough, W.F., 1995. Composition of the Earth. *Chemical Geology*, volume 120, pages 223-253.
- Thériault, R. et Beauséjour, S., 2012. Carte géologique du Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV2012-06, 8 pages, 1 carte.
- Tremblay, M. 2004. Étude structurale et cartographie de quatre tranchées de la propriété Poste Lemoyne Extension. Rapport interne Mines d'Or Virginia inc.



**Figure 1.** Carte géologique générale de la région d'Eeyou Istchee Baie-James, Canada. Modifiée de Thériault et Beauséjour (2012). Localisation des propriétés minières: 1 - Corvet Est; 2 - Poste Lemoyne; 3 - La Grande Sud; 4 - Éléonore; 5 - Clearwater; 6 - Eastmain.

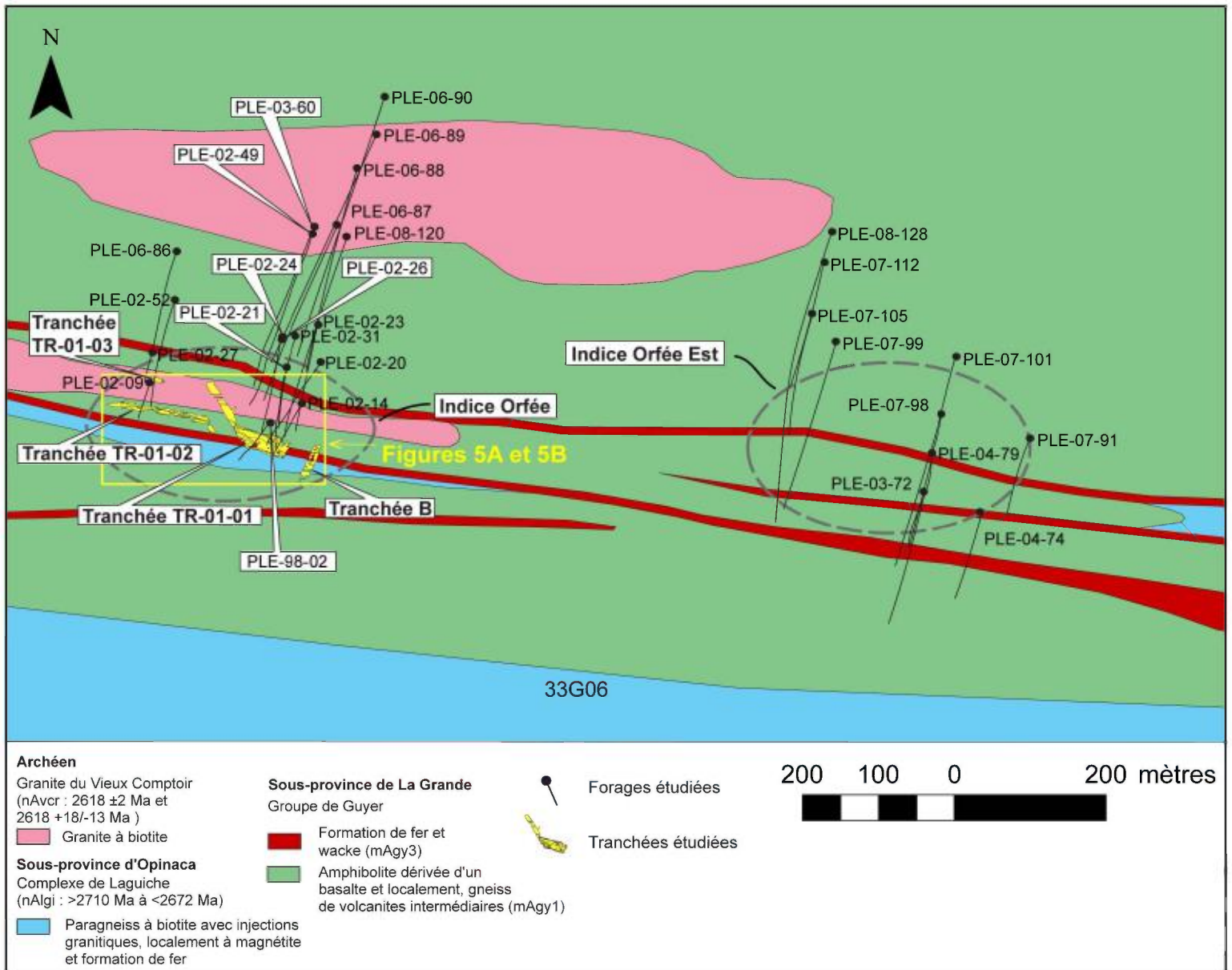


**Figure 2.** Carte de localisation des datations et des indices minéralisés de la région du lac Guyer (33G05, 33G06 et 33G11). Modifiée de Goutier *et al.* (2002).

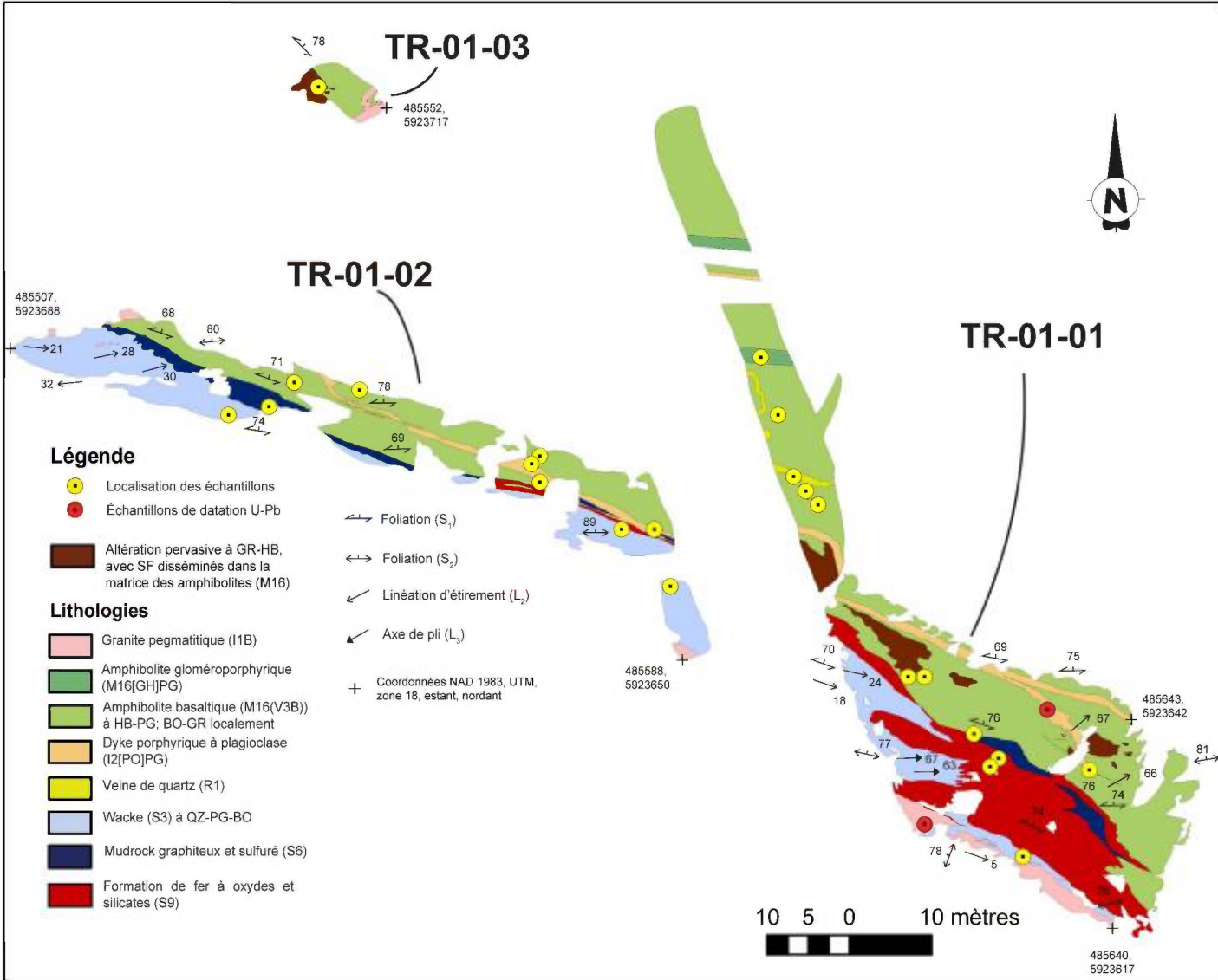


**Figure 3.** Carte détaillée de la région des indices Orfée, Orfée Est et Le Moyne-extension de 33G06, modifiée de Goutier *et al.* (2002). Depuis, de nombreux forages ont été réalisés dans cette région. Seuls les forages étudiés dans le cadre de ce projet ont été ajoutés sur la figure 4. Les coordonnées sont dans le système NAD 1983, en UTM, dans la zone 18.

