UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

École Doctorale des Sciences de la Terre et de l'environnement (ED 413)

Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES – UMR 7063)

THÈSE présentée par :

Mérédith MORIN

soutenue le : **27 août 2024**

pour obtenir le grade de : **Docteure de l'université de Strasbourg**

Discipline/ Spécialité : Géologie – Pétrologie et Géochimie

Les mécanismes de différenciation magmatique de la croûte continentale : Les systèmes magmatiques permiens d'Europe de l'Ouest

THÈSE dirigée par :

M. ULRICH Marc	Maître de conférences, Université de Strasbourg – ITES

RAPPORTEURS :

M. VANDERHAEGHE Olivier	Professeur des Universités, Université Paul Sabatier Toulouse III – GET
M. LANGONE Antonio	Professeur des Universités, Université de Pavie – UNIPV

AUTRES MEMBRES DU JURY :

Mme. DUCHENE Stéphanie	Professeur des Universités, Université Paul Sabatier Toulouse III – GET
M. PIK Raphaël	Professeur des Universités, Université de Lorraine – CRPG
M. MANATSCHAL Gianreto	Professeur des Universités, Université de Strasbourg – ITES
M. PETRI Benoît	Maître de conférences, Université de Strasbourg – ITES

Remerciements

Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord aux membres du jury M. Olivier Vanderhaeghe, M. Antonio Langone, Mme Stéphanie Duchene, M. Raphaël Pik et M. Gianreto Manatschal, pour avoir accepté de lire et juger cette thèse.

Ensuite, merci à mes directeurs de thèse, Benoît Petri et Marc Ulrich qui m'ont soutenu (et supportée) tout au long de ces 4 années de thèse et sans qui je n'en serais pas là aujourd'hui. Merci également de m'avoir permise de continuer à faire du terrain, que ce soit dans le cadre des missions d'enseignement mais également lors des sorties terrains Gé-P-To.

Je tiens à remercier également Eric Pelt, René Boutin, Etienne Skrzypek et Alexey Ulianov pour leur aide dans les mesures analytiques.

Mes remerciements vont également à mon comité de thèse, Gianreto Manatschal et Pierre Bouilhol pour les discussions toujours très intéressantes ainsi que pour leur bienveillance à l'égard de mon bien-être.

Je tiens également à remercier Othmar Müntener pour nos discussions toujours très fructueuses lors de mes passages à l'Université de Lausanne ainsi que pour les tous les conseils qu'il nous a apporté.

Mes remerciements vont ensuite à ma famille, notamment à mes sœurs et mes parents qui m'ont toujours soutenue même dans les moments les plus difficiles.

Et enfin, mes remerciements vont à tous mes collègues et amis sans qui ces 4 années de thèse n'auraient pas été les mêmes. En premier, l'équipe des doctorants, qui m'ont également toujours soutenue et diverti lors des pauses déjeunées/bars/jeux et motivée lors de jours un peu trop paresseux : Charlotte, Camille, Mélanie, Joachim (merci pour tout ton soutien et tout le sucre que tu m'as apporté au moins ces deux dernières années), Estelle (pour nos fous-rires, ta joie de vivre et nos bars), ma co-bureau et cheffe Roxane (tu vas devoir te trouver une nouvelle secrétaire) et Bastien (merci d'être qui tu es). Ensuite, mes remerciements vont à ceux qui ne font pas/plus parties du laboratoire mais qui sont restés présents dans les bons moments comme dans les mauvais : Flora (ma copine de potins), Lucille et Camille (pour nos discussions et apéros jusqu'à pas d'heure, même sur skype), Hugo, Laura, Eloïse, mon ancienne coloc Anna. Ainsi qu'à Alicia, au Couz et à Henry Potdebeurre pour m'avoir divertie et nourrie dans les derniers

jours avant le rendu de ce manuscrit et à mes compagnons de thèse évidemment : Luc, Rémi, Emile, Charles, Franck. Je tiens également à re-remercier Bastien, Franck et Alicia pour leur grande aide apportée pour la mise en page finale de ce manuscrit.

Je remercie également la team des encadrants de terrain Gé-P-To, Benoît, Pierrig, Fabien et Francis, « Attention c'est chaud » qui m'aura fait beaucoup rire pendant les semaines de terrain dans les Vosges et en Italie.

A mes amies également du Mans, qui ne m'ont jamais lâchée malgré la distance : Chloé, Sophie et Julie.

En espérant n'avoir oublié personne, je vous remercie tous de tout cœur.

Sommaire

Sommaire

Remerciements 2
Sommaire 6
Introduction générale 10
I. Les systèmes magmatiques 16
II. Les systèmes magmatiques post-orogéniques vs les systèmes d'arcs 27
III. Plan de la thèse 30
Chapitre I. 32
I. Contexte géodynamique 34
II. Contexte géologique des Alpes de l'Est 39
Chapitre II. 70
I. Les analyses en roche totale 72
II. Analyses in-situ sur minéraux 76
Chapitre III. 80
I. Introduction 83
II. Geological setting 84
III. Analytical methods 88
IV. Petrology and bulk rock compositions 90
V. Mineral major and trace element compositions 98
VI. Thermodynamic modelling of fractional crystallization 101
VII. Discussion 110
VIII. Conclusion 118
Chapitre IV. 120
I. Introduction 122
II. Zone d'étude est observation de terrain 124
III. Descriptions pétrologiques 127
IV. Les résultats géochimiques 154
V. Composition isotopique du Sr et Nd 188
VI. Modélisations thermodynamiques, géochimiques et isotopiques 191
VI. Interprétation et discussion 195

VIII. Conclusion 207
Discussion générale 209
I. Les mécanismes de différenciation magmatique du complexe gabbroïque de Sondalo 211
II. Comparaison des systèmes magmatiques à la l'échelle crustale 218
Conclusion générale 227
Références 233

Introduction générale

Plusieurs décennies d'études ont montré que la croûte continentale, représentant 41% de la surface de la Terre est hétérogène et composée de différents niveaux crustaux distincts (Taylor et McLennan, 1995 ; Rudnick, 1995 ; Rudnick et Fountain, 1995). Selon les régimes tectoniques et les contextes géodynamiques associés, la croûte continentale est épisodiquement recyclée, rajeunie et/ou remaniée, et rendue hétérogène de manière quasiment systématique. Ceci est directement traduit par des différences tant de propriétés physiques que chimiques, telles que :

(1) La vitesse des ondes sismiques P (Vp), augmente avec la profondeur, de même que la densité (Figure 1.a ; Herzberg et al., 1983 ; Barton, 1986 ; Christensen et Mooney, 1995 ; Taylor et McLennan, 1995 ; Rudnick et Fountain, 1995 ; Hacker et al., 2015 et références associées) ;

(2) La composition chimique de la croûte continentale. Les modèles présentés en Figure 1.b distinguent au minimum deux niveaux crustaux : une croûte supérieure reposant directement sur une croûte inférieure (Taylor et McLennan, 1995 ; Wedepohl, 1995 ; Rudnick et Gao, 2003 ; Hacker et al., 2011) ; ou bien un troisième niveau, intermédiaire, est ajouté entre ces deux niveaux de croûte (Rudnick et Fountain, 1995 ; Huang et al., 2013). Ces 3 niveaux de croûte sont composés de : (i) la croûte supérieure de composition moyenne équivalente à une composition granodioritique et riche en silicium (sillice – Si), ainsi qu'en élément radioactifs (et généralement plutôt réputés comme incompatibles) tels que potassium (K), uranium (U) et thorium (Th), lui conférant ainsi une composition plus siliceuse et une production de chaleur plus importante que dans les niveaux de croûte profonds (Rudnick et Fountain, 1995 ; Wedepohl, 1995 et références associées ; Rudnick et Gao, 2003 ; Huang et al., 2013 ; Hacker et al., 2011 ; 2015). Cette portion de croûte est principalement composée de roches sédimentaires métamorphiques de bas degré et de roches volcaniques (Fountain et Salisbury, 1981) ; (ii) la croûte moyenne est principalement composée de roches métamorphiques du faciès amphibolite moyen à supérieur (i.e. gneisses et migmatites ; Fountain et Salisbury, 1981) et de roches magmatiques et volcaniques (Rudnick et Fountain, 1995). Sa composition moyenne est

intermédiaire (Fountain et Salisbury, 1981 ; Rudnick et Fountain, 1995 ; Huang et al., 2013). ; (iii) la croûte inférieure a une composition moyenne basaltique, principalement formée par des intrusions magmatiques mafiques et/ou des cumulats ainsi que des roches métasédimentaires du faciès amphibolite supérieure (moyenne-température (MT) – MP) à granulite (haute-température (HT) et moyenne-pression (MP) ; Fountain et Salisbury, 1981 ; Kay et Kay, 1986 ; Rudnick et Presper, 1990 ; Taylor et McLennan, 1995 ; Rudnick et Fountain, 1995, Wedepohl, 1995). Les analyses géochimiques sur des granulites ont montré que la croûte inférieure est caractérisée par un Mg# (Mg/(Fe+Mg)) élevé et est pauvre en SiO_2 comparée aux niveaux crustaux supérieurs (Rudnick et Presper, 1990).

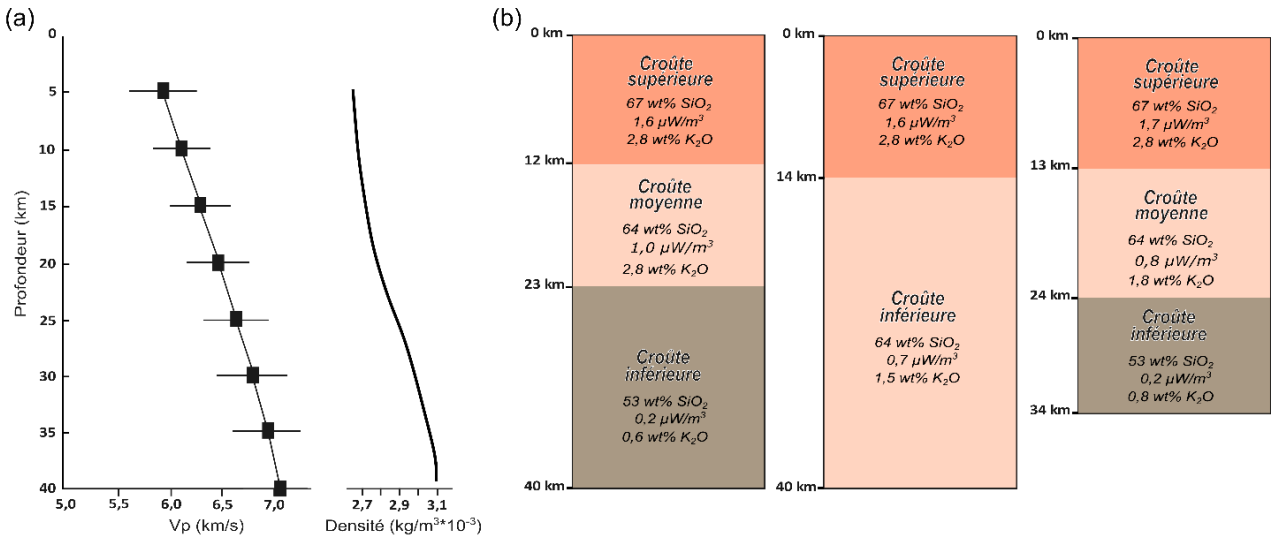


Figure 1. (a) Modèles de vitesse des ondes P et de densité dans la croûte continentale (modifiée d'après Christensen et Mooney, 1995) ; (b) Modèles de composition de la croûte continentale (modifiée d'après Hacker et al., 2015 ; voir aussi Rudnick et Gao, 2003 ; 2014 ; Huang et al., 2013 ; Hacker et al., 2011).

Bien que la croûte continentale soit initialement formée à partir de magma primaire basaltique issu de la fusion partielle du manteau, les raisons de sa composition moyenne intermédiaire (andésitique à dacitique) sont encore loin de faire consensus (Kay et Kay, 1986 ; Taylor et McLennan, 1995 ; Rudnick, 1995 ; Rudnick et Fountain, 1995 ; Wedepohl, 1995 ; Albarède, 1998). Cette différenciation peut être expliquée par différents mécanismes, tels que :

(1) La tectonique, par (i) la délamination, i.e., une partie dense de la lithosphère se détache et est enfouie dans l'asthénosphère (perte de matériel essentiellement mafique à ultramafique de la croûte continentale ; Kay et Kay, 1986 ; 1993 ; Rudnick, 1995) ; ou (ii) la relamination, incluant différents processus tels que la relamination de sédiments, d'arcs océaniques et de croûte continentale subduite (ajout de matériel felsique à la croûte continentale ; Hacker et al., 2011 et références associées) ;

(2) Le métamorphisme, par (i) la redistribution de certains éléments entre croûte et manteau par le biais de fluides, i.e. pendant la subduction (calcium (Ca), magnésium (Mg), lithium (Li) vont être préférentiellement redistribués dans le manteau alors que Si, K, l'aluminium (Al) et le sodium (Na) vont rester dans la croûte partant en subduction ; Albarède, 1998) ; (ii) Selon les contextes, la croûte inférieure peut subir un métamorphisme plus ou moins important, tels que le métamorphisme de faciès éclogitique (haute-pression (HP) – MT) pendant la subduction (i.e. Kroner et Romer, 2013) ou bien le métamorphisme de faciès granulitique, fréquent dans les zones de collision continentale et de magmatisme sous-plaqué (i.e. Ziegler et al., 2004 ; Kroner et Romer, 2013), engendrant ainsi une augmentation de la densité de la croûte inférieure qui pourrait ensuite se délaminer ; (iii) en contexte orogénique, la température augmente jusqu'à fondre partielle la croûte, laissant des granulites felsiques restitiques dans la croûte inférieure et permettant aux liquides différenciés moins denses de migrer à travers des réseaux de veines (Vanderhaeghe, 2001).

(3) Le magmatisme. En système d'arcs magmatiques, Jagoutz et al., (2011), propose que la composition de la croûte continentale soit issue d'un mélange entre de deux réservoirs dont : (1) une croûte inférieure, profondes, denses et riches en cumulats

et ; (2) une croûte supérieure formée à partir de liquides magmatiques plus différenciés extrait par densité des cumulats de la croûte inférieure.

Indépendamment du contexte géodynamique, les mécanismes de différenciation de la croûte continentale sont encore mal contraints. L'objectif de cette thèse est d'apporter de nouvelles connaissances sur les processus de différenciation de la croûte continentale par les processus magmatiques, qui sont potentiellement importants dans la mesure où la croûte continentale est composée de 65 % de roches magmatiques (Bonin et Moyen, 2011). Cette thèse vise ainsi à contraindre le rôle majeur du magmatisme sur la diversité en composition ainsi que sur la modification de l'architecture de la croûte continentale et, plus particulièrement, dans les systèmes magmatiques post-orogéniques.

La suite de cette introduction permettra dans un premier temps de revenir sur des notions de genèse des magmas en fonction du régime tectonique et des contextes géodynamiques associés, leur remontée au travers de la croûte (section I.A. La formation des systèmes magmatiques) ainsi qu'aux tendances et processus de différenciation magmatique (section I.B. Les mécanismes de différenciation magmatique). Dans un deuxième temps, nous confronterons et comparerons les systèmes post-orogéniques et les systèmes d'arcs magmatiques (section II). Les sections IV et V, respectivement, poseront les grandes questions scientifiques traitées dans la thèse ainsi que le plan de ce manuscrit.

I. Les systèmes magmatiques

I.1. La formation des systèmes magmatiques

La genèse des magmas ainsi que leur composition sont contrôlées par différents facteurs, tels que : la température, la pression, la fertilité de la source, la concentration en éléments volatils et plus particulièrement la teneur en H_2O, indépendamment du régime tectonique (Figure 2 ; Albarède, 1992 ; Best, 2003).

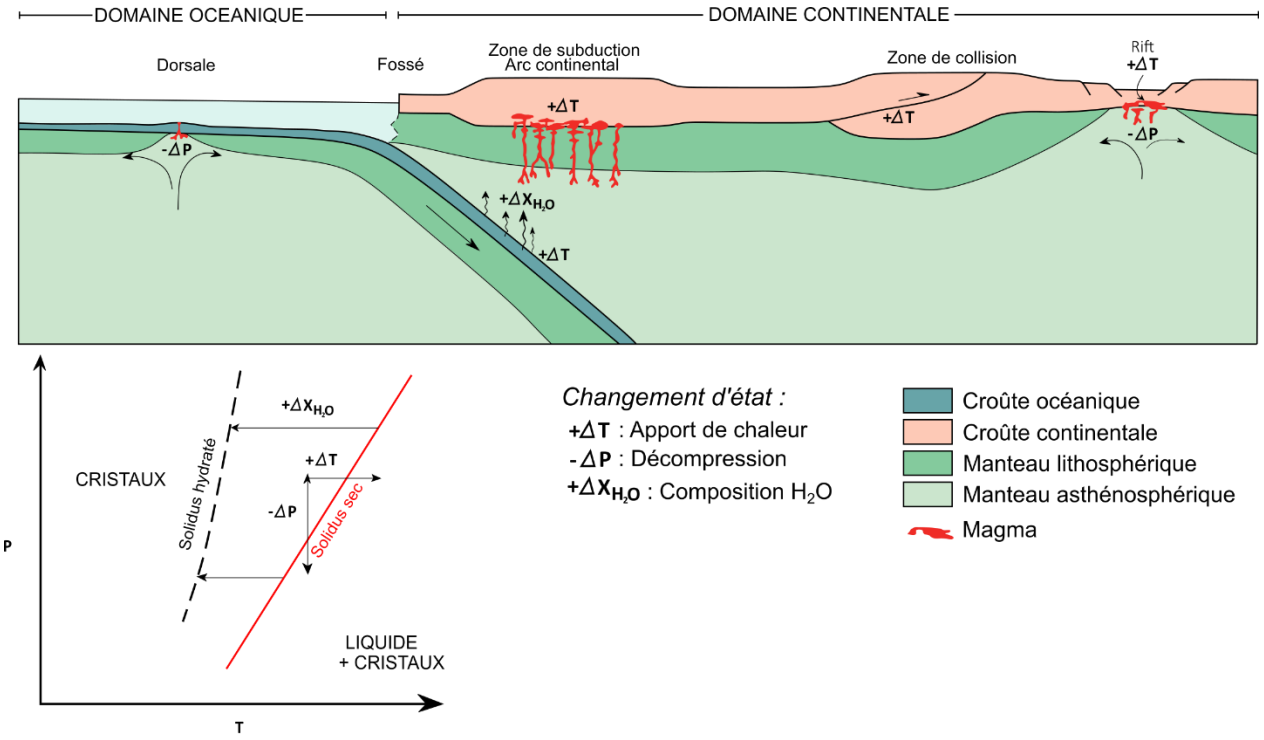


Figure 2. Schéma représentant la formation des systèmes magmatiques en fonction du régime tectonique ainsi que l'influence des paramètres de changement d'état tels que la pression, la température et l'H_2O sur leur formation (modifiée d'après Best, 2003)

I.1.1. Les contextes géodynamiques

Le cycle de Wilson (1966 ; Figure 3) représente la succession de périodes de divergence et de convergence de lithosphères continentales. Ce cycle montre les différentes étapes menant à l'ouverture et à la fermeture des océans et plus particulièrement à la formation d'une nouvelle croûte océanique, d'une chaîne de

montagne, le recyclage d'une croûte ancienne ainsi que les systèmes magmatiques associés. Ce cycle est composé de 5 étapes :

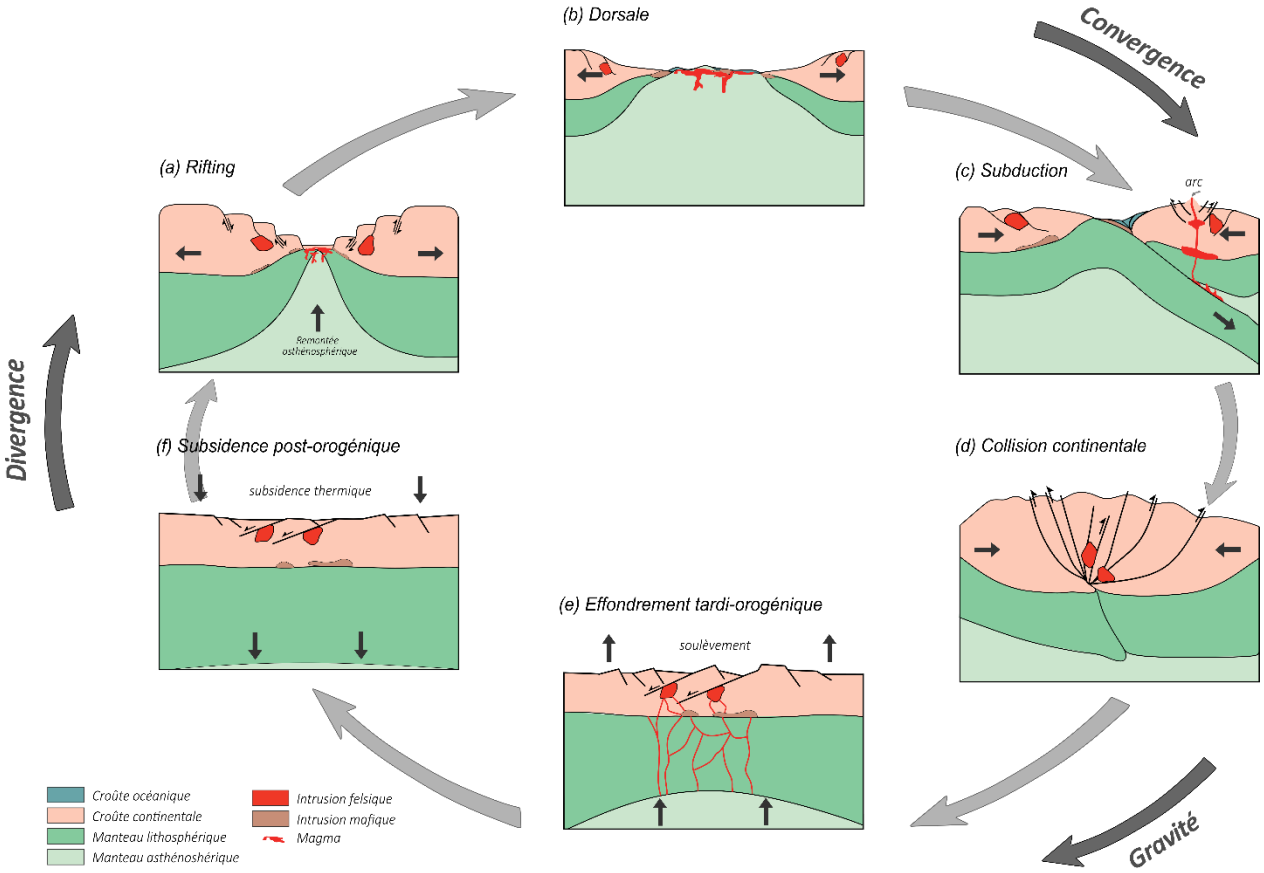


Figure 3. Schéma du cycle de Wilson, (1966). (a) Initiation de la rupture des continents (rifting continentale) ; (b) création d'un croûte océanique (dorsale) ; (c) convergence continentale, fermeture océanique et formation d'arcs magmatiques (subduction) ; (d) collision continentale et empilement de croûte ; (e) effondrement tardi-orogénique et soulèvement suivis de (f) subsidence orogénique (modifiée d'après Petri, 2014).

(a) Le rifting continental (Figure 3.a), engendrant le début de l'ouverture océanique dans un contexte d'extension, forme un réseau de faille normale et de détachement (i.e., Manatschal et Nievergelt, 1997 ; Bonin et Moyen, 2011). Le magmatisme associé est de type alcalin. Dans les zones de rifting peu volcaniques « rifting froid », le magma alcalin est sous-saturé en silice et peu différencié (faible taux d'extension et volume de magma) alors qu'il est bimodal (basique et acide) et différencié dans les zones de rifting très volcaniques (« rifting chaud » ; fort taux d'extension et volume de magma ; i.e., Taylor et McLennan, 1995 ; Bonin et

Moyen, 2011 ; Francke, 2013 ; Chew et Van Staal, 2014). Ce magma peu avoir différentes origines tels que : un réservoir enrichi (ex : panache mantellique), appauvri (ex : asthénosphère résiduelle) ou même crustale.

(b) La formation d'une croûte océanique au niveau de la dorsale (Figure 3.b) menant à l'ouverture océanique. Cette étape est observée en surface par la formation d'une frontière de divergence des plaques lithosphériques (Bonatti et Harison, 1988 ; Bonin et Moyen, 2011 ; Winter, 2014). Le magmatisme associé est formé par la fusion partielle des péridotites du manteau dans le champ de stabilité des spinelles par décompression dû à la remontée du manteau supérieur (10-25 kbar ; Haase, 2002 ; Philpotts et Ague, 2009 ; Best, 2003). Ce magma est de type tholéiitique (basalte de ride médio-océanique ; MORB), très abondant dans ces zones (Perfit et Chadwick, 1998 ; Haase, 2002 ; Cannat et al., 2006 ; Philpotts et Ague, 2009).

(c) L'initiation de la fermeture des océans est marquée par le régime compressif et notamment par les zones de subductions (Figure 3.c). Les zones de subductions sont définies par la convergence des plaques lithosphériques dont l'une des plaques plonge sous une autre. Le magmatisme associé à ces zones est généré par la fusion partielle du coin de manteau par la libération d'éléments volatils provenant de la plaque subduite (i.e., Tatsumi, 1989 ; Grove et al., 2003). Les magmas produits sont hydratés, andésitiques et d'origine calco-alcaline (Turner et al., 2000 ; Best, 2003 ; Philpotts et Ague, 2009). Localement d'autres séries magmatiques sont identifiés telles que la série tonalitique proche de la fosse (riche en minéraux hydratés), la série shoshonitique très en arrière de la fosse (riche en potassium) et la série ultra-potassique post-subduction (très riche en potassium ; Bonin et Moyen, 2011).

(d) La convergence continue menant à la collision continentale (Figure 3.d). Cette collision est marquée par le charriage et l'épaississement de la croûte continentale (Ziegler et al., 2004 ; Bonin et Moyen, 2011 ; Kroner et Romer, 2013 ; Schulmann et al., 2014). Le magmatisme lié à la collision est d'origine crustale dont la fusion de la croûte (anatexie) est générée par la déshydratation de la croûte subduite ou enfouie ou par la déstabilisation des minéraux hydratés de la croûte chevauchante (Harris et al., 1986 ; Lorenz et Nicholls, 1984 ; Doblas et al., 1994 ; Raia et Spera,

1997 ; Bonin et al., 1998 ; Bonin et Moyen, 2011 ; Handy et al., 1999 ; Kroner et Romer, 2013). Le magma n'a pas de lien génétique avec les roches basiques mais peut y être associé (Bonin et Moyen, 2011).

(e) Après la collision continentale, vient un épisode de soulèvement lent provoquant un fort relief montagneux. Le régime redevient par la suite extensif, mettant en place en surface des structures de horst et graben (Figure 3.e ; Schuster et Stüwe, 2008 ; Bonin et Moyen, 2011 ; Lago et al., 2004). Le magmatisme auparavant uniquement d'origine crustale est accompagné par les suites shoshonitiques et ultra-potassique d'origine mantellique (Harris et al., 1986).

(f) Ensuite vient l'épisode magmatique post-orogénique alcalin (Figure 3.f ; Bonin et Moyen, 2011). Ce magmatisme alcalin serait donc un magma hybride issu à la fois du magmatisme ultra-potassique mais également du magmatisme anorogénique alcalin (Harris et al., 1986). Le magma peut également être d'origine tholéiitique (i.e., Voshage et al., 1990 ; Timmerman, 2004 ; Wilson et al., 2004 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Schuster and Stüwe, 2008). Lors de l'épisode post-orogénique, la croûte redevient stable et d'épaisseur normale (~30 km ; Thöni, 2003 ; Schuster et al., 2001 ; Schuster et Stüwe, 2008 ; Bonin et Moyen, 2011 ; Manatschal et al., 2023).

I.1.2. La remontée du magma

Les différences de composition des magmas ainsi que les différences de contraintes entre les régimes tectoniques (extensif et compressif) vont influencer la remontée ou non du magma au travers du manteau et de la croûte. En effet, la remontée du magma va dépendre de plusieurs facteurs tels que la densité, la viscosité et la quantité d'H_2O indépendamment ou non de la pression et des processus de différenciation (Herzberg et al., 1983 ; McKenzie, 1985 ; Lesher et Spera 2015). Par exemple, les magmas ultramafiques et mafiques sont peu visqueux et moins denses que les roches du manteau, permettant leur remontée. Cependant, plus denses que les roches de la croûte, le magma issu de la fusion partielle du manteau va donc être sous-plaqué à l'interface manteau – croûte. La stagnation du magma, ajouté entre autres, à sa cristallisation, va rendre la croûte plus dense rendant ainsi possible la remontée du liquide magmatique

(Best, 2003 ; Bonin et Moyen, 2011). En revanche, les magmas moins siliceux et plus denses vont avoir beaucoup plus de difficultés à remonter. L'ascension de ces magmas peut se réaliser si une quantité importante de magma est produite afin d'abaisser la viscosité (Best, 2003). En parallèle, la quantité d'H_2O (ou autres volatiles) acquis au cours de l'évolution des liquides magmatiques peut également abaisser la densité et la viscosité de ces magmas et leur permettre alors de remonter au travers de la croûte (Herzberg et al., 1983)

Le régime tectonique va influer sur les états de contraintes principales horizontales et verticales, qui elles, vont influencer l'ascension des magmas (Walker, 1993 ; Best, 2003). En effet, en régime extensif, les magmas basaltiques vont pouvoir remonter verticalement dans la partie cassante de la croûte car l'effet de surpression des magmas est suffisant pour créer des zones de fractures d'extensions. En régime compressif, les magmas andésitiques ou intermédiaires ne peuvent remonter verticalement car la pression du magma n'est pas suffisante par rapport à la contrainte horizontale. Le magma est stoppé ou se met en place via des sills (Best, 2003). Alors que les magmas ultramafiques et mafiques peuvent remonter aisément par dykes et sills sous l'effet de la différenciation ou de la tectonique, les magmas felsiques moins denses mais plus visqueux vont plutôt se déplacer sous forme de diapirs dans les roches environnantes visqueuses et ductiles.

I.2. Les mécanismes de différenciation

La composition du liquide magmatique dépend des contextes géodynamiques dans lesquels ils sont formés ainsi que leur évolution au travers des processus de différenciation rencontrés au cours de leur remontée (Albarède, 1992).

I.2.1. Les séries de différenciation

Les séries magmatiques sont définies comme une suite de roches magmatiques propre à un environnement géodynamique et dont la composition chimique et minéralogique indique l'évolution d'un magma dans sa course de différenciation (i.e. cristallisation fractionnée). En effet, en fonction des teneurs en alcalins (sodium –Na et potassium –K), silice (Si) et en ferromagnésiens dans les magmas, des diagrammes discriminants ont été développés afin de caractériser l'origine de ces magmas. Trois

principales séries magmatiques dont deux séries sub-alcalines (tholéiitique et calco-alcaline) et une série alcaline peuvent être identifiées (Harker, 1909 ; Miyashiro, 1974).

La série tholéiitique

Les magmas appartenant à la série tholéiitique sont des magmas anhydres, pauvres en potassium et alcalins, par exemple, les magmas de type MORB ou encore l'intrusion du Skaergaard, au Groenland ou encore le complexe de Stillwater au Sud du Montana, aux Etats-Unis (McCallum, 1996 ; McBirney, 1993 ; Bonin et Moyen, 2011). L'évolution de cette tendance est contrôlée par la cristallisation fractionnée d'un magma primaire de composition basaltique à basses pressions dont la séquence de cristallisation est comme suit : olivine, puis plagioclase, puis augite (Grove et Baker, 1984). L'évolution typique de la tendance de différenciation de ces magmas est marquée par une diminution en magnésium (Mg) progressive dans les premiers stades et les stades intermédiaires pendant que le fer (Fe) augmente fortement dans les premiers stades. Le Fe, Mg et Calcium (Ca) diminue ensuite dans les stades intermédiaires et plus évolués. Les derniers stades sont marqués par une augmentation en Si et alcalins (McBirney, 1993). Les suites associées à cette tendance sont généralement : (1) tholéiites à olivine, ferro-basaltes, icelandites, dacites et rhyolites sodiques et (2) gabbros à olivine, ferro-gabbros, diorites et syénites à quartz (McBirney, 1993).

La série calco-alcaline

La série calco-alcaline est rencontrée principalement dans les zones de subduction générant les systèmes d'arcs magmatiques, par exemple, l'arc du Kohistan, au Nord-Est du Pakistan (Jagoutz, 2014). Les magmas calco-alcalins sont des magmas hydratés issus de la fusion partielle des péridotites du coin mantellique supra-subductif (Best, 2003). La tendance typique de différenciation de ces magmas est marquée par une augmentation en Fe et Mg dans les premiers stades puis une diminution et enfin un enrichissement en alcalin et Si dans les stades intermédiaires et derniers stades de différenciation (Grove et Baker, 1984 ; Grove et al., 2003 ; Best, 2003 ; Jagoutz, 2014). L'évolution classique de ces magmas est la suite : basalte, basalte andésitique, andésite, dacite et rhyolite ainsi que leur équivalent plutonique : granodiorite et granite (Bonin et Moyen, 2011). La teneur

en H_2O dans les liquides magmatiques est un facteur important pour la différenciation de ces magmas (Best, 2003 ; Grove et al., 2003 ; Philpotts et Ague, 2009). Cependant, leur caractère primaire n'est que très peu présent puisque ces magmas ont subi une différenciation importante lors de leur remontée au travers d'une croûte continentale mâture et épaisse (Grove et Baker, 1984 ; McCallum, 1996 ; Best, 2003).

La série alcaline

Les magmas alcalins sont hydratés et sont produits principalement dans les systèmes de rifts continentaux ou encore dans les systèmes d'arcs insulaires, comme les îles Tahitiennes (McBirney et Aoki, 1968). L'évolution classique de cette tendance est marquée par un enrichissement en Fe, Mg dans les premiers stades de différenciation, une diminution progressive de ces éléments dans les stades intermédiaires et une forte augmentation en alcalins, en aluminium (Al) et en Si dans les derniers stades de différenciation (McBirney et Aoki, 1968). La suite typique des séries alcalines saturés est : basanite, basalte, trachy-basalte, trachy-andésite basaltique, trachyte et l'équivalent plutonique, la syénite (McBirney, 1993). Une deuxième série alcaline est également possible, tendant vers les phonolites et phonolites néphéliniques, plus riche en alcalins (Best, 2003).

I.2.2. Les processus de différenciation

Ces différents types de magmas sont le résultat de processus de différenciation magmatique qui vont influencer les propriétés physiques et chimiques du magma à mesure que ce dernier remonte au travers de la croûte. Cette différenciation est observée de différentes façons dans la croûte continentale comme dit précédemment, par exemple, le changement de composition de la croûte inférieure à la croûte supérieure et la diminution de la vitesse des ondes P de la base vers le sommet de la croûte (Figure 1). Bien qu'observé à l'échelle de la croûte continentale, cette différenciation peut également être observé à l'échelle d'un système magmatique transcrustal (e.g. Annen et al., 2006 ; Cashman et al., 2017).

1.2.2.1. La cristallisation à l'équilibre et fractionnée

Lors de sa remonté au travers du manteau et de la croûte, le magma va subir des variations des modifications. En effet, la baisse des conditions de température et de pression va entraîner le refroidissement et la cristallisation du magma (Philpotts et Ague, 2009). Par exemple, dans les chambres ou conduits magmatiques, les cristaux riches en éléments compatibles avec le solide vont cristalliser de la bordure vers le centre. Ainsi, le liquide résiduel change de composition à mesure qu'il se différencie (Bonin et Moyen, 2011). Le processus de cristallisation est un processus essentiel à la différenciation des magmas issus de la fusion partielle des roches mantelliques (Bowen, 1928 ; Hunter et Sparks, 1987, Grove et Brown, 2018).

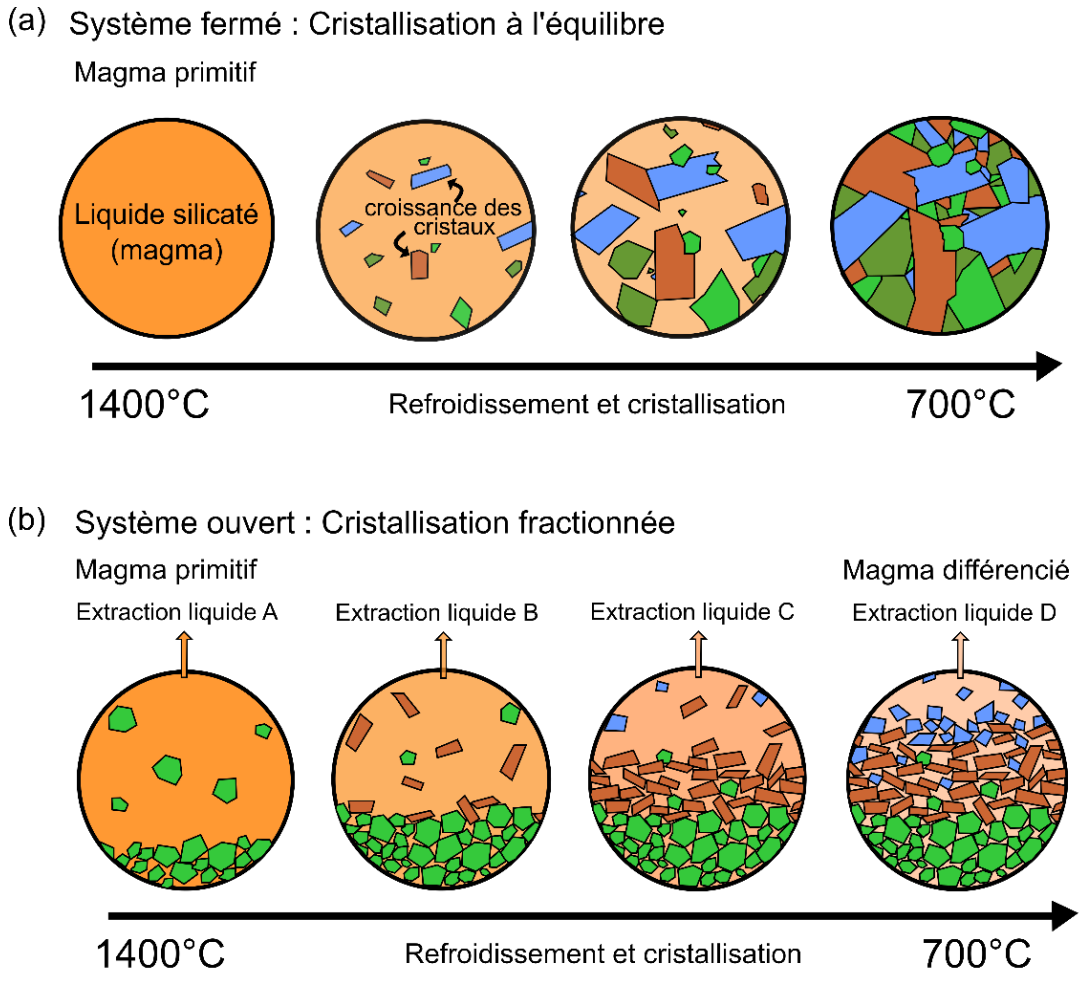


Figure 4. (a) Schéma représentant l'évolution de la cristallisation à l'équilibre (système fermé) d'un magma primitif vers la cristallisation complète, sans extraction de liquide magmatique ; (b) sketch représentant l'évolution de la cristallisation fractionnée (système ouvert) d'un magma primitif vers un magma plus évolué dont les liquides sont extraits de la chambre ou conduit magmatique.