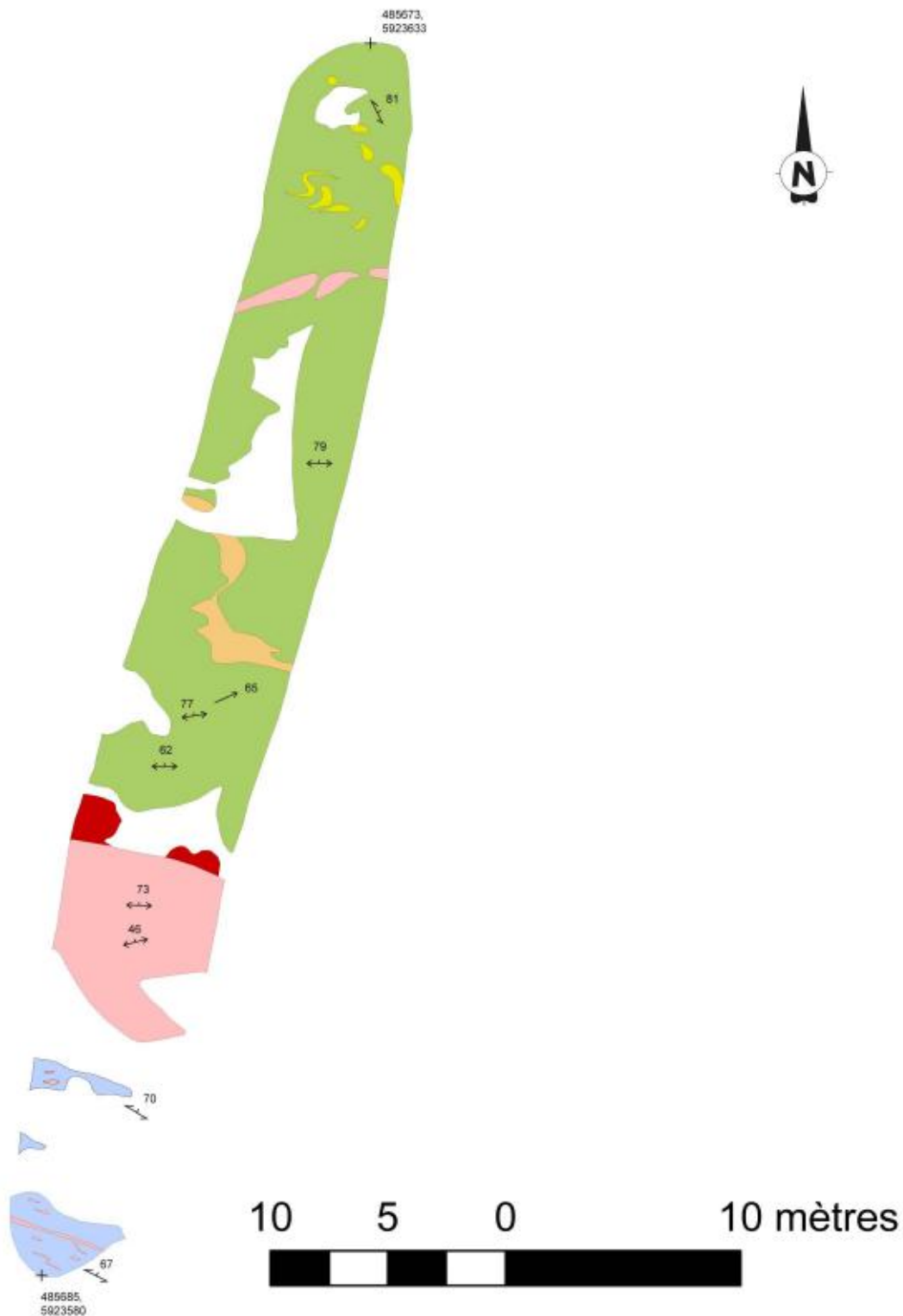




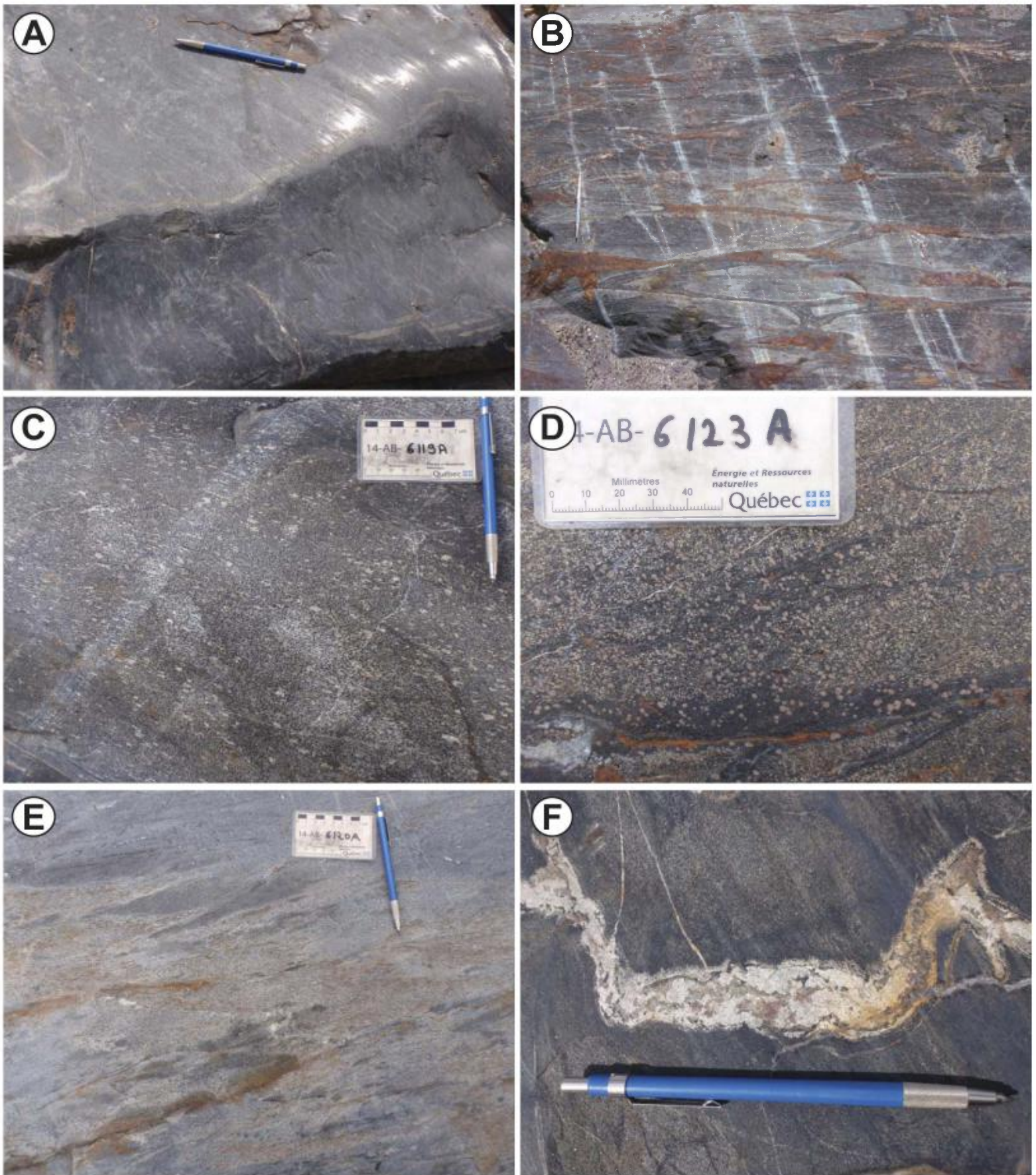
**Figure 4.** Carte détaillée de la région des indices Orfée et Orfée Est de 33G06. Seuls les forages et les tranchées étudiés dans le cadre de ce projet ont été ajoutés. Les projections horizontales des forages sont représentées.