Il existe deux types de cristallisation : (1) la cristallisation à l'équilibre : processus en système fermé dont toutes les phases sont en équilibre totale avec le liquide magmatique pendant la cristallisation. Il n'y a aucun échange avec l'environnement extérieur au système, seuls les échanges cristaux-liquide s'effectuent (Figure 4a ; Rollinson et Pease, 2021) ; (2) la cristallisation fractionnée : processus en système ouvert, les phases ne sont pas continuellement en équilibre avec le liquide magmatique (Rollinson et Pease, 2021). Ce dernier est extrait sous l'effet de différentes contraintes comme l'extraction par compaction ou par densité, indépendamment du type de fluide (Figure 4b). En effet, pour des fluides au comportement Newtonien peuvent être composés de 30% de cristaux, le liquide circulant librement sans contrainte et ne s'échappant pas. Les fluides « magmato-rigides », sont composé de 70% de cristaux, le magma se comporte alors comme un solide, la viscosité apparente tend vers l'infini et le magma ne peut donc plus circuler. L'extraction du liquide et le fractionnement est donc plus favorable pour des fluides composés entre 30 et 70% de cristaux, appelés « fluides au comportement de Binghman » (Lejeune et Richet, 1995 ; Philpotts et Ague, 2009 ; Dufek et Bachmann, 2010 ; Bonin et Moyen, 2011).

I.2.2.2. La contamination crustale

La diffusion

La diffusion, aussi appelée « Effet de Soret » est régie par la différence de gradient thermique entre deux magmas ainsi que par leur différence de composition chimique (McBirney, 1993; Philpotts et Ague, 2009). La diffusion nécessite que la température soit élevée (plus efficace dans les magmas basaltiques comparés aux magmas granitiques) puisque ce processus suit la loi d'Arrhénius, c'est-à-dire, qu'elle est exponentielle en fonction de la température (Walker et Delong, 1982 ; Koyaguchi et Blake, 1989 ; Philpotts et Ague, 2009).

La fusion partielle des roches encaissantes

Lorsque qu'un magma basaltique issus de la fusion partielle du manteau refroidi et cristallise à l'interface manteau-croûte ou dans la croûte inférieure, la chaleur libérée par ces deux processus peut entraîner la fusion partielle des roches environnantes (Kay et Kay, 1986 ; Raia et Spera, 1997 ; Patiño Douce, 1999 ; Bergantz, 1989 ; Bergantz et al.,

1994). Au vu de la composition moyenne de la croûte continentale, les magmas issus de la fusion partielle de la croûte continentale sont siliceux et plus ou moins hydratés (Huppert et Sparks, 1988 ; Philpotts et Ague, 2009 ; Clemens et Stevens, 2016). La fusion partielle des roches de la croûte continentale peut entraîner une grande diversité de liquides felsiques. Par exemple, la fusion partielle entraîne la libération d'H_2O et selon la proportion en H_2O, peut générer des magmas felsiques pouvant être plus riches en potassium ou en sodium (Patino Douce, 1999 ; Rollinson et Pease, 2021).

Ces liquides de composition felsique peuvent soit : (1) quitter leur source rapidement et se différencier avec ou sans interaction avec les roches environnantes (si riche en H_2O ; Annen et al., 2006) ou soit ; (2) se mélanger avec des liquides plus mafiques issus de la fusion partielle du manteau (voir section ci-après ; Hawkesworth et al., 1982 ; Kay et Kay, 1986 ; Clemens et Stevens, 2016). La fusion partielle des roches encaissantes (et la composition en H_2O) semble être un processus qui est, en grande partie, responsable de la diversité en composition des magmas granitiques et donc de l'hétérogénéité en composition de la croûte continentale (Clemens et Stevens, 2016 ; Cavalcante et al., 2016).

Le mélange de magma

Différents types de mélange de magmas sont possibles : (1) deux magmas peuvent avoir une même source de magma primaire et peuvent évoluer différemment selon les processus qu'ils peuvent rencontrer (Turner et Campbell, 1986 ; Best, 2003) ; (2) deux ou plusieurs sources de magmas issus du manteau se mélangent ensemble formant ainsi un magma dont la composition est intermédiaire entre les différents magmas (Best, 2003 ; McBirney, 1993) ; (3) Magmas hybrides peuvent être également issus de différentes sources de magmas : une première basaltique, issue de la fusion partielle du manteau mélangé à une deuxième, plus siliceuse, provenant de la fusion partielle de la croûte continentale (Anderson, 1976 ; Hawkesworth et al., 1982 ; Koyaguchi et Blake, 1989 ; Clemens et Stevens, 2016 ; Annen, 2011). Dans les deux derniers cas, la composition des magmas est différente mais également leur température, leurs propriétés physiques et leur viscosité apparente (Sparks et Marshall, 1986 ; Best, 2003 ; Philpotts et Ague, 2009) ; (4) dans les systèmes où une recharge de magma se produit (injections multiples ;

Huppert et Sparks, 1980 ; Huppert et al., 1982 ; Annen, 2011), un nouveau magma primitif peut se mélanger à un magma plus évolué dans une même chambre magmatique (ex : dorsale ; Best, 2003 ; Philpotts et al. 2009).

Le mélange de magma peut être plus ou moins efficace donc plus ou moins homogène selon le degré de différence des propriétés physiques et chimiques des magmas. En effet, soit : (1) les magmas produisent un « mixing » : ils se mélangent de façon homogène car leurs propriétés physiques et chimiques sont similaires. Les cristaux prennent du temps à s'équilibrer avec le liquide et le magma est appelé « hybride » (Sparks et Marshall, 1986 ; Best, 2003 ; McBirney, 1993 ; Philpotts et Ague, 2009) soit ; (2) les magmas produisent un « mingling » : ils ne se mélangent pas et peuvent former des litages, des xénolithes sous formes de lentilles, des blocs ou de petit corps irréguliers dans un ensemble de composition différentes (Sparks et Marshall, 1986 ; Best, 2003 ; McBirney, 1993 ; Philpotts et Ague, 2009).

L'assimilation crustale

L'assimilation crustale est un vecteur commun dans la différenciation des magmas puisque combinée à la cristallisation fractionnée, elle forme également des magmas hybrides comme le mélange de magma, et est responsable de la diversité des roches ignées (Hawkesworth et al., 1982 ; Turner et Campbell, 1986 ; Best, 2003 ; McBirney, 1993 ; Philpotts et Ague, 2009). En effet, lorsque le magma primitif quitte sa source, il va remonter et interagir avec les roches environnantes de la croûte continentale (Patiño Douce, 1995 ; 1999 ; McCarthy et Patiño Douce, 1997). Cette interaction avec les roches environnantes, plus froides que le magma, permet de maintenir un équilibre chimique et thermique dans les chambres et conduits magmatiques (Bowen, 1928 ; Best, 2003). Il existe deux types d'assimilant : (1) l'assimilant est l'encaissant (Best, 2003) ; (2) l'assimilant est un xénolithe dans le magma (Best, 2003 ; McBirney, 1993 ; Philpotts et Ague, 2009).

L'assimilation est rendue possible grâce à deux sources de chaleur : la chaleur libérée pendant le refroidissement et la chaleur latente de cristallisation (Bowen, 1928 ; Best, 2003). Cependant son efficacité va dépendre de différents paramètres comme la température, le temps, ainsi que les propriétés physiques et chimiques des magmas

(Best, 2003). En effet, l'assimilation par un magma basaltique est plus efficace que par un magma granitique, dû à sa haute température et sa viscosité moins importante (Best, 2003 ; Philpotts et Ague, 2009). Il est également plus facile pour un magma d'assimiler des blocs de roches présents dans le magma plutôt que sur les parois d'une chambre (ou conduit) puisque la surface de transfert de chaleur est réduite (Best, 2003). Cependant, la chaleur apportée par le magma n'est pas suffisante pour la fusion complète des roches encaissantes. En effet, la chaleur libérée par la cristallisation fractionnée du magma qui se refroidi au contact de l'encaissant, ne peut compenser la chaleur nécessaire à la fusion (Philpotts et Ague, 2009). Il existe plusieurs moyens de contaminer un magma par l'assimilation : (1) les minéraux sont dissous selon leur affinité dans le magma ; (2) les ions contaminants sont incorporés dans le magma par diffusion ; (3) le réchauffement de l'encaissant conduit à la libération de fluides volatiles, qui vont être assimilé par le magma, par exemple, Si, K et Na (Best, 2003). Cette assimilation est très souvent tracée par des marqueurs de contamination tels que les rapports isotopiques de l'oxygène ($\delta^{18}O$) et du Strontium ($^{86}Sr/^{87}Sr$; Grove et al., 1982 ; Hildreth et Moorbath, 1988 ; Best, 2003).

II. Les systèmes magmatiques post-orogéniques vs les systèmes d'arcs

II.1 Les systèmes magmatiques post-orogéniques

Les anciens domaines orogéniques représentent la majeure partie des domaines intracontinentaux phanérozoïques, et ils sont souvent théâtre de toute une série de phénomènes accompagnant le retour à l'équilibre de la lithosphère continentale, regroupés sous le nom « contexte post-orogénique ». Par exemple, en Europe de l'Ouest, à la suite de l'orogènese varisque, des épisodes tardi- à post-orogénique se sont développés (de la fin du Carbonifère au permien ; 310 – 275 Ma ; voir chapitre 1) permettant à la croûte, précédemment épaissie, de se stabiliser et de s'amincir (30-35 km) à la suite d'un « effondrement orogénique » (Burg et al., 1994 ; Costa et Rey, 1995 ; Ziegler et Dèzes, 2006 ; Schuster et Stüwe, 2008). Cet amincissement couplé à une forte extension Nord-Sud (système transtensif ; Schuster et Stüwe, 2008 ; Lago et al., 2004),

entraîne un événement thermique important pendant le Permien puisque cet amincissement est accompagné d'une intense activité magmatique et métamorphique.

En effet, l'effondrement orogénique et l'amincissement de la croûte a généré la fusion par décompression du manteau sous-continental entraînant la mise en place de magmas mafiques tholéiitiques sous-plaqués issu de la fusion partielle du manteau à l'interface croûte-manteau (Voshage et al., 1990 ; Schuster et Stüwe, 2008). Ceci entraîne alors différents processus tels que la fusion partielle des roches du manteau, la différenciation des liquides magmatiques pendant leur ascension par cristallisation fractionnée et/ou par contamination crustale, la mise en place de magmas hybrides dans les niveaux crustaux moyens et superficiels (Costa et Rey, 1995 ; Downes et al., 1991 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Timmerman, 2004), la fusion partielle des roches encaissantes et le métamorphisme haute température – basse pression (HT – BP) généralisé généré par le magma sous-plaqués à l'interface croûte manteau (Fountain and Salisbury, 1981 ; Pin et Vielzeuf, 1983 ; Schuster et al., 2001). Ce métamorphisme est marqué par la présence de faciès granulitique dans les niveaux de croûte inférieure et par un réchauffement des niveaux moins profonds, réchauffement souligné par la présence d'andalousite et de sillimanite dans les métasédiments (Schuster et Stüwe, 2008).

II.2. Les systèmes d'arcs magmatiques

Les systèmes d'arcs magmatiques sont formés dans un contexte de zone de subduction, dont le liquide primitif est issu de la déshydratation de la plaque plongeante. Ces magmas primitifs sont ainsi considérés comme hydratés (plaques plongeante saturées en H_2O) et formeront in fine des liquides andésitiques d'affinité calco-alcaline (~3 % wt d'H_2O ; McDonald et al., 2000 ; Grove et al., 2002 ; Beard et al., 2004 ; Detay, 2015 ; Cooper et al., 2019). Ces magmas vont percoler au travers de la croûte inférieure granulitique (~55 km de profondeur ; Jagoutz, 2014) et se différencier, laissant derrière eux des cumulats gabbroïques (Annen et al., 2006 ; Jagoutz et al., 2011 ; Cashman et al., 2017). Les liquides magmatiques issu de cette différenciation (par cristallisation fractionnée, contamination crustale et/ou recharge de magma ; Annen et al., 2006 ; Cashman et al., 2017 ; Clemens et al., 2021) vont ensuite remonter à travers un réseau de sills et de dykes (et par perte de densité) vers les niveaux crustaux plus superficiels

(Jagoutz et al., 2011 ; Jagoutz, 2014). Jagoutz, (2014), indique que le régime thermique de la croûte inférieure est encore suffisamment élevé pour que les interactions entre magma et croûte soient générées.

II.3. Les systèmes post-orogéniques vs systèmes d'arcs magmatiques

Bien étudiés dans les systèmes d'arcs magmatiques, notamment dans leurs parties les plus profondes, les processus de différenciation des magmas dans les systèmes post-orogéniques restent très peu contraints. De nombreux modèles dits ouverts ont été développés et largement étudiés dans les systèmes d'arcs magmatiques : tels que les modèles d'AFC couplant la cristallisation fractionnée et l'assimilation crustale (AFC/EC-AFC ; e.g. DePaolo, 1981 ; Watson, 1982 ; Aitcheson et Forrest, 1994 ; Borhson et Spera, 2001 ; Spera et Borhson, 2001) ou encore les modèles MASH, combinant la fusion crustale, l'assimilation, le stockage et l'homogénéisation des magmas (Hildreth et Moorbath, 1988 ; Walker et al., 2015).

Cependant, les différences majeures observées dans ces deux types de systèmes montrent qu'on ne peut directement transposer des modèles de différentiation de l'un à l'autre. En effet, les différences sont : (1) un régime tectonique compressif et très actif dans les arcs vs. un régime tectonique extensif à transtensif dans les systèmes intracontinentaux, influençant la construction du système magmatique ainsi que les mécanismes d'ascension des magmas ; (2) des magmas parentaux d'affinité calco-alcaline dans les systèmes d'arcs vs. des magmas parentaux d'affinité tholeiitique dans les systèmes intracontinentaux (aussi magmas « crustaux » calco-alcalins), jouant sur la course de différenciation des liquides magmatiques ; (3) une croûte pouvant être épaissie (~70 km) et très fertile dans les systèmes d'arcs vs. une croûte continentale normale (~30 km), appauvrie et stérile dans les systèmes post-orogéniques, facilitant ou inhibant les processus liés à l'assimilation crustale.

III. Plan de la thèse

Cette thèse est composée de cinq chapitres :

(1) Le chapitre 1 porte sur le contexte général de l'orogènese varisque afin d'introduire la formation des systèmes magmatiques post-orogéniques permiens ainsi que le contexte détaillé de la zone d'étude, les Alpes de l'Est, où des intrusions magmatiques permiennes se sont mis en place à différents niveaux de croûte (intrusifs mafiques de croûte inférieure dans l'unité de Malenco – Margna inférieure ; intrusifs et extrusifs felsiques de croûte supérieure dans l'unité de Bernina et d'Err-Julier et des intrusifs mafiques et intermédiaires de croûte moyenne dans l'unité de Campo).

(2) Le chapitre deux présente les différentes méthodes analytiques de nouvelles données géochimiques sur les roches nouvellement échantillonnées sur le terrain. Ces méthodes concernent : les analyses en roche totale en éléments majeurs (par µ-XRF) et en éléments traces (par ICP-MS) ; les analyses isotopiques sur strontium (par TIMS) et néodyme (MC-ICP-MS ; ainsi que les analyses in situ en éléments majeurs (par microsonde électronique) et en éléments traces (La-ICP-MS).

(3) Le troisième chapitre, intitulé « Differentiation of gabbro in the continental middle crust: the Sondalo gabbroic complex" sera soumis pour publication dans la revue scientifique Lithos. Ce chapitre a pour but de comprendre et contraindre comment les magmas tholéiitiques (ici, troctolites, gabbros et norites) de l'intrusion de Sondalo en croûte moyenne se sont différenciés et tente de répondre aux questions suivantes : Quel est le lieu le plus propice à la différenciation des magmas ? Comment ces magmas se sont différenciés ? Est-ce seulement par cristallisation fractionnée ?

Pour répondre à ces questions, nous avons couplé travail de terrain, observations pétrologiques, caractérisations géochimiques (analyses en roche totale et minéraux en éléments majeurs et éléments traces) aux modélisations thermodynamiques réalisées à l'aide des logiciels rhyolites_MELTS et Perple_X.

(4) Le chapitre 4, intitulé « Modes et impacts de la contamination crustale : l'exemple du complexe gabbroïque de Sondalo (Italie du Nord) » porte sur les processus de contamination du magma par le matériel crustal. Le but de ce chapitre est de

contraindre les interactions entre magmas et roches encaissantes. Comment la contamination crustale contribue à la différenciation des roches magmatiques ? Est-ce par assimilation crustale ? ; par fusion partielle des roches encaissantes donnant lieu un potentiel liquide anatectique contaminant ? ou bien par le mélange entre un magma et un liquide anatectique (hybridation) ? Et Quels sont les implications de cette contamination sur l'évolution de la différenciation des roches magmatiques ?

De la même façon que pour le chapitre trois, nous avons tenté de répondre à ces questions en combinant le travail de terrain, l'observation pétrologique, la caractérisation géochimique (analyses en roche totale et minéraux en éléments majeurs et éléments traces et composition isotopique) ainsi que des modèles géochimiques, thermodynamiques (Perple_X) et isotopiques.

(5) Ce manuscrit se termine ensuite par une discussion et une conclusion générale portant une réflexion sur « La différenciation magmatique à l'échelle crustale ». Cette partie finale combine les résultats obtenus sur le complexe de Sondalo aux données de la bibliographie des Alpes de l'Est.

Chapitre I.

Contexte géodynamique et géologique

I. Contexte géodynamique

L'orogenèse varisque en Europe de l'Ouest a débuté au début du Dévonien et s'est terminée pendant le Permien, formant ainsi la chaîne varisque. L'évolution de cette orogènese peut être résumée en trois grandes phases :

I.1. Période dévono-carbonifère

Initiation des épisodes de convergences et subductions : L'orogenèse varisque a été initiée par l'accrétion de micro-continents (Avalonia et Armorica) dérivés de la marge Nord de Gondwana sur la marge Sud de Laurussia (380 – 370 Ma ; Matte, 1991 ; Matte, 2001, Tait et al., 2000 ; Murphy et al., 2006 ; Romaní et al., 2020). Des épisodes de subductions répétées, initiées à la fin du Silurien et liées à la migration de ces micro-continents, ont entraîné la fermeture de deux océans : l'océan Rhéique au Nord et Galicia – Massif Central au Sud (Matte, 1986 ; 2001 ; Costa et Rey, 1995 ; Van Staal et al., 1998 ; Murphy et al., 2006 ; Faure et al., 2009). La fermeture de l'océan Rhéique à la fin du Dévonien – Carbonifère inférieur, entraîne un système d'arc magmatique calco-alcalin dont les témoins sont présents dans le Massif Central, les Vosges et le Massif Armoricain (Schneider et al., 1989 ; Faure et al., 1997). La fin de la collision continentale entre Gondwana et Laurussia est marquée par un épisode de subduction, générant ainsi un métamorphisme de haute pression (HP) et affectant l'ensemble de la zone interne de l'orogènese (Kroner et Romer, 2013). Des reliques de ces subductions successives sont documentées, par exemple, dans le Massif Central (Faure et al., 1997 ; 2009), le Massif Armoricain (Paquette, 1987 ; Bosse et al., 2000) et les Alpes, marquée par la présence d'éclogites et de granulites HP datées entre 370 et 330 Ma (Godard et al., 1996 ; Tumiati et al., 2003 ; Delleani et al., 2018).

I.2. Carbonifère (340 à 310 Ma)

La subduction est stoppée et la phase transpressive qui a suivie a formé l'orogène (Von Raumer, 1998 ; Matte, 2001 ; Kroner et Romer, 2013). La collision continentale carbonifère marque l'apogée de l'orogenèse varisque avec la formation de la Pangée

(Matte, 2001). Cette chaîne s'étend du Caucase à l'Est jusqu'aux Appalaches à l'Ouest à la fin du Carbonifère (Matte, 2001). La collision entre les continents Gondwana et Laurussia entraîne un épaississement de la croûte continentale et un métamorphisme de haute température (HT) et moyenne pression (MP ; Ziegler et al., 2004 ; Kroner et Romer, 2013 ; Schulmann et al., 2014). Ce métamorphisme HT–MP combiné à la désintégration radioactive des éléments radioactifs (U, Th, K) et la relaxation thermique de la croûte épaissie (maturation thermique) entraînent la modification de la rhéologie de la croûte continentale et donc son affaiblissement (Gaudemer et al., 1988 ; Gerdes et al., 2000 ; Vanderhaeghe et Teyssier, 2001 ; Schulmann et al., 2014). De ce fait, la croûte continentale inférieure fond partiellement entraînant ainsi l'intrusion de grand volume de granitoïdes (Lorenz et Nicholls, 1984 ; Doblas et al., 1994 ; Bonin et al., 1998 ; Handy et al., 1999 ; Kroner et Romer, 2013).

I.3. Evolution tardi- à post-orogénique

L'évolution tardi- à post-orogénique pouvant être subdivisée en trois phases majeurs :

(1) De 310 à 290 Ma : Cette période correspond à la stabilisation de la croûte continentale à la suite d'un « effondrement orogénique ». Pendant l'effondrement orogénique, l'équilibre du domaine orogénique est perturbé. Cette perturbation peut être expliquée par différents modèles, tous impliquant que la lithosphère était sur-épaissie pendant la collision continentale : (1) par délamination, pendant laquelle la racine lithosphérique se détache ou va progressivement être « érodée » thermiquement (Gutiérrez-Alonso et al., 2011) ; (2) par rupture de la plaque plongeante (Ziegler et Dèzes, 2006) ; (3) par changement dans les forces tectoniques, la phase compressive diminue en intensité et la phase extensive augmente en intensité (Malavieille et al., 1990 ; Schuster et Stüwe, 2008) ou encore ; (4) par un super-panache à la base de la lithosphère (Doblas et al., 1998). De ce fait, la croûte autrefois sur-épaissie, s'amincie jusqu'à 30-35 km (Ziegler et Dèzes, 2006). Cette transition est marquée par la formation de faille de détachement (Ziegler, 1990 ; Doblas et al., 1994) et de bassins sur l'ancienne croûte orogénique dont ces bassins sont plus ou moins remplis par des roches volcaniques andésitiques calco-alcalines (Figure I.1 ; Doblas

et al., 1994 ; 1998 ; Cassinis et al., 2012 ; Petri et al., 2017 ; Manatschal et al., 2023).

(2) De 290 à 275 Ma : L'amincissement lithosphérique couplé à une extension Nord-Sud importante de la lithosphère mettent en place un système transtensif en réponse à la propagation vers l'Ouest de l'océan Néotethys (Schuster et Stüwe, 2008 ; Lago et al., 2004). Cet amincissement lithosphérique est associé à une intense activité magmatique et métamorphique entraînant la fusion par décompression du manteau sous-continental (Schuster et Stüwe, 2008). En effet, un magmatisme bimodal s'est mis en place à différents niveaux crustaux avec des magmas mafiques tholéiitiques sous-plaqués au niveau de l'interface manteau – croûte, mais également des intrusions granitiques dans les niveaux crustaux moyens provenant de la fusion partielle des roches de croûte inférieure (Voshage et al., 1990 ; Timmerman, 2004 ; Wilson et al., 2004 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Schuster and Stüwe, 2008). La mise en place de magma dans la croûte inférieure et de liquide magmatique provenant du manteau sous-continental soulevé contribue au rajeunissement de la croûte continentale, à une nouvelle structure mais également à un rééquilibrage de la limite pétrologique croûte-manteau à 30-35 km (Handy et al., 1999 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Mohn et al., 2010). L'effondrement orogénique ainsi que l'amincissement lithosphérique et la mise en place de magmas mafiques sous-plaqués entraînent des processus tels que : (i) la fusion partielle des roches du manteau ; (ii) la différenciation des liquides magmatiques avant/pendant leur ascension au travers de la croûte et (iii) la contamination du magma par du matériel crustal ainsi que la mise en place de magmas hybrides dans les niveaux crustaux moyens et superficiels (Costa et Rey, 1995 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Timmerman, 2004). En parallèle, la mise en place des magmas mafiques sous-plaqués à l'interface manteau-croûte inférieure génère la fusion partielle des roches encaissantes et cause un métamorphisme HT–BP généralisé, marqué par la présence de faciès granulitique dans les niveaux crustaux profonds (Fountain and Salisbury,

1981 ; Pin et Vielzeuf, 1983 ; Schuster et al., 2001). Ce faciès granulitique est marqué par la présence d'andalousite et de sillimanite dans les roches métasédimentaires (Schuster et Stüwe, 2008). Les cordiérites associées à l'assemblage orthopyroxène-plagioclase retrouvées dans les roches mafiques attestent également d'un métamorphisme de BP à MP (Pin et Vielzeuf, 1983).

Ces événements tectono-métamorphiques et magmatiques ont été enregistrés dans différentes zones en Europe de l'Ouest, par exemple (Figure I.1) : en Corse, dont les datations U-Pb sur zircon des paragneiss granulitiques, des intrusions de corps mafiques, des diorites et des granites ont donné des âges entre 291 et 279 Ma (Paquette et al., 2003 ; Caby et Jacob, 2000 ; Cocherie et al., 2005 ; Rossi et al., 2006 ; Boscaini et al., 2020) ; en Ibérie, les âges K-Ar sur roche totale et biotite des andésites et micro-gabbros donnent des âges entre 293 et 283 Ma (Hernando et al, 1980 ; Doblas et al., 1994 ; Lago et al., 2004) ; au Nord des Apennins, dont l'âge Sm-Nd sur clinopyroxène – plagioclase et sur roche totale des granulites donne un âge de 291 +/- 9 Ma (ré-équilibration sub-solidus à 7 – 8 kbar ; 800 – 900°C ; Meli et al., 1996 ; Montanini et Tribuzio, 2001) ; et dans les Alpes : (i) les Alpes du Sud, dans la zone d'Ivrée, où les datations U-Pb sur zircon de diorite, amphibolite mafique, gabbro et norite donne des âges entre 285 et 287 Ma et entre 289 et 278 Ma pour les granitoïdes de la Série Dei Laghi (Pin et Sills, 1986 ; Boriani et al., 1990 ; Quick et al., 2002 ; 2009 ; Schaltegger et Brack, 2007) ; (ii) les nappes austroalpines, dont les intrusions gabbroïques à dioritiques ont été daté de 289 à 278 Ma sur des gabbros, norites, leucogranites et diorites par des analyses U-Pb sur zircons et Sm-Nd sur plagioclase, clinopyroxène et amphibole (Tribuzio et al., 1999 ; Bussy et al., 1998 ; Hansmann et al., 2001 ; Monjoie et al., 2007 ; Petri et al., 2017) ainsi que des âges U-Pb sur zircons des granites et rhyolites datés entre 295 et 288 Ma (Bernina ; von Quadt et al., 1994).

(3) De 285 à 225 Ma : Période correspondant à la phase finale où l'intensité magmatique est moins intense et où la lithosphère refroidit progressivement (Schuster et al., 2001 ; Schuster et Stüwe, 2008 ; Manatschal et al., 2023).

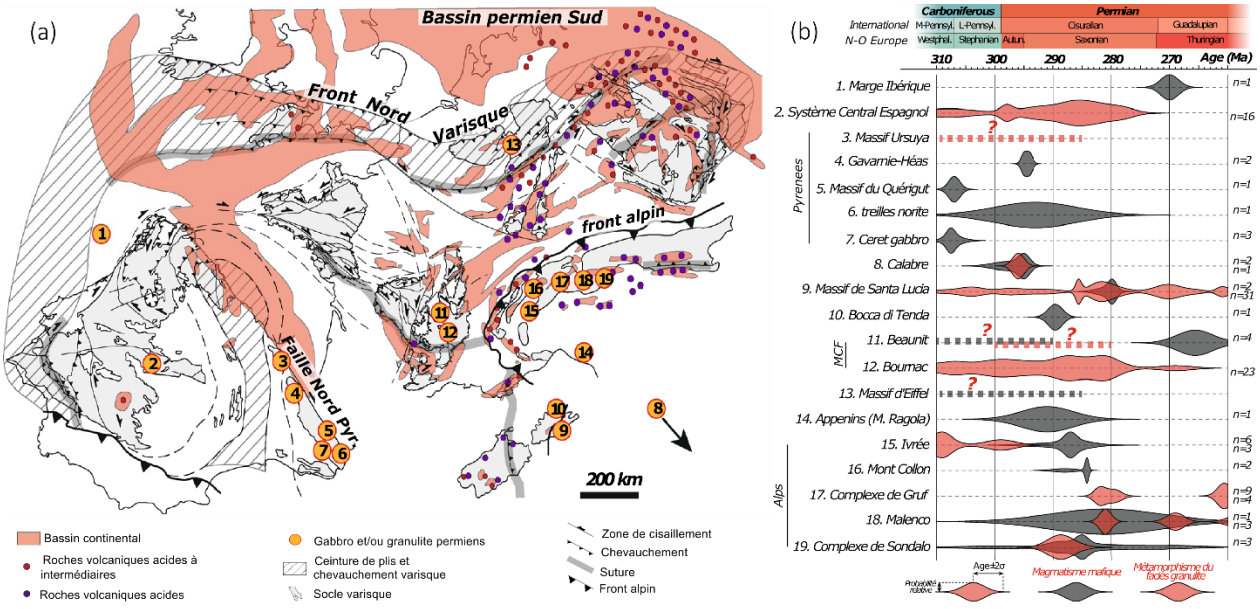


Figure I.1. (a) Carte compilée des bassins volcano-sédimentaires pendant le Permien inférieur (Autunien 290 – 260 Ma) et localisation des gabbros et/ou granulites exhumés fin Carbonifère – début Permien par l'activité tectonique ou échantillonnés par les volcans tertiaires à quaternaires (Petri et al., 2017 et références associées) ; (b) compilation des probabilités relatives des âges U-Pb sur zircons pour le magmatisme mafique et le métamorphisme granulitique de chacune des localisations sur la figure (a ; MCF : Massif Central Français ; Petri et al., 2017 et références associées.

L'exhumation de ces roches pendant le rifting jurassique a permis d'étudier des portions de croûte continentale pré-rift (Schuster et Stüwe, 2008 ; Mohn et al., 2010 ; 2011). On retrouve ces roches dans différentes zones en Europe de l'Est et notamment dans les Alpes. En effet deux zones clés, nous permettant de comprendre et de reconstruire l'histoire de la croûte continentale pré-rift, se trouvent dans les Alpes : les Alpes du Sud et les Alpes de l'Est (Figure I.2). Ces deux zones présentent des portions de croûte continentale pré-rift, du manteau sous-continental aux niveaux crustaux plus superficiels ainsi que des intrusions magmatiques mafiques et felsiques à chaque niveau de croûte préservées depuis leur mise en place (Boriani et al., 1990 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Handy et al., 1999 ; Hermann et al., 2001 ; Müntener et Hermann, 1996 ; von Quadt et al., 1994). La suite de ce chapitre se focalisera sur le contexte géologique des Alpes de l'Est, zone sur laquelle se porte cette thèse.

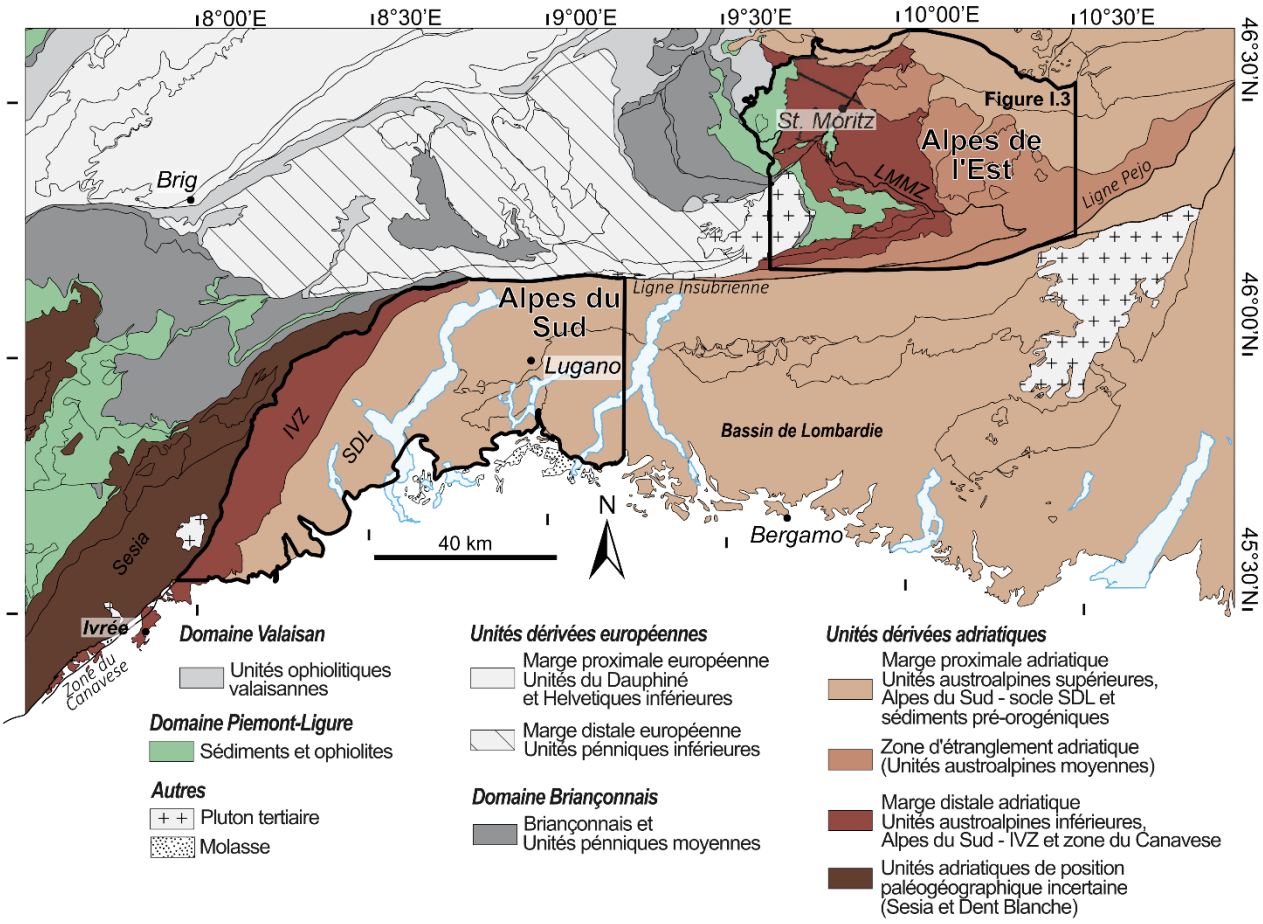


Figure I.2. Carte tectonique compilée des différents domaines et unités dérivées dans les Alpes (LMMZ : zone de mouvement de Lunghin-Mortirolo ; IVZ : Zone d'Ivrée-Verbano ; SDL : Serie Dei Laghi ; contour noir : localisation des zones clés dans les Alpes du Sud et les Alpes de l'Est ; Petri et al., 2019 et références associées.

II. Contexte géologique des Alpes de l'Est

Les Alpes de l'Est (Figure I.2) sont situées au Sud-Est de la Suisse et au Nord de l'Italie et sont séparées des Alpes du Sud par la ligne Insubrienne (Figure I.3 ; Meier, 2003 ; Viola et al., 2003 ; Mohn et al., 2011). Elles sont constituées d'un empilement de nappes, produit au Crétacé supérieur – Tertiaire, et préservent des reliques de la marge passive adriatique formée pendant le rifting jurassique de la Téthys alpine (Froitzheim et al., 1994 ; Handy et al., 1996 ; Mohn et al., 2011). Les nappes sont formées par des unités dérivées des domaines austroalpins et pénniques (Mohn et al., 2011). La déformation et le métamorphisme alpins n'ont affecté que très faiblement les différentes unités de cette

zone, se limitant à des déformations de bas degré métamorphique essentiellement le long de la ligne Insubrienne au Sud (limité au faciès des schistes verts, Viola et al., 2003), et dans les nappes les plus basales situées vers l'Ouest (faciès amphibolites, Villa et al., 2000). Elles préservent un enregistrement de l'histoire tectonique polyphasée pré-mésozoïque, couvrant les événements de l'orogenèse varisque du Carbonifère supérieur à l'extension post-varisque permienne (Froitzheim et al., 1994 ; Petri et al., 2016 ; 2017). Les travaux dans cette zone ont également permis d'identifier plusieurs domaines de l'ancienne marge riftée adriatique (Figure I.3) :

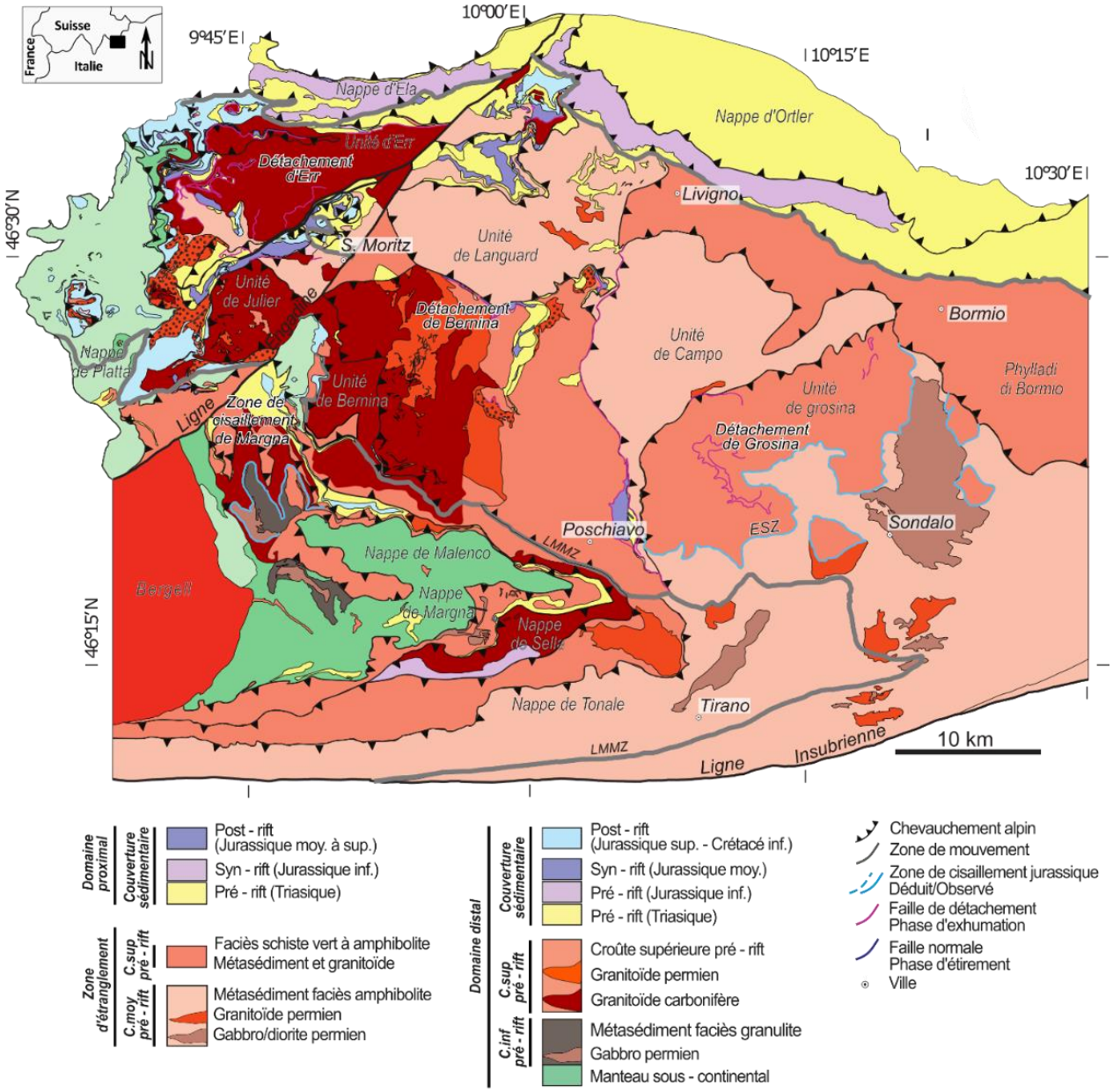


Figure I.3. Carte lithotectonique des Alpes de l'Est (ESZ : Zone de cisaillement d'Eita ; Petri et al., 2019).