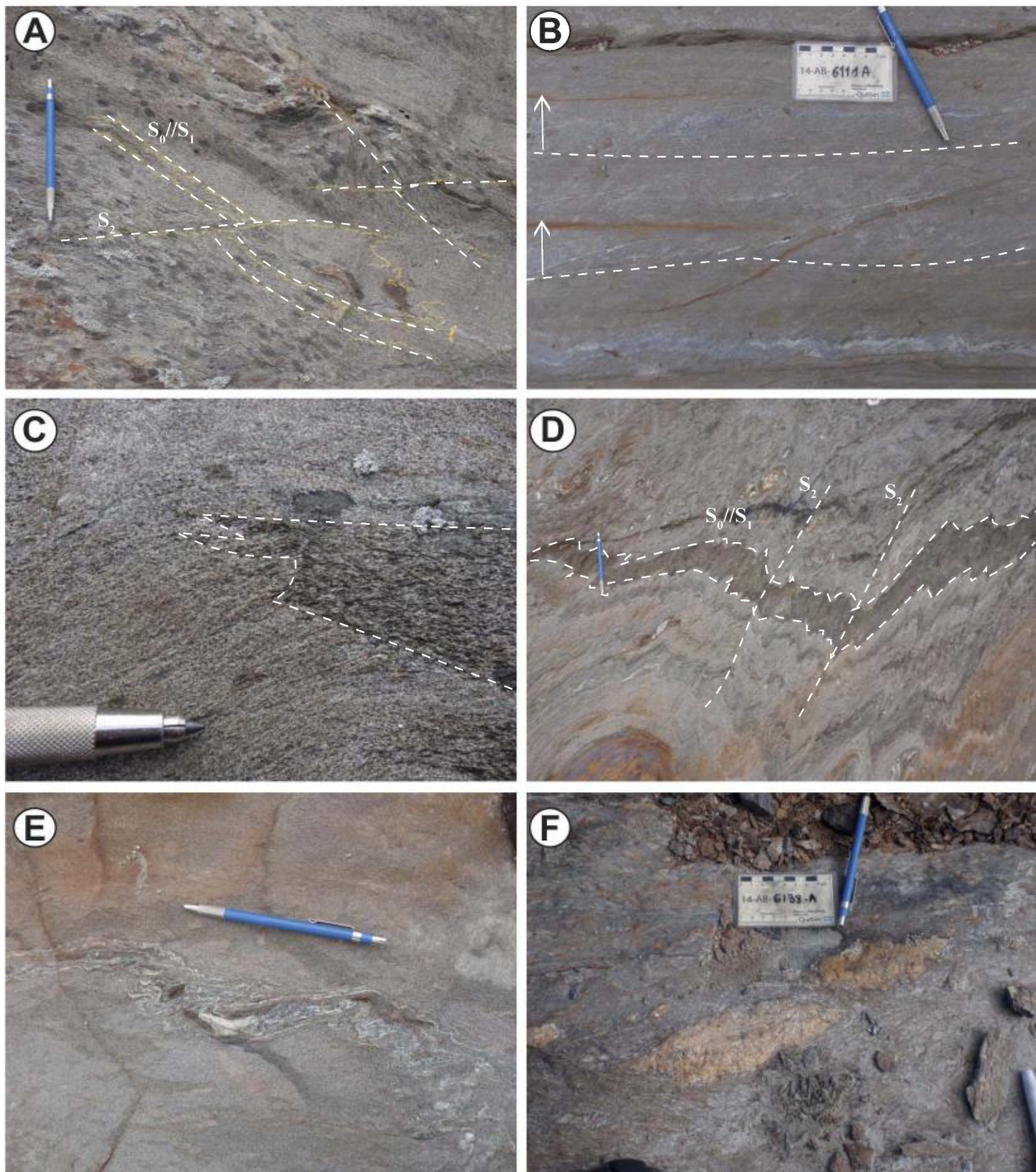
**Figure 5A.** Carte géologique détaillée des tranchées TR-01-01, TR-01-02 et TR-01-03 à Orfée. Modifiée de Tremblay (2004), rapport interne Mines Virginia. Tous les coordonnées sont en UTM, NAD 1983, zone 18.



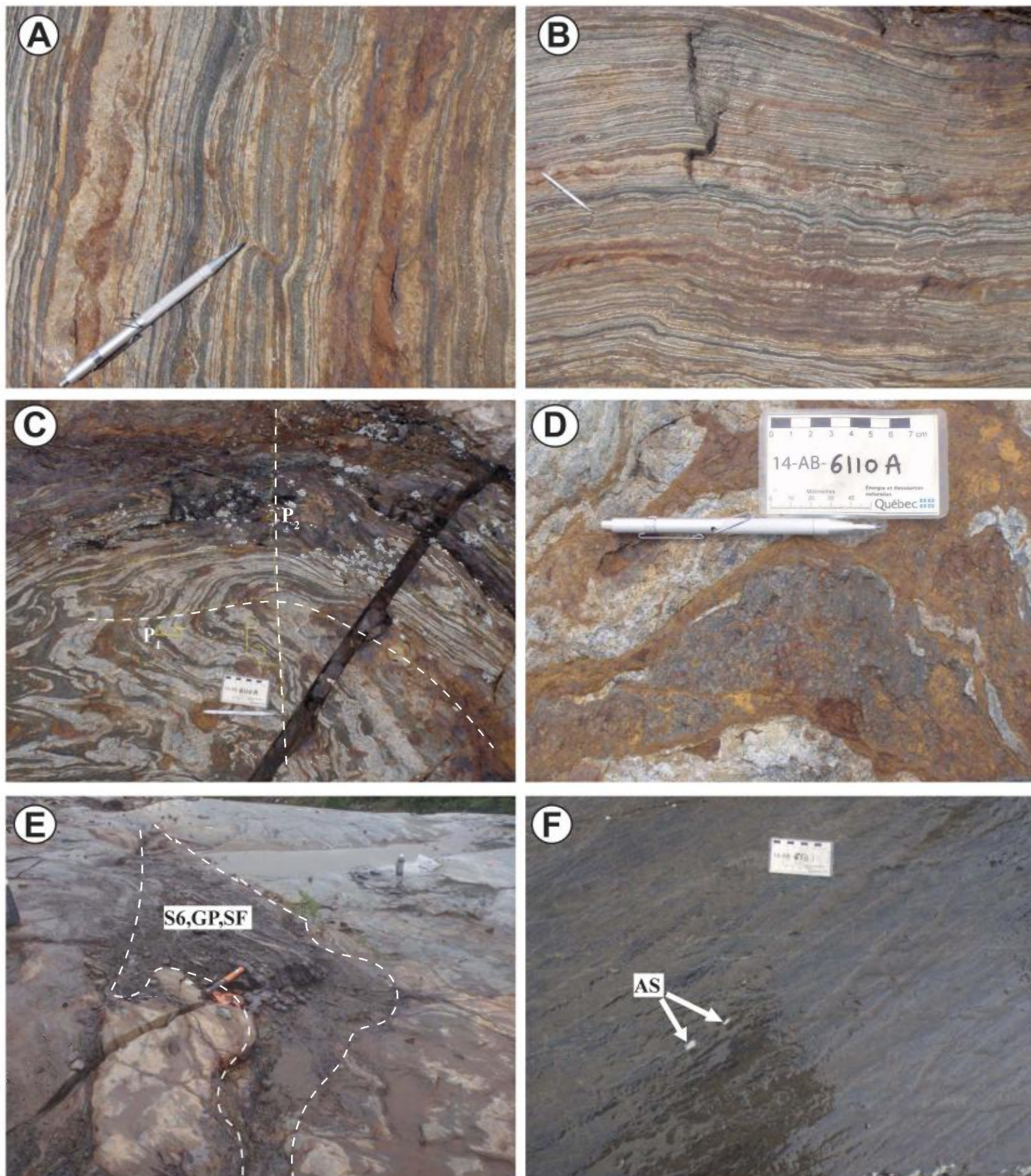
**Figure 5B** Carte géologique détaillée de la tranchée B de l'indice aurifère Orféo. Modifiée de Tremblay (2004), rapport interne de Mines Virginia. Voir la légende de la figure 5A.



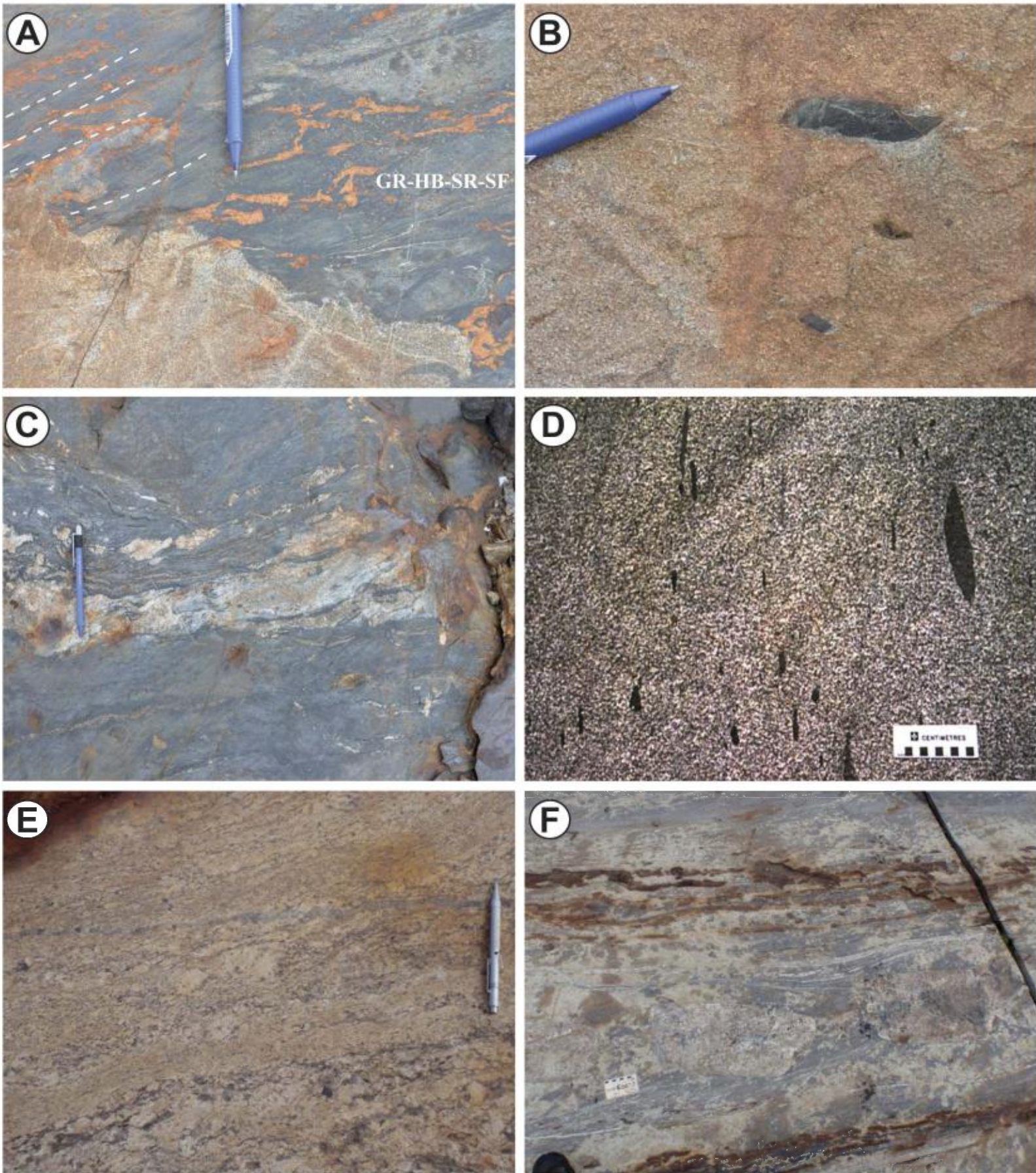
**Figure 6.** Observations de terrain des amphibolites basaltiques à Orfée, feuillet 33G06. Le crayon bleu sur les photos fait 15 cm de long. A) Amphibolite basaltique massive, avec polissage par les glaciers, TR-01-02, Orfée. B) Métabasalte coussiné avec des sulfures rouillés entre les coussins aplatis (00-CD-202; Goutier *et al.*, 2001). La pointe de tungstène fait 14 cm de long. C) Amphibolite basaltique, gloméroporphyrique à plagioclase, TR-01-01, Orfée. D) Amphibolite basaltique avec une altération pervasive à grenat, hornblende, séricite, pyrrhotite, chalcopryrite et pyrite, TR-01-01, Orfée. E) Amphibolite basaltique avec une altération à biotite, TR-01-01, Orfée. F) Amphibolite basaltique avec une veine à plagioclase, quartz, grenat, hornblende, grunérite, clinopyroxène et séricite, TR-01-01, Orfée.



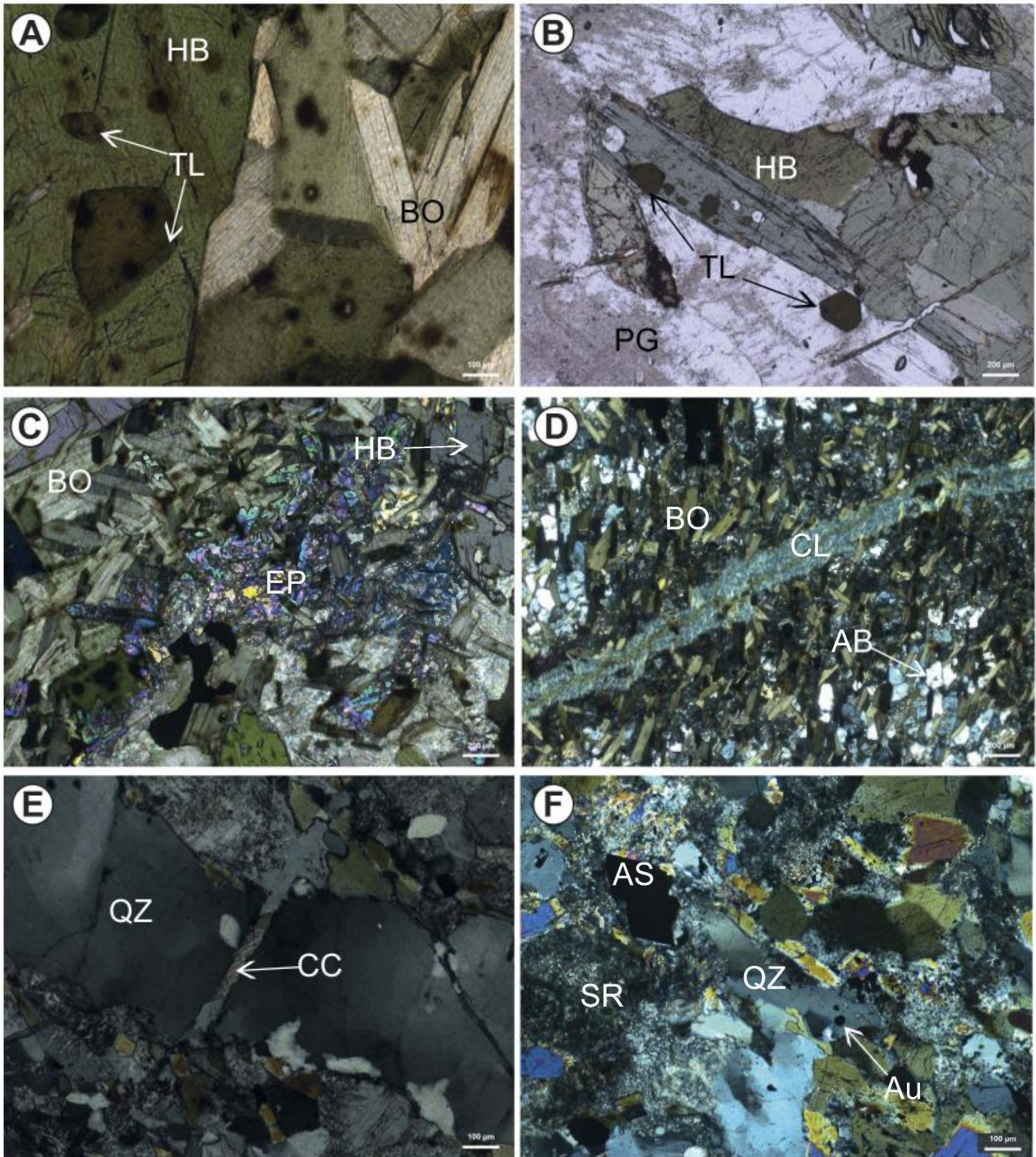
**Figure 7.** Observations de terrain des wackes, feuillet 33G06. Le crayon bleu sur les photos fait 15 cm de long. A) Unité de wackes affectée par deux événements de déformation.  $S_0//S_1$  est à angle par rapport à  $S_2$ . Tranchée TR-01-01, Orfée. B) Granoclassement normal indiquant une polarité stratigraphique vers le sud, tranchée C (figure 3). C) Niveau plus riche en biotite et hornblende dans la population de wacke de composition intermédiaire, tranchée TR-01-01, Orfée. D) Population de wacke magnésienne, tranchée TR-01-02, Orfée. E) Wacke avec veinules à plagioclase, quartz, grenat, hornblende, grunérite, clinopyroxène et séricite, tranchée TR-01-01, Orfée. F) Wacke cisailé avec une intrusion boudinée de granite pegmatitique, tranchée TR-01-01, Orfée.



**Figure 8.** Observations de terrain de la formation de fer, feuillet 33G06. Le crayon aimant sur les photos fait 14 cm de long. A) Formation de fer avec niveaux à hornblende, grenat, magnétite, grunérite, sulfures et à quartz, plagioclase. Les niveaux vert foncé sont plus riches en hornblende. Tranchée TR-01-01, Orfée. B) Boudinage de certains lits dans la formation de fer. Tranchée TR-01-01, Orfée. C) Les plis  $P_1$  ont été replissés par les plis  $P_2$ . Tranchée C (figure 3). D) Enrichissement de hornblende, grenat et sulfures dans la charnière de pli. Tranchée C (figure 3). E) Unité de mudrock graphiteux, minéralisée. Tranchée TR-01-01, Orfée. F) Unité de mudrock graphiteux avec arsenopyrite. Tranchée TR-01-02, Orfée.