(1) l'ancien domaine proximal, représenté par les nappes d'Ortler et d'Ela (Eberli, 1988), et formé essentiellement par la couverture sédimentaire pré- à syn-rift.
(2) l'ancienne zone d'étranglement est représentée par la nappe de Campo/Grosina/Languard. Les unités de Campo et de Grosina représentent la croûte moyenne pré-rift et sont séparées par la zone de cisaillement jurassique d'Eita (Mohn et al., 2012 ; Petri et al., 2019 ; 2023).
(3) l'ancien domaine distal, dans les nappes de Bernina, Margna, Sella et Malenco au Sud (Mohn et al., 2011 ; Hermann et al., 1997), ainsi que les nappes d'Err et de Platta au Nord (Manatschal et Niervergelt, 1997 ; Epin et al., 2019). Ce domaine est constitué d'une amalgamation de différentes unités pré-rift, comprenant la croûte supérieure et sa couverture sédimentaire pré-, syn- et post-rift (Err, Bernina, Margna supérieure), ainsi que la croûte inférieure (Margna inférieure, Malenco) et le manteau sous-continental (Malenco, Platta).
(4) l'ancien domaine de manteau exhumé, dans les nappes de Malenco et de Platta (Desmurs et al., 2002 ; Amann et al., 2020). Ces nappes sont constituées de péridotites mantelliques traduisant un manteau sous-continental partiellement refertilisé (Picazo et al., 2016), de gabbros, de basaltes et de cherts radiolaritiques syn-rifts.

Enfin, deux structures tectoniques majeures traversent la zone : la faille de l'Engadine (Schmid et al., 1996) essentiellement alpine et décrochante ainsi que la zone de mouvement de Lunghin–Mortirolo (LMMZ), héritée de la formation de la marge passive riftée et réactivée pendant l'orogènese alpine (Mohn et al., 2011).

Ce domaine nous donne ainsi accès à différents niveaux de la croûte continentale pré-rift, du manteau sous-continental à la croûte supérieure. Différentes intrusions magmatiques et roches magmatiques extrusives pré-rift y ont été documentées, et datées du Carbonifère supérieur au Permien (Figure.I.4 ; Mohn et al., 2011 ; Mohn et al., 2012). Sur la base du système magmatique permien, nous pouvons distinguer trois catégories d'unités :

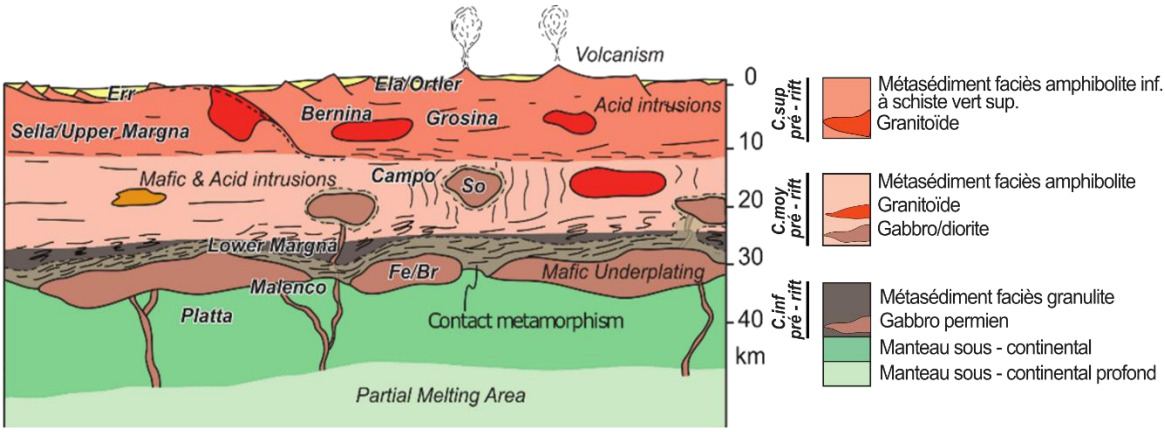


Figure I.4. Coupe transversale reconstruite du manteaux sous-continental à la croûte supérieure pendant le Permien (So : Complexe gabbroïque de Sondalo ; Fe/Br : Gabbro de Fedoz et de Braccia ; Petri et al., 2017).

(1) L'unité de Malenco, interprétée comme une zone de transition manteau sous-continental – croûte inférieure et l'unité de Margna inférieure, une unité de croûte inférieure. Ces deux unités sont intrudées par des magmas mafiques permiens d'affinité tholéiitique (Hermann et al., 1997 ; 2001 ; Hermann et Rubatto, 2003 ; Hansmann et al., 2001 ; Müntener et Hermann, 1996 ; 2001 ; Müntener et al., 2000).

(2) L'unité de Campo, une unité de croûte moyenne intrudée par différents intrusifs mafiques à felsiques permiens dont une intrusion principale : le complexe gabbroïque de Sondalo (Tribuzio et al., 1999 ; Braga et al., 2001 ; Petri et al., 2016 ; 2017).

(3) Les unités de Bernina et d'Err-Julier, intrudées par des intrusifs et extrusifs felsiques permiens d'affinité calco-alcaline à alcaline (Mercolli, 1989 ; Spillmann et Büchi, 1993) ; l'unité de Margna supérieure, considérée comme une unité de croûte supérieure cependant intrudée essentiellement par des intrusifs carbonifères (Spillmann et Büchi, 1993).

II.1. Les unités de manteau et croûte inférieure

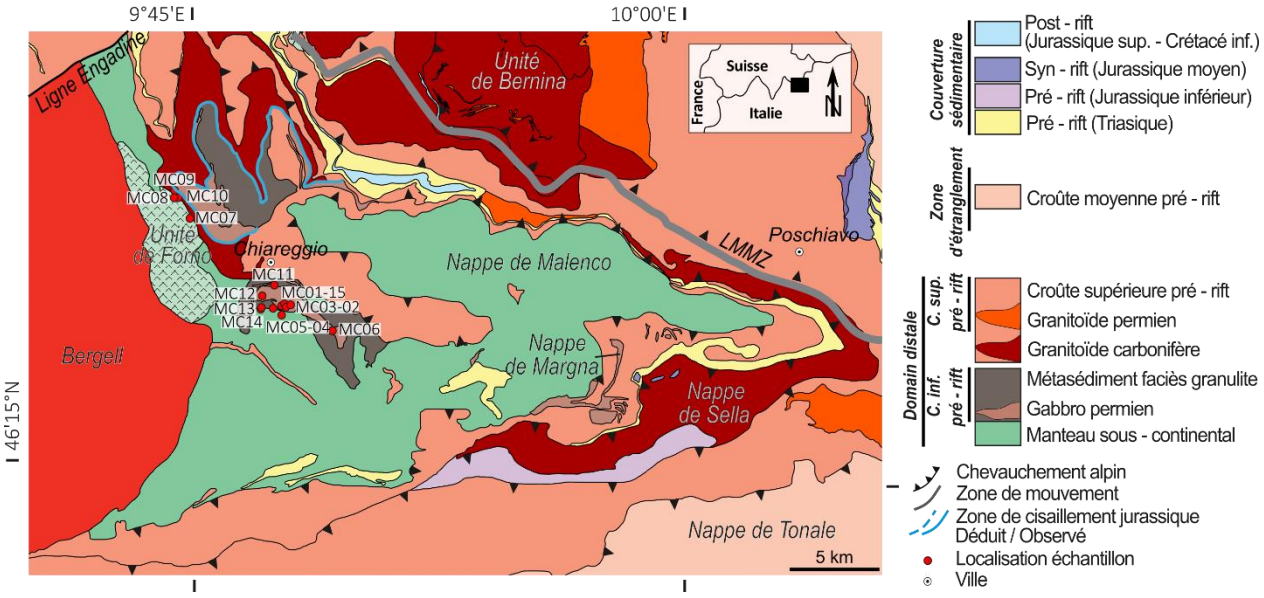


Figure I.5. Carte lithotectonique représentant la limite entre les nappes austroalpines et pénniques dans la région de Malenco (les points rouges représentent la localisation des affleurements étudiés ; coordonnées GPS en annexe n°1 ; Petri et al., 2019).

Les parties les plus profondes de la croûte pré-rift sont rencontrées dans les nappes de Malenco et Margna inférieure (Figure I.5 ; Müntener et al., 1996). Ces unités font partie des nappes austroalpines inférieures (Margna – Bernina – Sella) et des nappes pénniques (nappe de Malenco comprenant les unités de Malenco et de Forno ; Mohn et al., 2011). Ces nappes sont bordées à l'Ouest par l'intrusion de Bergell (d'âge oligocène ; Von Blanckenburg, 1992 ; Samperton et al., 2015) et au Nord par la ligne de l'Engadine. Localement, le contact entre la croûte inférieure et le manteau sous-continental pré-alpin est préservé et peu déformé, représentant une relique de la zone de transition croûte-manteau (i.e. le Moho ; Hermann et al., 1997). La nappe de Malenco peut être décomposée en l'unité de Malenco et l'unité de Forno (Trommsdorff et al., 1993 ; Hermann et Müntener, 1996). La nappe de Malenco est superposée par la nappe de Margna, elle-même séparée en deux unités par la zone de cisaillement de Forno : l'unité de Margna inférieure (représentant la croûte inférieure pré-rift) et l'unité de Margna supérieure (représentant la croûte supérieure pré-rift ; Bissig et Hermann, 1999).

II.1.1. L'unité de Malenco

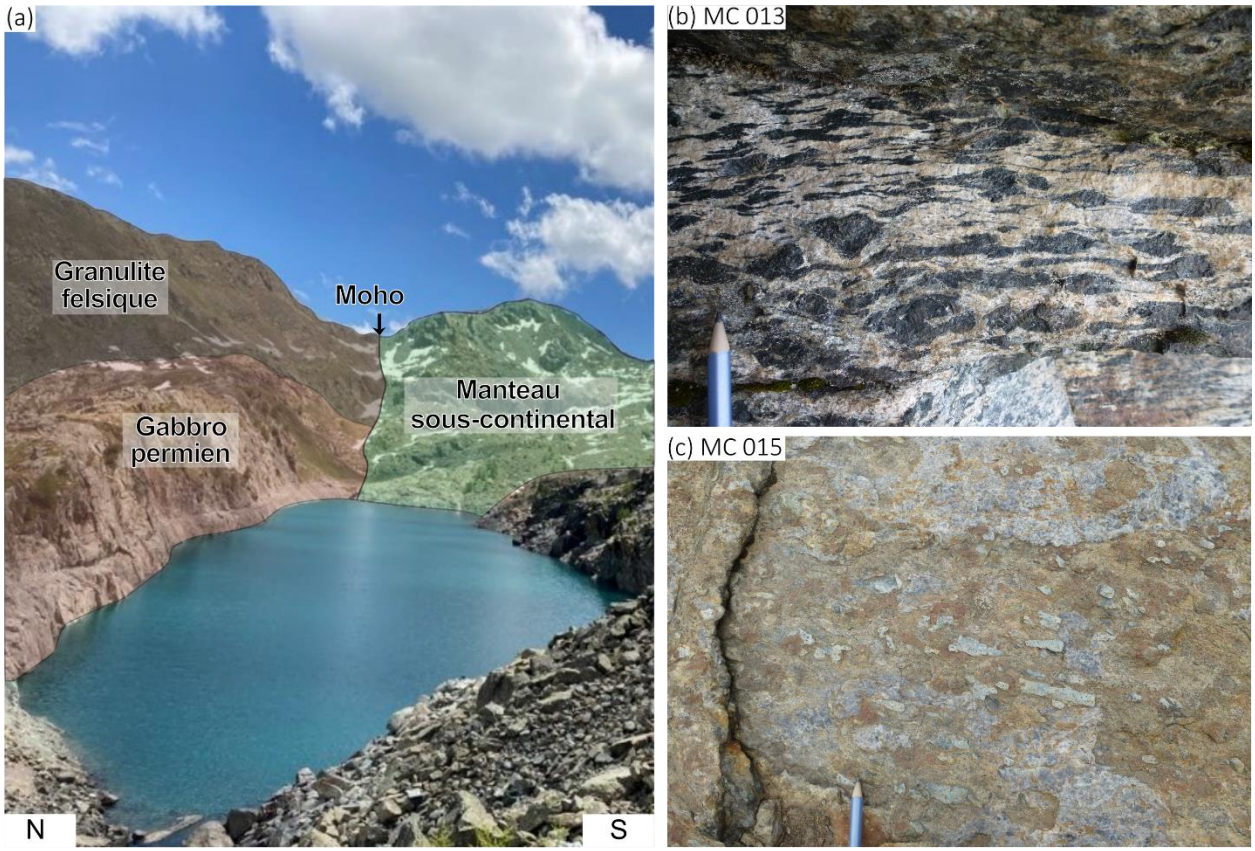


Figure I.6. Photographies de terrain. (a) photographie représentant le manteau sous-continental – croûte inférieure préservé dans l'unité de Malenco ainsi que l'intrusion du gabbro de Braccia dans la croûte inférieure pré-rift ; (b) photographie d'un flaser gabbro dans l'unité de Malenco indiquant la déformation sub-solidus sous les conditions de faciès amphibolite ; (c) photographie d'une granulite métasédimentaire caractérisée par une linéation de disthène attestant du métamorphisme granulitique.

Cette unité est composée de 3 unités lithologiques (Figure I.6) : (i) des lherzolites à spinelle serpentinisées ; (ii) des granulites métasédimentaires (Figure I.6.c) et (iii) des roches gabbroïques constituant le gabbro de Braccia (Figure I.6.b ; Müntener et Hermann, 1996). Les roches ultramafiques de cette unité sont recoupées à l'Ouest par des dykes de basaltes métamorphisés (type MORB) de l'unité de Forno avec localement des basaltes en coussins et des brèches (Müntener et al., 2001). Ces roches sont également associées à des sédiments volcano-clastiques d'âge jurassique supérieur – crétacé moyen (Hermann et Müntener, 1996 ; Bissig et Hermann, 1999 ; Villa et al., 2000 ; Hermann et al., 1997).

Les lherzolites à spinelle

Les roches du manteau sont essentiellement des lherzolites (fertiles) à spinelle et amphibole faiblement déformées, préservant une forte orientation préférentielle des spinelles et pyroxènes (Müntener et Hermann, 1996 ; Müntener et al., 2010). Ces roches sont en association étroite avec d'autres roches ultramafiques tels que des dykes de webstérites à spinelle, des harzburgites, des dunites et de grandes quantités de dykes de clinopyroxénites à grenat et localement à corindon. Cette association de roches est ensuite recoupée par de rares dykes d'hornblendites à phlogopite (Müntener et Hermann, 1996). La géochimie en roche totale des lherzolites à spinelle montre une gamme étroite pour la teneur en Cr (ppm) et une forte variation de la teneur en Al_2O_3 (wt%). Les clinopyroxènes dans les lherzolites à spinelles montrent une diminution de la teneur en TiO_2 (wt%) quand la teneur en Cr_2O_3 (wt%) augmente et une augmentation de la teneur en Na_2O (wt%) pour une même gamme de teneur en Cr_2O_3 (wt% ; Müntener et al., 2010). La thermométrie réalisée sur Opx–Spl–Ol (Caroll Webb et Wood, 1986) et 2 pyroxènes (Brey et Kölher, 1990) des lherzolites donnent des températures de 750 ± 50 °C (Müntener et Hermann, 1996 ; Müntener et al., 2000).

Les amas de Cpx–Opx–Spl retrouvés dans les lherzolites sont texturalement interprétés comme produits par la déstabilisation du grenat et ont donc enregistré une évolution de décompression du champ des lherzolites à grenat aux lherzolites à spinelles (Müntener et Hermann, 1996). Ces associations hétérogènes de roches mantelliques, la présence de lherzolites à spinelle et de pyroxénites (Müntener et al., 2010), ainsi que leur proximité avec la croûte inférieure (discuté ci-après) indiquent que cette unité représente un manteau sous-continental hérité qui aurait enregistré plusieurs événements, notamment l'orogènese varisque (manteau de Type 1, Picazo et al., 2016). Ceci est également expliqué par les températures estimées, plutôt froides par rapport au manteau refertilisé/infiltré ou océanique (Müntener et al., 2010 ; Picazo et al., 2016). McCarthy et Müntener, (2015), ont calculé un âge d'appauvrissement permien à 273 ± 24 Ma (pseudo-isochrone, modèle d'âge Sm–Nd) pour des lherzolites similaires échantillonnées dans les Alpes et les Apennins. Ceci indique que la variabilité d'appauvrissement vue dans ces différents exemples est causée par un taux de fusion variable mais Permien en accord avec la mise en place de complexes mafiques permiens communs dans la croûte

moyenne et inférieure dans les Alpes et potentiellement plus largement en Europe de l'Ouest (Tribuzio et al., 1999 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; McCarthy et Müntener, 2015 ; Petri et al., 2016 ; Picazo et al., 2016).

Les granulites métasédimentaires

Les granulites pélitiques sont essentiellement des paragneiss plissés intercalés avec des calcsilicates et des marbres (Müntener et Hermann, 1996 ; Hermann et Müntener, 1996). Les paragneiss sont composés de Grt–Ky–Pl–Qtz–Ilm ±Bt à texture granoblastique, indiquant des conditions d'équilibre dans le faciès granulite (Hermann et al., 1997). Ces roches présentent une foliation faiblement développée et une linéation rare marquée par le disthène (Figure I.6.c) Ces roches présentent localement des textures migmatitiques avec une alternance de lits riches en quartz et plagioclase et de lits riches en grenat et disthène. La plupart de ces roches sont composées de staurotide et chloritoïde, remplaçant le disthène et le grenat, interprété comme marquant des conditions de faciès amphibolite rétrograde pré-alpines et alpines (hydratation ; Hermann et Müntener, 1996).

La présence de disthène et la thermobarométrie donnent des conditions de pression de 9 – 11 kbar et 800 ± 50 °C (Hermann et al., 1997). Les thermomètres du titane dans les zircons indiquent des températures de 740 – 810 °C, confirmant le métamorphisme granulitique des métasédiments (Ewing et al., 2023). Des datations U–Pb–Th sur monazites et zircons de ces granulites donnent des âges permiens entre 260 et 280 Ma et dont les cœurs hérités limitent un âge maximal de dépôt du protolithe sédimentaire des granulites à 424 ± 6 Ma (Hermann et Rubatto, 2003 ; Ewing et al., 2023).

Le gabbro de Braccia

L'intrusion de Braccia est un complexe gabbroïque d'affinité tholéiitique intrudant à la fois les roches du manteau ainsi que les granulites métasédimentaires (Hermann et al., 1997). Des xénolithes de manteau et de granulites métasédimentaires ont été observés dans les gabbros. Cette intrusion est composée de différents types de gabbros, de diorites et de dykes mafiques dont la plupart de ces roches ont une texture granoblastique. Le type de gabbro le plus répandu dans cette zone est une gabbronorite

primitive (Mg-gabbro) à grains grossiers composée de Cpx–Opx–Pl–Spl ± Ol (Müntener et Hermann, 1996 ; Hermann et al., 1997). Ces roches sont également composées de grenat dont la cristallisation se réalise sous des conditions subsolidus au cours du refroidissement de ces roches (Hermann et al., 2001). La texture de ces roches est de type flaser marquée par les plagioclases et les pyroxènes, indiquant une déformation subsolidus sous les conditions de faciès granulite (Figure I.6.b ; Hermann et Müntener, 1996 ; Müntener et Hermann, 1996). Ces gabbros ont été rétromorphosés par la déformation et le métamorphisme alpins, remplaçant les plagioclases par l'assemblage Clinozoïsite (Czo)–Ab et les pyroxènes par l'assemblage Chl–Hbl (Müntener et Hermann, 1996). Des gabbronorites à amphibole et ilménite (Fe-gabbro) à grains plus fins, représentant 30% des roches magmatiques, recoupent localement les Mg-gabbros (Müntener et Hermann, 1996). Ces gabbros sont minéralogiquement plus différenciés que les Mg-gabbros puisque la teneur en ilménite et apatite est bien plus élevée. Leur séquence de cristallisation est Cpx–Pl–O–Spl (Hermann et al., 1997). Ces Fe-gabbros ont également une texture en flaser marquée par des agrégats de pyroxène ; l'assemblage primaire est remplacé par un assemblage Ab–Czo–Chl–Hbl–Rt–Ttn–Grt marquant la rétromorphose alpine (Müntener et Hermann, 1996). De rares dykes et petits corps de diorites quartzifères et diorites riches en fer et titane (Fe-Ti-diorites) fortement différenciés sont également présents (Müntener et Hermann, 1996 ; Hermann, et al., 2001). Les diorites quartzifères recoupent les Fe-gabbros et les Fe-Ti-diorites sont principalement situées dans les métasédiments (Hermann et al., 2001). Des dykes mafiques ont également été observés dans les métasédiments granulitiques. Ils sont constitués de gabbros plus différenciés à Hbl poïkilitique–Pl–Cpx et d'une teneur plus élevée en apatite et ilménite que les Fe-gabbros (Müntener et Hermann, 1996). Les gabbros sont recoupés par les dykes de leucogranites qui sont associés aux métasédiments et sont constituées de Pl–Kfs ±Grt poïkilitique ±Bt dans une matrice de quartz (Müntener et Hermann, 1996 ; Hermann et al., 1997).

La faible teneur modale en olivine dans les Mg-gabbros ainsi que la séquence de cristallisation des Fe-gabbros, indiquent une pression de cristallisation à 10 – 12 kbar et des températures de 1150 – 1250 °C (35 – 42 km, Hermann et al., 1997 ; Müntener et al., 2000). Les températures calculées par thermométrie donnent des températures estimées

dans les gabbros entre 750 et 850 °C (Opx–Ol–Spl ; selon la méthode de Caroll Webb et Wood, 1986) et sur les couronnes Spl–Px et pyroxènes coexistants, indiquant une différence d'environ 300 °C entre les minéraux primaires et les couronnes Spl–Px des Mg-gabbros (Müntener et al., 2000). Des datations U–Pb sur zircons des deux gabbros ont été réalisées, donnant un âge de 281 ± 19 Ma, représentant l'âge de l'intrusion (Hermann et al., 1997 ; Hansmann et al., 2001). Les leucogranites ont également été daté par U–Pb sur zircons et ont donné un âge entre 280 et 270 Ma, interprété comme l'âge de l'anatexie et ont également donné un âge du métamorphisme alpin de 96 ± 11 Ma (Hermann et al., 1997 ; Hansmann et al., 2001).

II.1.2. L'unité de Margna inférieure

La nappe de Margna forme un pli couché alpin et est composée de deux unités : l'unité de Margna inférieure et l'unité de Margna supérieure (Figure I.5). Ces deux unités sont séparées par la zone de cisaillement de Margna interprétée comme active pendant le rifting jurassique (Hermann et Müntener, 1996 ; Petri et al., 2019). Cette unité a subi une importante rétromorphose par la déformation et le métamorphisme alpins (Hermann et Müntener, 1996). Les roches métasédimentaires et gabbroïques de l'unité de Margna inférieure sont très similaires aux roches de l'unité de de Malenco (Hermann et Müntener, 1996).

Les roches métasédimentaires

L'unité de Margna inférieure est composée essentiellement de paragneiss, d'amphibolites à grenat, de marbres et de calcsilicates (Spillmann et Büchi, 1993 ; Hermann et Müntener, 1996 ; Bissig et Hermann, 1999). Ces métasédiments sont appelés « Serie de Fedoz » (Spillmann et Büchi, 1993). Les paragneiss sont composés localement de Grt–Ky–Bt–Ms–Pl–Kfs–Qtz. La rétromorphose alpine est marquée par la présence de Czo–Prg (Spillmann et Büchi, 1993 ; Hermann et Müntener, 1996). La paragénèse et notamment la présence de disthène implique une pression minimale de 0,9 kbar et des températures d'environ 800 °C dans les conditions de faciès granulites (Hermann et Müntener, 1996 ; Hermann et al., 1997).

Le gabbro de Fedoz

Les métasédiments de l'unité de Margna inférieure ont été intrudés par le gabbro de Fedoz (Hermann et al., 1997 ; Bissig et Hermann, 1999). Cette intrusion présente la même lithologie que le gabbro de Braccia puisqu'elle est également composée de Mg-gabbros recoupés par de larges dykes de Fe-gabbros associés à des diorites quartzifères très différenciées (Hermann et al., 1997 ; Bissig et Hermann, 1999). Ces gabbros ont une texture de type flaser de HT (Hermann et Müntener, 1996). La rétromorphose liée à la déformation et au métamorphisme alpins donnent les mêmes paragenèses pour les Mg- et Fe-gabbros que pour ceux de Braccia. Les diorites quartzifères présentent un assemblage Qtz–Ab–Bt–Ms–Act–Chl–Ep, représentant la rétromorphose alpine (Bissig et Hermann, 1999). La chimie du gabbro de Braccia et de Fedoz est indistinguable et les relations entre les métasédiments et les roches gabbroïques sont supposées être les mêmes que dans l'unité de Malenco (Bissig et Hermann, 1999). Proche du contact avec la faille de Margna, le gabbro de Fedoz enregistre une fabrique mylonitique recoupant la structure de flaser. Les roches ultramafiques et les granulites ont été exhumées à proximité des roches de l'unité de Margna supérieur le long de cette faille (Hermann et Müntener, 1996). Des roches ultramafiques boudinées et serpentinisées sont également documentées le long de cette faille (Hermann et Müntener, 1996).

La thermométrie sur les deux pyroxènes donne des températures autour de 800 °C pour le gabbro de Fedoz, en accord avec les températures estimées pour le gabbro de Braccia (Brey et Kölher, 1990 ; Hermann et Müntener, 1996 ; Müntener et al., 2000).

II.1.3 Relations entre les différentes unités et unités lithologiques

Les roches gabbroïques (Mg-gabbros et Fe-gabbros), les diorites quartzifères hautement différenciées du gabbro de Braccia et de Fedoz semblent provenir d'un même cortège magmatique (Müntener et Hermann, 1996). Une affinité tholéiitique a été proposée basée sur la forte augmentation de la teneur en Mg# à une teneur constante en SiO_2 lors de la différenciation magmatique (Müntener et Hermann, 1996 ; Hermann et al., 1997). Hermann et al., (2001), ont été capable de recalculer le liquide parental de ces roches à partir d'un échantillon cumulatique (sans liquide interstitiel piégé) à Mg# = 0,8 en utilisant les coefficients de partage Cpx/liquide. Les résultats de ces calculs montrent bien une affinité tholéiitique de ces magmas, similaires aux MORB (La_N/Yb_N = 1,2 ; ratio

La_N/Yb_N des MORB se trouve entre 0,8 et 2). La composition chimique en terres rares de ce magma parental est similaire au T–MORB et le ratio terres rares légères/terres rares lourdes (LREE/HREE) et $HREE_N$ indiquent que ce sont les péridotites du champ des spinelles qui ont subi une fusion partielle par décompression, liée à l'amincissement de la lithosphère pendant le Permien (Hermann et al., 2001).

Des évidences de contamination crustale ont été documentées. En effet, le sous-plaquage magmatique a engendré un métamorphisme granulitique généralisé des roches encaissantes et la fusion partielle des métapélites formant des dykes de leucogranites (aplites et pegmatites ; Müntener et Hermann, 1996 ; Hansmann et al., 2001 ; Ewing et al., 2023). Des bilans de masse ont été calculés sur les granulites montrant une perte de 50% de liquide granitique, indiquant que ces derniers se sont échappés à des niveaux crustaux plus élevés ou ont été intégrés au liquide mafique, comme proposé dans la zone d'Ivrée–Verbano (Hermann et al., 1997 ; Hermann et Rubatto, 2003). Les relations de terrain ainsi que la chimie en REE des Fe-Ti-diorites montrent un lien cogénétique avec les Fe-gabbro du gabbro de Braccia mais ce n'est pas le cas des diorites quartzifères. Les âges U–Pb sur zircons des gabbros et leucogranite sont cohérents avec le fait que l'anatexie a probablement été causée par l'intrusion du gabbro de Braccia (Hansmann et al., 2001).

Les analyses thermobarométriques sur les assemblages minéralogiques des couronnes de Grt–Cpx dans les gabbros et sur Grt–Ky–Pl–Qtz ainsi que sur l'équilibre des minéraux montrent une recristallisation anhydre et un refroidissement à des températures de 550 – 800 °C avec une décompression de 10 à 8 kbar (Müntener et al., 2000 ; Villa et al., 2000). Ensuite, la formation de phases hydratées (ex : amphibole) dans les roches métasédimentaires, mafiques et ultramafiques montrent une phase d'hydratation à des températures de 550 – 650 °C, avec un refroidissement quasi-isobare (sur assemblages, couronnes et réactions d'équilibres des minéraux ; Müntener et al., 2000 ; Hermann et Rubatto, 2003). La thermobarométrie sur les assemblages minéralogiques Grt–Ilm et Grt–Amph dans les granulites et Amph–Pl–Qtz dans les gabbros donnent des pressions de 8 à 4 kbar et des températures entre 500 et 600 °C, enregistrant ainsi une phase de décompression quasi-isotherme dans le faciès amphibolite à épidote liée au rifting jurassique (Müntener et al., 2000 ; Hermann et

Rubatto, 2003). Et enfin, les roches ultramafiques, granulitiques et gabbroïques, ont été exhumées à moins de 10 kbar et des températures inférieures à 300 °C, marquée par la serpentinisation des péridotites, la rodingitisation au contact entre les roches mafiques et ultramafiques ainsi que la présence localisée d'ophicarbonate (Trommsdorff et al., 1993 ; Müntener et al., 2000 ; Villa et al., 2000). Ces différentes étapes dans l'évolution tectonique et métamorphique pré-alpine sont cohérentes avec les âges ^{40}Ar–^{39}Ar sur amphibole obtenus sur différentes lithologies mafiques et ultramafiques de l'unité de Malenco : 225 Ma, représentant l'âge de l'initiation du rifting jurassique ; 130 – 140 Ma, âge de décompression quasi-isobare et 87 à 93 Ma, âge du métamorphisme alpin (Villa et al., 2000). Les âges de décompression quasi-isobare sont en accord avec l'âge U–Pb sur zircons de 131 ± 88 Ma dans les Fe-gabbros (Hermann et al., 1997 ; Hansmann et al., 2001). L'âge du métamorphisme alpin au contact entre les roches mafiques et ultramafiques a été daté entre 55 et 73 Ma (^{40}Ar-^{39}Ar sur amphibole ; Villa et al., 2000). Plus récemment, Ewing et al., (2023) ont obtenu des âges U–Pb de 63,0 ± 3,0 Ma sur rutile et de 54,7 ± 4,1 Ma sur titanite.

II.2. Les unités de croûte supérieure

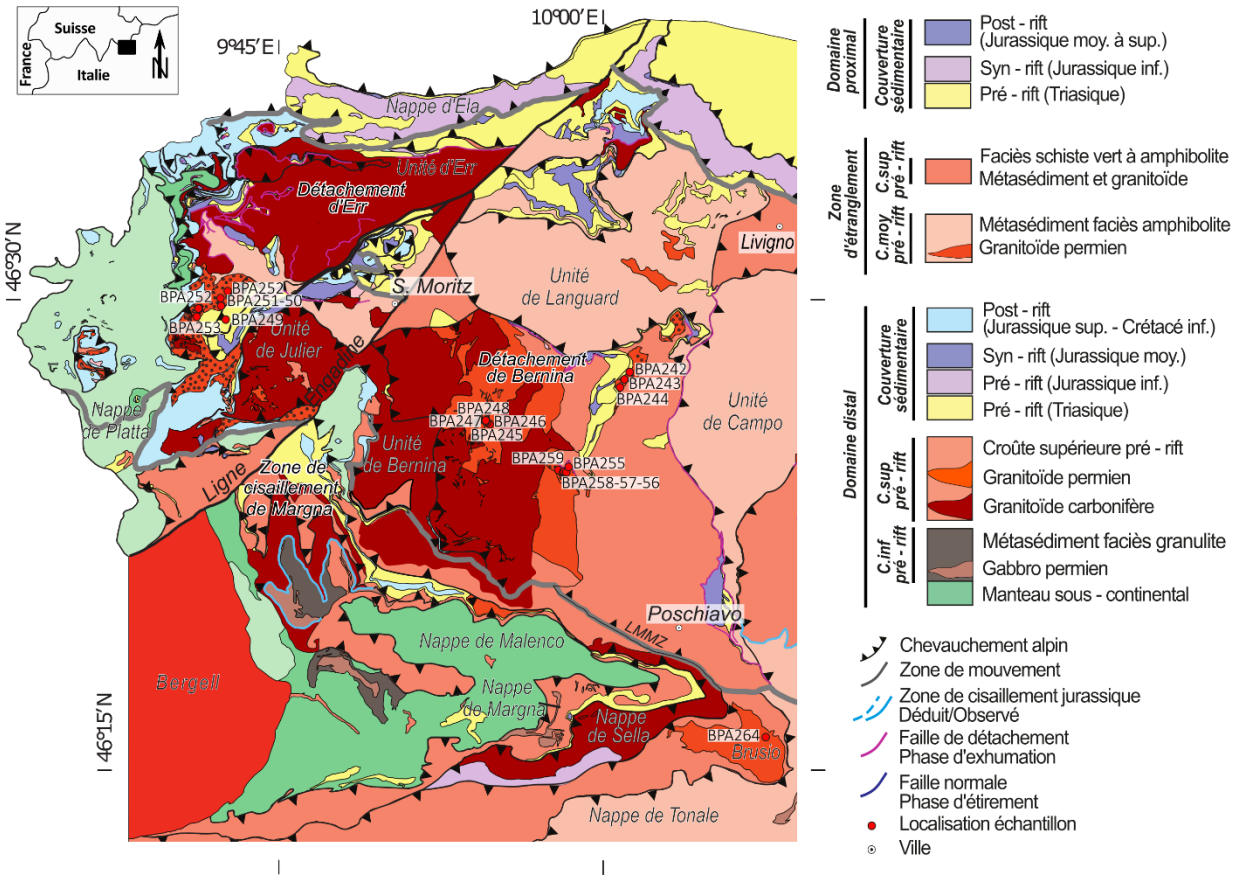


Figure I.7. Carte lithotectonique des unités de croûte supérieure pré-rift ainsi que les relations/contacts entre les différentes unités et intrusifs/extrusifs carbonifères et permiens (les points rouges représentent la localisation des affleurements étudiés ; coordonnées GPS en annexe n°1 ; Petri et al., 2019).

II.2.1. L'unité de Bernina

L'unité de Bernina est bordée au Sud et à l'Ouest, respectivement, par les unités pénniques de Malenco et Platta et au Nord et à l'Est par l'unité de Campo (Figure I.7). Des plis isoclinaux couchés orientés Ouest caractérisent cette unité (Spillmann et Büchi, 1993).

Les roches encaissantes

L'unité de Bernina est composée principalement d'orthogneiss et de micaschistes du faciès amphibolite supérieur, d'âge pré-namurien (pré-varisque ; Spillmann et Büchi, 1993 ; von Quadt et al., 1994). A l'Est, on retrouve des métasédiments et des roches ignées dont la distinction est difficile à cause de la forte rétromorphose alpine. Il s'agit de

métaarkoses à feldspath alcalin et d'augengneiss, non datés (Spillmann et Büchi, 1993 ; von Quadt et al., 1994). Les augengneiss ont un contact magmatique avec les métaarkoses (Spillmann et Büchi, 1993). Aux endroits où la rétromorphose alpine est moins importante, une schistosité pré-alpine et un assemblage primaire à Bt–Pl–Grt peuvent être documentés, indiquant un métamorphisme pré-alpin de faciès amphibolitique (Spillmann et Büchi, 1993).

Les roches intrusives et extrusives

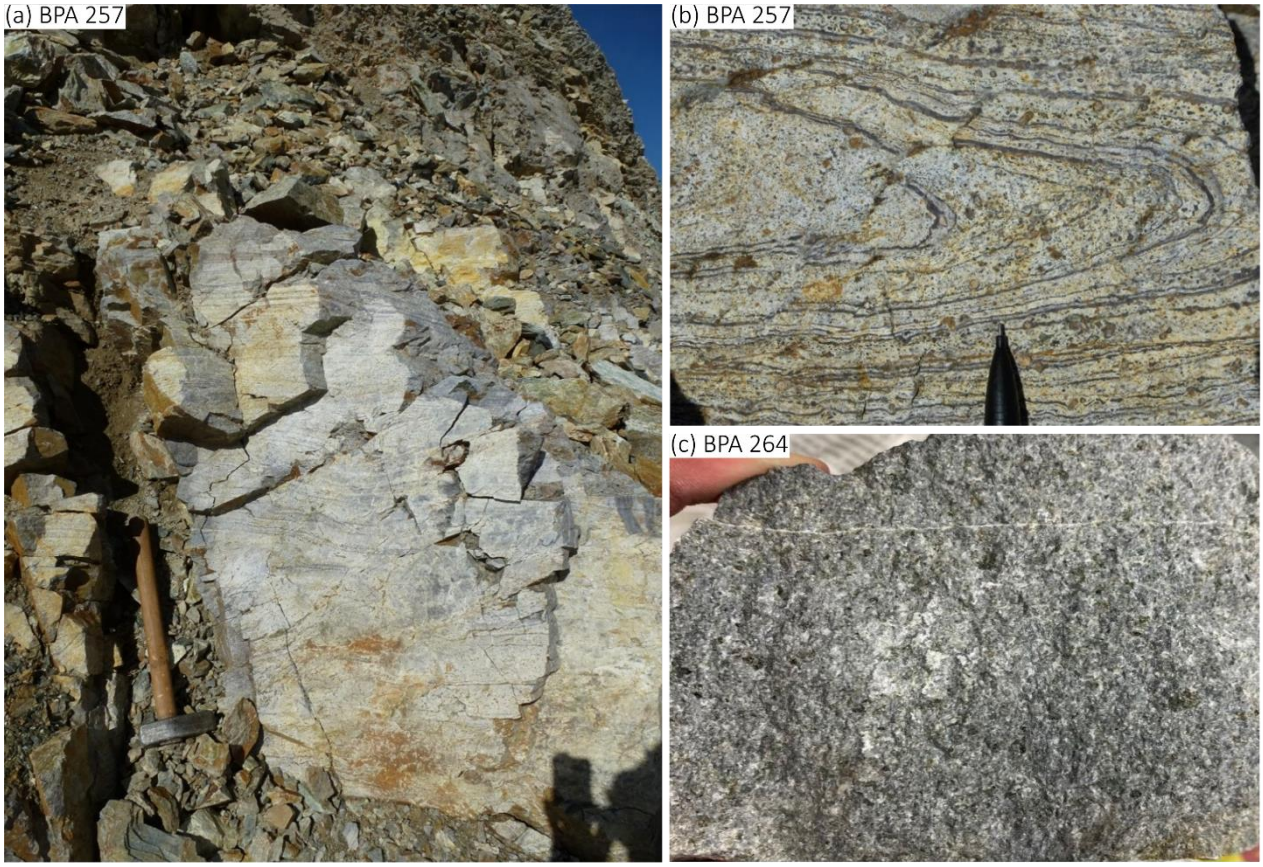


Figure I.8. Photographies de terrain. (a) et (b) affleurement de rhyolite dans la région de Diavolezza avec (b) rhyolites à grains prophyriques de quartz et texture de fluage magmatique ; (c) granite de Brusio peu déformés, à grains fins.