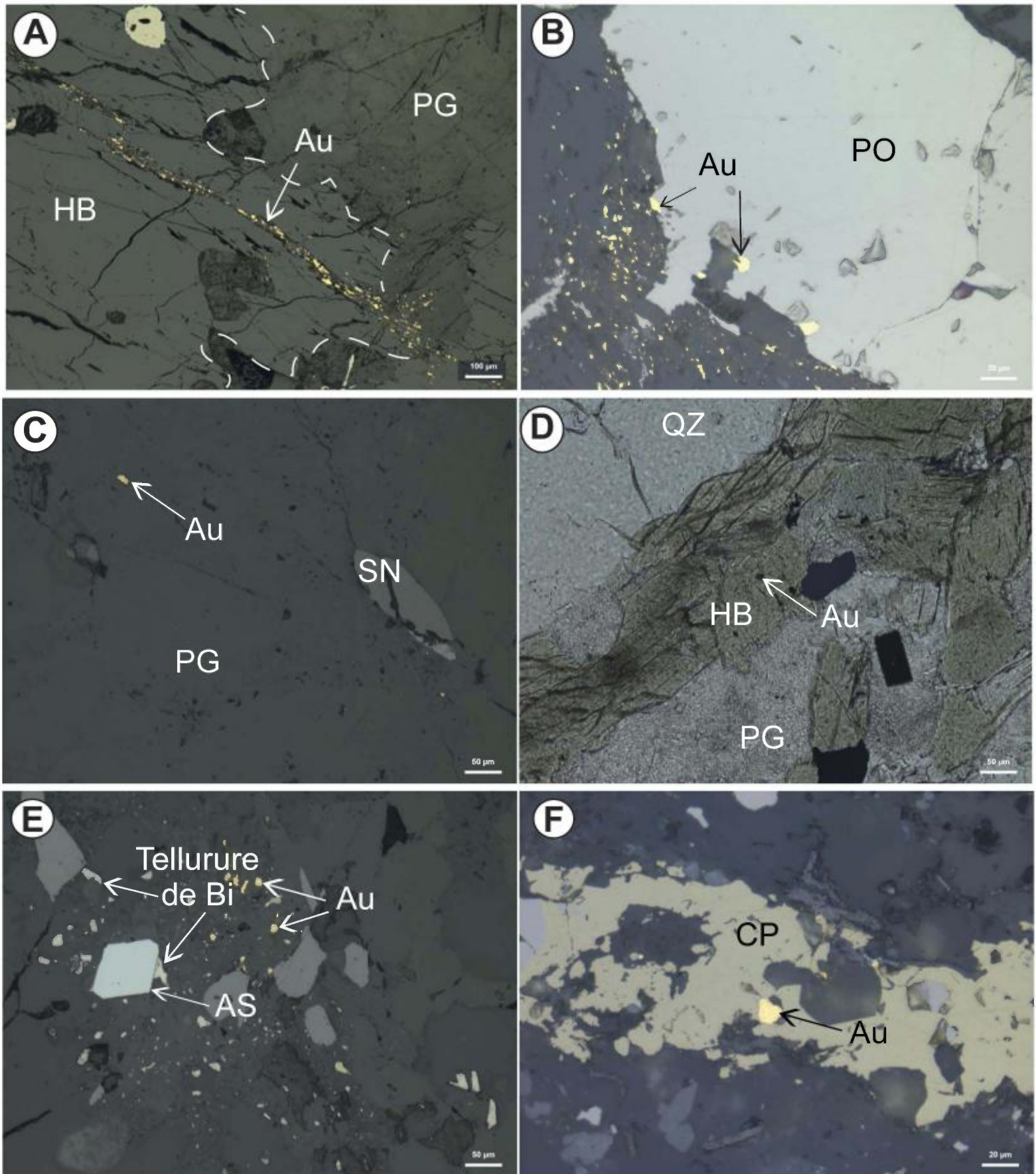


**Figure 9.** Observations de terrain, feuillet 33G06. Le crayon bleu sur les photos fait 15 cm de long et le crayon aimant fait 14 cm de long. A) Dyke dioritique folié, coupant une foliation, ainsi que l'altération pervasive à grenat, hornblende, séricite et sulfures dans l'amphibolite basaltique. Tranchée TR-01-01, Orfée. B) Enclaves mafiques dans le dyke dioritique. Tranchée TR-01-01, Orfée. C) Dyke dioritique cisailé, coupé par une veine de quartz à grenat, hornblende, grunérite, clinopyroxène et séricite. Tranchée TR-01-01, Orfée. D) Monzodiorite quartzifère de la Suite de Bezier avec enclaves d'amphibolite. Photo de Goutier *et al.* (2002), feuillet 33G05. E) Dyke de granite pegmatitique, cisailé au contact avec l'unité de wackes. Tranchée TR-01-01, Orfée. F) Dyke de granite pegmatitique boudiné dans l'unité d'amphibolite basaltique. Tranchée TR-01-03, Orfée.

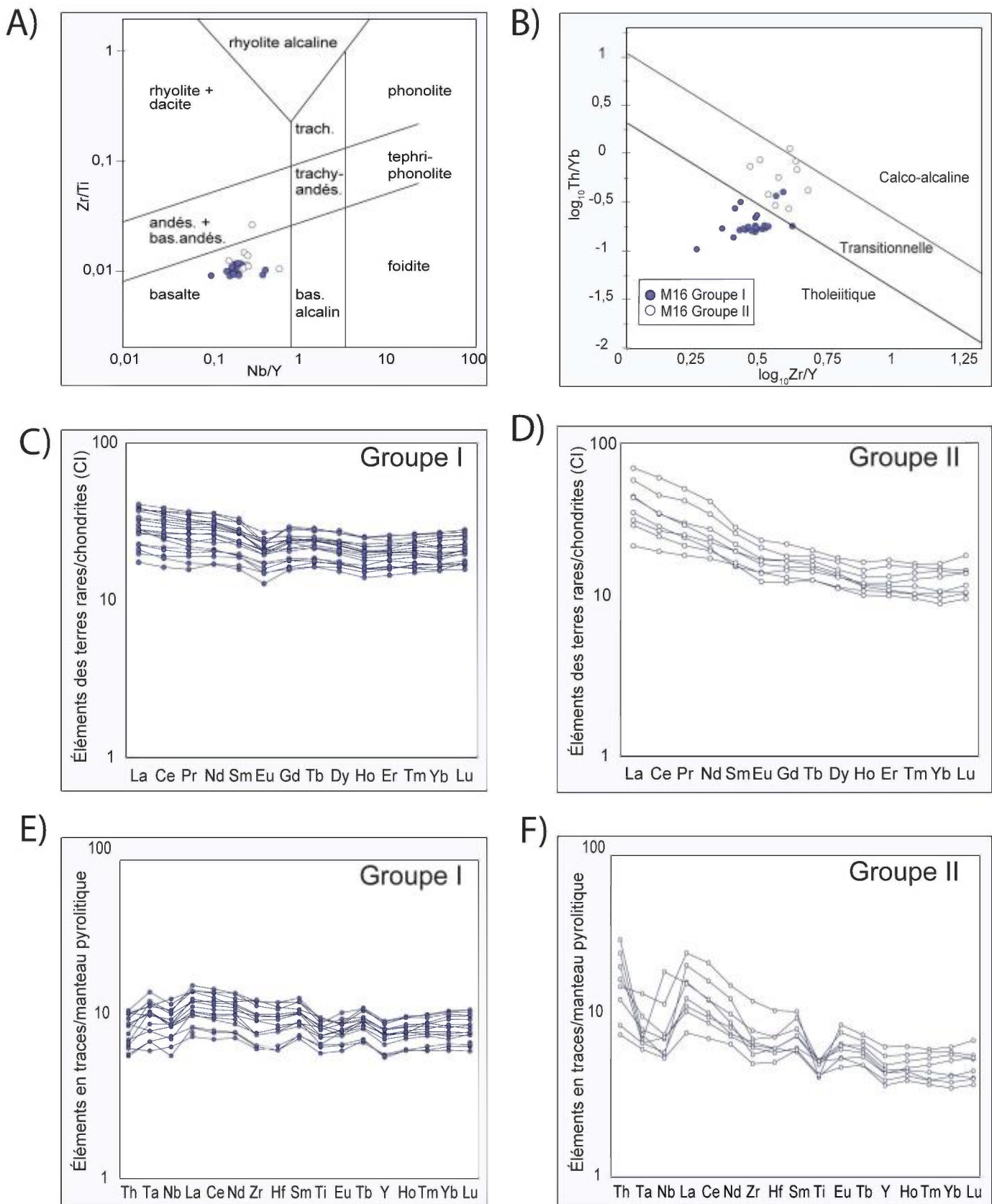


**Figure 10.** Pétrologie optique des altérations. A) Photo en lumière naturelle d'une altération à hornblende (HB)-biotite (BO)-tourmaline (TL) dans une amphibolite basaltique altérée. B) Photo en lumière naturelle de l'altération à hornblende (HB)-biotite (BO)-tourmaline (TL) dans une diorite quartzifère. C) Photo en lumière réfléchie d'une altération à épidoite (EP)-biotite (BO)-hornblende (HB) dans une amphibolite basaltique altérée. D) Photo en lumière réfléchie d'une veine à chlorite, minéralisée en or et recoupant l'altération à biotite-albite (AB) dans une amphibolite basaltique altérée. E) Photo en lumière réfléchie d'une veine tardive à quartz (QZ)-calcite (CC) coupant une veine à quartz-feldspath aurifère dans un dyke dioritique, porphyrique à plagioclase. F) Photo en lumière réfléchie d'une altération à séricite (SR)-quartz (QZ), avec inclusions d'or (Au), dans un dyke dioritique, porphyrique à plagioclase.