Les roches de socle de l'unité de Bernina sont recoupées par différentes séries d'intrusions et d'extrusions. Une première série d'affinité calco-alcaline est composée d'une suite gabbro–diorite–granodiorite–granite. Le contact entre cette suite et les roches environnantes est intrusif et est marqué par la présence de pyroxénites (Spillmann et Büchi, 1993). Les roches gabbroïques et dioritiques de cette suite, formant de petits corps,

sont composées essentiellement de Pl–Hbl–Bt à gros grains et sont intrudées au contact avec les roches environnantes par des gabbros et diorites à grains plus fins composées Cpx–Hbl–Pl–Bt ±Ap±Zrc (Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993). Les roches granodioritiques de composition granodiorite et tonalite forment de plus larges corps et sont composées de Bt–Hbl–Kfs–Qtz ±Ap±Zrc, intrudant les gabbros et diorites de la suite (Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993). Cette suite est recoupée par des dykes aplitiques (Spillmann et Büchi, 1993). Ces intrusions granodioritiques sont également présentes à l'Ouest de Bernina dans la zone de Piz Corvatsch et dans la nappe de Sella mais largement rétromorphosées par la déformation et le métamorphisme alpins (Spillmann et Büchi, 1993 ; Trommsdorff et al., 1993 ; von Quadt et al., 1994). A l'est de Bernina, la série calco-alcaline est recoupée par une suite alcaline qui est composée de quartz-syénite–granite alcalin–leucogranite (Spillmann et Büchi, 1993). Les quartz-syénites sont les membres les plus vieux de la suite et forment des dykes et de petits corps composés de Hbl–Bt–Kfs–Qtz à gros grains. Ces syénites se transforment graduellement en granites alcalins de taille plus importante et composés de Hbl–Bt–Kfs–Qtz– (Fluorite (Fl)–Zrc). Des veines de leucogranites (Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993) sont également documentées. Les dykes aplitiques n'ont pas été retrouvés recoupant cette suite (Spillmann et Büchi, 1993). Les foliations parallèles dans les granodiorites de la suite calco-alcaline marquées par les minéraux mafiques au contact avec les granites alcalins, indiquent que ces derniers ont intrudé les granodiorites avant leur cristallisation complète (Spillmann et Büchi, 1993). Ces deux suites sont ensuite recoupées par des extrusifs rhyolitiques massifs et des dykes de microgranites dans la région de Diavolezza, recoupant les granites alcalins et les roches encaissantes (Figure I.8 ; Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993). Les rhyolites sont divisées en deux types dans la région de Diavolezza : des rhyolites de type Piz Trova sans aucune structure et les rhyolites de type Sass Quier à texture de fluage magmatique (Figure I.8.a-b) et toutes deux composées de phénocristaux de quartz, feldspaths alcalins et plagioclases mineurs dans une matrice de verre ou microlitique (Spillmann et Büchi, 1993). Enfin, des dykes mafiques plus jeunes, subverticaux à direction Nord-Sud, recoupent à la fois les deux suites de roches plutoniques ainsi que les rhyolites et montrent un contact planaire avec les roches encaissantes (Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993). Ces dykes basiques

sont composés de reliques de minéraux primaires : Amp–Bt–Cpx–Pl et ont une affinité alcaline à tholéiitique, bien que non-datés, sont interprétés comme liés au rifting naissant au Jurassique (Spillmann et Büchi, 1993). Toutes les roches magmatiques et volcaniques de l'unité de Bernina sont rétromorphosées par la déformation et le métamorphisme alpins schiste vert moyen à inférieur marquée par les paragénèse : Stilpnomelane (Stp)–Ab–Sericite (Ser)–Act–Chl (Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993 ; Von Quadt et al., 1994). Ces roches sont recouvertes de sédiments permo-mésozoïques en contact à la fois avec les roches intrusives mais également avec les extrusifs, indiquant une exhumation proche surface (Spillmann et Büchi, 1993).

Ceci est en accord avec les calculs barométriques de Büchi, (1987), sur l'aluminium dans les amphiboles magmatiques les granites alcalins donnant des pressions de mise en place inférieures à 3 kbar (Spillmann et Büchi, 1993). Les datations U–Pb sur zircons donnent des âges du Carbonifère supérieur de 333 ± 6 Ma et 305 ± 10 Ma pour la suite calco-alcaline gabbro–diorite–granodiorite–granite, représentant l'âge de l'intrusion et interprétée comme formée dans un contexte d'arc magmatique continental (Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993 ; von Quadt et al., 1994 ; Büchi, 1994). Les mêmes études ont également obtenu un âge permien de 295 ± 12 Ma pour la suite alcaline quartz-syénite–granite alcalin–leucogranite (Spillmann et Büchi, 1993 ; Büchi, 1994 ; von Quadt et al., 1994). Les rhyolites de la région de Diavolezza sont datées à 288 ± 7 Ma, représentant l'âge de l'extrusion (U–Pb sur zircons ; von Quadt et al., 1994). La suite alcaline ainsi que les rhyolites sont donc considérées comme un événement magmatique indépendant de la suite calco-alcaline (Spillmann et Büchi, 1993).

Dans la vallée de Poschiavo, au Sud-Ouest de Bernina, le Granite de Brusio est un pluton granodioritique (Figure I.7 ; Figure I.8.c ; Boriani et al., 1982), intrudant des micaschistes, des paragneiss à biotites et à Ms–Chl à grains fins (gneiss minuti), des paragneiss à grains grossiers composés de Ms–Chl–Kfs, de rares quartzites et des métabasites. Localement, cette intrusion est en contact tectonique avec des paragneiss à deux micas à gros grains présentant des schistosités ainsi que des pegmatites de l'unité de Campo (Boriani et al., 1982). Le contact entre les roches encaissantes et le pluton est localement marqué par la formation de mylonite dû à la déformation alpine (Boriani et al., 1982).

Ce pluton de 11 km² est composé de granodiorites peralumineuses avec une paragenèse initiale de Bt–Hbl–Pl–Kfs–Qtz dont la surimpression du métamorphisme alpin schiste vert moyen à supérieur remplace la paragenèse initiale par l'assemblage Chl–Act–Ab–Qtz (Boriani et al., 1982). La structure hypidiomorphique de ces roches est préservée mais souvent remplacée par une texture granoblastique. Ces roches ont une affinité calco-alcaline dont la tendance est évolutive de ces « granite de Brusio » aux roches granodiorites et granites de Bernina (Boriani et al., 1982).

Les données Rb–Sr sur roche totale et biotite donnent un âge aux alentours de 285 Ma (âge de référence isochrone ; Boriani et al., 1982).

II.2.2 L'unité d'Err-Julier

La nappe d'Err est située au Nord de la ligne Engadine (Figure I.7) et fait partie des nappes austroalpines inférieures (Mohn et al., 2011). Le socle de cette nappe est polymétamorphique et composé d'amphibolites intercalées avec des métapélites du faciès amphibolite. Ce socle est intrudé par des roches plutoniques paléozoïques, diorites, granodiorites et granites ainsi que des granophyres et des roches volcaniques composées d'andésites basaltiques, d'andésites, dacites, rhyodacites et rhyolites, toutes rétrogradées par le métamorphisme alpin schiste vert (Mercolli, 1989). Les andésites basaltiques et les dacites sont des roches sous formes massives et probablement déposées sous forme de coulées magmatiques alors que les rhyolites, rhyodacites et andésites sont typiques des roches pyroclastiques (Mercolli, 1989). Mercolli, (1989) définit 2 cortèges : (1) Les andésites basaltiques, andésites et rhyodacites issus de la même activité volcanique éruptive et (2) les rhyolites, les deux ensembles étant séparées par une discordance (Mercolli, 1989). Les rhyolites et dacites sont en contact intrusifs et extrusifs avec les gneiss sous-jacent et les rhyolites sont recouvertes par des sédiments triasiques (Mercolli, 1989). Dans la nappe de Julier, à l'Est de la nappe d'Err, les roches pyroclastiques sont des ignimbrites et des coulées de cendres et sont interprétés comme le produit d'un contexte d'arc magmatique, comme la série calco-alcaline de la nappe de Bernina (Mercolli, 1989 ; Spillmann et Büchi, 1993). Par la suite, les roches de cette unité ont été recouvertes par des sédiments mésozoïques (Mercolli, 1989).

Les datations U–Pb sur zircons des rhyolites de la nappe de Julier donnent un âge de 292 ± 4 Ma, indiquant l'âge de mise en place des extrusifs pendant le permien (von Quadt et al., 1994).

II.2.3. L'unité de Margna supérieure

Et enfin, l'unité supérieure de Margna représente une relique de croûte supérieure. Elle est séparée de la nappe de Bernina par un chevauchement alpin, également souligné par des métasédiments mésozoïques, et est représentée par l'unité métasédimentaire de Maloja composée de paragneiss (Figure I.7 ; von Quadt et al., 1994 ; Hermann et Müntener, 1996). Ces paragneiss sont affectés par un métamorphisme régional pré-alpin du faciès amphibolite moyen (Spillmann et Büchi, 1993 ; Hermann et Müntener, 1996). Des granitoïdes alcalins déformés semblent préserver des contacts intrusifs avec les métasédiments, similaires à la série calco-alcaline carbonifère supérieur de la nappe de Bernina. Aucune datation n'a été réalisé. Ces roches sont directement recouvertes par des sédiments permo-mésozoïques, indiquant que ces roches intrusives se trouvaient proche de la surface à ces périodes (Hermann et Müntener, 1996).

II.3. Les unités de croûte moyenne

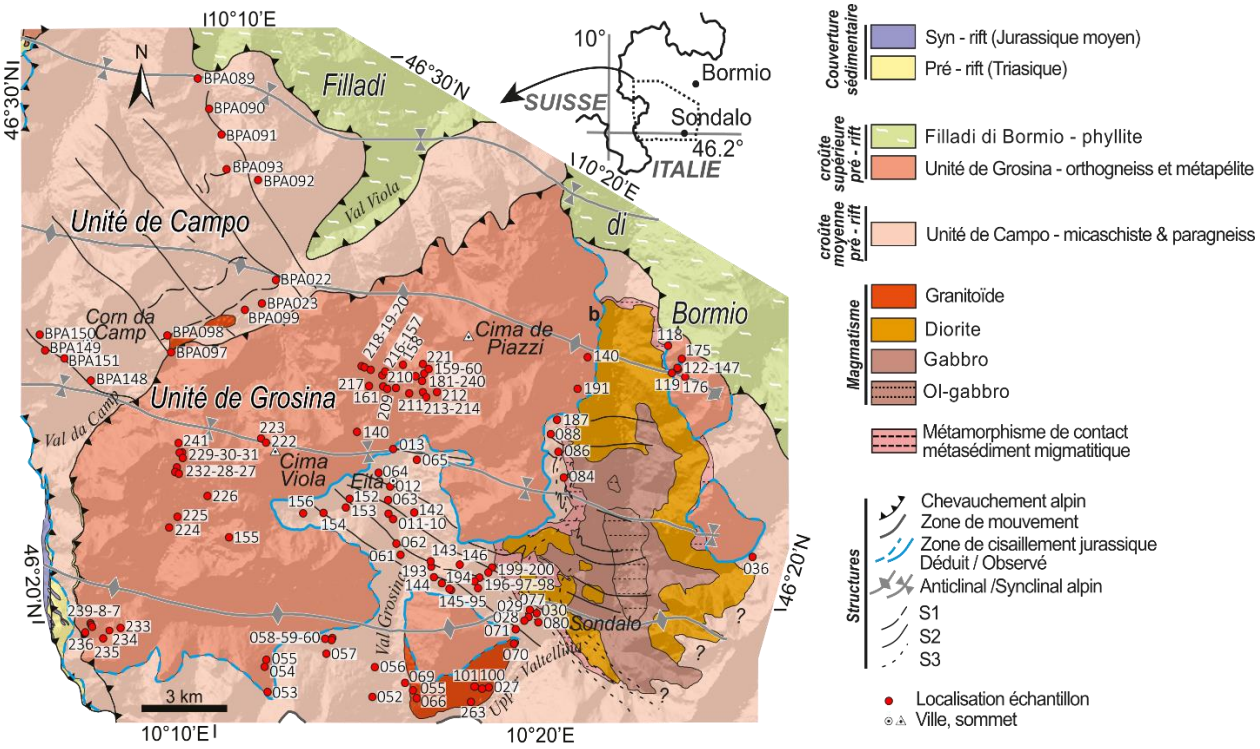


Figure I.9. Carte lithotectonique et structurale de l'unité de Campo (croute moyenne pré-rift) et de Grosina (croûte moyenne à supérieure pré-rift ; les points rouges représentent les affleurements étudiés ; coordonnées GPS en annexe n°1 ; Petri et al., 2016).

L'unité de Campo se situe sous l'unité de Grosina, l'ensemble formant une nappe chevauchée au Nord-Est par l'unité de Filladi di Bormio, et chevauchant à l'Ouest l'unité de Bernina (Figure.I.9 ; Gazzola et al., 2000 ; Meier, 2003). L'ensemble est délimité au Sud par la ligne Insubrienne. Les unités de Campo et de Grosina sont interprétées comme ayant formé une portion de croûte moyenne pré-alpine. L'unité de Campo est séparée de l'unité de Grosina sus-jacente qui la recouvre, par une zone de cisaillement polyphasée et extensive d'Eita (ESZ ; Mohn et al., 2012 ; Petri et al., 2019 ; 2023). L'activité principale de cette faille est supposée d'âge jurassique (205 – 180 Ma, ^{40}Ar–^{39}Ar sur micas de l'unité de Campo ; Mohn et al., 2012) bien que faiblement contrainte dans les détails (Petri et al., 2023). L'ESZ a été faiblement réactivée pendant la compression alpine (Figure I.10.a ; Meier, 2003 ; Mohn et al., 2012 ; Petri et al., 2019 ; 2023). L'exhumation de l'unité de Campo aurait ainsi eu lieu au cours de la formation de la marge riftée ayant bordé la Téthys alpine (Froitzheim et al., 1994 ; Mohn et al., 2012).

II.3.1. Les roches encaissantes

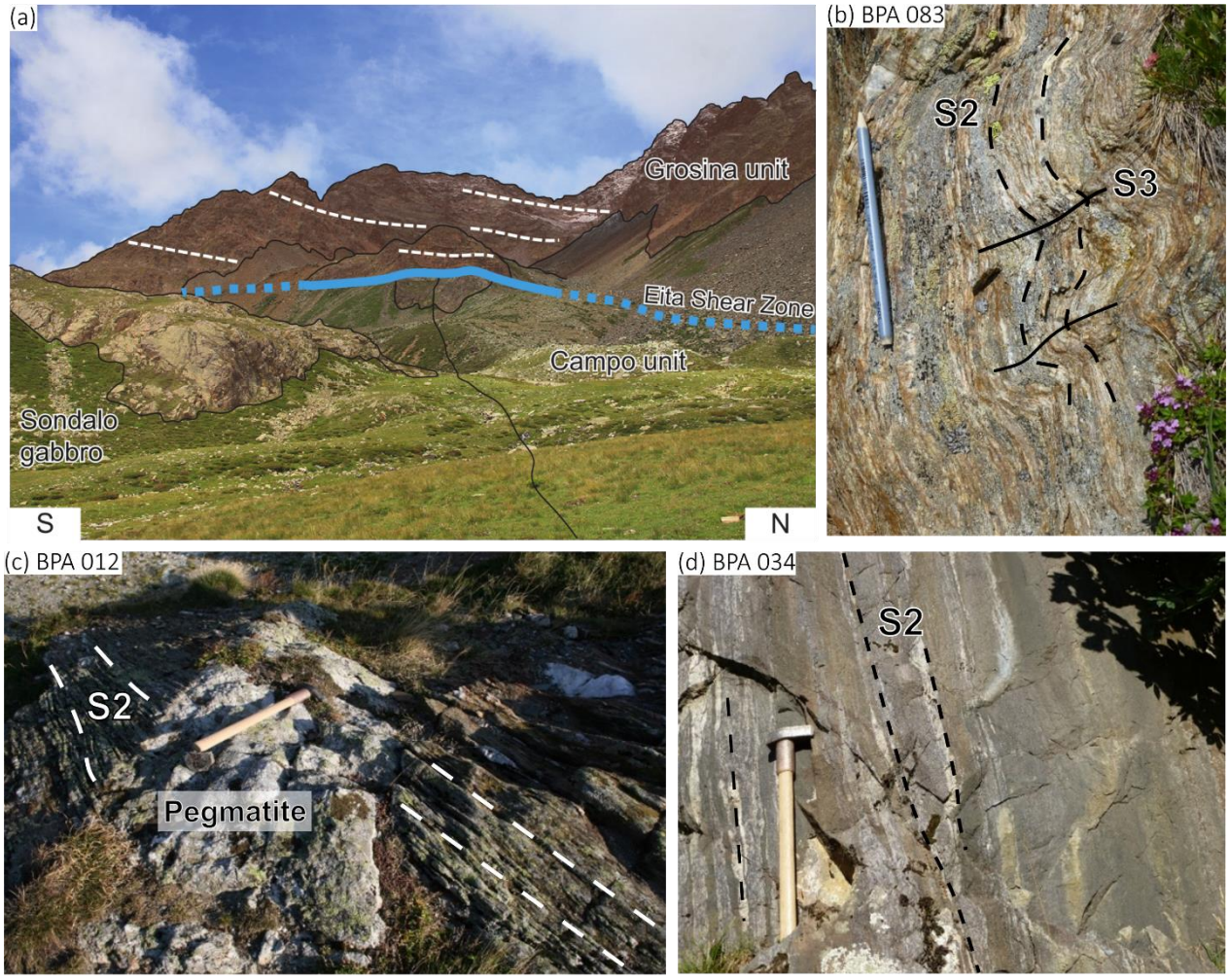


Figure I.10. Photographies de terrain. (a) vue panoramique du contact entre les unités de Grosina et de Campo séparées par la zone de cisaillement d'Eita (Petri et al., 2019) ; (b) migmatite de l'auréole de contact dont la foliation S2 est transposée en foliation S3 lors de l'intrusion du gabbro de Sondalo ; (c) micaschiste de l'unité de Campo présentant la foliation S2 du métamorphisme régional recoupée par un filon de pegmatite (Petri et al., 2018) ; (d) xénolithe métasédimentaire du faciès granulite au centre du pluton dans laquelle la foliation S2 est préservée (Petri et al., 2018).

L'unité de Campo est composée de micaschistes et paragneiss, d'amphibolites ainsi que d'intercalations mineures de marbres et quartzites (Gazzola et al., 2000 ; Braga et al., 2001 ; Petri et al., 2016). Le protolithe sédimentaire est supposé d'âge ordovicien (U–Pb sur zircons détritiques ; Bergomi et Boriani, 2012 ; Petri et al., 2016 ; 2017). Les micaschistes et paragneiss de cette unité sont principalement constitués de Grt–St–Ms–Bt–Pl–Qtz–Ilm avec localement de la sillimanite (Sil), de l'andalousite (And) et de la cordiérite (Crd), et traduisent donc un métamorphisme du faciès des amphibolites. Une

foliation à fort pendage vers le Nord-Ouest est localement préservée (S1 ; Figure I.9) et est marquée par un litage compositionnel de bandes de quartz et de micas et une orientation préférentielle de biotite et muscovite (Petri et al., 2016). Cette foliation est largement transposée dans une foliation subverticale à pendage vers le Nord-Est (S2 ; Figure I.10.c). Cette foliation S2 marque un métamorphisme régional subi par l'unité de Campo (Petri et al., 2016). Les roches présentant cette foliation sont marquées par des litages compositionnels de quartz et micas, l'orientation préférentielle de biotite et muscovite ainsi que l'alignement de quartz allongés et de couches leucocrates, indiquant une fusion partielle. Des agrégats de Sil–Bt sont localement retrouvés en inclusion dans les bordures du grenat (Braga et al., 2001 ; 2003 ; Petri et al., 2016). Ces roches enregistrent des conditions métamorphiques P–T à 6 kbar / 600 °C pour le pic de pression et 5,6 kbar / 650 °C pour le pic de température (pseudosections ; Figure I.13 ; Petri et al., 2016). Les études thermométriques sur un échantillon de micaschiste à grenat, dont les muscovites et biotites sont alignées dans la foliation S2, donnent des températures respectivement de 572 ± 32 °C et 562 ± 44 °C dans le cœur et les bordures de la muscovite, et de 611 ± 14 °C, dans les biotites (thermomètres Ti dans Ms de Wu et Chen, 2015 et Ti dans Bt de Henri, 2005 ; Petri et al., 2023). L'âge de ce métamorphisme régional n'est pas déterminé mais supposé Carbonifère par analogie avec le métamorphisme pré-alpin de la zone d'Ulten (Braga et al., 2007 ; Langone et al., 2011 ; Petri et al., 2016). Petri et al., (2016) reportent la présence d'andalousite porphyroblastique et post-cinématique, dans un échantillon de micaschiste préservant les deux foliations S1 et S2, et déduit que l'échantillon a atteint une pression inférieure à 4,5 kbar durant le trajet rétrograde post-carbonifère. La présence localisée d'andalousite et de cordiérite dans les roches de l'unité de Campo ainsi que quelques évidences de fusion partielle indiquent que cette portion de croûte moyenne a subi un réchauffement très fréquemment attribué à l'événement métamorphique régional Permien (Schuster et Stüwe, 2007 ; Petri et al., 2016).

II.3.2. L'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo

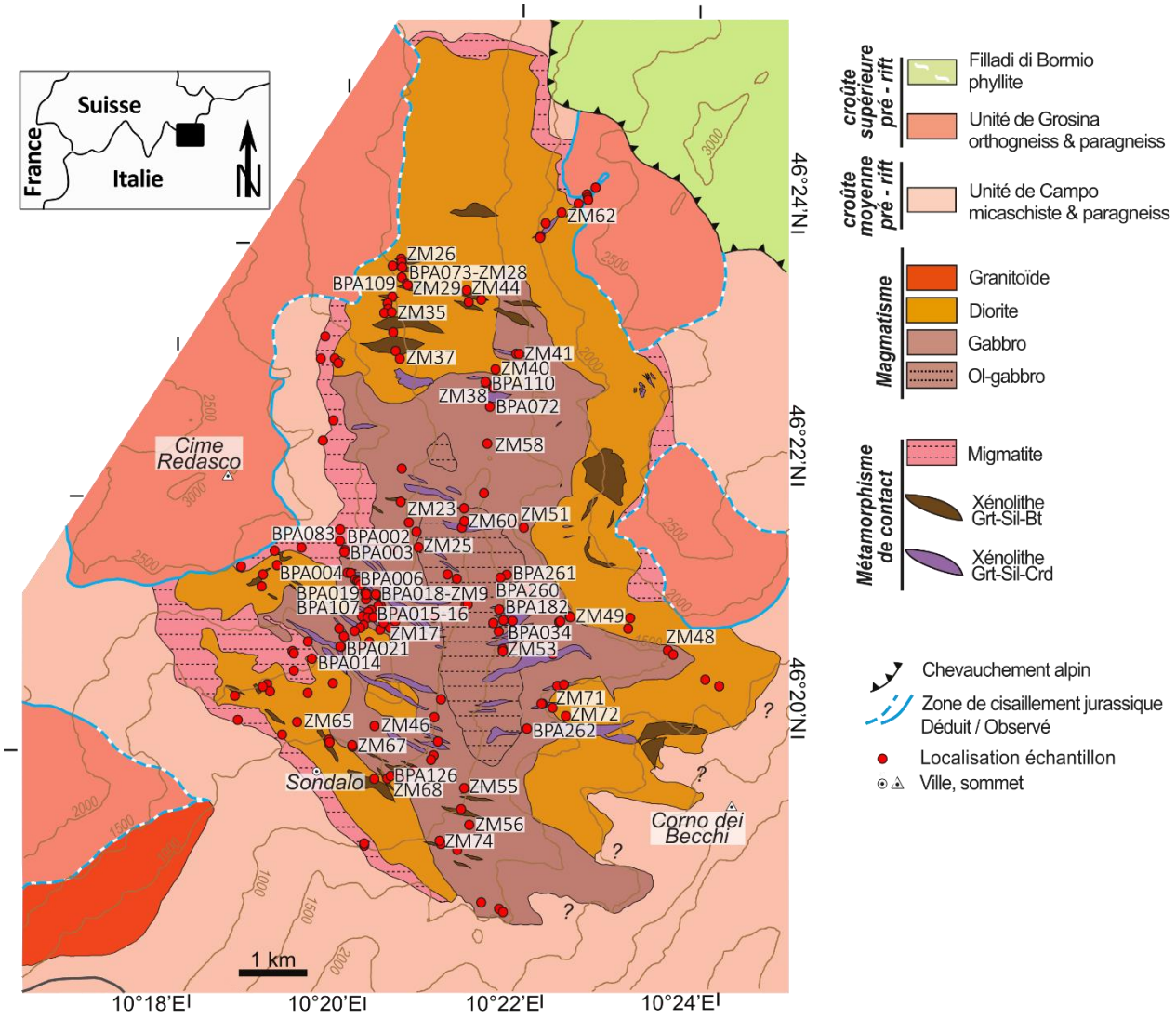


Figure I.11. Carte lithotectonique compilée de l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo dans l'unité de Campo (les points rouges représentent les affleurements étudiés, coordonnées GPS en annexe n°1 ; Petri et al., 2016 et références associées).

Le complexe gabbroïque de Sondalo est une intrusion de plus de 40 km² orientée Nord–Sud, localisée dans la Vallée d'Adda (Figure I.11 ; Tribuzio et al., 1999 ; Braga et al., 2001 ; Petri et al., 2017 ; 2018). Ce pluton s'est mis en place dans les roches métasédimentaires de l'unité de Campo en engendrant une auréole de contact d'environ 700 m dans les métasédiments de l'unité de Campo. Le métamorphisme de contact atteint le faciès des amphibolites voire des granulites dans les larges xénolithes (septa) présents au travers de l'intrusion (Braga et al., 2001 ; Petri et al., 2016).

Ce pluton est concentriquement zoné, composé de troctolite et de gabbro à olivine au centre, de gabbro et de norite dans la zone intermédiaire et enfin de diorite et granodiorite dans la zone de bordure. Les transitions entre ces zones ne sont que très rarement exposées (Campiglio et Potenza, 1964 ; 1966 ; 1967 ; Koenig et al., 1964 ; Tribuzio et al., 1999 ; Braga et al., 2001 ; Petri et al., 2017). Les roches du centre du complexe et dans la zone intermédiaire montrent une fabrique Est-Ouest (S3 ; Figure I.12) magmatique marquée par l'orientation préférentielle des plagioclases, pyroxènes et amphiboles allongés (Petri et al., 2018). Les roches de bordure du pluton présentent une foliation magmatique parallèle à la bordure du pluton (Petri et al., 2018). L'intrusion de ce pluton est accompagnée d'une nouvelle fabrique HT dans le complexe et dans l'auréole de contact marquée par l'orientation préférentielle de forme d'agrégats de quartz, de biotite et sillimanite (Figure I.11 et I.12 ; Petri et al., 2016 ; 2018). Cette auréole de contact est essentiellement composée de métapélites migmatitiques et de rares micaschistes (Petri et al., 2016). Les migmatites sont composées d'alternance de mélanosomes à Grt–Sil–Bt–Crd–Spl et de leucosomes à Grt–Pl–Kfs–Qtz, montrant une orientation préférentielle des minéraux dans S3 et des inclusions de Sil–Bt ±Crd dans les bordures du grenat (Petri et al., 2016). Des leucosomes à Grt–Bt–Pl–Kfs–Qtz ±Sil ±Crd ±Ms ne montrant que rarement une orientation préférentielle des minéraux sont également présents. La fabrique S2 présente dans ces roches est affectée sur quelques mètres par la déformation D3, provoquée par l'intrusion du pluton, et est parfois complètement transposée en cette dernière aux bordures du pluton marquant une augmentation de l'intensité de la déformation vers le pluton (Figure I.10.b ; Petri et al., 2016). Des septa à Grt–Sil–Crd du faciès des granulites (Figure I.10.d ; Braga et al., 2001 ; 2003) sont retrouvés essentiellement dans le centre du pluton alors que les septa généralement localisées dans les zones de bordure portent préférentiellement des septa à Grt–Sil–Bt (Petri et al., 2016). Ces septa sont essentiellement restitiques et constitués de métapélites granulitiques et de migmatites qui, dans la partie la plus externe du pluton, sont similaires à celles de l'auréole de contact. Les alternances de mélanosomes et leucosomes préservent la foliation S2 tandis que seuls les mélanosomes préservent une orientation préférentielle des minéraux dans S2 (Figure I.12). Dans les xénolithes, la présence de S3 est limitée à des plis.

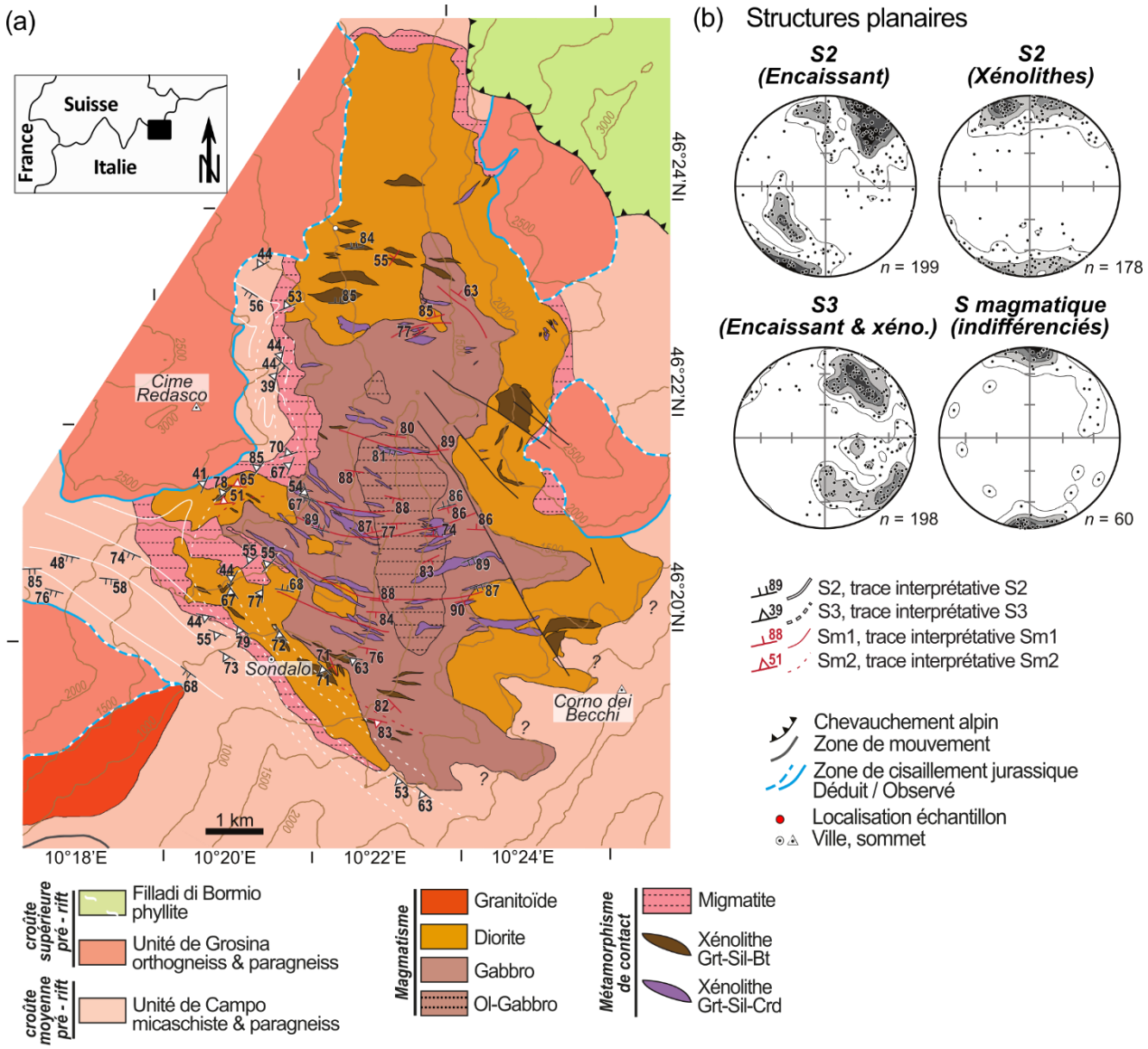


Figure I.12. Carte lithotectonique et structural du complexe gabbroïque de Sondalo dans l'unité de Campo (Petri et al., 2016) ; (b) diagramme stéréographiques représentant les structures planaires des roches encaissantes de l'unité de Campo ainsi que des xénolithes et des roches magmatiques dans le complexe de Sondalo

Les conditions de mise en place de l'intrusion ont été déterminées à la fois sur les roches magmatiques (Petri et al., 2023), ainsi que sur les roches métamorphiques de contact (Braga et al., 2001 ; 2003 ; Petri et al., 2016). Un échantillon de gabbro à amphibole (de composition proche d'un MORB) du centre du pluton donne des conditions P–T de 6 kbar – 950 °C (Ti-pargasite, thermobaromètre de Ernst et Liu, 1998 ; Petri et al., 2023). Dans l'auréole de contact à l'Ouest de l'intrusion, un échantillon de mélanosome à Grt–Sil–Crd–Spl–Bt–Kfs–Ilm enregistre des conditions P–T atteignant 5,2 kbar – 800 °C

(pseudosections), équilibré pendant la mise en place de l'intrusion. La présence d'andalousites non-déformées par S3 a été reportée dans d'autres échantillons du même affleurement et montre une rétrogradation dans le champ de stabilité de l'andalousite (Petri et al., 2016). La thermométrie opérée sur les muscovites et biotites des roches de l'auréole de contact contraint des températures proche de 700 °C (Petri et al., 2023). La pseudosection de l'assemblage Grt–Sil–Crd–Spl–Ilm–Liquide (Liq) d'une granulite felsique et le profil plat de composition des grenats indiquent des conditions P–T de 5,5 kbar – 930 °C (Petri et al., 2016).

Les troctolites et norites ont été datées à 300 ± 12 Ma et 280 ± 10 Ma par isochrone Sm–Nd (sur roche totale et minéraux séparés ; Tribuzio et al., 1999), représentant l'âge d'emplacement de ces roches. Des âges de 266 ± 10 Ma et 269 ± 16 Ma obtenus par isochrones Rb–Sr (sur roche totale et minéraux séparés ; Tribuzio et al., 1999), représentant probablement un âge de refroidissement post-intrusion. Petri et al., (2017), reportent des âges U–Pb sur zircons des diorites dans la zone de bordure du pluton entre 289 ± 4 Ma et 285 ± 6 Ma. Ces âges sont en accord, bien qu'un peu plus élevés, avec l'âge U–Pb sur zircon de 270 Ma d'une diorite prélevée également dans la bordure du pluton (Bachmann et Grauert, 1981). Petri et al., (2017) ont également réalisé des datations U–Pb sur zircons sur deux échantillons de métatéxites dans l'auréole de contact donnant des âges concordant de 288 ± 5 Ma et discordant de 289 ± 4 Ma.

D'autres plutons ont également intrudé l'unité de Campo (Figure I.3) au Permien, essentiellement composés de diorites et granitoïdes d'affinité calco-alcaline (Del Moro et al., 1981 ; Del Moro et Notarpietro, 1987 ; Gazzola et al., 2000). Leur âge de mise en place est assez mal contraint entre 282 ± 4 et 259 ± 4 Ma par Rb–Sr sur muscovite (Del Moro et al., 1981). On peut notamment citer l'intrusion de Serottini (Roda et al., 2018) et le granite de Vernuga (Koening, 1964 ; Del Moro et Notarpietro, 1987). Des pegmatites à grenat et tourmaline très peu déformées recoupent la foliation S2 de l'unité de Campo ; leur âge de mise en place est daté entre 255,4 ± 2,8 Ma et 250,4 ± 2,7 Ma (cœur et bordure de grenat par Sm–Nd ; Sölva et al., 2003), confirmant un âge entre 257 et 251 Ma par Rb–Sr sur muscovite (Hanson et al., 1966 ; Bachmann et Grauert, 1981).

II.3.3. Les relations entre les différentes unités lithologies

L'unité de Campo a alors enregistrée au moins 3 événements métamorphiques et magmatiques pré-alpin au cours de son évolution (Figure 1.12 ; Figure 1.13). En effet, les observations de terrains et les relations de phases indiquent que les foliations S1 orientée Nord-Est – Sud-Ouest et S2 orientée Nord-Ouest – Sud-Est se sont formées pendant un trajet prograde atteignant 6 kbar / 600 °C directement suivi par un épisode de décompression passant de 5,6 kbar / 650 °C à 3–4 kbar (Petri et al., 2016). Ce métamorphisme n'est pas daté mais est supposé d'âge Carbonifère par Petri et al., (2016) car : (1) le protolithe des métasédiments de Campo est d'âge ordovicien (Bergomi et Boriani, 2012) fixe une limite supérieure ; (2) l'intrusion de magmas mafiques et felsiques permiens post-S2 dans l'unité de Campo (Del Moro et al., 1981 ; 1987 ; Thöni, 1981 ; Tribuzio et al., 1999 ; Sölva et al., 2003 ; Petri et al., 2017) fixe une limite inférieure ; (3) plusieurs intrusions carbonifères sont documentées dans les unités adjacentes (ex : Bernina et Err ; Mercolli, 1989 ; Spillmann et Büchi, 1993 ; Büchi, 1994), et enfin (4) un métamorphisme de gradient et grade similaires est documenté dans d'autres unités austroalpines plus à l'Est (Ulten – Braga et al., 2007 ; Langone et al., 2011). L'intrusion du gabbro entraîne un métamorphisme de contact suivi d'une légère décompression associée à un refroidissement pendant la formation de S3, toujours synchrone de la mise en place du pluton. D'après Petri et al., (2016), le protolithe des septa dans l'intrusion est identique aux métasédiments de l'Unité de Campo, tant en composition qu'en minéralogie notamment car les grenats présents dans les septa, dans les métasédiments encaissants et dans les migmatites de l'auréole de contact présentent des textures et des inclusions similaires (cœur hérité avec de nombreuses inclusions de quartz et ilménite). Ceci indique que lors de l'intrusion du complexe, de larges portions de métasédiments de l'unité de Campo ont été incorporés au pluton et ont subi un métamorphisme de HT atteignant le faciès des granulites à 5,2 kbar / 930 °C. Au sommet de l'intrusion comme partout ailleurs, les roches de l'unité de Campo sont affectées par l'ESZ rétromorphosant les roches métasédimentaires et magmatiques dans le facies des schistes verts au cours du rifting jurassique. Cette surimpression entraîne localement une transposition des fabriques en une nouvelle fabrique S4 (Mohn et al., 2012 ; Petri et al., 2016 ; 2019 ; 2023). Les observations de terrains, la trajectoire P–T des migmatites dans l'auréole de contact

(Figure I.13 ; Petri et al., 2016) ainsi qu'une étude structurale détaillée (fabriques magnétiques et minérales ; Petri et al., 2018), indiquent que la mise en place du complexe s'est déroulée en 2 étapes. (1) Le gabbro a intrudé l'unité de Campo par écoulement au travers de sills verticaux ouverts parallèlement à la foliation S2 de la roche encaissante. Cette intrusion a provoqué un réchauffement statique des roches métasédimentaires. La chaleur liée à la mise en place du complexe a généré l'auréole de contact migmatitique et le métamorphisme granulitique des septa. (2) Dans un second temps, la fusion des roches encaissantes dans l'auréole de contact couplée à l'augmentation de la viscosité du magma cristallisant dans le pluton a permis une exhumation du cœur du pluton au travers de la fabrique S3 visible dans l'auréole structurale de l'intrusion (Petri et al., 2018). Cette exhumation a permis aux xénolithes du centre de l'intrusion, initialement équilibrés à ~ 6 kbar (~ 21 km), d'être juxtaposés à l'auréole de contact équilibrée à ~ 4 kbar (~ 14 km).

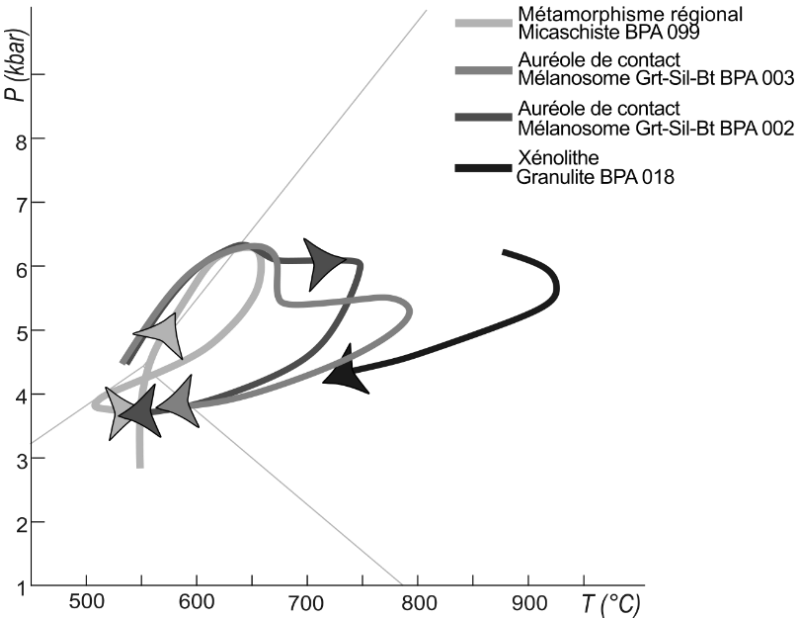


Figure I.13. Diagramme P-T des Chemins prograde et rétrograde d'un micaschiste représentant le métamorphisme régional de deux mélanosomes de l'auréole de contact et d'un xénolithe dans l'intrusion du gabbro de Sondalo (compilation issue de Petri et al., 2016 ; 2017).