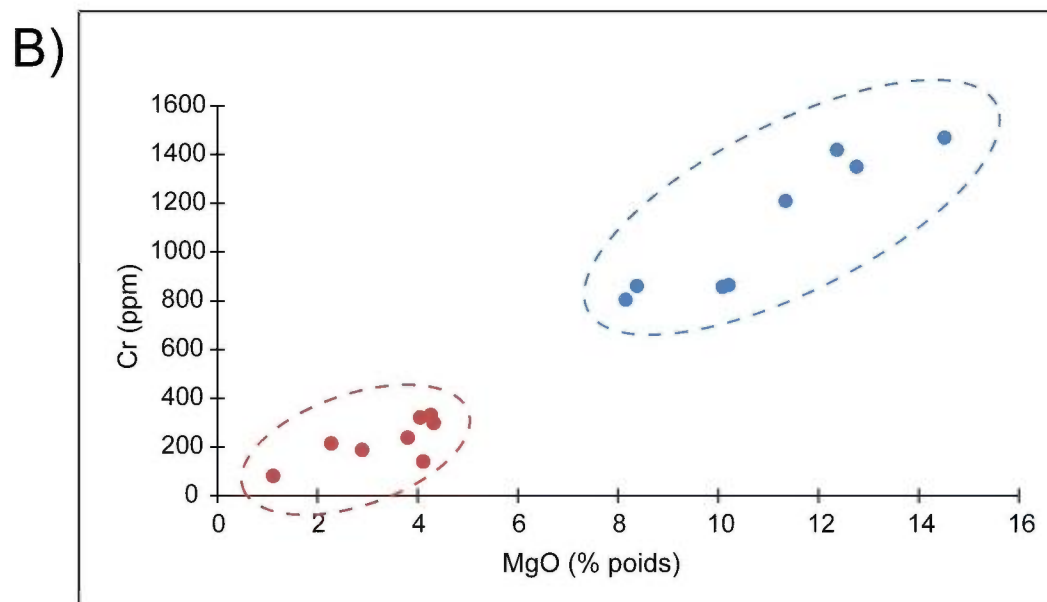
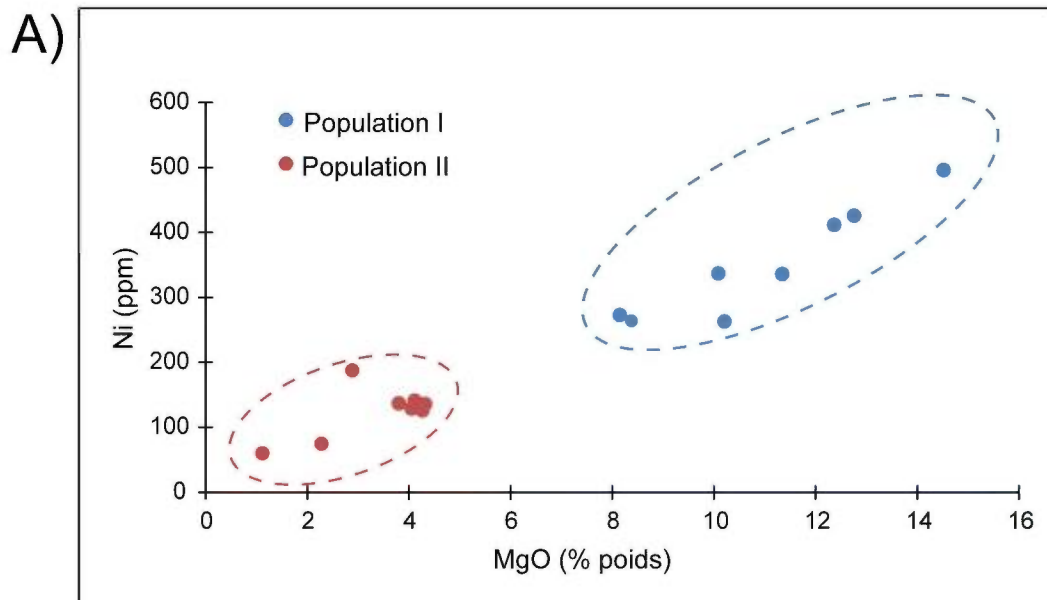




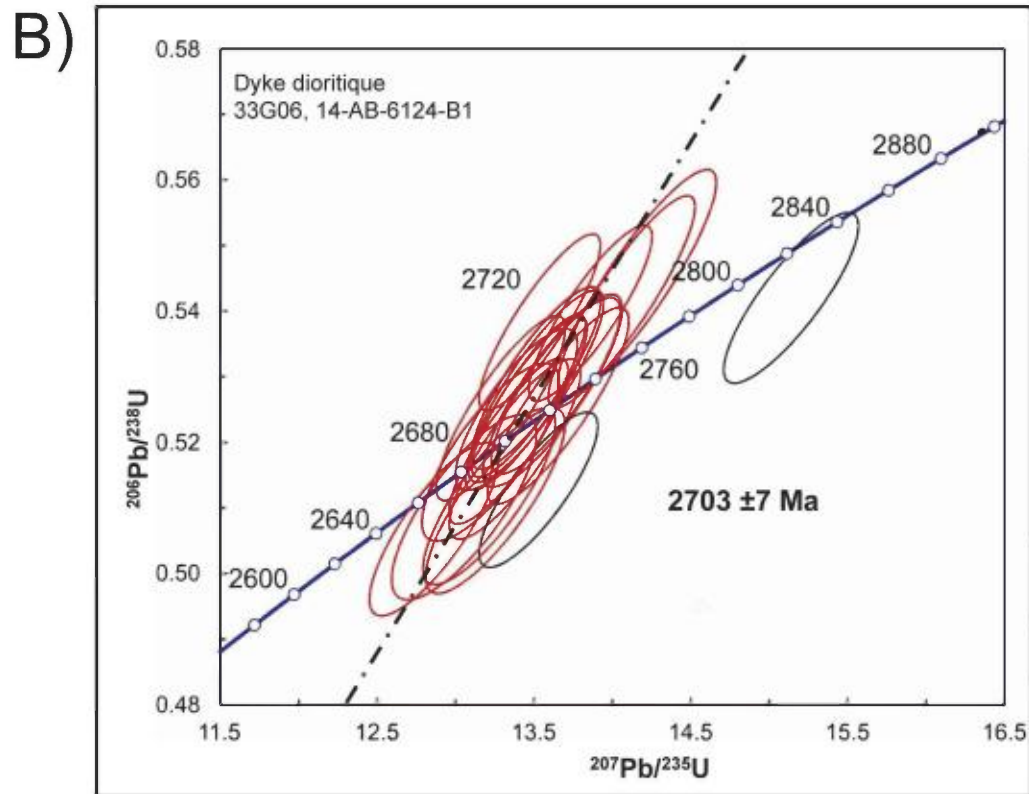
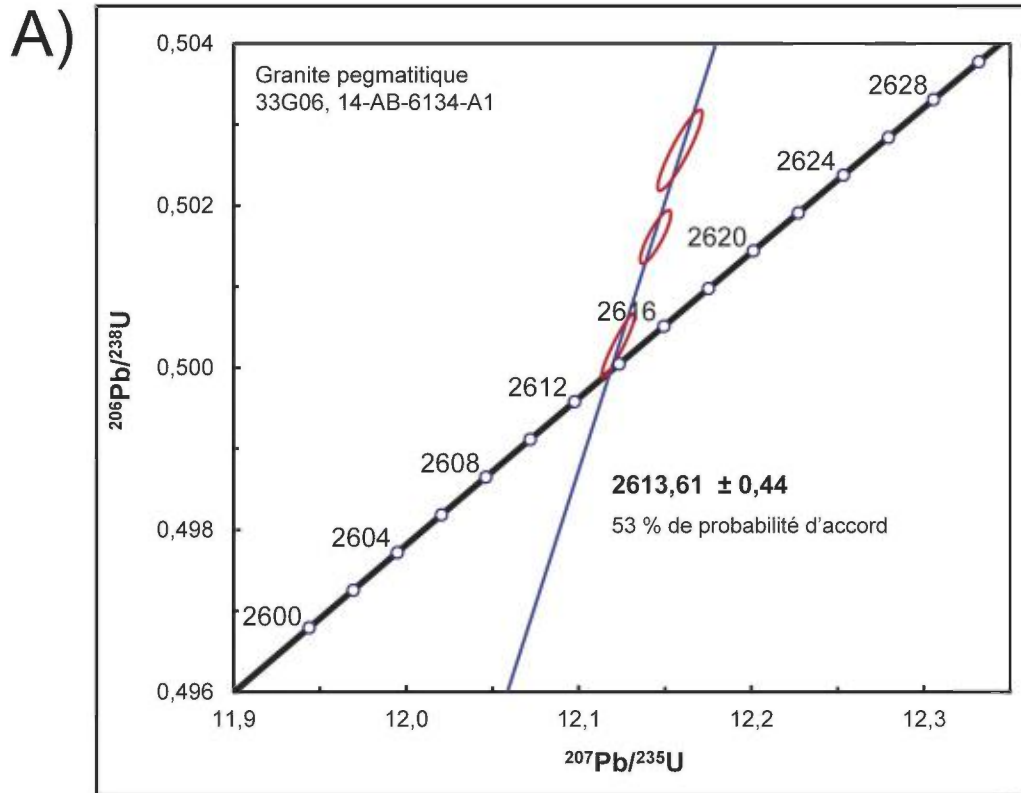
**Figure 11.** Pétrographie optique de la minéralisation. A) Photo en lumière réfléchie de la minéralisation aurifère au long d'une fracture dans un cristal de hornblende (HB) dans une amphibolite basaltique altérée. B) Photo en lumière réfléchie de grains d'or en bordure d'un cristal de pyrrhotite (PO), ainsi que disséminé dans le plagioclase dans une amphibolite basaltique altérée. C) Photo en lumière réfléchie de l'or (Au) disséminé dans un cristal d'hornblende (HB) dans une diorite quartzifère. D) Photo en lumière naturelle de l'altération à QZ-HB-SR avec inclusions d'or dans la HB dans un dyke dioritique, porphyrique à plagioclase. E) Photo en lumière transmise de l'Au-AS-LO dans une veine de QZ-OR coupant de dyke dioritique porphyrique en PG. F) Photo en lumière réfléchie de l'or en inclusions dans la CP dans une veine à PO-CP coupant le mudrock graphiteux.