II.3.4. Pétrologie et géochimie des intrusions permiennes

Parmi les intrusions permiennes des unités de croûte moyenne décrites plus haut, seul le complexe magmatique de Sondalo a bénéficié d'études pétrologiques récentes. Tribuzio et al., (1999) ont notamment travaillé sur les faciès les plus primitifs du complexe (troctolites et norites). Leur étude indique un liquide parental commun à tous les faciès, d'affinité tholéiitique, par la suite différencié par une combinaison de cristallisation fractionnée et de contamination crustale. Cette conclusion est basée sur plusieurs points : La composition élémentaire des feldspaths et des olivines des troctolites diffèrent largement des magmas d'arcs (Fo vs. An).

La composition des amphiboles interstitielles, proches des quelques amphiboles interstitielles des gabbros issus des dorsales médio-océaniques normales (N–MOR) en REE et HFSE (cependant légèrement enrichies en LILE). Ceci exclut des liquides alcalins (fortement enrichis en LREE et LILE).

La composition en éléments traces du liquide qui était à l'équilibre avec les clinopyroxènes (coefficients de partage de Skulski et al., 1994 pour un basalte alcalin à olivine) est également légèrement enrichi en LREE et LILE. Comme discuté par Tribuzio et al., (1999), cet enrichissement en LREE et LILE pourrait vraisemblablement provenir d'une assimilation crustale. Cette contamination crustale est de plus confirmée par les données isotopiques Sr–Nd.

Ces résultats confirment donc l'origine tholéiitique du magmatisme permien dans la zone (Hermann et al., 2001) ou encore dans les Alpes du Sud (Sinigoi et al., 1994). Ceci contraste néanmoins avec la signature géochimique des roches évoluées comme les diorites, les granitoïdes et roches volcaniques felsiques calco-alcalins d'âge permien inférieur dans le domaine austroalpin (Del Moro et Notarpietro, 1987 ; Spillmann et Büchi, 1993 ; Büchi, 1994 ; Tribuzio et al., 1999).

L'évolution post-permienne de l'unité de Campo a récemment été déterminé par Petri et al., (2023) en se basant sur des datations ^{40}Ar–^{39}Ar. Les âges obtenus sont de 218 à 178 Ma sur muscovite et 214 à 171 Ma pour les biotites (Petri et al., 2023), confirmant l'âge K–Ar de 187 ± 8 Ma sur muscovite, mais bien plus jeune que les 122 ± 6 Ma obtenus sur biotite (Thöni, 1981 ; d'après les compilations de données de Petri et al., 2023). Les âges obtenus sont en revanche identiques à ceux obtenus par Mohn et al.,

(2012) à 205 – 185 Ma. Les datations ^{40}Ar–^{39}Ar sur hornblende n'ont pas permis de dériver d'âges géologiques suffisamment solides, du fait de la faible teneur en K des amphiboles et d'une forte contamination par de l'argon externe au minéral. Ces âges K–Ar et ^{40}Ar–^{39}Ar, en complément des âges Rb–Sr et des âges de l'unité sus-jacente de Grosina, pointent vers un refroidissement du Trias au Jurassique, opéré en deux étapes (Petri et al., 2023) : un refroidissement lent au Trias (5 – 10 °C/Myr) marquant le rééquilibrage thermique de la lithosphère continentale après l'orogénèse varisque et l'événement permien (Schuster et Stüwe, 2008), suivi par un refroidissement rapide de 25 – 100 °C/Myr au cours du Jurassique causé par l'exhumation rapide des roches pendant la formation de la Téthys alpine et de la marge passive associée.

Chapitre II.

Les méthodes analytiques

Des roches de différentes lithologies, magmatiques et métamorphiques, ont été échantillonnées dans les Alpes de l'Est. Ces échantillons proviennent des unités de Bernina, Grosina et plus particulièrement de l'unité de Campo et du complexe de Sondalo (voir annexe n°1 pour la localisation des échantillons). Après sélection de ces différents échantillons, des lames minces ont été confectionnées et observées au microscope optique afin de caractériser, entre autres, le type de roche, la composition minéralogique ainsi que leurs textures. Une partie de ces échantillons (les plus homogènes et moins altérés ; environ 62 échantillons, toutes campagnes confondues) a également été broyée, à l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES), afin de réaliser des analyses géochimiques en éléments majeurs, traces et isotopiques sur roche totale. Après un passage dans un broyeur à mâchoire, un broyeur à mortier en agate et enfin dans une pulverisette à billes d'agate, nos poudres ont une granulométrie finale inférieure à 10 µm (permettant une meilleure homogénéisation des poudres et une dissolution plus rapide de nos échantillons pendant les attaques acides ; voir section 1 sur les roches totales).

I. Les analyses en roche totale

I.1 Les éléments majeurs

Une série de 29 échantillons, de composition gabbroïque, intermédiaire à granitique, ont été sélectionnés pour les analyses en éléments majeurs. Avant l'analyse, une étape de perte au feu est nécessaire afin de récupérer des poudres anhydres. Pour cela, 3 g de poudre de ces échantillons ont été déposés dans des creusets en alumine et chauffés à 1000 °C dans un four pendant 3 heures. Ensuite, 200 g de ces poudres anhydres ont été pressées à 10 tonnes en pastille de 13mm de diamètre puis déposées pour l'analyse en fluorescence X.

Ces analyses ont été effectuées à l'ITES à l'aide d'un spectromètre à micro-fluorescence X (µ-XRF), Bruker M4 Tornado (Figure II.1). Ce spectromètre est équipé de deux sources de rayons X, une anode Rh en source principale et une source secondaire collimatée en Rh. Les analyses des pastilles ont été effectuées avec une tension

d'accélération est de 50 kV et une intensité de 0,8 mA. L'acquisition des spectres de fluorescence est faite grâce à deux détecteurs en silicium de 60 mm^2 dont la résolution en énergie est inférieure à 145 eV à 500 000 coups.s^{-1}. Les mesures ont été effectuées sous un vide primaire à 2 mbar afin de minimiser l'absorption des rayons X par l'air et d'assurer le meilleur rapport signal/bruit. Pour chaque échantillon, 10 mesures ont été réalisées afin d'en vérifier la reproductibilité. La taille des points d'analyses est de 1 mm et le temps d'acquisition est de 5 minutes par point. Les éléments majeurs analysés sont : Na_2O ; MgO ; Al_2O_3 ; SiO_2 ; P_2O_5 ; K_2O ; CaO ; TiO_2 ; MnO ; Fe_2O_3, ainsi que quelques mineurs et traces : V, Cr, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb. La calibration des analyses est assurée par l'analyse systématique des standards internationaux PM-S (gabbro), WS-E (diorite), AC-E et GS-N (granite ; valeurs de référence ; Potts et Holbrook, 1987 ; Govindaraju, 1994 ; Jochum et al., 2016).



Figure II.1. Photographie du spectromètre à micro-fluorescence X (µ-XRF), Bruker M4 Tornado, ITES.

I.2 Les éléments traces

Les analyses en éléments traces se font sous forme de solution liquide et passent donc d'abord par un protocole d'attaque tri-acide afin de dissoudre complètement nos poudres d'échantillons. Ce protocole d'attaque tri-acide se réalise selon la procédure analytique de Chauvel et al., (2011) et se déroule, ici, en 2 séries : (1) une première série, composée de 10 échantillons mafiques (4 troctolites et 6 gabbros – gabbronorites), d'un standard de dolérite (WS-E) et d'un blanc. L'attaque tri-acide de cette première série a été réalisée dans des béchers Savillex en téflon simple. La première étape de ce protocole

consiste à peser précisément 100 mg d'échantillon et le dissoudre dans un mélange HF-HNO_3 (5 : 1) pendant 7 jours à 140 °C. La solution est ensuite évaporée pendant quelques heures et le résidu sec est repris dans 1 ml d'H_3BO_3 pendant 2 jours afin d'éliminer l'excès d'HF. L'acide borique est ensuite évaporé. Le résidu est repris une nouvelle fois en HNO_3 distillée, ré-évaporé et finalement repris dans 40 ml d'HNO_3 7N avant l'analyse à l'ICP-MS, si digestion complète de l'échantillon et ; (2) une deuxième série, composée de 7 échantillons de roches intermédiaires à évoluées (diorites, leucosomes, granites et rhyolites) dont un duplicat, un standard de granite (AC-E ; Potts et Holbrook, 1987), un deuxième standard de syénite (SY-3 ; Abbey, 1977) et un blanc. La procédure d'attaque est identique à celle précédemment décrite à l'exception que l'attaque est, cette fois, réalisée en bombe en téflon et acier (Parr Instrument Company, séries 4749), permettant une dissolution plus complète des minéraux comme la chromite et le zircon (températures maximales de 250 °C et pressions maximales de 1800 psig). La première étape est réalisée dans un mélange HF-HNO_3-$HClO_4$ (5 : 1 : 1) pendant 7 jours à 240 °C (la suite du protocole est la même que celle en bécher Savillex simple). Avant d'être analysés à l'ICP-MS, les échantillons sont dilués 100 fois dans du HNO_3 0,5 N.

Les mesures des éléments traces sur ces deux séries ont été réalisées à l'ITES à l'aide d'un spectromètre de masse à plasma couplé par induction (ICP-MS), à piège ionique quadripolaire unique iCAP RQ, X SERIES II (Thermo Scientific ; Figure II.2). La



Figure II.2. Spectromètre de masse à plasma couplé par induction, ICP-MS ICAP-RQ, X Series II (Thermo Scientific ; image issue du site web Thermo Scientific)

limite de détection des éléments analysés est de ≤ 0,01 ppm pour V, Cr, Co, Cu, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cd, Sn, Sb, Cs, REE, Hf, Ta, W, Th, U et respectivement de 0,2 ppm et 0,5 ppm pour Ni et Zn.

I.3 L'isotopie Strontium (Sr) – Néodyme (Nd)

Une série de 10 échantillons a été sélectionnée pour l'analyse isotopique Sr-Nd et est composée : d'une troctolite, de 2 gabbronorites à grenat, une diorite, un granite, un leucosome ainsi que 2 granulites et 2 métapélites. Ces échantillons (en poudre) ont été envoyés au Service d'Analyse des Roches et des Minéraux (SARM) à Géoressources, Nancy et analysés par ce dernier de la façon suivante : entre 100 et 200 mg d'échantillon ont été pesés dans des béchers Savillex de 15 ml puis complétés d'un mélange HNO_3-HF (4 : 1) et chauffés à 115 °C pendant 24 à 48 heures. Après évaporation de la solution, les échantillons ont été repris en HCL concentré et ont été chauffés à nouveau 24 heures à 125 °C. Une fois la digestion complète des échantillons, ces derniers ont été repris dans 2 ml d'HNO_3 2N et la séparation du Sr, Rb et REE, suivant le protocole de Pin et al., (1994) a été réalisée. La séparation du Nd par rapport au Sm demande une étape supplémentaire en utilisant la résine Ln-Spec suivant une chimie équivalente à celle publiée par Pin et Zalduegi, (1997).

Ensuite, le Sr est analysé par spectromètre à thermo-ionisation (TIMS), Triton Plus (ThermoFisher; Figure II.3.a) en multi-collection statique. La valeur du rapport $^{86}Sr/^{88}Sr$ pour la normalisation est de 0,1194. Le standard de référence utilisé est le NBS 987. Les blancs sont toujours négligeables avec des valeurs moyennes inférieures à 300 pg.

Le Nd est mesuré par spectromètre de masse à multi-collection (MC-ICP-MS), Neptune Plus (ThermoFisher ; Figure II.3.b). La mesure est réalisée en multi-collection. La valeur du rapport $^{146}Nd/^{144}Nd$ pour la normalisation est de 0,72190 (Luais et al., 1997). Le standard utilisé est le JNdi. Les blancs sont toujours négligeables avec des valeurs inférieures à 100 pg. Les incertitudes mesurées (2σ) sont de <0,0001 pour le rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ et <0,00001 pour la rapport $^{143}Nd/^{144}Nd$.

a.



b.



Figure II.3. (a) Spectromètre à thermo-ionisation (TIMS), Triton Plus (ThermoFisher ; image prise sur le site web thermofisher.com) ; (b) Spectromètre de masse à multi-collection (MC-ICP-MS), Neptune Plus (ThermoFisher ; image prise sur le site web thermofisher.com)

II. Analyses in-situ sur minéraux

II.1. Les éléments majeurs

Pour ces analyses, 18 lames minces ont été sélectionnées : 3 troctolites, 2 gabbronorites, 4 gabbronorites à grenat, 1 gabbronorite à amphibole, 1 gabbronorite à olivine, 1 granodiorite, 2 leucosomes, 2 granites et 2 rhyolites. Ces analyses ont été réalisé en deux série : une première série à l'Université de Graz, en Autriche, à l'aide d'une microsonde électronique (Figure II.4.a), JXA-8530F Plus, « Hyper probe » (JEOL), équipée de 5 spectromètres à rayons X dispersifs en longueur d'onde (WDS) et un spectromètre à dispersion d'énergie (EDS). La tension d'accélération est de 15 kV et une intensité de 10 nA. La taille du faisceau, dépendant de l'espèce minéral, varie d'environ de 1 à 5 µm avec un temps de comptage de 20 s. La calibration a été faite sur minéraux naturels, minéraux synthétiques et sur oxydes purs. Environ 60 à 80 points d'analyses ont été réalisés pour chacun des échantillons sur amphibole, olivine, biotite, pyroxène, plagioclase, grenat, muscovite et K-feldspaths ainsi que quelques profils de grenat et plagioclase (bordure – cœur – bordure) ; une deuxième série d'analyse a été réalisée au Service Commun de Microscopie Électronique et de Microanalyse X (SCMEM) à Géoressources, Nancy (Figure II.4.b). Ces analyses ont été réalisées à l'aide d'une microsonde électronique CAMECA SX 100, couplée à 5 spectromètres WDS verticaux et un détecteur BSE. La tension d'accélération est de 15 kV et une intensité de 12 nA. La

taille des points d'analyses est de 1 µm et le temps d'analyse est de 2 min/pts. Les points d'analyses ont été réalisés sur muscovites, biotites et olivines afin de compléter le set de données. La calibration de la microsonde a été réalisée sur minéraux naturels, minéraux synthétiques et sur oxydes purs. Environ 15 à 25 points d'analyses ont été réalisés par lames minces.

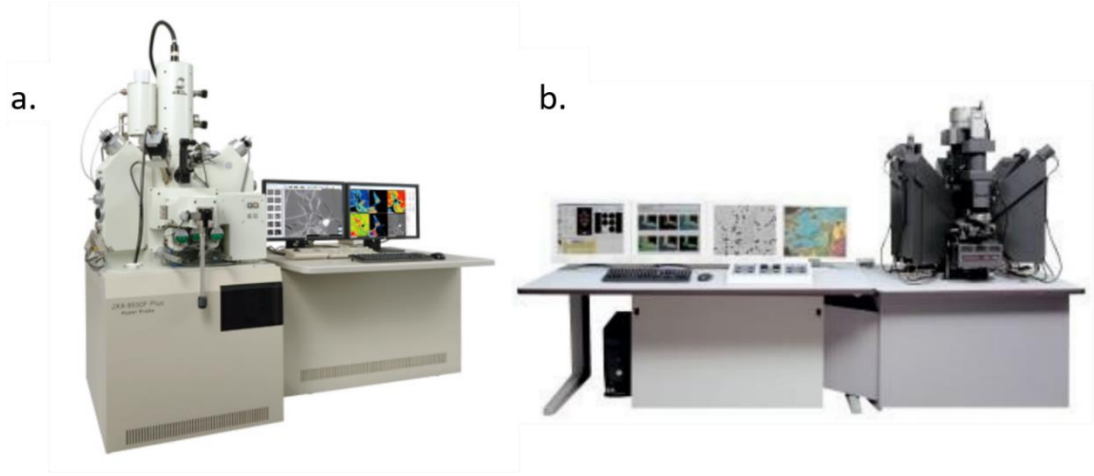


Figure II.4.a. Microsonde électronique, JXA – 8530F Plus, « Hyper Probe » (JEOL) ; image issue du site web JEOL) ; b. Microsonde électronique, CAMECA SX 100 (image issue du site web Grenoble INP-UGA).

II.2. Les éléments traces

Les analyses in situ en éléments traces ont été réalisées sur 7 lames minces comprenant une troctolite, un gabbronorite, un gabbronorite à olivine, 2 gabbronorites à grenat, un gabbronorite à amphibole, un leucosome. Ces analyses ont été réalisées à l'université de Lausanne (UNIL), en Suisse à partir d'un spectromètre Perkins Elmer NexION' 5000S, interfacé à un système d'ablation laser RESOlution 193 nm (La-ICP-MS ; Figure II.5). La taille des points d'ablation est de 64 à 100 µm, avec une densité d'énergie de 6 à 8 J/cm² et un taux de répétition de 10 à 12 Hz. Les minéraux analysés sont l'amphibole, l'orthopyroxène, le clinopyroxène, la biotite, le plagioclase et le grenat. Le temps d'ablation est de 10 à 30 ms variant en fonction de l'espèce minérale et de l'élément analysé. 2 standards externes de verres synthétiques ont été utilisés : un standard primaire, le SRM612 et un secondaire, BCR-2G. Environ 50 à 80 points d'analyses ont été réalisés par échantillon. Ensuite, les données ont été réduites à partir du programme LAMTRACE (Lotus 1.2.3), où des graphiques, signal versus temps sont produits. Le

standard interne est le calcium, utilisé à partir des données de microsonde sur ces échantillons (éléments le plus abondants dans nos échantillons ou aluminium si la teneur en calcium est inférieure à 0,5 wt%). La limite de détection est calculée selon Longerich et al., (1996) et est de < 0,5 ppm pour Ni ; < 0,3 ppm pour Cr, Zn ; < 0,1 ppm pour Li, B, Sc, Co, Rb ; < 0,01 ppm pour V, Zr, Ba, Nd, Sm, Gd, Pb et < 0,001 ppm pour Sr, Y, Nb, Dy, Er, Yb, Hf.

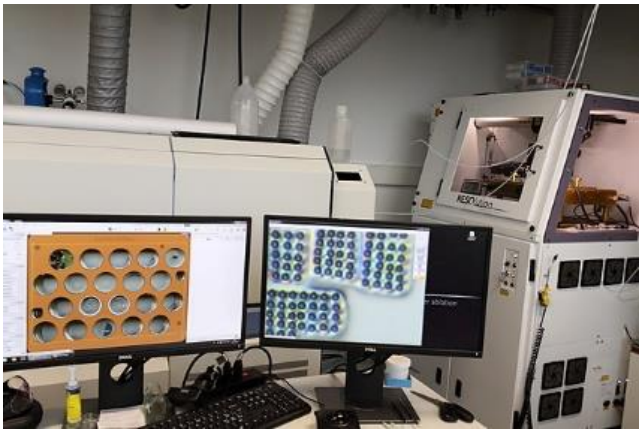


Figure II.5. Spectromètre de masse ICP Perkins Elmer NexION' 5000S couplé à un système d'ablation laser, RESOlution 193 nm (image issue du site web de l'Université de Lausanne, UNIL)

Chapitre III.

Differentiation of gabbro in the continental middle crust: the Sondalo gabbroic complex

M. Morin[1], B. Petri[1], M. Ulrich[1]

[1] Institut Terre et Environnement de Strasbourg, Université de Strasbourg, CNRS, UMR7063, F 67084 Strasbourg, France

Author contact: bpetri@unistra.fr, mulrich@unitra.fr, meredithmorin@unistra.fr

Short title: Continental differentiation of gabbro

Abstract

We present geochemical compositions and petrological relations of a gabbroic intrusion emplaced in the middle continental crust: the Sondalo gabbroic complex (Eastern Alps, N Italy). The complex was emplaced in Ms-Bt micaschist of the Campo unit during the Permian (289-285 Ma) in a post-orogenic (post-Variscan) context. The intrusion is compositionally zoned, from troctolite in the centre to diorite in the rim, with minor granodiorite. We focus here on the composition and differentiation of the troctolite to gabbro to norite sequence, which corresponds to the least differentiated and contaminated rocks. We show that magmatic differentiation initially follows a tholeiitic trend governed by the crystallization of plagioclase and the subsequent crystallization of clinopyroxene, typical for intermediate pressure crystallization. Conversely, we show that clinopyroxene fractionation is rather limited in the complex and that orthopyroxene is much more present than expected. We attribute this change to the result of crustal contamination. This causes an unexpected differentiation trend with constant Al_2O_3 and increasing K_2O concentrations. This contamination is also responsible for the presence of amphibole replacing clinopyroxene in gabbro, and the ubiquitous presence of phlogopitic biotite. Our series of rock present large positive Sr and Eu anomalies, that together with a more pronounced enrichment in LREE over HREE attests for an important accumulation of plagioclase. We suggest that the differentiation of the intrusion occurred in the middle-crust only, without involving lower-crustal fractionation, and that the differentiation was highly influenced by in-situ contamination from host-rock metasediments even for quite primitive gabbroic rocks.

Keywords: Post-orogenic system, Sondalo mafic complex, differentiation, cumulates, fractional crystallization, crustal contamination

I. Introduction

Transcrustal magmatic systems are composed of several reservoirs from which differentiated melts are tapered to reach higher crustal levels, participating to the differentiation of the continental crust (Jagoutz, 2014) with shallow crustal levels richer in silica and incompatible elements compared to the lower crust (Hacker et al., 2015; Rudnick and Gao, 2014). However, many different processes control this differentiation, including the depth at which fractionation occurs (pyroxene fractionation being favoured at depth), the initial water content of melts (water increasing amphibole fractionation at the expense of pyroxene, plagioclase fractionation being postponed), and the assimilation of country rocks resulting in Si-saturated rocks. Typical examples of transcrustal magmatic systems are exemplified in old to recent magmatic arc systems that all show the importance of the above-mentioned processes: the depth of fractionation (e.g., Jagoutz et al., 2007), the importance of initial water content (Jagoutz and Klein, 2018), the assimilation (e.g., Walker et al., 2015). Yet, transposing these concepts to other geodynamic contexts should be carefully operated, since the crust in which the magmatic systems emplaced may be of a various thickness, hydrated and fertile which may strongly modulate how magmas are differentiated.

In Western Europe, the continental crust was largely affected by the Variscan orogeny before forming a stable continental crust through various post-orogenic processes during which the continental crust returned to a normal thickness during the Late Carboniferous to Early Permian (Burg et al., 1994; Costa and Rey, 1995 ; Malavieille et al., 1990). This event is well exemplified across the Alps. There, it is clearly accompanied by an important magmatic and associated metamorphic event referred to as the Permian event (Schuster and Stüwe, 2008), of which lateral extent remains unclear (see discussions in Ballèvre et al., 2018; and Petri et al., 2017). Yet, it generated a large set of intrusive and extrusive magmatic suites, the most renown being the Ivrea mafic complex (Demarchi et al., 1998; Quick et al., 2009) with evidence for mantle partial melting (McCarthy and Müntener, 2015), and emplacement of mafic rocks in the lower and the middle crusts, and much more differentiated (granitic and rhyolitic) rocks at the top or in the upper to middle crust (e.g., Quick et al., 2009; Schaltegger and Brack, 2007).

The present study focuses on the Eastern Alps, where all the elements of a crustal-scale magmatic system have been documented from the mantle depletion, to volcanics at the surface (Hermann et al., 2001; Petri et al., 2017). Yet, the exact link between the mostly mafic deep bodies and the mostly felsic upper-crustal elements is missing. To fill this gap, we focus on mid-crustal magmatic systems to assess how far medium depth of emplacement and fractionation may be important in producing much more evolved liquids, i.e. how far and by which processes mid-crustal magmatic system are differentiated. One of them, the Sondalo gabbroic complex, is of particular interest: it consists of very primitive (olivine-gabbro) to moderately differentiated rocks (diorite to granodiorite), and it was emplaced in a very fertile metasedimentary host-rock. At first, we will here characterise the petrology and the geochemistry of the least differentiated rocks from the complex. Then we compare their evolution in composition with experimental and thermodynamically modelled (rhyolite-MELTS and Perple_X) liquid line of descents for similar magmatic systems.

II. Geological setting

The Sondalo mafic complex outcrops in the Austroalpine nappes (SE Switzerland and N-Italy, Figure III.1), North of the Insubric line. The Austroalpine nappes consist of a Late Cretaceous nappe (Froitzheim et al., 1994; Handy et al., 1996) stacked during the closure of the Eastward Neotethys (Meliata-Vardar; Channell and Kozur, 1997). The formation of this nappe stack reactivated the Adriatic margin of the Alpine Tethys (Mohn et al., 2011) of which architecture can be reconstructed (Mohn et al., 2012, 2011; Petri et al., 2019). Several portions of the pre-rift continental crust were recognized in these Alpine units, from the upper-crust and associated (volcano-)sedimentary cover, to the sub-continental lithospheric mantle (see e.g., Mohn et al., 2012).

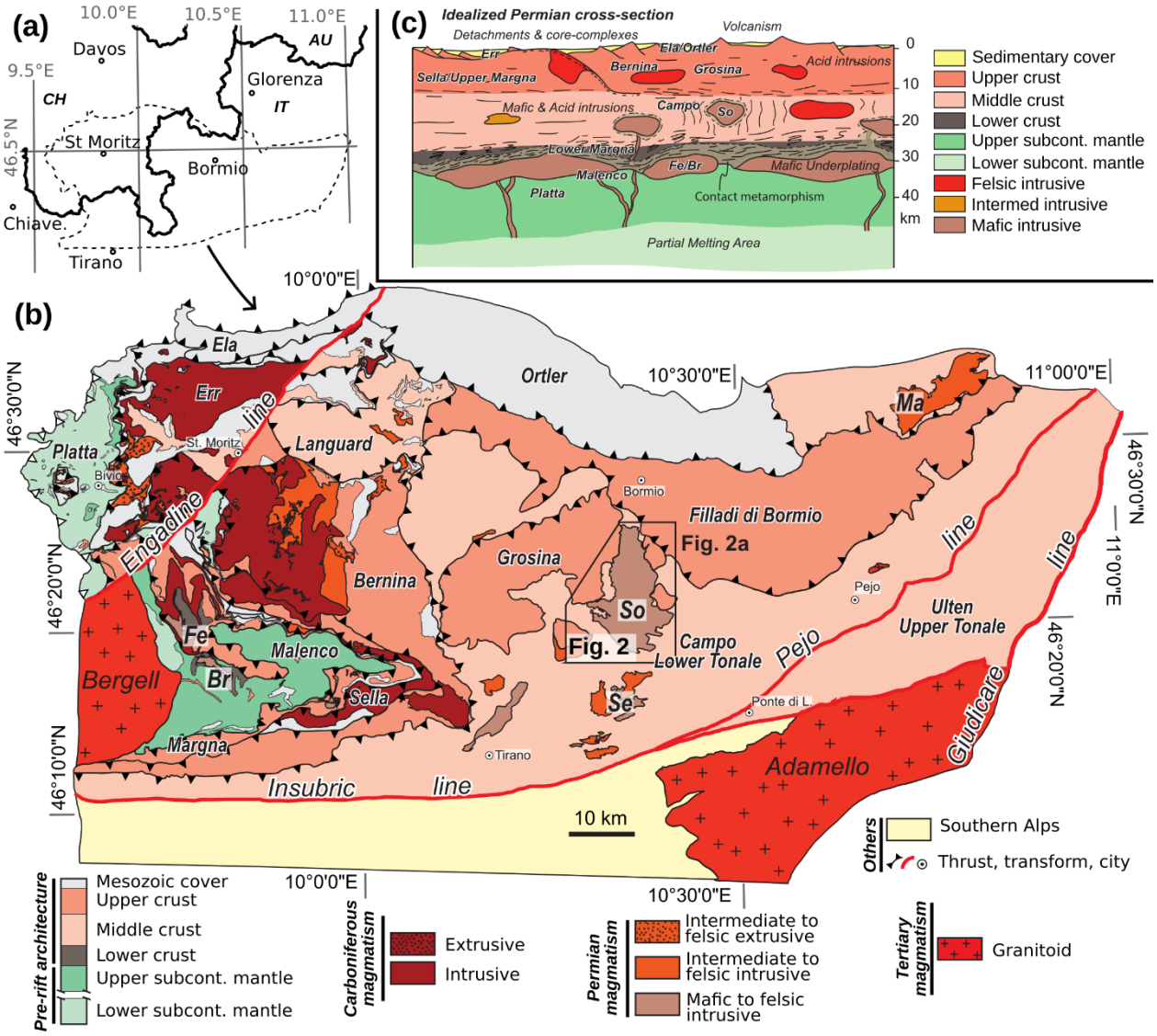


Figure III.1. (a) Geographical sketch indicating the location of the study area, highlighted by the dashed polygon. (b) Lithotectonic map of the Austroalpine and Upper Penninic units outcropping in the Eastern Alps (SE Switzerland and N Italy), separated from the Southern Alps by the Insubric Line, modified from Mohn et al. (2011) and Petri et al. (2017). The location of Figure III.2 is indicated. (c) Reconstruction of the Permian continental crust from the various alpine units, from the upper crust and associated (volcano-)sedimentary cover, middle crust, lower crust and sub-continental mantle from Petri et al. (2019, 2017). So: Sondalo; Fe: Fedoz; Br: Braccia.

In this nappe stack, two diachronous magmatic sequences are documented as part of a Wilson cycle (Manatschal et al., 2023): a first Carboniferous to Permian magmatic event associated to the formation and the dismantling of the variscan orogeny (Bonin et al., 1993), and a second strictly tholeiitic Jurassic event associated to the formation of the Alpine Tethys (Desmurs et al., 2002). More recently, the area was intruded by the two large periadriatic intrusions (Schaltegger et al., 2009; von Blanckenburg, 1992).

Here, we focus on the Permian magmatic event that is documented in most of the nappes of the study area (Figure III.1.b), i.e., in most of the pre-rift (pre-Jurassic) crustal levels. This comprises (Figure III.1.c):

(1) The lower crust in the Malenco and Lower Margna nappes, where the Braccia and the Fedoz intrusions were emplaced in high-grade (granulite-facies metasediments; Hermann et al., 1997; Müntener and Hermann, 1996). The tholeiitic suite includes gabbronorite (Mg-gabbro), (Ol)-Amp-Ilm gabbronorite (Fe-gabbro), Qtz-diorite, and Ilm-Px-Amp gabbros that followed a clear tholeiitic differentiation trend governed by pyroxene and plagioclase fractionation (Hermann et al., 2001). The mafic complex shows intrusive contacts with kyanite-garnet granulitic metasediments showing in some places migmatitic textures with the alternance of Grt-rich layers with felsic layers (Müntener and Hermann, 1996). Sporadic pegmatite and calc-silicate rocks and marble are also documented. Back-veining of felsic melts in the gabbro attests of the host-rock partial melting during and after the emplacement of the gabbroic complex. The gabbroic suite was dated at 281 ± 19 Ma (Hansmann et al., 2001), a small granitic body at 278 ± 3 Ma (Hansmann et al., 2001), whereas the granulite-facies rocks were dated by U-Pb on Zrn from 281 ± 2 to 269 ± 3 Ma by Hermann and Rubatto (2003) and from 273 ± 3 to 264 ± 3 Ma by Ewing et al. (2023). Notably, the first zircon overgrowth estimated at 273± 3 Ma is correlated with prograde metamorphic conditions from amphibolite (Ms-present) to granulite-facies (Ms-Bt-absent) conditions and extensive partial melting, concomitant with the emplacement of the mafic magmatic suite (Ewing et al., 2023).

(2) The middle crust in the Campo-Grosina-Languard nappes, with the emplacement of several intrusives in the Campo-Languard, comprising the most prominent Sondalo mafic complex, but also smaller intrusive suites in the Campo unit, which include the Serotinni gabbroic to granodioritic intrusives (Bockemühl and Pfister,

1985; Gazzola et al., 2000), the Martell granite (Bockemühl, 1988; Grauert et al., 1974; Mair et al., 2007), and several more felsic intrusives (Boriani et al., 1982; Del Moro et al., 1981; Del Moro and Notarpietro, 1987; Notarpietro and De Capitani, 1985). Among these intrusives, the Sondalo mafic complex focused most attention since early works of Campiglio and Potenza (1967, 1966, 1964) and König (1964). Being the target of this study, it will be thoroughly described hereafter. It is characterized by troctolite, (Amp-)gabbro, gabbronorite, (Qtz-)diorite to rare granodiorite. The complex was emplaced in the Campo unit, made of amphibolite-facies metasediments (Ms-Bt-Grt-St micaschist and paragneiss; Braga et al., 2001; Petri et al., 2016), causing a contact metamorphism reaching granulite-facies (Braga et al., 2003; Petri et al., 2016). The age of the complex was determined between 300 ± 12 and 280 ± 10 Ma by Sm-Nd mineral-isochron dating on the troctolite and norite. Zircon U-Pb was initially estimated at 270 Ma (Bachmann and Grauert, 1981), subsequently refined by Petri et al. (Petri et al., 2017) by U-Pb LA-ICP-MS dating of both magmatic and metamorphic zircon in between 289 ± 4 and 285 ± 6 Ma. The exceptional preservation of magmatic rocks in the Sondalo complex made authors of preliminary work affecting an Alpine age to the complex (e.g., Koenig, 1965), at odds with field relations.

(3) The upper crust in the Julier and the Bernina nappe, with a first calco-alkaline to alkaline suite in the Carboniferous, followed by the emplacement of a few (micro-)granitic intrusive rocks (Rageth, 1984; Spillmann and Büchi, 1993), dated between 295 ± 12 and 292 ± 4 Ma (von Quadt et al., 1994). This shift from calc-alkaline to alkaline magmatic series appears to be characteristic of a regional evolution recorded across the Alps (Bonin et al., 1993).

(4) The volcano-sedimentary deposits with alkaline rhyolites in the Bernina and the Err nappes (Rageth, 1984), dated at 288 ± 2 Ma (von Quadt et al., 1994).

Noteworthy, two sub-continental mantle units are outcropping in the region. Mantle rocks from the Platta nappe are document presents a Sm-Nd pseudo-isochron age of 273 ± 24 Ma attesting of a prominent partial melting event in the Permian (McCarthy and Müntener, 2015). This does however not seem to be the case for mantle rocks of the Malenco unit (Picazo et al., 2016).

III. Analytical methods

Whole-rock major element compositions were determined at the Institut des Sciences de la Terre de Strasbourg (ITES) from powders prepared after crushing at 10 µm from which pressed pellets were made. Major (and some minor) element concentrations were determined using a Bruker M4 Tornado micro-X-Ray fluorescence equipped with a collimated Rh anode operating at 50 kV and 700 µA and producing a spot-size of 1 mm diameter. The counting time per point was set to 300s. X-rays were detected with two 60 mm2 xflash® Silicon Drift Detectors with an energy resolution of <135 eV at 250,000 cps (measured on MnKα). For each sample, 10 replicates were made at the pellet surface to ensure the good reproducibility of measurements. µ-XRF spectra were deconvoluted using the Bruker Esprit software, which allowed to calculate the concentrations by using the standardless Fundamental Parameter (FP) quantification method. The accuracy of quantification is improved by the application of correction factors determined after repeated analyses of international standard powders included PM-S microgabbro, WS-E dolerite and AC-E granite (Jochum et al., 2016). A second set of whole-rock major element composition was determined at the Institut des Sciences de la Terre (ISTE) of the University of Lausanne from pressed pellets using a PANalytical AxiosmAX XRF, with BHVO-2 and GSP-2 standards.

Whole-rock trace element compositions were determined at ITES following the analytical procedure of Chauvel et al. (2011). About 100 mg of rock powder was precisely weighed and dissolved in a HF-HNO3-HClO4 (5:1:1) mixture in Savillex beakers for mafic rocks and steel jacketed PARR bombs for intermediate rocks, during a minimum of 7 days at 140°C on a hot plate. The solution was then evaporated, and the residue was taken in a 3:1 3M HCl-H3BO3 mixture for 12 hours in a hot plate at 90 °C to avoid any fluoride precipitation. This mixture was then evaporated and further dissolved in concentrated HNO3. After another evaporation, the residue was finally diluted in 40 ml of 7 M HNO3. Measurements were performed at ITES using a Thermo Scientific ICAP RQ X Series II ICP-MS.

In-situ mineral composition was obtained using a JEOL JXA-8530 Plus Hyperprobe operating at 15.0 kV and 12nA, calibrated with mineral standards. A second series of analyses were made at the Service Commun de Microscopie Électronique et

Microanalyse (SCMEM, Nancy, France) using a CAMECA SX100 operating at 15.0 kV and 12nA. All analyses of major elements, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, were made against natural and synthetic mineral standard: albite (Si, Na), corundum (Al), andradite (Ca), olivine (Mg), hematite (Fe), MnTiO3 (Mn,Ti), NiO (Ni), orthoclase (K).

Finally, in-situ trace element compositions were measured on thick-sections at the University of Lausanne (Switzerland) using an Element XR ICP-MS coupled with a RESOlution 193nm ablation system. SRM612 and BCR-2G synthetic standards were used as primary and secondary standards, respectively. Ablation was performed at 8 J/cm2 and 12 Hz with a 64 µm to 100 µm spot size depending on the ablated phase.

Compositional parameters for minerals are defined as An=CaO/(CaO+Na_2O)*100 for plagioclase, Fo=MgO/(MgO+FeOt)*100, calculated using molar proportions. Elemental ratios are systematically calculated using molar proportions and defined as: #Mg = MgO/(FeOt+MgO); alumina-saturation index ASI = Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O). Fe is always expressed as Fe_t, FeO and Fe2O3 are systematically converted to FeO_T, on the exception of mineral structural formulae calculation where the Fe^{2+}/Fe^{3+} ratio is estimated by charge balance. Since no REE composition diagrams are normalized to the CI-chondrite composition of Anders and Grevesse (1989) while extended trace element patterns are normalized to Primitive Mantle (McDonough and Sun, 1995). The Eu-anomaly is quantified by $Eu/Eu^* = Eu_n/(\sqrt{Sm_n*Gd_n})$ and slopes of REE patterns are estimated by La_n/Yb_n for all REEs, La_n/Sm_n for LREE and Gd_n/Yb_n for HREE. All mineral abbreviations, when used, follow the recommendations of the International Union of Geological Sciences (IUGS; Siivola and Schmid, 2007).

IV. Petrology and bulk rock compositions

The Sondalo mafic complex is a 12 per 8 km stock zoned intrusion with troctolite and (Ol-) gabbro outcropping in the centre, rimmed by gabbro and gabbronorite and finally diorite and rare granodiorite in the border (Figure III.2). The complex was constructed by incremental melt injections in between numerous large roof pendants (septa) passively open parallel to the amphibolite-facies metasedimentary host-rock strongly developed foliation (Petri et al., 2018). This generated a moderately to strongly developed magmatic foliation in gabbroic rocks, subsequently overprinted in the margin of the complex by the development of a second magmatic fabric (Petri et al., 2018).The large septa suffered from a high-temperature metamorphism transforming amphibolite-facies metasediments (Ms-Bt-Grt-St paragneiss and micaschist) of the host-rock into upper-amphibolite rocks in the contact aureole (Bt-Sil-Grt±Crd metasediments) and in the marginal septa, up to granulite-facies (Crd-Grt-Sil-Spl±Crn metasediments) in septa in the centre of the intrusion (Figure III.2); Braga et al., 2001; Petri et al., 2016). These septa are thus generally formed by highly restitic metasedimentary rocks.