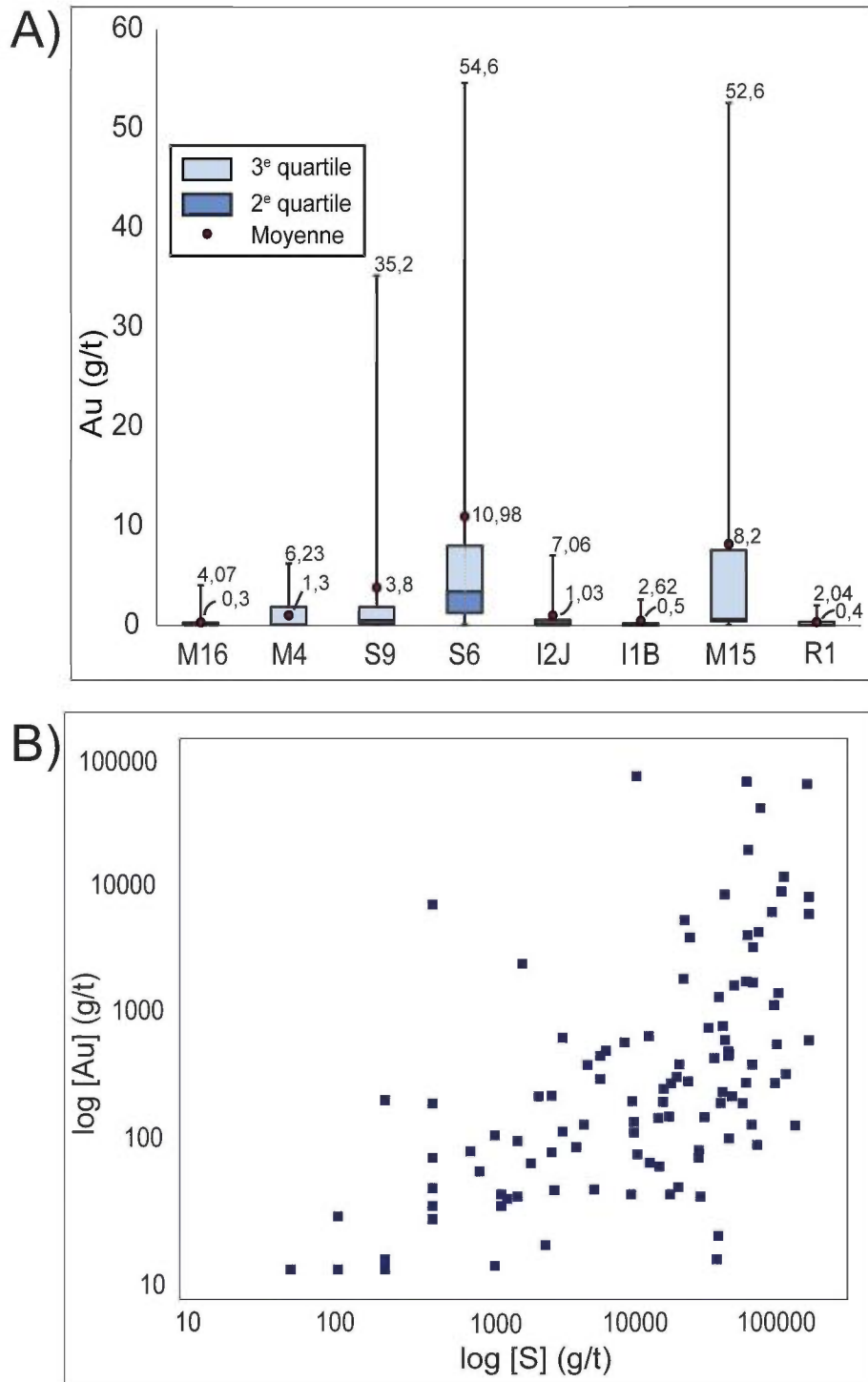
**Figure 12.** A) Diagramme de discrimination des amphibolites basaltiques d'après Pearce, 1996. B) Diagramme de discrimination des basaltes, d'après Ross et Bédard, 2009. Les basaltes du groupe I ont des concentrations similaires aux basaltes des dorsales océaniques (MORB). C) et D) Profils des terres rares normalisés aux chondrites CI d'après Sun et McDonough (1989). E) et F) Diagrammes en araignée des éléments en traces des basaltes d'Orfée, normalisés au manteau pyrolytique, d'après Sun et McDonough (1995).