IV.1. Troctolites

Troctolites are coarse-grained rocks with large euhedral to subhedral plagioclase (Figure III.a et b). Olivine is anhedral in places where rimmed by clinopyroxene and amphibole. Olivine is also occasionally euhedral to subhedral in the matrix, hosting numerous plagioclase inclusions. Clinopyroxene is interstitial and occasionally produce poikilitic microstructures. It contains in its core domains some orthopyroxene exsolution lamellae. Orthopyroxene is rare and only present in few samples, where it mostly occurs as exsolution lamellae in the core of clinopyroxene. Rare biotite was also observed

IV.2. Gabbros and Amp-gabbros

Gabbroic rocks are made of subhedral plagioclase and euhedral to subhedral two pyroxenes. These pyroxenes are rimmed in some places by thin amphibole coronas (Figure III.3.c), which totally replace the former in Amp-gabbros. There, brown to green amphibole hosts small anhedral clinopyroxene inclusions, with minor amount of reddish biotite (Figure III.3.d). Amphibole can be interstitial in between euhedral plagioclase, notably in very coarse-grained rocks.

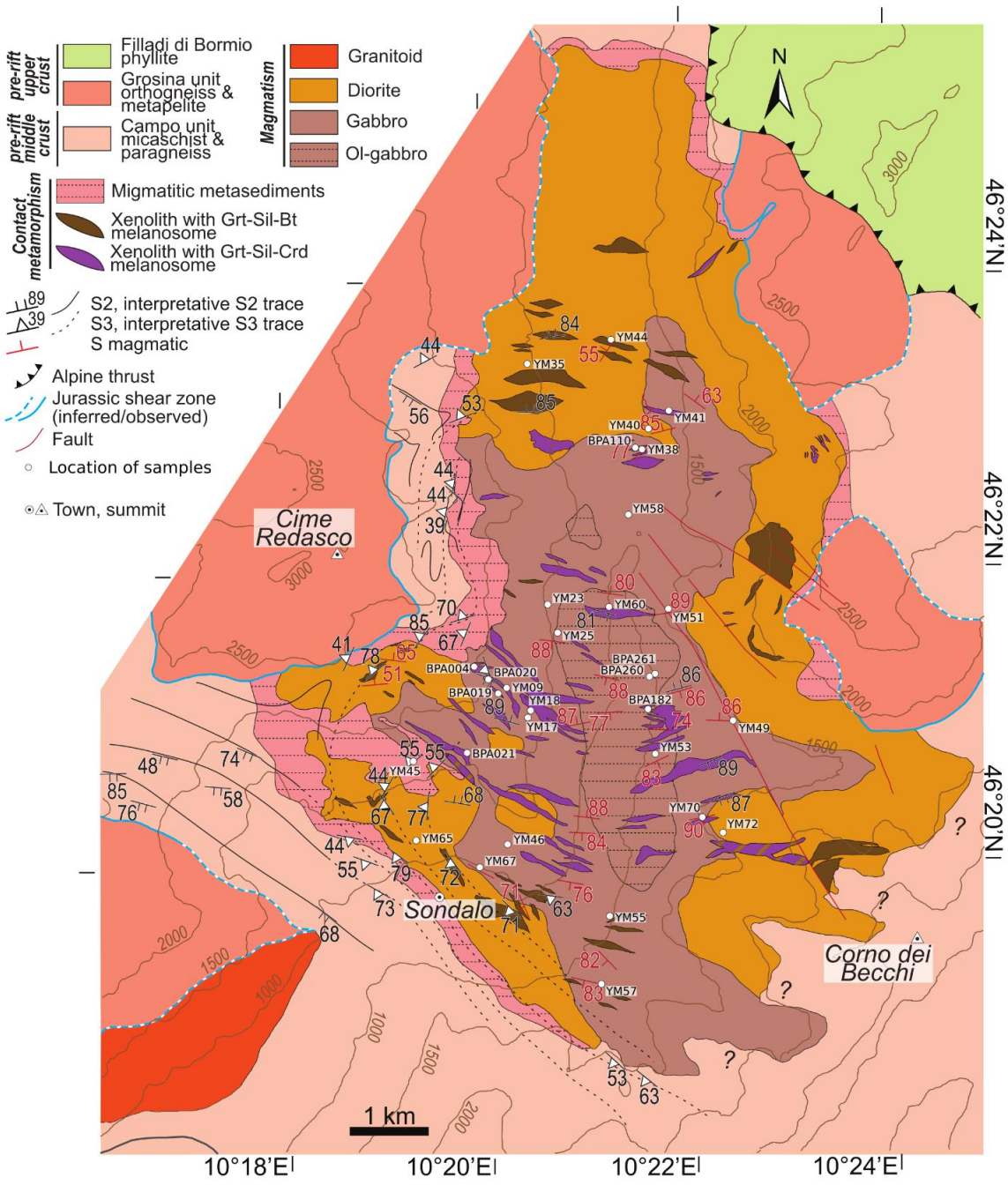


Figure III.2. (a) Geological and structural map of the Sondalo gabbroic intrusion and its host-rock (Campo unit) modified from Petri et al. (2018, 2016) after a compilation of König (1964), Campa et al. (1997), Braga et al. (2003), Mohn et al. (2011), 1:10,000 geological maps of Italy and personal observations. Large septa derived from the host-rock are represented depending on their metamorphic grade. The location of sampling sites is indicated.

IV.3. Norites and Amp-norites

Norite are medium-grained textures with rather small subhedral and roundish orthopyroxene grains and subhedral plagioclase (Figure III.3.e). Amphibole is variably present, and is euhedral, in places forming poikilitic microstructures hosting plagioclase and orthopyroxene large inclusions. Biotite is ubiquitous in minor proportions, usually localized around orthopyroxene and/or amphibole. When around orthopyroxene, it forms biotite-quartz myrmekite-like microstructures with vermicular intergrowth of biotite and quartz (Figure III.3.f). Quartz is restricted in such myrmekitic microdomains.

IV.4. Diorites and other facies

Diorite and granodiorite rocks are documented in the margins of the complex. They are characterized by subhedral biotite, plagioclase, biotite and variable amount of amphibole and anhedral quartz.

More locally, anecdotal rocks are met in the few meters around large xenoliths, in places along small vein-type domains in gabbro and norite. These magmatic garnet and/or cordierite-bearing norite, garnet-biotite granodiorite. In such rocks garnet and cordierite are cognate (i.e., not xenocrystic), as attested by the numerous inclusions of plagioclase with similar textures than plagioclase of the surrounding norite. In such rocks and domains, quartz is systematically present and interstitial in between plagioclase and other ferromagnesian phases.

IV.5. Whole-rock composition

Major elements composition of troctolite, gabbro and norite show a continuous increase of FeO_t at constant SiO_2 while Mg decreases (Figure III.4), leading to a continuous decrease in Mg# across the three rock facies. The increase in FeO is accompanied by a strong increase in TiO_2 as long as SiO_2 remains constant (Figure III.5). The FeO/MgO ratio vs. SiO_2 and vs. FeO largely present rocks in the tholeiitic field (Figure III.4). Both Fe and Mg decreases for more differentiated rocks, which are largely in the calco-alkaline field.

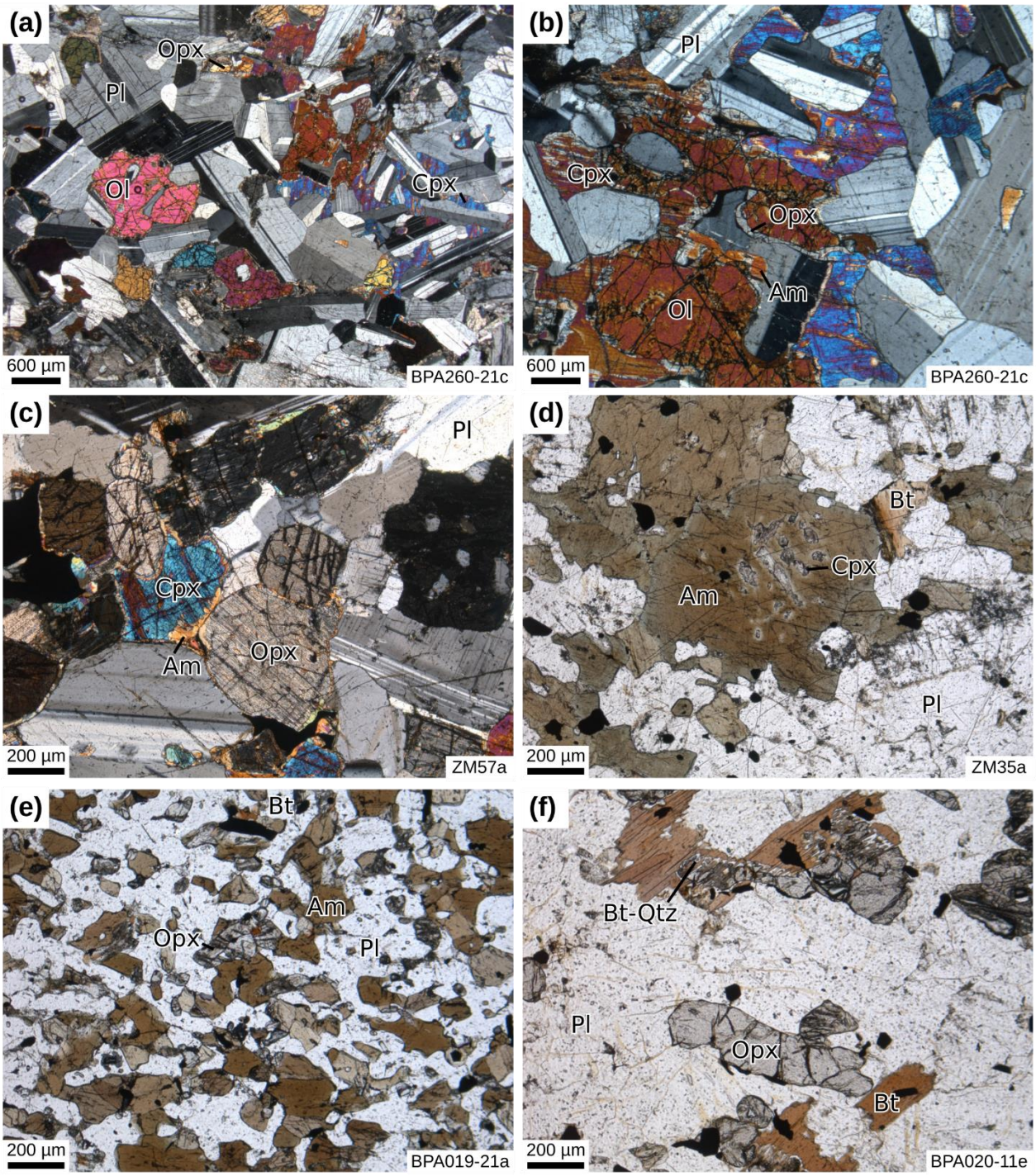


Figure III.3. Micro photographs of characteristic rock and rock textures. (a) Troctolite with medium-grained plagioclase, subhedral olivine and orthopyroxene and poikilitic clinopyroxene. (b) Troctolite with subhedral olivine and orthopyroxene rimmed by poikilitic clinopyroxene. Amphibole is here largely present around pyroxenes. (c) Gabbro with both ortho and clinopyroxene, and a thin amphibole rim. (d) Amphibole-gabbro with large brown to green amphibole with pyroxene inclusions. Biotite is also present. (e) Gabbronorite with amphibole ans systematic biotite. (f) Amphibole-free gabbronorite with euhedral orthopyroxene grains and biotite. The contact between biotite grains and orthopyroxene is marked by myrmekite-like intergrowth of quartz and biotite.

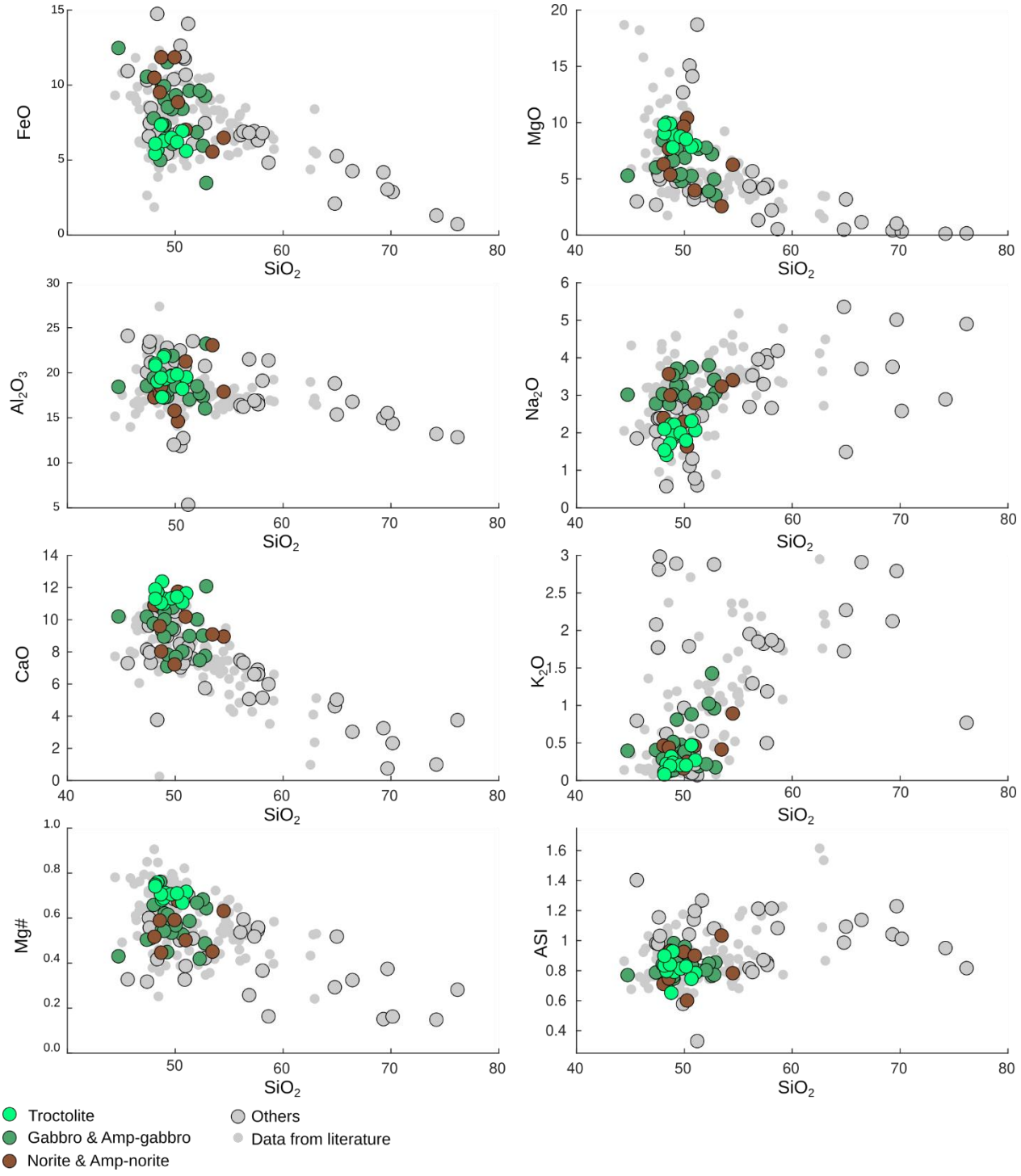


Figure III.4. Multi-elemental diagrams vs. SiO_2 for troctolite, gabbro and amphibole-gabbro, and norite and amphibole-norite. Other lithologies refers to more differentiated rocks and/or rocks clearly contaminated by continental crust (metasediments). Data from the literature are compiled from Braga (2001), Braga et al. (2001), Campiglio and Potenza (1967, 1966, 1964), Potenza (1973), and Tribuzio et al. (1999). All ratios are calculated using molar proportions: #Mg = MgO/(FeOt+MgO); ASI = Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O).

These rocks are however beyond the scope of this manuscript. Both Al_2O_3 and K_2O remains roughly constant, whereas Na_2O increases and CaO decreases, maintaining the alumina saturation index (ASI) below 1.0 (Figure III.4) and keeping the Na_2O/K_2O generally high (> 5; Figure III.5). Again, these relations do not stand for more differentiated lithologies: with strong K_2O enrichment, the ASI is generally above 1.2. In an AFM diagram, rocks are ponding in low alkali and moderate FeO/MgO ration, and only the most differentiated rocks show a strong enrichment in alkalii elements (Figure III.5). Ni and Cr are strongly decreasing from 200 ppm in troctolite to a few ppm in gabbro and norite (Figure III.6).

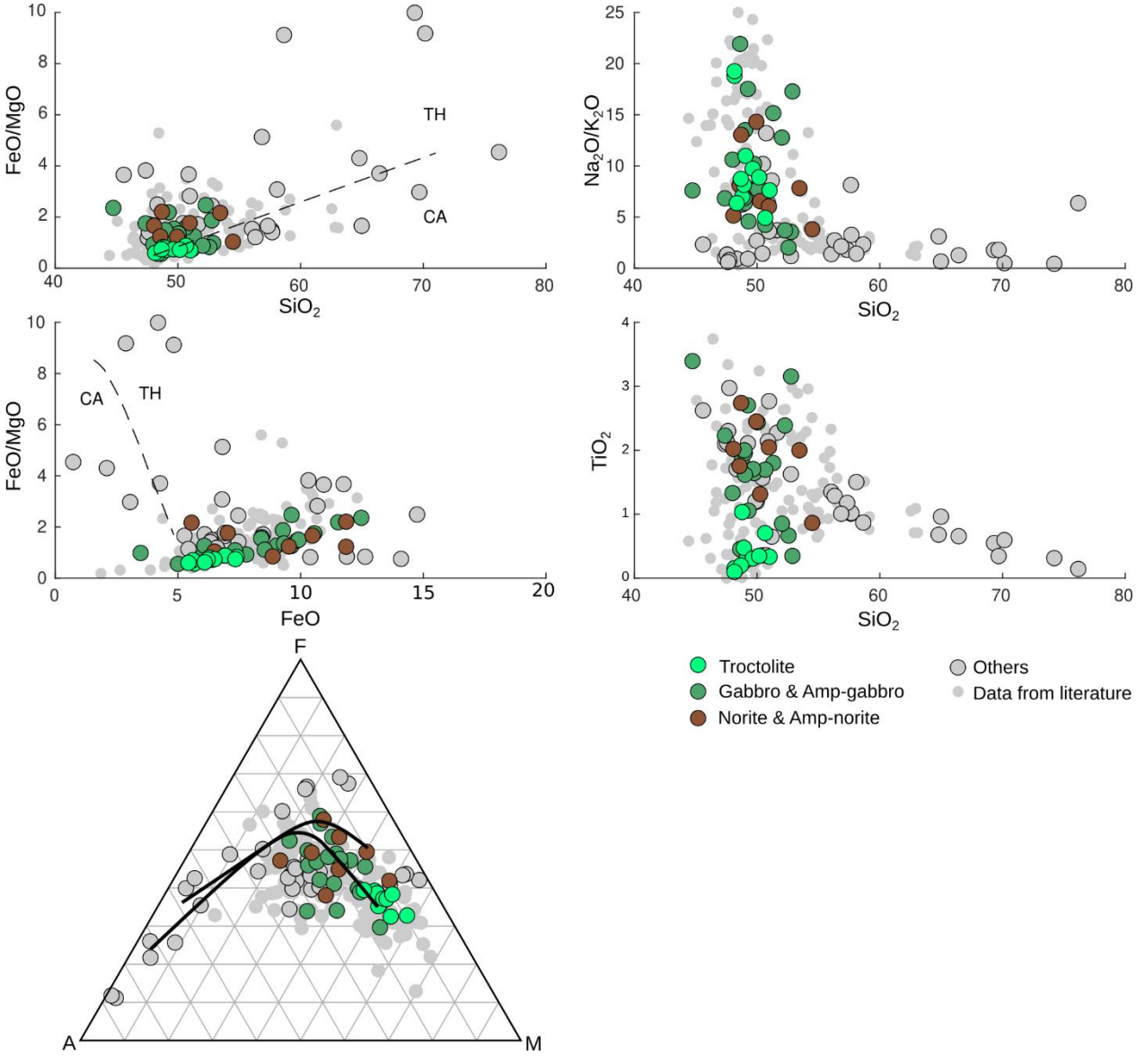


Figure III.5. Specific major element composition diagrams. FeO/MgO vs. SiO2 and FeO/MgO vs. FeO discrimination diagrams with tholeiitic and calc-alkaline fields from Miyashiro (1974). AFM diagram with the tholeiitic vs. calco-alkaline fields separation from Kuno (1968) and Irvine and Baragar (1971). See Figure III.4 for details on lithologies and references from the literature.

Rocks exhibit fractionated rare earth element (REE) patterns marked by an enrichment of light (L-)REE over the heavy (H-)REE (La_n/Yb_n=1.15-5.01). In addition, a global increasing enrichment in REE is noted from troctolite to norite (Figure III.7). All samples display enrichments in large ion lithophile elements (LILE). More specifically, Ba, Pb and Sr show systematic positive anomalies, with exception of sample BPA 019 – 21a for which only positive Ba anomaly is observed (Figure III.6 et III.7). Troctolite samples have negative Nb-Ta and Zr-Hf anomalies. A similar Zr-Hf anomaly is observed in norite rocks, even deeper in the case of sample BPA 018-21c. However, norite rocks do not exhibit any Nb-Ta anomaly (Figure III.7). All rock types are characterized by an important Eu positive anomaly (Eu/Eu*=2.25-5.15), although the overall enrichment in norites makes the anomaly gentler (Eu/Eu*=1.11). The Nb/Ta ratio is generally low for troctolite (10.3-13.7) and increases in norite (16.5).

Troctolite BPA021-21a is discordant with respect to other troctolite samples: its REE and trace element patterns are similar to other troctolite samples but with a composition richer by an order of magnitude, and a very gentle Eu anomaly (Eu/Eu* = 1.11). It has a negative Ba anomaly and pronounced U-Th, Pb and Sr positive anomaly. Similarly, norite BPA019-21a display the same general enrichment in REE but with a negative Eu anomaly (Eu/Eu* = 0.90); Figure III.7).

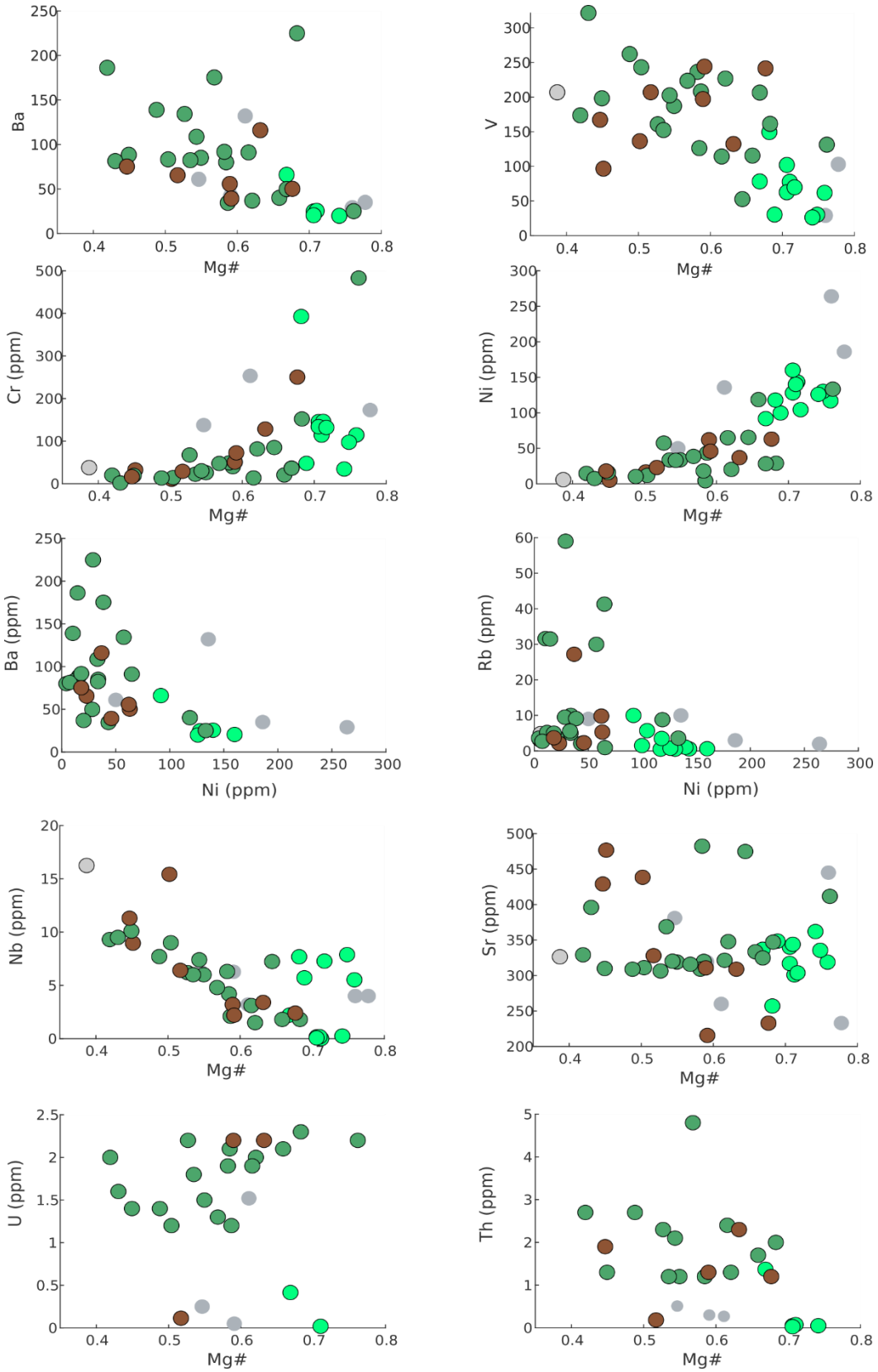


Figure III.6. Whole-rock trace-elements concentrations and discrimination diagrams.

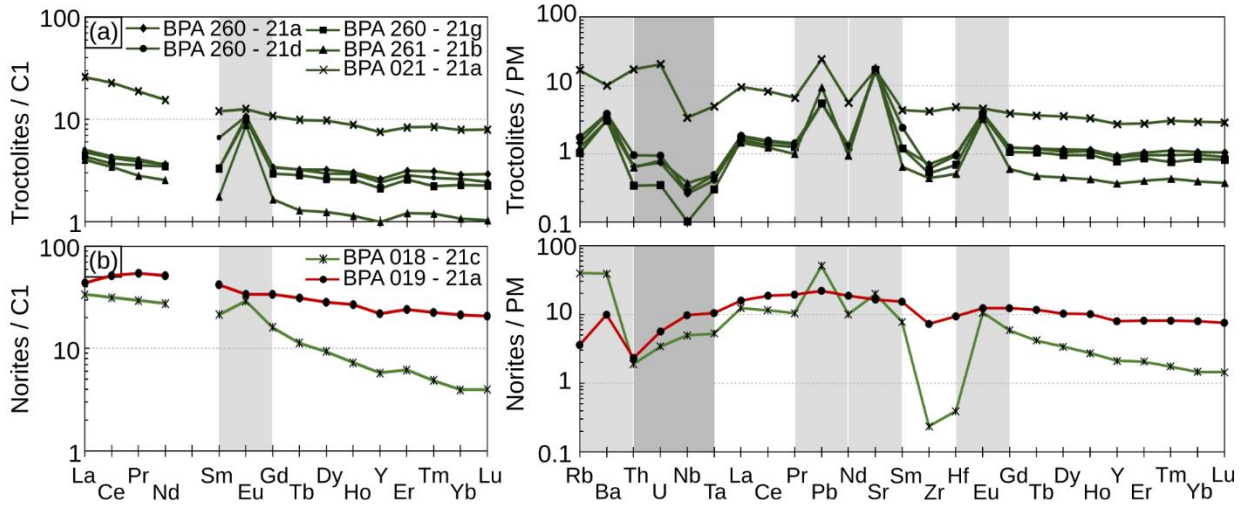


Figure III.7. Whole-rock REE and trace-element composition for troctolite and norite normalized by the CI-chondrite and Primitive Mantle compositions of Anders and Grevesse (1989) and McDonough and Sun (1995), respectively.

V. Mineral major and trace element compositions

V.1. Olivine

Olivine is seen only in troctolite rocks and has a Fo of 73 to 78 %, rather high NiO content ranging from 0.01 to 0.2 wt.% and MnO from 0.25 to 0.5 wt.%. No clear core-to-rim zonation can be detected. However, a quite large difference in olivine mineral composition can be noticed between samples (Figure III.8).

V.2. Pyroxene

Clinopyroxene are diopside in composition, and orthopyroxene has the composition of enstatite, both with Mg# ranging from 0.80 to 0.65 in troctolite, and from 0.65 to 0.55 in norite. The compositional variability in Ca observed in clinopyroxene can be attributed to orthopyroxene exsolution in clinopyroxene that are, for the largest lamellae, visible on thin section. Clinopyroxene in troctolite has, however a rim that has a rather high Mg#, generally above 0.8. The Mn in pyroxene content is very low but increases from 0.01 up to 0.03 apfu. whereas the TiO_2 content radically decreases from 1.5 wt.% in troctolite down to 0.1 wt.% in norite. Importantly, high Mg# rims also present high TiO_2 concentrations. From troctolite to norite, and between the different samples, a

clear magmatic differentiation trend is observed in pyroxene from high Al_2O_3 high Mg# to low Al_2O_3 low Mg# in norite (Figure III.8)

Clinopyroxene composition is enriched in REE compared to other phases, but more enriched in MREE than in LREE and HREE (La_n/Sm_n = 0.18-0.70; Gd_n/Yb_n = 1.21-1.54), with a marked negative Eu anomaly (Eu/Eu* = 0.29-0.80). The REE profile of clinopyroxene from troctolite BPA021-21a is however slightly more enriched in REE (La_n/Yb_n = 0.89-1.38) than clinopyroxene from other samples (La_n/Yb_n = 0.21-0.70 ; Figure III.9).

V.3. Amphibole

Amphibole composition is rather variable. In troctolite, amphibole has rather high concentration in Na and K, that, together with their high Mg#, set their composition as pargasite. Their composition slightly decreases in $(Na+K)_A$ in rims that have a magnesio-hornblende to tschermackitic composition. In norite, amphibole have systematic $(Na+K)_A$ values below 0.5 apfu with a slightly lower Mg# (Figure III.8)

Amphibole is generally highly enriched in REE, slighlty more in LREE (La_n/Sm_n = 0.22-0.66) than in HREE (Gd_n/Yb_n = 1.43-1.96), except again for troctolite BPA021-21a for which they are more enriched in LREE (La_n/Sm_n = 0.71-1.75) than in HREE (Gd_n/Yb_n = 1.31-1.92). They present a profile very similar to clinopyroxene but being twice more concentrated, with a systematic gentle Eu anomaly (Eu/Eu* = 0.29-0.96 ; Figure III.9)

V.4. Biotite

Biotite is an ubiquitous mineral, in traces amount in troctolite up to be the main ferromagnesian phase in more differentiated rocks. It is systematically phlogopitic in composition, with very high Mg# of 0.83-0.85 in troctolite, down to 0.55 in norite. The Ti content in biotite gently increases from troctolite (Ti < 0.2 apfu) to norite (Ti < 0.3 apfu ; Figure III.8).

The biotite trace element composition is generally depleted in REE, with a systematic Eu positive anomaly (Eu/Eu* = 2.7-13.1), and a U-shape REE profile that is generally slightly less depleted in LREE compared to HREE (La_n/Dy_n = 1.8-21.4 ; Figure III.9).

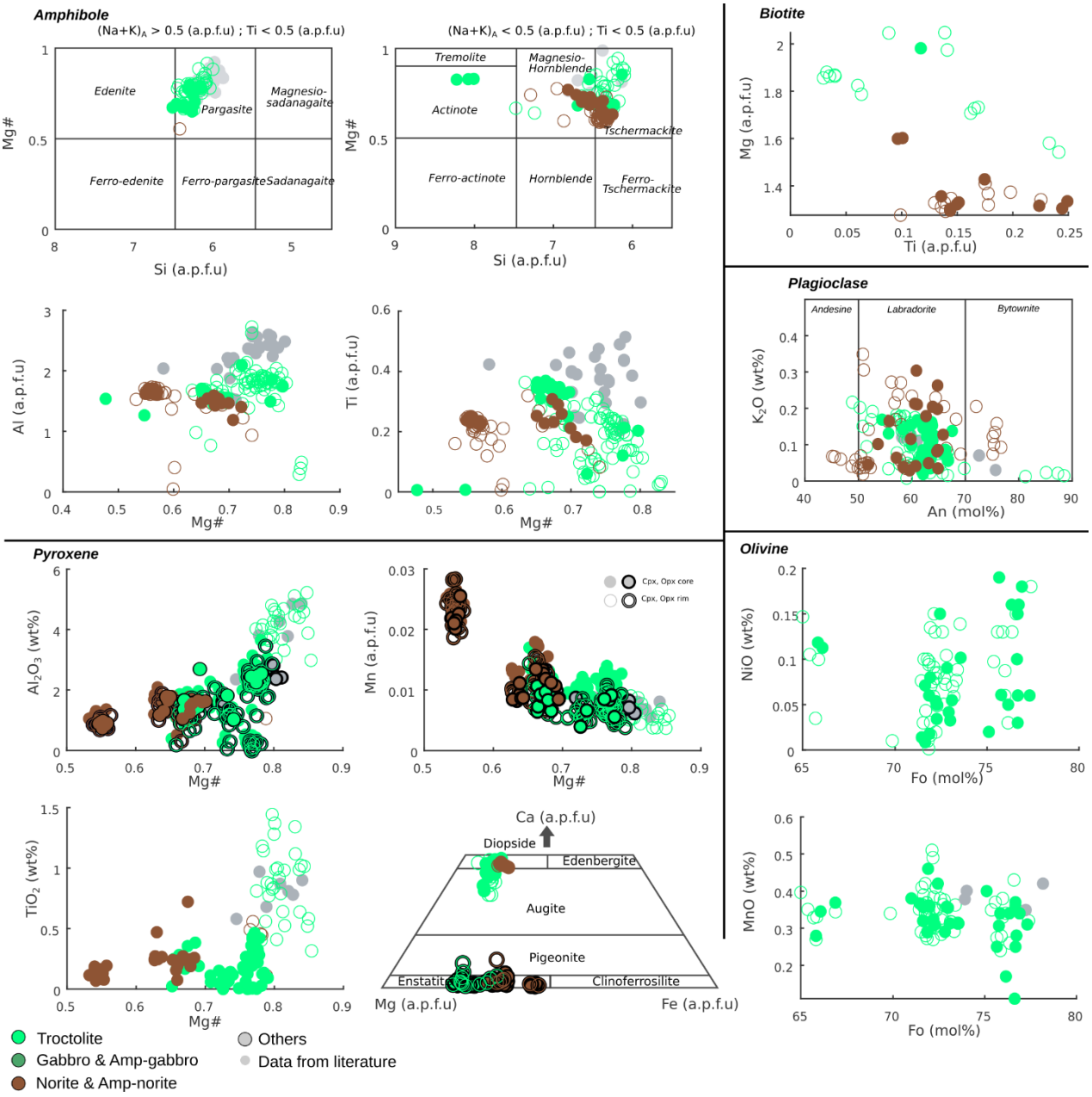


Figure III.8. Mineral composition diagrams for amphibole (following Leake et al., 1997), pyroxene, olivine, biotite and plagioclase feldspar for troctolite and norite.

V.5. Plagioclase

Plagioclase feldspars are presenting strictly similar compositions from troctolite to norite, with labradoritic compositions (An=50-75). The composition of rims is way more variable than the composition of core of grains. The K content is generally very low, below 0.3 K_2O wt.% (Figure III.8)

Plagioclase feldspar present a decreasing REE profile from LREE to HREE (La_n/Dy_n = 9-240), disrupted by a very strong positive anomaly in Eu (Eu/Eu* = 11-40 ; Figure III.9).

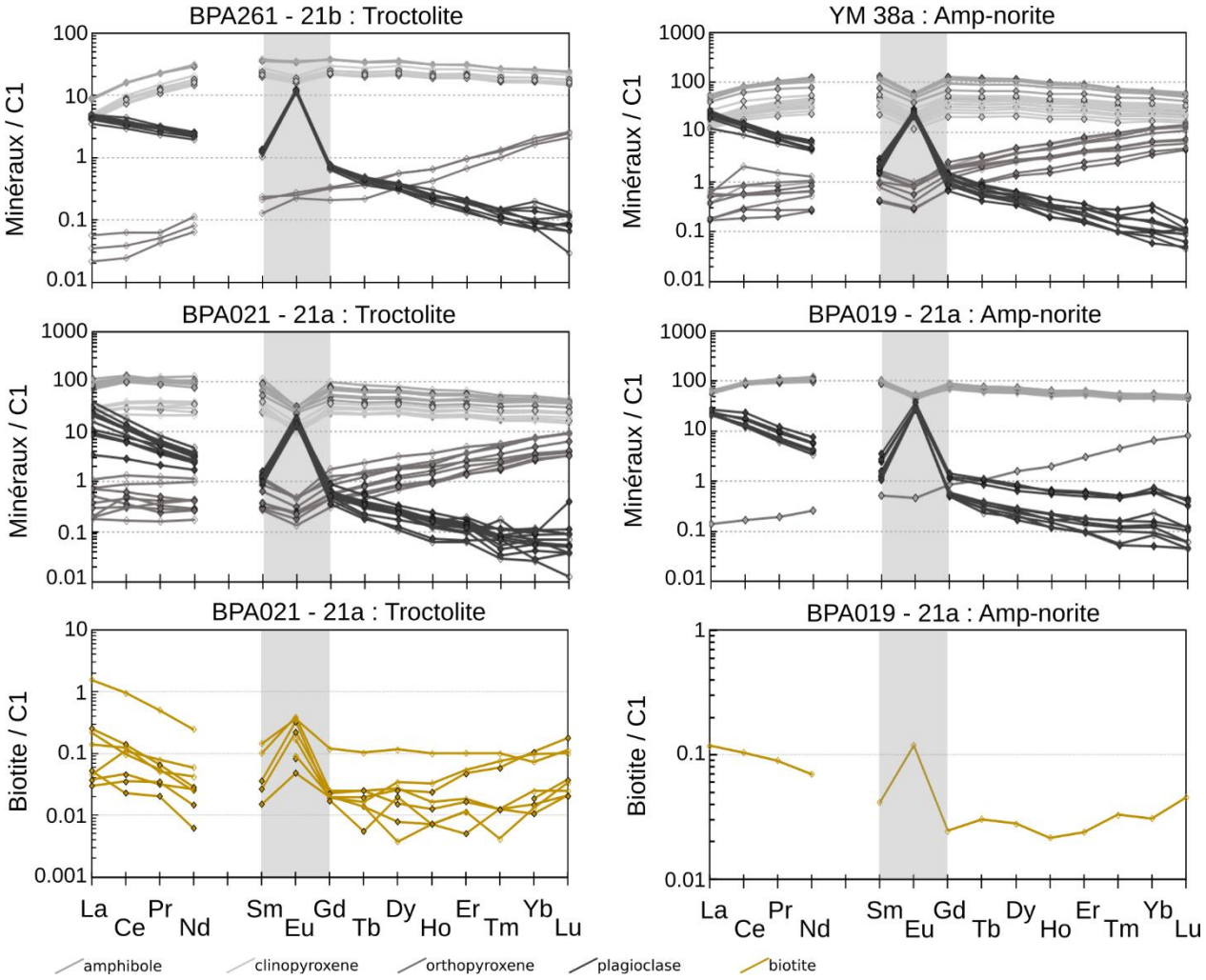


Figure III.9. In-situ trace-elements composition of minerals normalized by the CI-chondrite composition of Anders and Grevesse (1989) for a troctolite (BPA261-21b) and a amphibole-norite (YM38a).

VI. Thermodynamic modelling of fractional crystallization

VI.1. Modelling strategy

In order to compare the differentiation trend from troctolite to gabbro to norite of the Sondalo gabbroic complex compared to standard tholeiitic differentiation trend, we (1) compiled results from experimental petrology of MORB-type liquids, and we (2) explored

the state-of-the-art thermodynamic modelling methods using both rhyolite-MELTS and Perple_X, for equilibrium and fractional crystallization. For both thermodynamic approaches, we systematically started the modelling with the composition of a primitive basaltic liquid that was experimentally produced by Hirose and Kushiro (1993) in equilibrium with dry peridotites at 15 kbar and 1350 °C (KLB-1, run #19). These results were compared to experimental results for similar starting material composition (Figs [11]-[12]. Relevant experiments focusing on basaltic melts are quite rare, since most of them are focused on low pressure conditions: we compiled some from the late 80's and early 90's (Baker and Eggler, 1987; Fram and Longhi, 1992; Grove et al., 1992, 1990), recent experiments for dry starting material at 7 kbar (Villiger et al., 2007) and 10 kbar (Villiger et al., 2004), and experiments with moderately wet starting composition (3.0 wt.% H_2O) at 10 kbar from Nandedkar et al. (2014).

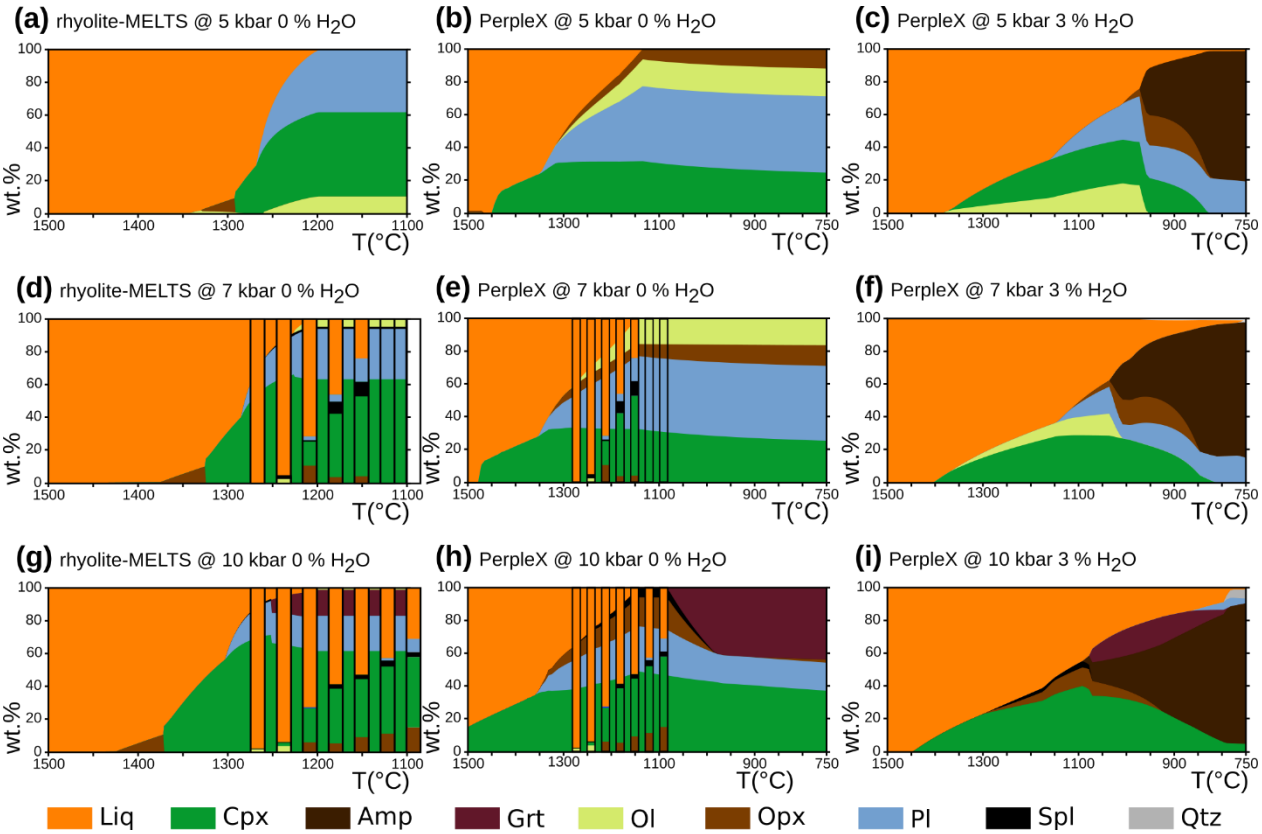


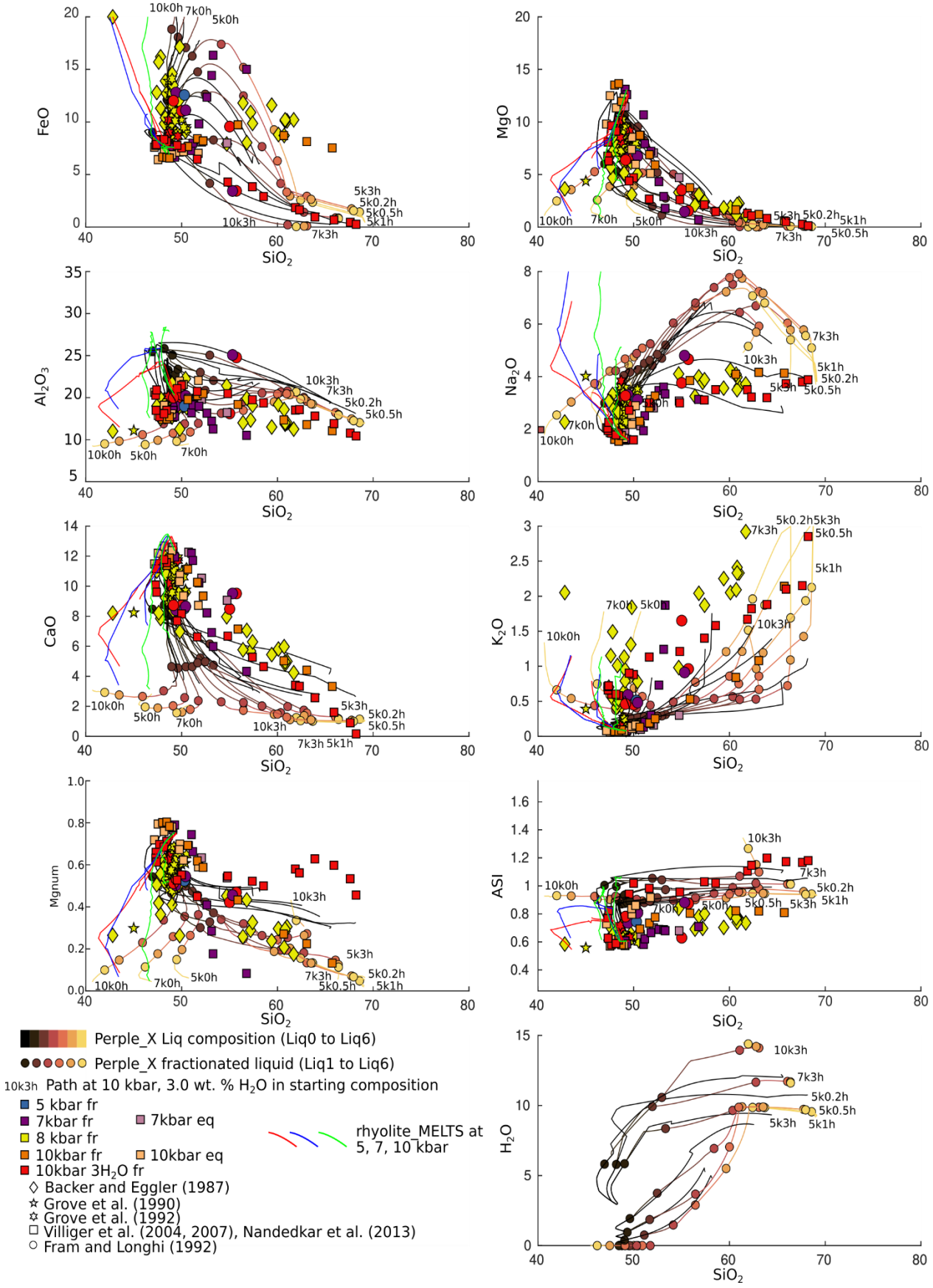
Figure III.10. Phase proportions during cooling and crystallization considering a closed system (equilibrium crystallization) obtained by rhyolite-MELTS (dry starting composition) and Perple_X (dry and moderately wet – 3 H_2O wt.%- starting material) at 5 (a,b,c), 7 (d,e,f) and 10 (g,h,i) kbar. Histograms on top of 7 and 10 kbar dry runs (d,e,g,h) are experimental results of Villiger et al. at 7 kbar (Villiger et al., 2007), and 10 kbar (Villiger et al., 2004). See text for details.

VI.1.1. rhyolite_MELTS

The line of descent of our primitive liquid was first modelled using rhyolite_MELTS 1.0.2 standalone version (Gualda et al., 2012). The oxygen fugacity was buffered to the C-CO-CO_2 but left unconstrained during cooling and crystallization. For each step, we extracted the composition of the system (phases wt.%) and the melt composition (oxides wt.%) for equilibrium crystallization (Figure III.10) at 5 kbar, 7 kbar, and 10 kbar. The liquid composition was compiled for these pressure conditions considering isobaric cooling starting from the liquidus, for both equilibrium and fractional crystallization (Figs [11]-[12]). Amphibole was almost systematically observed in our rocks, and since no consistent solution models for amphibole are reliable in MELTS (and associated), we did not explore further with H_2O-bearing starting compositions.

VI.1.2. Perple_X

In complement, we used Perple_X version 6.9.1 (Connolly, 2005), the Holland & Powell (2011) TC-DS61 database in the NCKFMASH system with the liquid, clinopyroxene and amphibole models of Green et al. (2016), the olivine model of Holland and Powell (1998), the ternary feldspar model of Holland and Powell (2003), the spinel model of White et al. (2002), and the orthopyroxene, biotite and garnet models of White et al. (2014). We opted not to integrate Ti in the system, since its absence in the melt model of Green et al. (2016) lead to a systematic stabilization of a Ti-bearing phase (e.g. spinel, rutile) and the absence of Ti in the melt. We also tested different feldspar models integrated in Perple_X, without observing important changes in predicted mineral proportions and both mineral and melts composition. Both equilibrium and fractional crystallization sequences were determined by compiling the liquid composition at a “user-defined” fractionation threshold, and the liquid composition at this step was taken as starting material for the subsequent sequence, by limiting the number of fractionation events to 6. For the first set of models, this fractionation threshold was fixed at 50 % crystallization (Figs. [10]-[12]); several isobaric cooling/crystallization sequences at 5, 7 and 10 kbar were tested with various starting H_2O concentrations.


FeO
MgO
Al2O3
Na2O
CaO
K2O
Mgnum
ASI
H2O
SiO2
10k0h
7k0h
5k0h
10k3h
7k3h
5k3h
5k0.2h
5k0.5h
5k1h
Perple_X Liq composition (Liq0 to Liq6)
Perple_X fractionated liquid (Liq1 to Liq6)
10k3h Path at 10 kbar, 3.0 wt. % H2O in starting composition
5 kbar fr
7kbar fr
7kbar eq
8 kbar fr
10kbar fr
10kbar eq
10kbar 3H2O fr
rhyolite_MELTS at 5, 7, 10 kbar
Backer and Eggler (1987)
Grove et al. (1990)
Grove et al. (1992)
Villiger et al. (2004, 2007), Nandedkar et al. (2013)
Fram and Longhi (1992)

- **Figure III.11**. Multi-elemental diagrams for modelled liquid compositions using rhyolite-MELTS and Perple_X at 5, 7 and 10 kbar, considering dry (0 H_2O wt.%) to moderately wet (3 H_2O wt.%) starting composition. Experimental petrology for similar liquid starting composition and mid- to lower crustal pressure are taken from Backer and Eggler (8 kbar; 1987), Fram and Longhi (5, 7, and 10 kbar; 1992), Grove et al. (8 kbar; 1990), Grove et al. (8 and 10 kbar; 1992), Villiger et al. (7 kbar; 2007, 10 kbar; 2004), and Nandedkar et al. (10 kbar and 3 H2O wt.%; 2014).

A second set of models was run applying a Monte Carlo approach, by randomly defining the cooling path, and randomly varying the fractionation threshold, and the water content of the initial starting material. A total of 10'000 paths were generated, each of them characterized by a random P-T paths from 1500 to 600°C in a pressure window from 6 to 4 kbar to test in-situ fractionation, and from 10 to 8 kbar to test the potential role of lower crustal fractionation processes. Each path is defined by 128 nodes that are randomly picked in the window, with the only rule that pressure and temperature should never increase. Along each path, a maximum of 6 fractionation events occurs, each of them at a random fractionation threshold between 30 and the rigid percolation threshold (55 %; Vigneresse et al., 1996). The initial water content was randomly chosen between 0 to 3 H_20 wt.% added to the starting material.

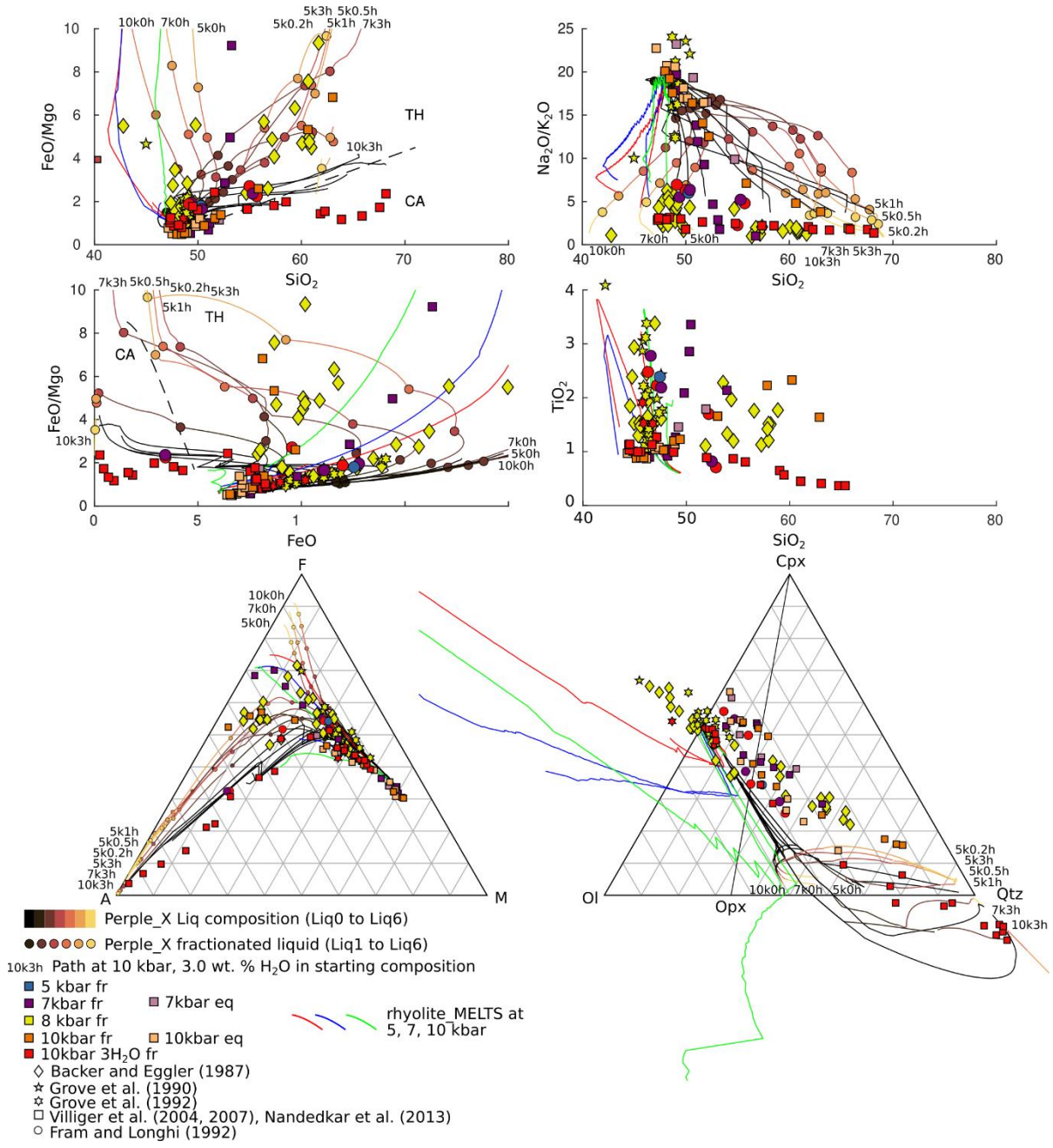


Figure III.12. Specific elemental ratio diagrams. FeO/MgO vs SiO_2 and FeO/MgO vs FeO discrimination diagrams from Miyashiro (1974). Tholeiitic vs. calc-alkaline fiels in the AFM diagram are from Kuno (1968) and Irvine and Baragar (1971). Pseudoternary clinopyroxene-olivine-quartz projection of the liquid compositions (liquid lines of descent) following the projection scheme of Grove et al. (1992) that consists in calculating quartz, plagioclase, olivine, clinopyroxene, iron oxides, orthoclase and apatite normative proportions, then transformed to oxygen units, and projected from plagioclase, orthoclase and iron oxides to the pseudo-ternary diagram. Amphibole composition is located on the left-hand side and outside the Ol-Cpx axis. Details are given in Tormey et al. (1987), Grove et al. (1982) and Grove et al. (1992).

VI.2. Modelled mineral proportions for equilibrium crystallization

Considering the variability of approaches to assess fractional crystallization between the different dataset, we compared at a first stage the output of the different modelling and experimental approaches considering equilibrium crystallization (Figure III.10).

rhyolite-MELTS equilibrium crystallization models (Figure III.10.a,d,g) start from 1430 °C – 10 kbar to 1350 °C – 5 kbar, systematically with orthopyroxene, replaced by clinopyroxene ~ 50 °C below the liquidus. Olivine is present at the liquidus at 5 kbar, but is content increases more importantly at lower temperatures at 5 and 7 kbars (Figure III.10.a,d). Olivine is not present in the 10 kbar crystallization sequence (Figure III.10.g), but garnet is. In all runs, the crystallization products are largely dominated by clinopyroxene (up to ~60 %), and a smaller amount of plagioclase, the latter fraction being more important in the 5 kbar run (Figure III.10.a).

For Perple_X runs, the liquidus is systematically shifted towards higher temperatures, for both dry (0 wt.% H_2O, Figure III.10,b,e,h) initial compositions (liquidus above 1450 °C) and wet (3 wt.% H_2O, Figure III.c,f,i) initial compositions (liquidus above 1400 °C). For dry initial compositions, the crystallization sequence starts with clinopyroxene, plagioclase and orthopyroxene crystallization for dry compositions. Olivine crystallization appears at 1250-1300 °C at 5 and 7 kbar (Figure III.10,b,e, whereas at 10 kbar, spinel is present from 1250 °C on and garnet appears in sub-solidus conditions below 1100 °C on (Figure III.10.h). The clinopyroxene proportion is much lower than predicted from rhyolite-MELTS, with a maximum of 40 wt.% at 10 kbar, and slightly more than 20 wt.% for other experiments. Output from wet initial compositions (Figure III.10.c,f,i) are rather different, with a solidus shifted to much lower temperatures (~750 °C). Clinopyroxene largely dominates the crystallization sequence, but its proportion is radically decreased to 5 wt.% at 10 kbar (Figure III.10.i) and is totally consumed above solidus at 5 and 7 kbar (Figure III.10.c,f). Amphibole appears below 1080 °C at 10 kbar to 970 °C at 5 kbar, and garnet is only present in the 10 kbar experiment, from 1070 to 770 °C. Plagioclase proportion ranges from 20 to a few wt.%, and appears at much lower temperature with respect to the liquidus than for dry runs. Importantly, in all experiments, the proportion of orthopyroxene never exceeds 20 %, is never the most common

ferromagnesian phase, and is only preserved down to the solidus for dry starting composition experiments at 5 and 7 kbar (Figure III.10.b,e). Perple_X results in a Qtz saturation for the 7 kbar wet run with a ~ 1 wt.% (Figure III.10.f), up to 4 wt.% for the 10 kbar wet runs (Figure III.10.i),

In comparison to both rhyolite-MELTS and Perple_X modelling, equilibrium crystallization experiments of Villiger et al. (histograms overlying Figure III.10.d,e,g,h; 2007, 2004) systematically show a liquidus at lower temperatures, olivine is systematically present before being replaced by peritectic reactions forming Cpx and Opx. Their results are also richer in spinel, but poorer in plagioclase.

VI.3. Modelled melt composition for equilibrium and fractional crystallization

Modelled melt compositions largely differ between the two thermodynamic modelling approaches, even with the modelled dry starting material. For both equilibrium and fractional crystallization liquid compositions obtained with rhyolite-MELTS (Figure III.11), SiO_2 decreases quite importantly, down to SiO_2 decreases quite importantly for rhyolite-MELTS results, for both equilibrium and fractional crystallization, even below 45 SiO_2 wt.% for the 7 kbar fractional crystallization experiment. Conversely, MgO constantly decreases and FeO increases (up to 30 wt.%), leading to a systematic decrease in liquid #Mg, guided by the fractionation of ferromagnesian minerals. K_2O and Na_2O increases, up to 1 and 8 wt.% respectively, whereas Ca and Al initially increases before decrease as soon as plagioclase crystallizes and potentially fractionates, leading to systematic increasing ASI values up to 1. On the exception of SiO2 absolute values, the evolution in concentration of other components is similar for the three runs at 5, 7 and 10 kbar. This evolution led to an important increase in the FeO/MgO ratio characteristic of the tholeiitic fractionation trend (Figure III.12), and a constant decrease in the Na_2O/K_2O ratio. In an AFM diagram, the evolution of the liquid composition clearly evolves in the tholeiitic field. The extremely low values for SiO_2 liquid compositions obtained by rhyolite-MELTS lead to a clear SiO2 undersaturation, with liquids evolving rapidly out of the Cpx-Ol-Qtz ternary diagram of the Grove projection (Figure III.12), with a predicted crystallization of leucite, the liquid having a nepheline-normative composition.

Perple_X results for dry initial compositions are rather similar (Figure III.11), with a melt in equilibrium experiments reaching ~ 48 SiO_2 wt.%, but also reaches 41 SiO_2 wt.% or the 10 kbar fractional equilibrium experiment. Meanwhile, FeO increases and MgO decreases leading to a constant decrease in #Mg, governed by the fractionation of ferromagnesian phases. This leads to the formation of melts extremely rich in iron (~ 40 FeO wt.%) for the most differentiated liquids produced after at least 4 liquid-solid separations. Al_2O_3 and CaO systematically decreases, K_2O increases up to maximum 2 wt.% for the fractional crystallization runs, whereas Na_2O increases above 4 wt.% before decreasing. This results in a clear tholeiitic fractionation trend with increasing FeO and FeO/MgO compared to a very limited enrichment in alkaline elements. All together leads to the formation of evolved liquids having a quite low SiO_2 content, but never in undersaturated in SiO_2, as they keep olivine-, pyroxene- and feldspar-normative compositions (Figure III.12).

The evolution of wet melts has been probed by varying the H_2O proportion at 5 kbar (0.2, 0.5, and 1.0 H_2O wt.%) and varying the pressure at 5, 7 and 10 kbar for a 3.0 H_2O wt.% starting composition. All these runs follow very similar liquid evolutions, even for an initially very small amount of water, and all radically different from the initially dry compositions. SiO_2 initially decreases, similarly than for dry melts, before increasing up to 60-70 SiO_2 wt.% and slightly decreasing at the end of the sequence. MgO constantly decreases, but FeO initially increases, but strongly decreased as soon as amphibole saturates, which occurs after variable crystallization fraction and therefore increase in FeO. The melt composition reaches 8 FeO wt.% for 3 H_2O wt.% initial concentration, whereas it reaches almost 18 FeO wt.% for 0.2 H_2O wt.% initial concentration. However, the final liquid composition is systematically very low in FeO and MgO, with less than 2 FeO wt.%. The CaO steadily decreases from 12 wt.% to ~1.5 wt.%, while the K_2O content steadily increases up to maximum 3 wt.% for the 5 kbar wet runs. Al_2O_3 gently decreases with differentiation, before constantly decreasing to 14 wt.%, meanwhile Na_2O increases up to 6 to 8 wt.% before decreasing back to 4 wt.%. This results in an ASI rapidly evolving to unity, before moving to higher values for quite differentiated liquids, after several fractionation events (Figure III.11). The FeO/MgO ratio over SiO_2 and FeO clearly shows that the differentiation trend evolves towards the tholeiitic field before extremely low FeO

values shift differentiated liquids towards the calco-alkaline field, clearly visible on the AFM diagram (Figure III.12). The increasing SiO_2 together with a strong enrichment in Na_2O and K_2O compared to CaO, FeO and MgO make liquid composition descending towards and exceeding the Opx-Qtz poles in the Grove ternary projection, indicating a Qtz-saturation.

VII. Discussion

VII.1. Crystallization sequences and fractionation trends from experimental results

To a first order, the different modelling approaches and softwares are able to replicate expected results regarding the differentiation of tholeiitic melts, such as the strong enrichment in FeO and limited enrichment in alkalii for dry melts modelled with both rhyolite-MELTS and Perple_X (AFM diagram in Figure III.12). In addition, the evolution of wet liquids modelled with Perple_X are also able to replicate their characteristic enrichment in alkaline elements. This relation is caused by the important reduction in feldspar proportions together with an appearance of plagioclase that is shifted to much lower temperatures (Figure III.10) hence much later in the liquid line of descent, as also obtained from experiments (Müntener et al., 2001). The Al_2O_3 evolution is also consistent: dry melts keep rather low ASI values through differentiation (ASI = 0.9-0.95), whereas wet melts ASI is much higher. ASI values are also with fractionation depth, from 0.98 for 5 kbar fractionation, up to 1.10-1.20 values for 10 kbar fractionation and starting with an increase in ASI at constant SiO_2, all these consistent with what can be expected for wet initial melts (Blatter et al., 2013; Turner and Langmuir, 2015). Also, differentiated liquids obtained from wet starting material shows more silica-rich (andesitic to dacitic) quartz-normative compositions, caused by the co-fractionation of amphibole and garnet at high pressure (Alonso-Perez et al., 2009). The evolution of FeO/MgO vs. SiO_2 duplicates the strong separation between tholeiitic and calco-alkaline trends depicted by Miyashiro (1974), since wet melts keep very low FeO/MgO ratio, whereas it increases to much higher values for dry melts. A caution should however be made here since, the evolution of FeO is strongly influenced by fO_2 and only high fO_2 can lead to the very low FeO/MgO ratio typical

for calc-alkaline differentiation trends (Alonso-Perez et al., 2009; Sisson et al., 2005). We should highlight that our Perple_X models suffers from two flaws: (1) the non-integration of fO_2, and (2) the non-integration of TiO_2 that inhibits any fractionation of Fe-Ti oxydes which moderate the FeO content of liquids but since Fe-Ti oxides are expected to fractionate late in the liquid line of descent, this likely affects the most evolved liquids.

For dry initial compositions, radical differences emerge between rhyolite-MELTS predictions and what can be computed with Perple_X and what was produced by Villiger et al. (2007, 2004). First MELTS departure from the quartz-orthopyroxene axis is attributed to the crystallization of orthopyroxene predicted by rhyolite-MELTS reaching nepheline-normative hence quartz-undersaturated compositions, whereas clinopyroxene starts initially with Perple_X. The liquid evolution is however moving towards the quartz-orthopyroxene axis as soon as clinopyroxene crystallizes and fractionates, in all models and experiments. A major shift occurs afterwards, as soon as plagioclase crystallizes in rhyolite-MELTS, where all runs led to liquid compositions moving far from the quartz pole, and very rapidly towards silica undersaturated compositions with nepheline-normative compositions. Such large difference is chiefly explained by the difference in computed feldspar composition: for the 7 kbar run, plagioclase composition ranges from An = 80 – Si = 2.20 apfu at 1210 °C to An = 62 – Si = 2.38 apfu at 1000°C for rhyolite-MELTS, An = 91 – Si = 2.10 apfu to An = 71 – Si = 2.30 apfu for the dry Perple_X run, and An = 95 – Si = 2.04 apfu to An = 92 – Si = 2.07 apfu at similar conditions. The much higher Si content of plagioclase predicted by rhyolite-MELTS shifts the residual liquid to silica undersaturated compositions, and this difference is even more amplified for fractionated crystallization runs, which leads to an extreme difference in liquid line of descent between the different models.

VII.2. Crystallization sequences in the Sondalo gabbroic complex

Petrographical observations indicate that the crystallization sequence in the Sondalo gabbroic complex systematically starts with plagioclase, followed by olivine, since plagioclase is systematically euhedral to subhedral and included into olivine in troctolite (Figure III.3.a). The sequence continues with the crystallization of the two pyroxenes that are systematically interstitial in these rocks. In that sense trace element

composition of minerals is eloquent: on the exception of plagioclase and biotite, all phases show a negative Eu anomaly (Figure III.9), indicating a crystallization after plagioclase. Plagioclase crystallizing before pyroxene requires however peculiar relations. First, the presence of H_2O shifts the appearance of plagioclase at moderate pressure to low temperatures and after pyroxene crystallization (Figure III.10) and even suppress the crystallization of plagioclase in favour of amphibole and garnet at 10 to 12 kbar (Figure III.10; Alonso-Perez et al., 2009; Müntener et al., 2001). Lower pressure fractionation also favours plagioclase that can co-crystallize with clinopyroxene, and in large volumes (Figure III.10.e,h; Villiger et al., 2007, 2004). Olivine is digested by peritectic reactions since even in most of the troctolite rocks, olivine crystals are subhedral and rimmed by pyroxene (Figure III.3.b).

Amphibole, systematically rimming pyroxene in troctolite and gabbros (Figure III.3.b,c) or having a few pyroxene inclusions in gabbros (Figure III.3.d) replaces pyroxenes by peritectic reactions. From troctolite to gabbro to norite, orthopyroxene proportion increases whereas clinopyroxene proportion decreased, which will be discussed afterwards.

Biotite is systematically observed, has magmatic textures and is very interstitial, indicating that it crystallizes from the melt in the end of the sequence. In some rocks, notably in norite, it presents intergrowth microstructure with quartz (Figure III.3.f) when in contact with orthopyroxene. We interpret this microstructure as attesting of peritectic reaction with melt Opx+Liq → Bt+Qtz can be ascribed to back-reaction with melt (Waters, 2001). This back reaction of biotite replacing orthopyroxene explains the HREE increasing profile of some of the biotite grains in troctolite and norite (Figure III.9), inheriting from orthopyroxene their high concentration in HREE.

From the microstructural and compositional records above described, no trace of strong sub-solidus modifications were identified, compared to what can be observed in deep systems. This is for instance attested by the Al_2O_3 vs. Mg# composition of clinopyroxene that shows a clear trend excluding any sub-solidus processes (Jagoutz et al., 2007).

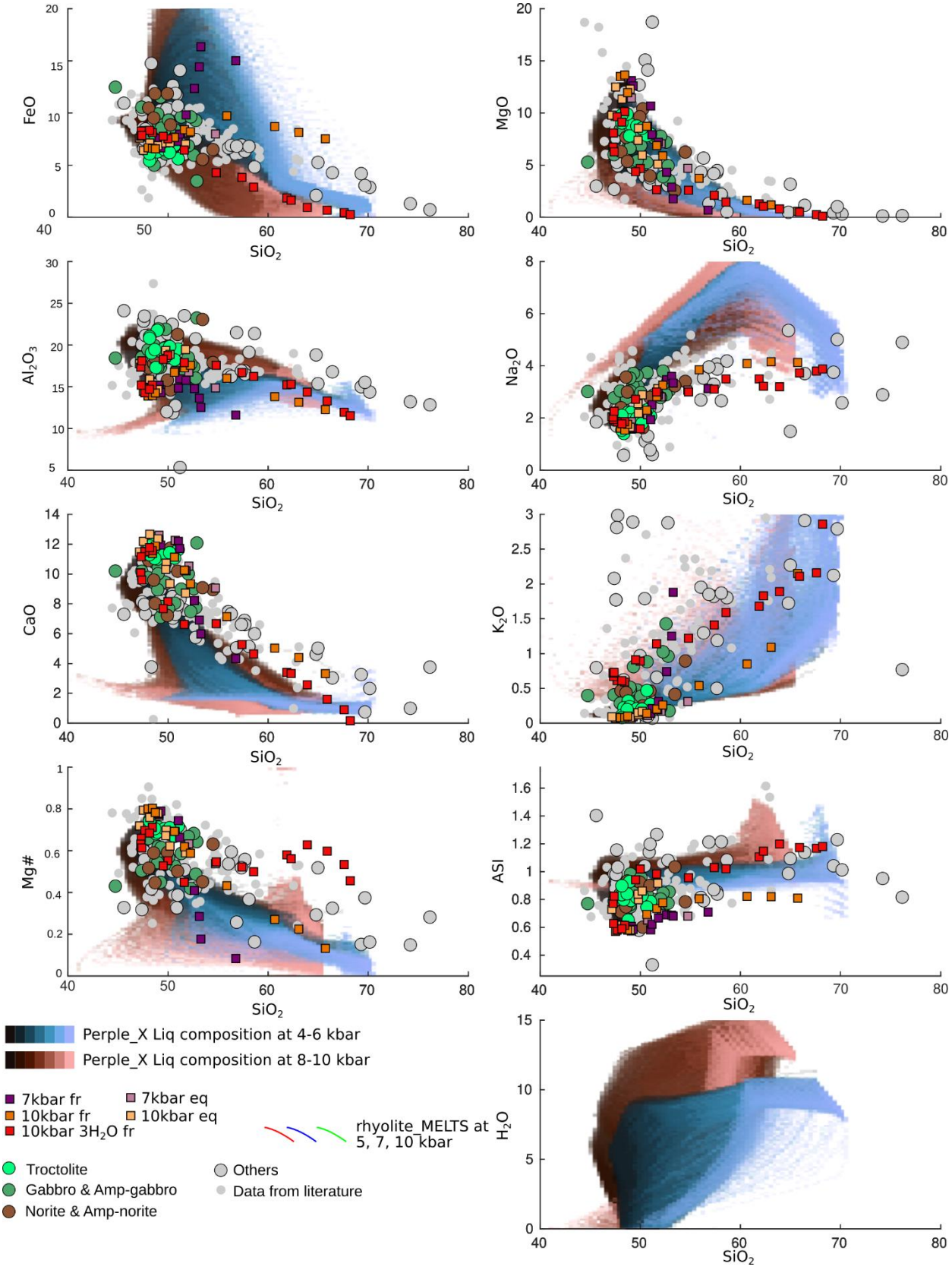

FeO
MgO
Al_2O_3
Na_2O
CaO
K_2O
Mg#
ASI
H_2O
SiO_2
Perple_X Liq composition at 4-6 kbar
Perple_X Liq composition at 8-10 kbar
7kbar fr
7kbar eq
10kbar fr
10kbar eq
10kbar 3H_2O fr
rhyolite_MELTS at 5, 7, 10 kbar
Troctolite
Gabbro & Amp-gabbro
Norite & Amp-norite
Others
Data from literature

Figure III.13. Multi-elemental diagram and elemental ratios vs.SO2 for rocks from the Sondalo gabbroic complex (troctolite, gabbro, norite and more differentiated rocks; see caption of Figure III.4). Reported experimental liquid compositions at 7 and 10 kbar for dry starting material (Villiger et al., 2004; 2007) and moderately wet starting material (Nandedkar et al., 2014). Monte Carlo Perple_X models retrace 10,000 liquid compositions for fractional crystallization from dark (parental liquid) to light colours (most differentiated liquid after 5 fractionation events) by varying the fractionation threshold from 30 to 70 crystal fraction, initial H2O from 0 to 4 wt.%, and for 2 pressure ranges: red to 8-10 kbar to model lower crustal fractionation, and 4-6 kbar to model mid-crustal fractionation. The opacity retrace the number of liquid compositions per "pixel" from no liquid composition (transparent) to the most possible (opaque).

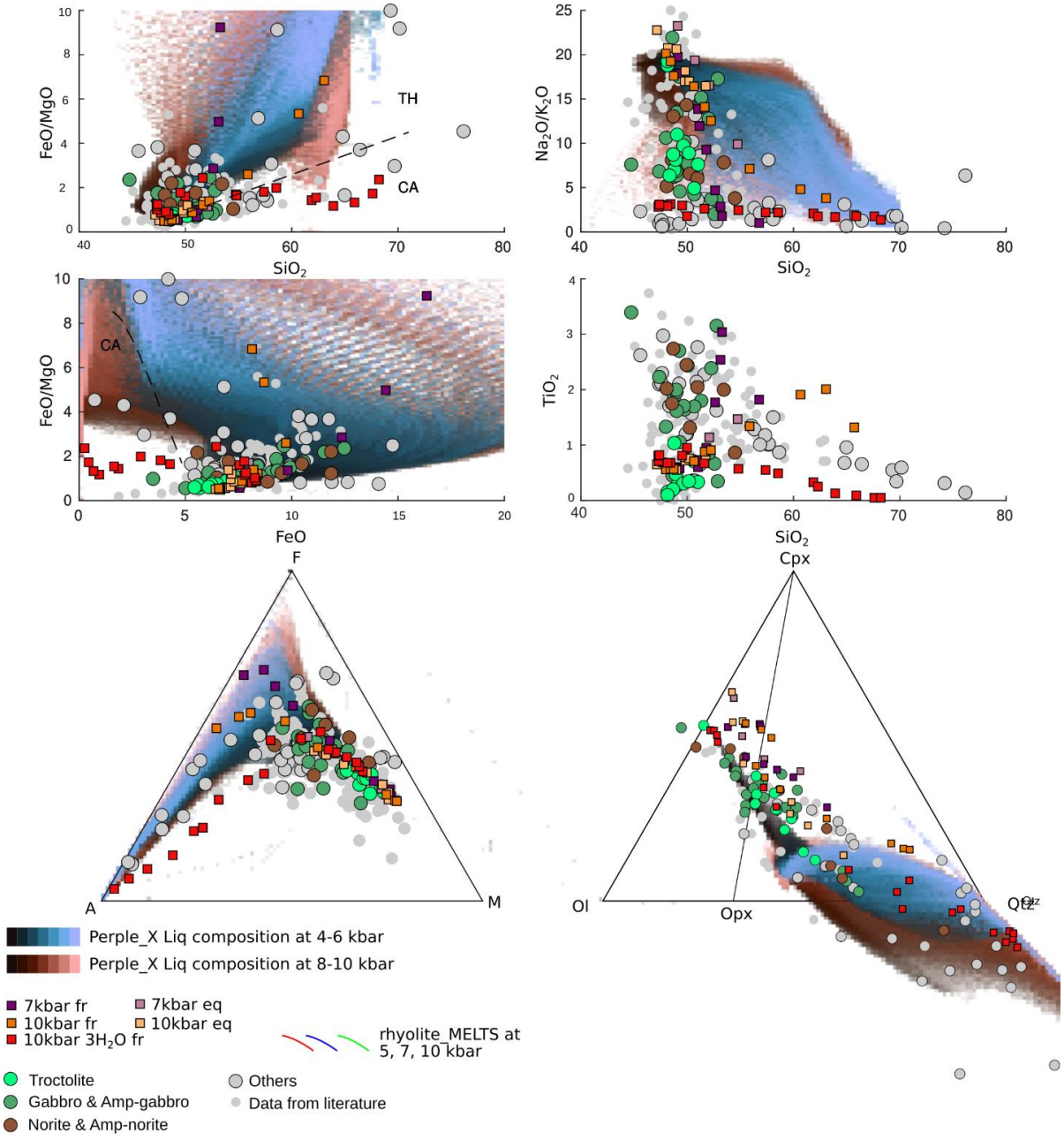


Figure III.14. Specific elemental and elemental ratio diagrams. See caption of Figures III.5 et III.13 for details.