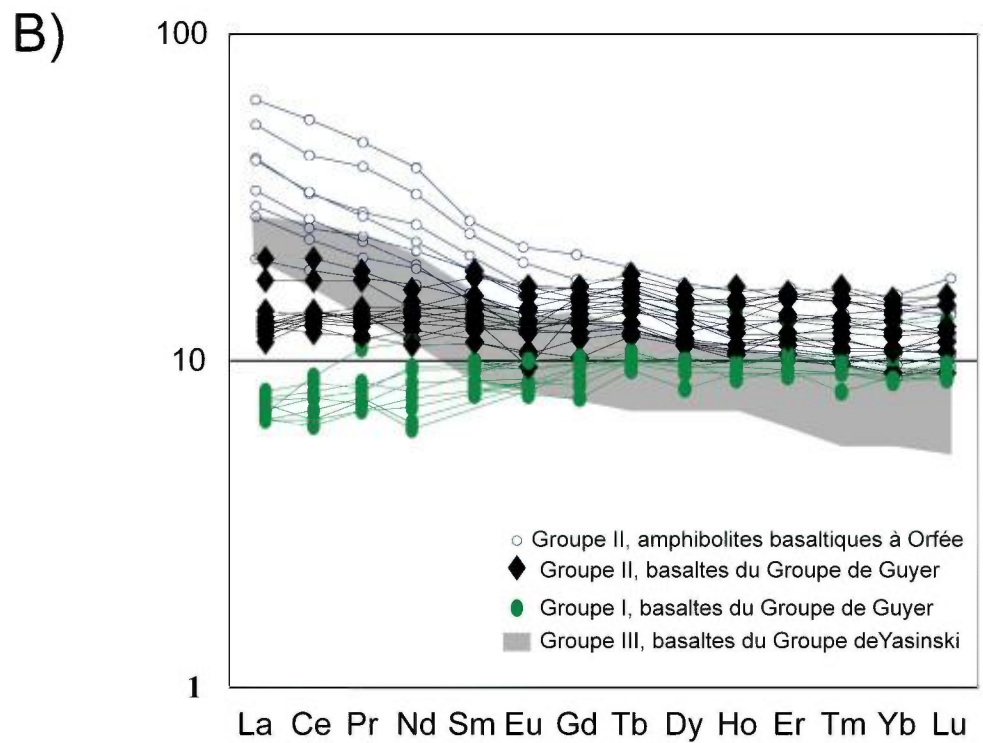
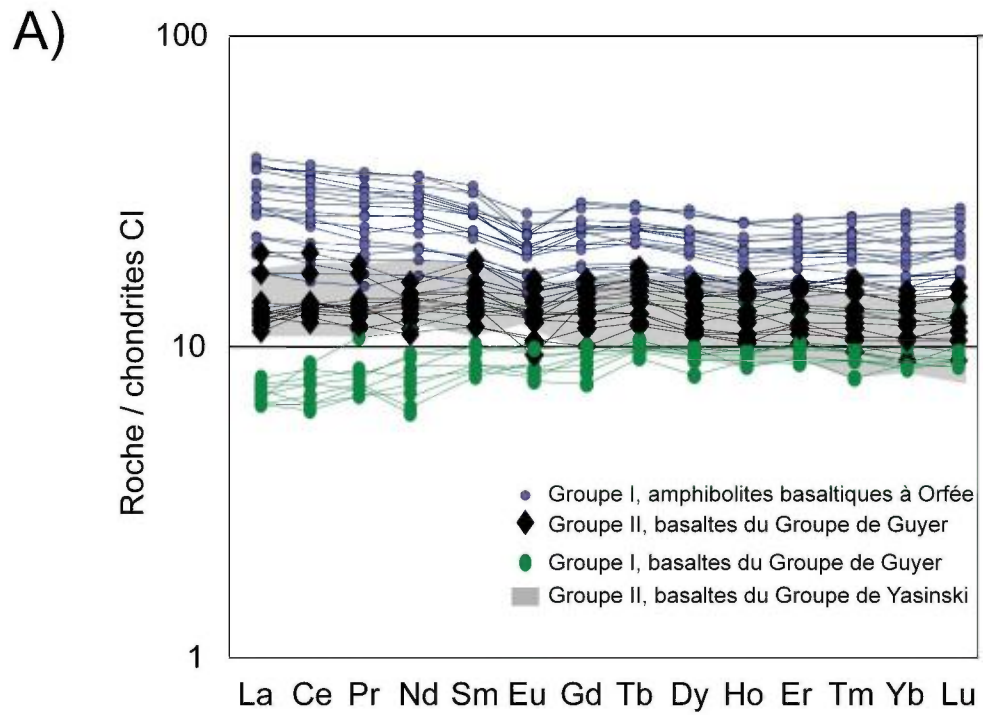
**Figure 13. A) et B)** Diagrammes de discrimination de l'unité de wackes. Deux populations sont mises à l'avant par les teneurs en MgO, Cr et Ni.



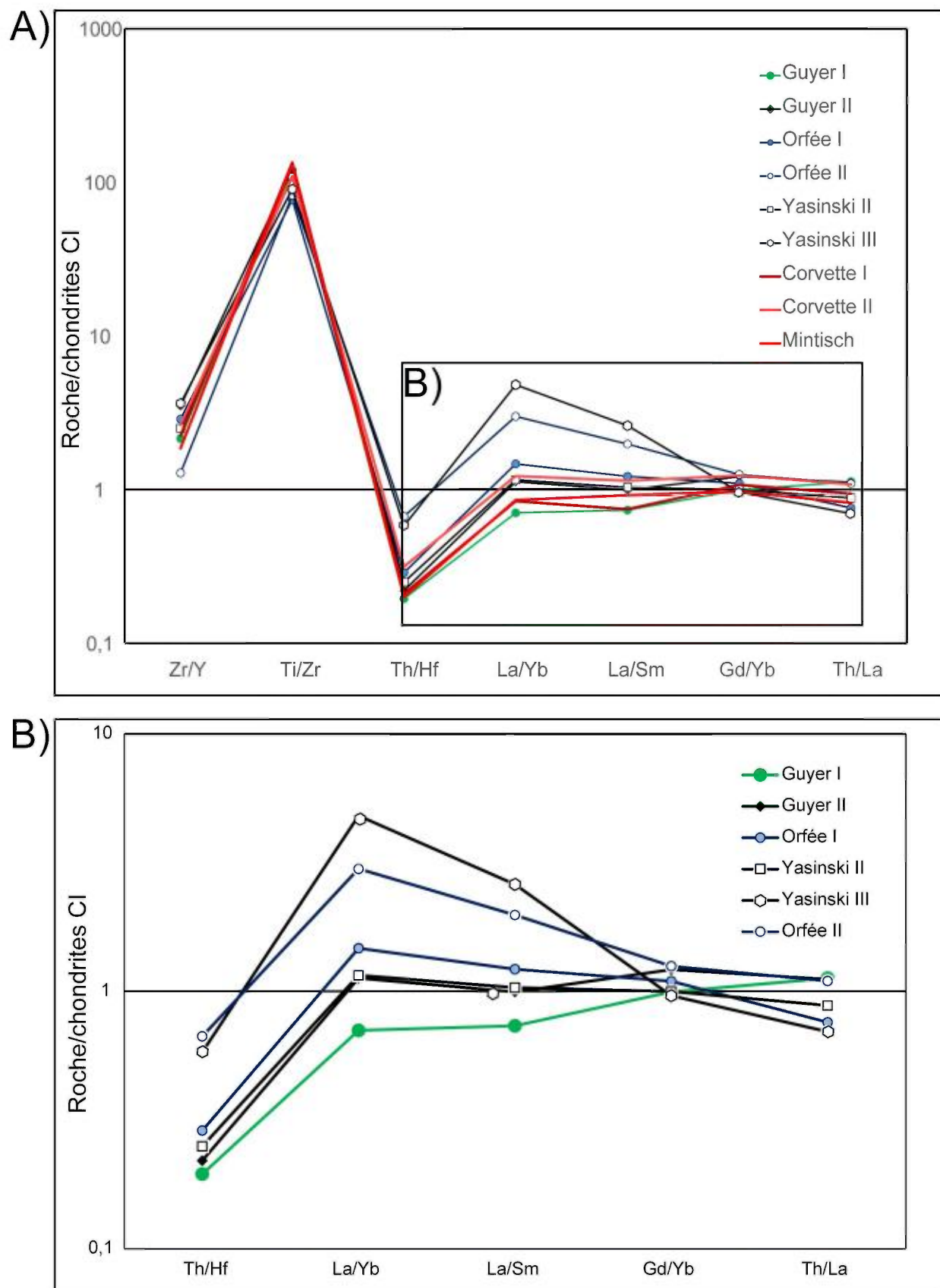
**Figure 14.** A) Diagramme concordia illustrant les résultats analytiques de monazites d'un granite pegmatitique prélevé sur la tranchée TR-01-01 à Orfée, 33G06. B) Diagramme concordia illustrant les résultats analytiques de zircons d'un dyke dioritique prélevé sur la tranchée TR-01-01 à Orfée, 33G06.



**Figure 15.** A) Diagramme des boîtes à moustaches des concentrations en or des lithologies à Orfée et à Orfée Est. M16 : amphibolite; M4 : paragneiss et wackes; S9 : formation de fer; S6,GP,SF : mudrock graphiteux et sulfuré; I2J : diorite; I1B : granite; M15 : roche altérée; R1 : veine. B) Les teneurs en or augmentent avec les teneurs en soufre (les teneurs obtenues pour tous les échantillons de cette étude sont représentés sur le graphique).



**Figure 16.** Diagrammes des terres rares des volcanites mafiques du Groupe de Guyer d'après Bandyayera *et al.* (2014) et de leurs équivalents à Orfée. Les champs gris correspondent aux basaltes du Groupe de Yasinski d'après Richer-Lafleche *et al.* (2000).



**Figure 17.** Diagramme de discrimination des basaltes à Orfée (cette étude) et des basaltes des groupes de Guyer (Bandyayera *et al.*, 2014) et de Yasinski (Richer-Lafliche *et al.*, 2000) dans la Sous-province de La Grande. A) et B) Les différents ratios, normalisés aux chondrites CI d'après Sun et McDonough (1989), suggèrent une ressemblance entre le groupe II à Orfée et le groupe III de Yasinski, ainsi qu'une ressemblance du groupe I à Orfée aux groupes II des groupes de Guyer et de Yasinski. Les deux populations de basaltes de la Formation de Corvette et une population de la Formation de Mintisch (Bandyayera *et al.*, 2014) ont été rajoutées au diagramme A.