VII.3. Whole-rock trace element evolution

Studied rocks from the Sondalo gabbroic complex are generally cumulates, notably for the troctolite that have strong Eu and Sr positive anomalies and decreasing REE profiles, indicating that plagioclase was the main cumulatic phase. Other ferromagnesian minerals richer in REE or with a increasing REE profile are not imposing their trace element signature, on the exception of a few rocks (troctolite BPA 021-21a and norite BPA 019-21a) that are both enriched in REE, with decreasing concentrations from LREE to HREE and an absence or a gentle Eu positive anomaly. Their profile is identical to clinopyroxene and amphibole trace element composition, indicating that these two rocks accumulated pyroxene or amphibole over plagioclase.

VII.4. Differentiation of the Sondalo gabbroic complex

Regarding major element composition, troctolite to norite rocks from the Sondalo gabbroic complex are following a typical differentiation trend for tholeiitic melts, notably attested by the increase in TiO_2 at constant SiO_2 (Figs [5] and [14]; Hermann et al., 2001), which radically differs from calc-alkaline differentiation trends, even produced with a small amount of water (see Figure III.12 ; Nandedkar et al., 2014). Compositional trends are, in general, overlying modelled liquid line of descent for fractional crystallization (Figure III.13). The MgO concentration chiefly follows the predicted evolution at 4 to 6 kbar, whereas the FeO increases to a much less extent that what was modelled for evolved liquids, as expected from the non-integration of Ti in the thermodynamic modelling (see discussion above). Discrimination diagrams are also eloquent, showing tholeiitic differentiation trends with increasing FeO/MgO together with increasing FeO (Figs [5], [14]).

However, the liquid evolution is not satisfactory regarding Al_2O_3, Na_2O and K_2O. Despite selecting the least contaminated rocks from the complex, the K_2O content of the rock series is much higher than what can be expected from both thermodynamic models and experimental results (Figure III.13) resulting in unexpectedly low Na_2O/K_2O values (Figure III.14). This increase in K_2O explains the systematic appearance of biotite across the complex, even in troctolite.

VII.5. Role of assimilation

The Cpx-Ol-Qtz pseudo-ternary diagram shows that rocks from the Sondalo gabbroic complex spread from Ol-Cpx-Opx normative compositions to Cpx-Opx-Qtz, some of the rocks being on the Opx-Qtz axis and even overpassing the axis. This indicates a quite differentiated, quartz-normative composition, that can be explained either by amphibole fractionation produced by wet starting material (Figure III.14 and e.g., Nandedkar et al., 2014) or by crustal contamination and the addition of SiO_2-rich melts which were inferred by Tribuzio et al. (1999).

Assimilation of host-rock material in the Sondalo gabbroic complex seems to play an extremely important role, even for the least differentiated rocks. Contamination have been already supposed by trace element modelling and isotopic signature of troctolites from Tribuzio et al. (1999). We stress here that the contamination had a much deeper role in major element composition, in modifying the crystallization sequence, and changing phases proportions, in addition to applying modifications on trace element composition.

First, the slight increase in K_2O stabilize magmatic biotite of phlogopite composition, even in troctolite. Biotite was never predicted, neither by our thermodynamic modelling, nor by experiments (Figure III.10).

Second, the contamination increases Al_2O_3 in the mafic melt. The anorthite is richer in Al_2O_3 than albite and is hence favoured. This explains why the An content of plagioclase remains high from troctolite to norite (Figure III.8), but it also avoids CaO to be available for clinopyroxene fractionation. As a result, orthopyroxene is over-represented and even the only ferromagnesian phase in some rock samples. Such a mechanism can be summarized by Cpx + Sil → An + Opx, inferred by Bowen (1928) and clearly demonstrated e.g., by Beard et al. (2017). This explains the peculiar modal composition of the Sondalo gabbroic complex with respect to other intra-crustal gabbroic complexes such as the Feddoz and the Braccia gabbro (Hermann et al., 2001), or the Ivrea mafic complex (Sinigoi et al., 1994) for which norite are rarely documented.

Third, the preference of crustal contamination over amphibole fractionation is also seen in rock trace element composition, notably regarding the Nb/Ta ratio. Both elements are not fractionated except if rutile, biotite or amphibole is involved in the differentiation or the contamination. In general, rutile (Xiong et al., 2011) and biotite (Stepanov and

Hermann, 2013) have both a stronger affinity for Ta over Nb. The Nb/Ta ratio of troctolite ranges from ~10 to 13 that corresponds to low but still standard values of the mantle. This ratio increases to 16 in norite, showing a contribution of a high Nb/Ta reservoir during the differentiation. Amphibole fractionation would lead to lower the Nb/Ta ratio of fractionated melts (Li et al., 2017), which is the contrary of assimilating a high Nb/Ta reservoir, i.e. rich in biotite or rutile. The meta-sedimentary host-rocks in which the Permian gabbroic complexes are emplaced in the Eastern Alps are ideal candidates, being muscovite and biotite-rich in the middle crust (Petri et al., 2016) and biotite-poor and rutile-bearing in the lower crust (Ewing et al., 2023). Yet, rutile is rather refractory and hardly assimilated compared to micas. We therefore favour here a “local” contamination from the host-rock of the Sondalo gabbroic complex, i.e. the Campo unit metasediments. The magmatic complex presents large and numerous septa passing across biotite-out metamorphic isograde from the margins to the centre of the complex which corresponds to the biotite dehydration-melting reaction (Petri et al., 2016). This contamination is likely boosted by the mode of emplacement of the complex, with the coalescence of several dikes which causes the formation of the septa (Petri et al., 2018) and thus facilitates host-rock – melt thermal and chemical exchanges.

VII.6. Depth of crystallization and fractionation

The depth of fractionation has a strong effect on the crystallization sequence, and on the fractionated mineral proportions. Wet melts fractionated at depth are governed by amphibole fractionation, explaining the formation of highly silica-rich melts in arc systems (Figure III.14; Reubi and Müntener, 2022). In addition, high-pressure fractionation of dry melts predicts higher clinopyroxene proportion (Figure III.10), causing less ferromagnesian differentiated melts in case of lower crustal differentiation compared to mid-crustal differentiation (Figure III.13). This trend is not observed, and the large proportion of plagioclase compared to pyroxene in the Sondalo gabbroic complex, may indicate an in-situ, mid-crustal fractionation. The large contribution of melts formed on the expense of biotite (or host-rock biotite itself) is in line with this scenario. In that sense, the formation of more differentiated and silica-rich melts observed of the Sondalo gabbroic

complex is expected to be more a result of crustal contamination than amphibole fractionation at depth.

VIII. Conclusion

We detail here the petrological relations and chemical compositions of the most primitive rocks from the Sondalo gabbroic complex, namely troctolite, gabbro and norite, with a various amount of amphibole and biotite. Major element composition of the various lithologies show a typical mid-crustal tholeiitic differentiation trend with an early crystallization of plagioclase in large proportions, which is confirmed by petrographical observations and trace element composition of phases. The assimilation of metasedimentary material derived from the host-rock strongly limits the crystallization of clinopyroxene which is replaced by orthopyroxene and plagioclase anomalously rich in anorthite. We show that the studied rocks are largely cumulatic, and are the result of a mid-crustal differentiation, without involving deeper fractionating reservoirs.

Acknowledgments

Eric Pelt, Étienne Skrzypek, Olivier Reubi and Alexey Ulianov are warmly thanked for their help with the analytical work. Othmar Müntener is thanked for fruitful discussions. This study was funded by a doctoral contract of the University of Strasbourg to M. Morin, ITES internal support, the Austrian-French PHC Adameus “Dynamics and Timing of Orogenic Magmatism” (PI: Petri Benoît and Skrzypek Etienne). This research also received funding from the programme TelluS of the Institut National des Sciences de l’Univers, CNRS (project ITEM-DIMA, PI: Morin and Petri).

Chapitre IV.

Modes et impacts de la contamination crustale : l'exemple du complexe gabbroïque de Sondalo (Italie du Nord)

I. Introduction

Bien que la cristallisation fractionnée reste un processus majeur dans les mécanismes de différenciation (e.g. Bowen et al., 1982 ; Hunter et Sparks, 1987), dans de nombreux cas, la contamination crustale peut jouer un rôle relativement important dans la différenciation des magmas. Les processus de contamination crustale sont nombreux (e.g., fusion partielle des roches encaissantes puis mélange de magmas, hybridation, assimilation crustale, etc.) et sont modulés par exemple par la fertilité des roches encaissantes à différents niveaux de croûte.

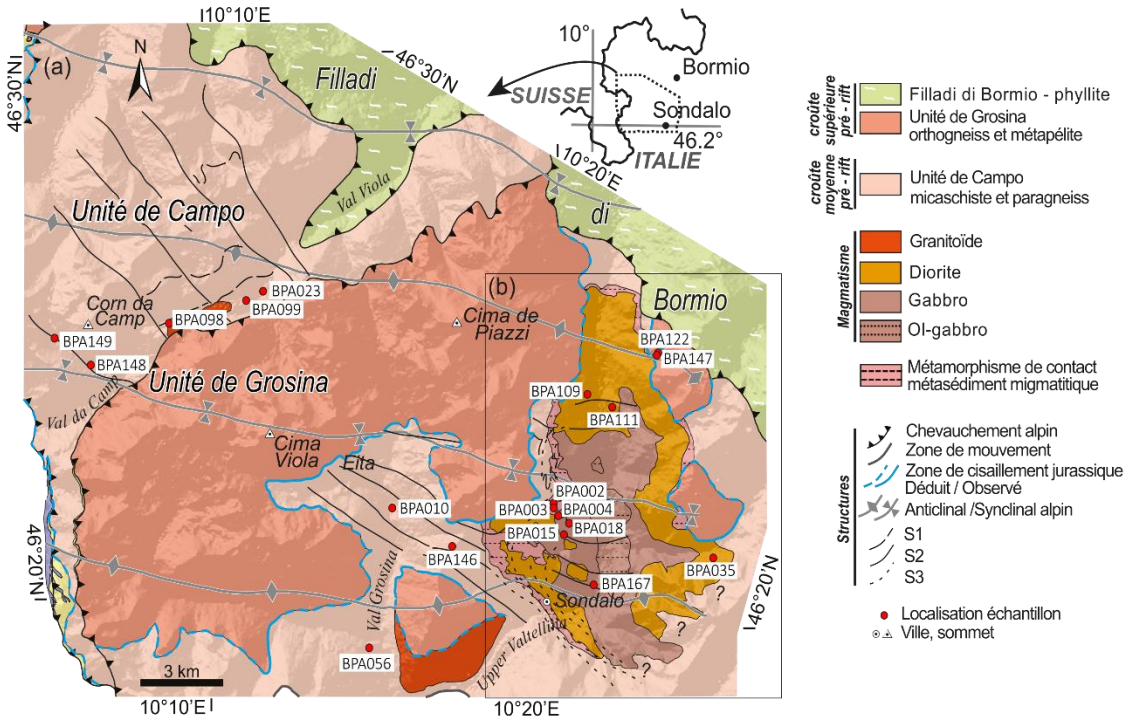
Ces processus sont très largement étudiés dans la croûte inférieure dans les systèmes d'arcs magmatiques (e.g. l'arc du Kohistan, au Nord-Ouest du Pakistan, Jagoutz et al., 2011 ; 2014 ; Chaîne des Cascades, au Nord de la Californie ; Grove et al., 1982 ; ou plus généralement : Kelemen et al., 2014 ; Clemens et al., 2021) dont des modèles alternatifs ont été développés dans les systèmes ouverts, par exemple : l'assimilation crustale couplée à la cristallisation fractionnée (AFC/EC-AFC ; e.g. DePaolo, 1981 ; Watson, 1982 ; Aitcheson et Forrest, 1994 ; Borhson et Spera, 2001 ; 2007 ; Spera et Borhson, 2001) ou bien une combinaison de fusion crustale, d'assimilation, de stockage et d'homogénéisation (MASH ; Hildreth et Moorbath, 1988 ; Walker et al., 2015). Cependant, les systèmes d'arcs et les systèmes magmatiques intracontinentaux post-orogéniques diffèrent en de nombreux points ; les leçons prisent dans les systèmes d'arcs ne peuvent donc pas être directement transposés aux systèmes post-orogénique (voir introduction générale).

Comprendre quels sont ces processus et quels sont leurs rôles respectifs dans la différenciation des magmas ne fait pas consensus et reste un défi majeur dans la compréhension et la formation des systèmes magmatiques notamment dans les contextes post-orogéniques. Deux sections crustales ont notamment été décrites dans les Alpes, où des systèmes magmatiques permiens affleurent : dans les Alpes du Sud avec le système magmatique de Sesia et dans les Alpes de l'Est (Schaltegger et Brack, 2007). Dans les Alpes de l'Est, l'affinité tholéiitique des magmas primitifs permiens en

croûte inférieure (unité de Malenco et Margna inférieure) et moyenne (unité de Campo) contraste avec l'empreinte géochimique des granitoïdes en croûte moyenne et des granitoïdes et roches acides volcaniques en croûte supérieure (Unité d'Err-Julier et Bernina) d'âge carbonifère supérieur – permien inférieur d'affinité calco-alcaline (croûte supérieure ; Del Moro et Notarpietro, 1987 ; Rottura et al., 1998 ; Hermann et al., 1997 ; Tribuzio et al., 1999). Ceci est également observée dans les Alpes du Sud entre la zone d'Ivrée-Verbano (croûte inférieure et moyenne) et la série Dei Laghi (croûte supérieure ; Voshage et al.,1990 ; Sinigoi et al., 1994 ; Schaltegger et Brack, 2007 ; Quick et al., 2009 Tavazzani et al., 2020).

Le but de ce chapitre est de comprendre et contraindre quels sont les modes et les impacts des processus de contamination crustale dans la différenciation des systèmes magmatiques post-orogéniques de croûte moyenne, notamment avec l'exemple de l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo (au Sud-Est de la Suisse et au Nord de l'Italie). La croûte moyenne semble être, a priori, un lieu particulièrement intéressant : elle est encore relativement fertile et les liquides magmatiques, peu différentiés bénéficiant d'un budget thermique suffisamment élevés, tous deux favorisant les échanges physico-chimiques entre magma et roches encaissantes, comparée à la croûte inférieure qui est rendue stérile par les événements tectono-métamorphiques précédents. Cette étude est basée sur une approche multi-méthodes combinant pétrologie et géochimie (roche totale et in situ sur éléments majeurs, mineurs et traces et compositions isotopiques) ainsi que des modélisations thermodynamiques, géochimiques et isotopiques.

II. Zone d'étude est observation de terrain



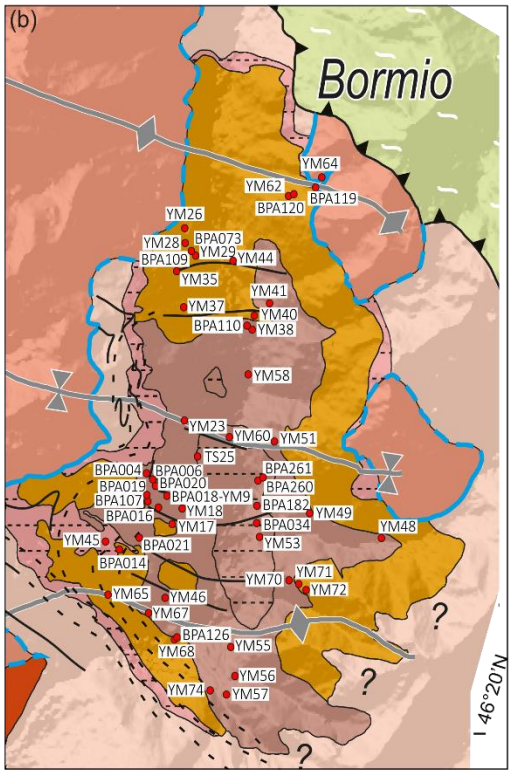


Figure IV. 1. (a) Carte lithotectonique de l'unité de Campo-Grosina et (b) Carte lithotectonique du complexe gabbroïque de Sondalo**.** Les points rouges marquent la position des échantillons utilisés dans ce chapitre (d'après Petri et al., 2016 ; les données GPS sont disponibles en annexe n°1)

L'unité de Campo est une unité de croûte moyenne pré-rift, composée principalement de micaschistes et de paragneiss (Figure IV.1.a). Ces roches préservent une foliation S1 à de rares endroits azimut NE-SE et plus généralement une foliation S2 à azimut NO-SE dont la formation est synchrone du métamorphisme régional (Petri et al., 2016). Ces roches sont recoupées par différents intrusifs mafiques et felsiques permiens et notamment par le complexe gabbroïque de Sondalo (Figure IV.1.b). L'intrusion de ce complexe a généré une auréole de contact d'environ 700 m d'épaisseur dans les roches encaissantes de l'unité de Campo, engendrant un métamorphisme de faciès amphibolite supérieur dans l'auréole et dans les septa aux bordures du pluton et jusqu'au faciès granulitique dans les septa au centre du pluton (Petri et al., 2016).

Le complexe gabbroïque de Sondalo est une intrusion de 40 km², orientée Nord-Sud et est concentriquement zonée (Tribuzio et al., 1999 ; Petri et al., 2017 ; Figure IV.1.b). En effet, on retrouve des troctolites et des gabbros à olivine au centre, des gabbros et des norites dans la zone intermédiaire et des diorites et granitoïdes en bordure du pluton (Campiglio et Potenza, 1964 ; 1966 ; 1967 ; Tribuzio et al., 1999 ; Braga et al., 2001 ; Petri et al., 2017). L'auréole de contact générée par le pluton est composée de métapélites migmatitiques (Petri et al., 2016). Les septa du faciès amphibolites et du faciès granulites retrouvés, respectivement, dans la zone de bordure et au centre du pluton sont principalement des restites et des migmatiques, préservant la foliation S2 du métamorphisme régional (voir Chapitre I, pour plus de précision ; Petri et al., 2016).

Les échanges entre magmas et roches encaissantes sont observés de différentes manières sur le terrain, par exemple, par : (1) des zones migmatitiques métasédimentaires dans l'auréole de contact (Figure IV.1.a) avec, (2) de l'auréole de contact jusqu'au au centre du pluton, des zones leucocrates de « transition » riches en plagioclase et grenat autour des septa ou autour de petites portions de métasédiments « digérés » (Figure IV.1.b et f) ; (3) l'observation de petits filonnets leucocrates semblant être des chenaux de transferts réactifs de fluides et/ou de liquides des métasédiments vers les gabbros (Figure IV.1.c et d) ; (4) une augmentation en quantité de minéraux tels que la biotite, le grenat et même de la cordiérite magmatique autour des septa métasédimentaires ; (5) l'observation de zone de « mingling » entre des gabbros et des diorites leucocrates en bordure du pluton (Figure IV.1.g) ainsi que (7) des injections de

liquide granitique dans les diorites et ; (6) des percolations de liquides leucocrates riches en grenat et plagioclase dans les métasédiments en bordure du pluton (Figure IV.1.h)

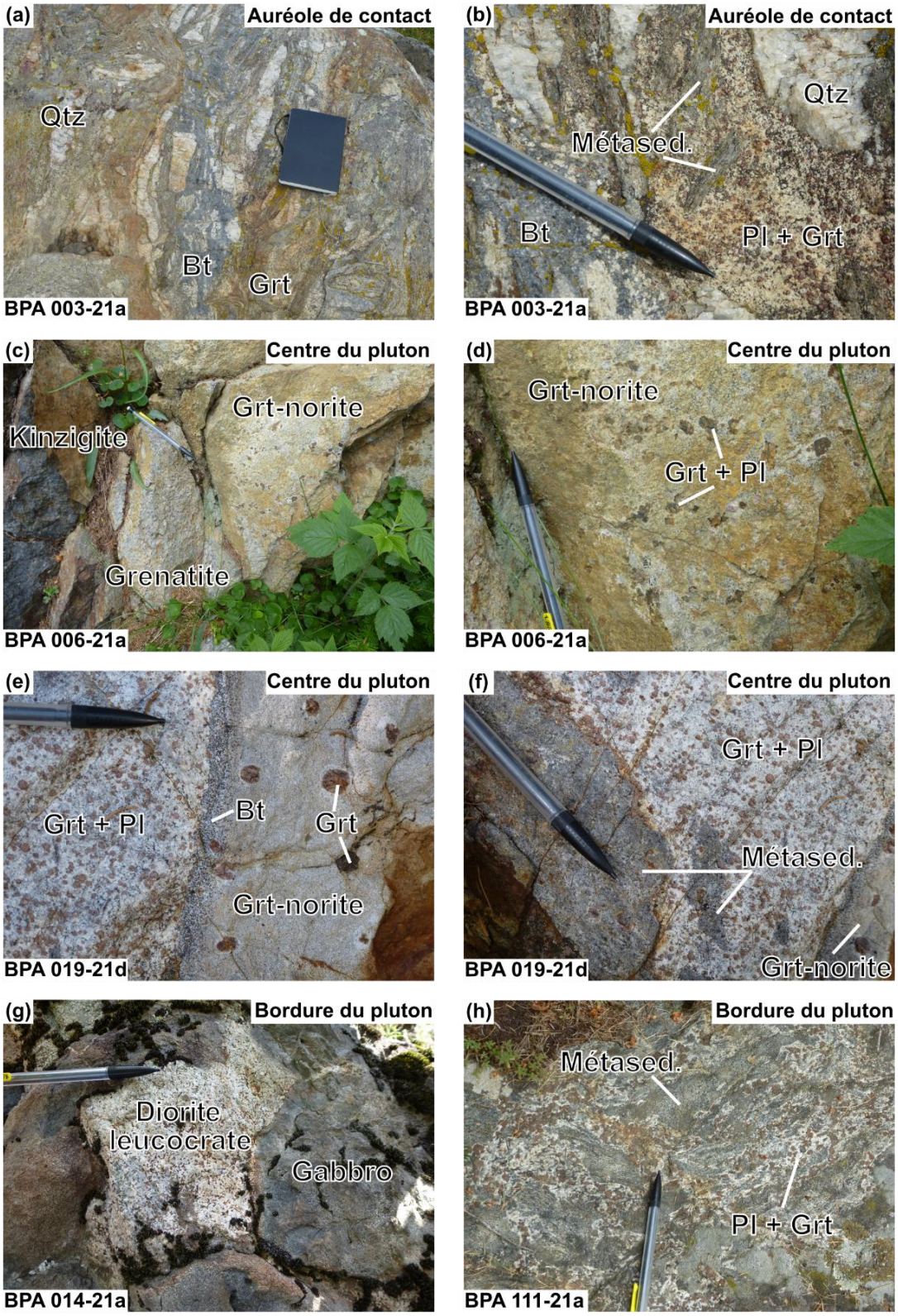


Figure IV.2. Photographies de terrain. (a) et (b) migmatites métasédimentaires du faciès amphibolite de l'auréole de contact ; (c) et (d) zones de chenaux de transferts de fluides et/ou liquides composées essentiellement de plagioclase et grenat entre les septa métasédimentaires et le mush gabbroïque ; (e) et (f) contact entre une zone de « transition » leucocrate et des norites à grenat ; (g) contact entre le gabbro et la diorite leucocrate et (h) zone de percolation de liquide dans les métasédiments. (Qtz = quartz ; Pl = plagioclase ; Grt = grenat ; Bt = biotite ; voir annexe n°1 pour la localisation des affleurements)

III. Descriptions pétrologiques

III.1. Observations pétrologiques

Les troctolites

Les troctolites sont essentiellement composées d'un assemblage Ol–Px–Amp–Pl–Bt. Les olivines et les plagioclases sont automorphes à sub-automorphes voire xénomorphes. Les clinopyroxènes sont très souvent poïkilitiques, également automorphes à arrondis et sont même interstitiels dans certains échantillons (e.g. BPA 260-21j ; BPA 021-21a et BPA 260-21d). Les orthopyroxènes forment principalement des couronnes autour des olivines), mais sont également présent sous forme de grains automorphes à sub-automorphes, parfois interstitiels (e.g. BPA 260-21j ; BPA 021-21a et BPA 260-21d). Ils forment parfois des exsolutions dans les clinopyroxènes (e.g. BPA 260-21g et BPA 260-21a). Les amphiboles sont brunes et sont présentes sous différentes formes telles que : (1) en bordure de tous les minéraux ferromagnésiens ; (2) en exsolution dans les orthopyroxènes et clinopyroxènes (e.g. BPA 260-21b) ; (3) poïkilitiques, enveloppant localement l'ensemble des minéraux (e.g. BPA 182-21a) et ; (4) sous forme automorphes à sub-automorphes dans certains échantillons (e.g. BPA 260-21b et BPA 021-21a). Les biotites (phlogopites) sont rares, souvent interstitielles et en association avec les amphiboles.

Les gabbros

Les gabbros sont principalement composés d'un assemblage Cpx–Amp–Bt–Pl. Les plagioclases sont souvent plurimillimétriques, automorphes à sub-automorphes montrant parfois des microstructures sériatiques et fluidales dans certains échantillons (e.g. YM 41a et YM 57a). Les clinopyroxènes et orthopyroxènes sub-automorphes sont rencontrés parfois en agrégats (YM 74a et YM 74b). Les orthopyroxènes peuvent être également poïkilitiques (YM 41a). Quelques orthopyroxènes arrondis sont observés en

inclusion dans les plagioclases (YM 57a). Les amphiboles sont présentes en couronne autour des pyroxènes (e.g. YM 57a ; YM 74a et b) et sont également poïkilitiques en association avec la biotite, elle-même poïkilitique (YM 41a). On observe également une très faible quantité de quartz interstitiel dans certains échantillons (e.g. YM 41a). Quelques échantillons montrent une forte altération par la chlorite et dont les reliques de minéraux ferromagnésiens sont très peu présentes. Les plagioclases restent cependant bien préservés dans ces échantillons (e.g. BPA 182-21b et YM 49a).

Les gabbros à amphibole sont très variables en composition à l'échelle de l'échantillon. Ils sont cependant composés essentiellement d'un assemblage Px–Amp–Bt–Pl ±Qtz. Les plagioclases sont automorphes à sub-automorphes et contiennent, selon les échantillons, de nombreuses inclusions de biotites, d'amphiboles et de quartz. Pour les amphiboles, on peut observer deux générations : (1) l'amphibole brune, interstitielle est en association avec la biotite et (2) l'amphibole verte, automorphe à sub-automorphe, en remplacement de l'amphibole brune (e.g. YM 68a) et sous forme de phénocristaux en amas. Quelques orthopyroxènes sont parfois préservés en inclusion dans les amphiboles brunes (e.g. YM 37a). Les clinopyroxènes sont très peu nombreux et remplacés par l'amphibole brune (e.g. YM 60a et YM 65a). La quantité de biotite est variable en fonction des échantillons, souvent interstitielle ainsi qu'en inclusion dans les amphiboles. Les biotites sont parfois également sous forme de grands cristaux rougeâtres en association avec l'amphibole verte (e.g. YM 44a). Quelques échantillons présentent une quantité importante de quartz interstitiel (e.g. BPA 110-12f et YM 44a).

Quelques échantillons de gabbros montrent une paragénèse particulière, constituée d'un assemblage Grt–Crd–Pl–Bt. Les plagioclases sub-automorphes et sont entourés de quartz interstitiels. Les grenats et les cordiérites sont automorphes et porphyroclastiques. La biotite est principalement présente autour des cordiérites, inclue dans ces dernières (e.g. Figure IV.3.a) et dans le grenat et est également rare et interstitielle entre les cristaux de plagioclases. Des reliques, peu préservées, d'orthopyroxènes sont observées dans un échantillon. Un de ces échantillons présente également des domaines composés de métasédiments partiellement assimilés, composés d'agrégats à grains fins de biotites, feldspaths et spinelles (BPA 020-11b).

Les norites

Les norites (ou norites à biotite) sont essentiellement composées d'un assemblage Opx–Bt–Pl ±Qtz. Les plagioclases sont automorphes à sub-automorphes. Les orthopyroxènes sont sub-automorphes et semblent être déstabilisés voire consommés au contact de la biotite. Les biotites sont rougeâtres et montrent une microstructure de HT (interdigitation Qtz+Bt ; e.g. BPA 020-11e). Le quartz est rare et interstitiel.

Les norites à amphibole sont essentiellement constituées d'un assemblage Opx–Amp–Bt–Pl ±Qtz. Les plagioclases sont principalement sub-automorphes. Les orthopyroxènes sont automorphes à sub-automorphes voire même xénomorphes (très arrondis) dans certains échantillons (e.g. YM 70a et YM 38a). Selon les échantillons, les amphiboles brunes sont interstitielles et parfois autour des orthopyroxènes (e.g. TS 25a), peuvent également être stables avec les orthopyroxènes et en inclusion dans ces derniers (e.g. BPA 019-21a). Dans un échantillon, l'amphibole est poïkilitique, renfermant de rares clinopyroxènes automorphes à sub-automorphes (YM 38a). Dans d'autres échantillons, on retrouve également de rares clinopyroxènes, en relique au cœur des amphiboles mais également arrondis dans les orthopyroxènes (e.g. YM 70a et YM 38a). Les biotites présentent dans ces échantillons sont très souvent interstitielles et en association avec l'amphibole. Le quartz est très peu présent mais peut être interstitiel dans certains échantillons (e.g. YM 40a). Un échantillon présente des agrégats de roches encaissantes plus ou moins digérées marqués par la présence de spinelle (YM 23a).

Tout comme les gabbros, certains échantillons de norites présentent une paragénèse particulière. Ces norites sont composées principalement d'un assemblage Grt – Opx – Bt –Pl ±Amp±Kfs±Qtz (norites à grenat). Les plagioclases sont automorphes à sub-automorphes millimétriques et forment souvent une auréole autour des grenats (e.g. Figure IV.3.b ; BPA 019-21d ; BPA 018-21a ; BPA 006-21b). Ils sont également présents en inclusion dans ces derniers en faible (Figure IV.3.b ; BPA 019-21d) ou en grande quantité (e.g. Figure IV.3.c ; BPA 018-21a). Dans un échantillon, on retrouve des zones composées de grains fins de plagioclases, biotites et quartz en contact avec des grains porphyriques de plagioclases et biotites (Figure IV.3.d ; BPA 018-21a). Les grenats sont sub-automorphes à xénomorphes, porphyriques et ont également des inclusions de biotites et de quartz, en plus des plagioclases (e.g. Figure IV.3.c et d). Un échantillon

indique que les plagioclases inclus dans le grenat semblent préférentiellement alignés cristallographiquement montrant que la croissance du grenat est synchrone à la croissance des plagioclases en inclusion (BPA 107-21a). Les orthopyroxènes, parfois rares, semblent interstitiels aux bordures des plagioclases, sont également souvent remplacés par l'amphibole et sont également retrouvés avec les plagioclases en couronne autour des grenats (e.g. Figure IV.3.e ; BPA 018-21a et Figure IV.3.b ; BPA 019-21d). Comme pour certains échantillons de norites à biotite, quelques orthopyroxènes sub-automorphes à xénomorphes sont entourés, déstabilisés et/ou consommés par Bt+Qtz (e.g Figure IV.3.f ; microstructures de HT ; BPA 004-21a et aussi BPA 006-21b). Les biotites forment une auréole en associations avec les plagioclases, autour du grenat (BPA 019-21d ; Figure IV.3.b). En fonction des échantillons, le quartz peut être rare et est toujours interstitiel autour des cristaux de plagioclases, biotites et grenats. Quelques rares feldspaths potassiques sont présents dans un des échantillons en association avec le quartz et le plagioclase.

Les diorites

Les diorites sont composées principalement d'un assemblage Amp–Bt–Pl–Qtz ±Ms. Les plagioclases sont souvent sub-automorphes (e.g. Figure IV.3.g) et parfois sous forme allongés, porphyroclastiques (e.g. YM 26a). Les amphiboles vertes sont automorphes à sub-automorphes (e.g. Figure IV.3.g) voire xénomorphes dans certains échantillons (e.g. YM 64a). Elles sont également retrouvées sous forme de glomérocristaux (e.g. YM 26a). Les biotites sont retrouvées soit autour des amphiboles, soit sous forme automorphe un peu partout dans l'échantillon (e.g. Figure IV.3.g). Le quartz est très souvent interstitiel. La muscovite, très peu présente est interstitielle. Dans un des échantillons, des restes de métasédiments assimilés sont présents et montrent un assemblage Qtz+Chl+Sil (BPA 109-21b ; Figure IV.3.h).

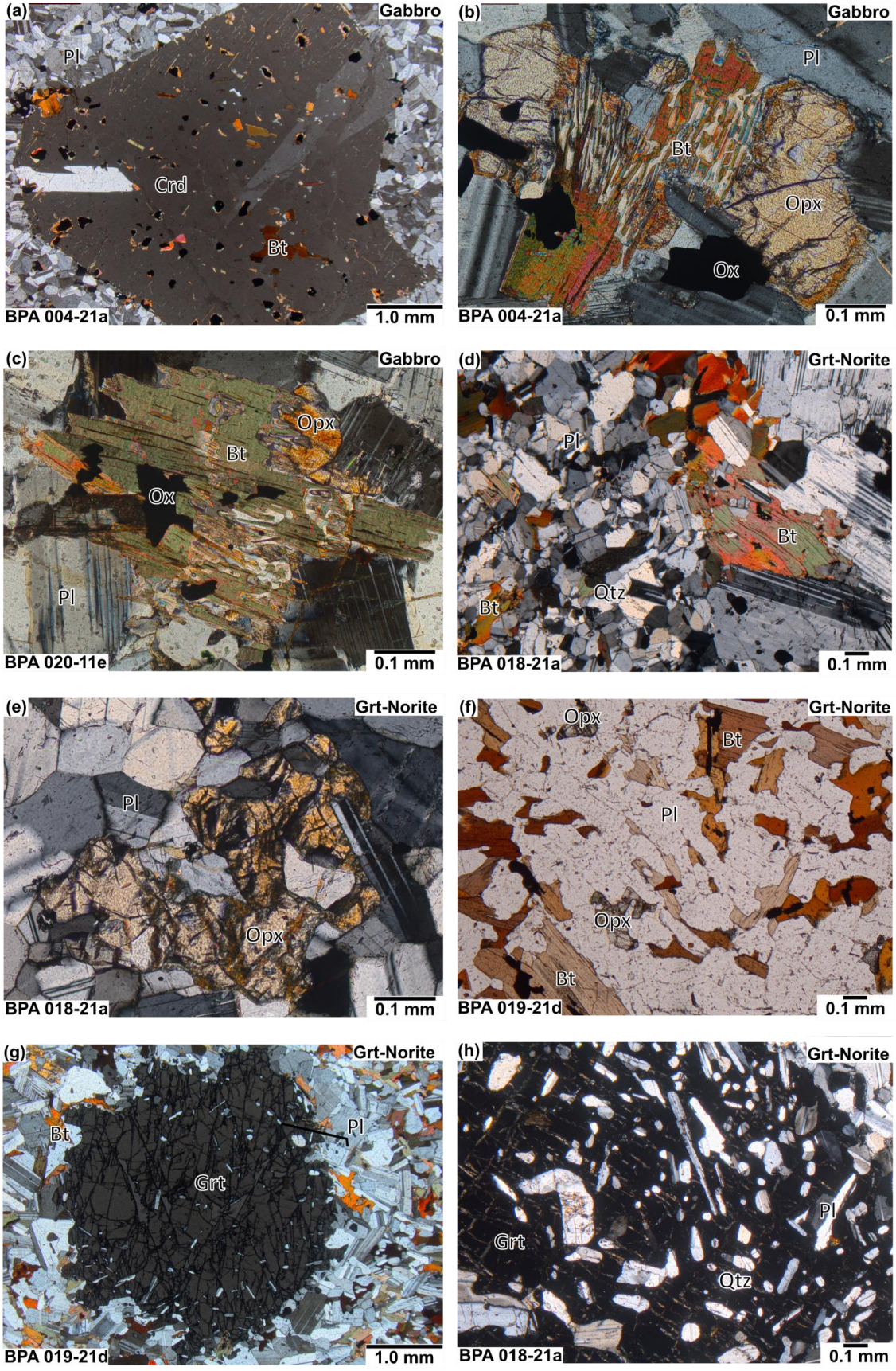
D'autres échantillons de diorites ont été observés, ayant un assemblage différent tel que : Grt–Opx–Amp–Bt–Ms–Pl–Qtz ±Kfs. Les plagioclases sont automorphes à sub-automorphes et présentent parfois une orientation préférentielle (e.g. BPA 126-12b). Ils sont également fréquemment retrouvés en inclusion dans les grenats. Les orthopyroxènes, très présents dans un échantillon, sont poïkilitiques (BPA 126-12b). Les

amphiboles sont poïkilitiques autour des orthopyroxènes eux-mêmes poïkilitiques (BPA 126-12b). Selon les échantillons, la biotite peut être : (1) en inclusion dans le grenat (e.g. BPA 003-21a ; (2) sub-automorphe et poïkilitique autour de l'amphibole elle-même poïkilitique (BPA 126-12b) et ; (3) interstitielle et autour des plagioclases (e.g. BPA 002-21b). Les grenats sont très souvent porphyriques, comportant des inclusions et sont retrouvés formant des atolls localement dans un échantillon avec des inclusions de quartz et biotite au cœur (BPA 003-13b). Les muscovites sont rares et interstitielles, dans certains échantillons, en association avec la biotite (e.g. BPA 003-11a et BPA 002-21b). Le quartz est très souvent interstitiel et dispersé dans les échantillons. Les feldspaths potassiques sont présents dans un échantillon (BPA 002-21b). Deux échantillons présentent également des portions de métasédiments digérés avec un assemblage Crd+Sil+Bt ±Spl (BPA 003-21a et BPA 002-21b).

Les granitoïdes

Les granitoïdes sont principalement composés d'un assemblage Bt–Ms–Pl–Microcline (Mc)–Kfs–Qtz ±Grt±Sil. Les plagioclases sont sub-automorphes dans la plupart des échantillons sous formes de grains plurimillimétriques avec des inclusions de biotites (e..g BPA 073-21a) ou bien millimétriques en inclusion dans les microclines (e.g. YM 29a et BPA 073-21a). Les biotites sont également sub-automorphes à interstitielles, retrouvés souvent entre les grains de quartz et de feldspaths mais également en inclusion et autour des grenats. Dans certains échantillons, la biotite est sous forme de petits grains associés à de petits grains de plagioclases dans des zones de fractures (e.g. BPA 120-12b). La biotite est parfois complètement remplacée par la chlorite. La muscovite, souvent interstitielle et associée avec la biotite, est retrouvée également autour des grenats et en inclusion dans les gros cristaux de plagioclases et quartz. Les microclines et les quartz sont souvent retrouvés de même taille, porphyroclastiques (e.g. BPA 109-21a). Les quartz sont également interstitiels dans la plupart des échantillons et sont également retrouvés sous formes de grains arrondis et nombreux dans les microclines (vermiculaires ; e.g. YM 29a). Dans un échantillon, de nombreuses myrmékites sont observées au contact entre le plagioclase, le quartz et le microcline (e.g. BPA 109-21a). Les feldspaths potassiques ne sont que très peu présents, soit sous forme porphyriques (e.g. BPA 073-21a et BPA

109-21a) soit très altérés par la présence de nombreuses perthites (e.g. YM 28a). Les grenats sont plurimillimétriques et comportent de rares inclusions de biotites et muscovites. De la sillimanite fibreuse est également observée dans un des échantillons (BPA 120-12b).


(a)
Gabbro
Pl
Crd
Bt
BPA 004-21a
1.0 mm
(b)
Gabbro
Pl
Bt
Opx
Ox
BPA 004-21a
0.1 mm
(c)
Gabbro
Opx
Bt
Ox
Pl
BPA 020-11e
0.1 mm
(d)
Grt-Norite
Pl
Bt
Qtz
Bt
BPA 018-21a
0.1 mm
(e)
Grt-Norite
Pl
Opx
BPA 018-21a
0.1 mm
(f)
Grt-Norite
Opx
Bt
Pl
Opx
Bt
BPA 019-21d
0.1 mm
(g)
Grt-Norite
Bt
Pl
Grt
BPA 019-21d
1.0 mm
(h)
Grt-Norite
Pl
Grt
Qtz
BPA 018-21a
0.1 mm

◀ **Figure IV.3.** Photographies au microscope optique des roches magmatiques gabbroïques et intermédiaires du complexe gabbroïque de Sondalo**.** Gabbro à grenat et à cordiérite (BPA 004-21a) : (a) photographie d'une cordiérite magmatique avec inclusion de biotite, ilménite et plagioclase entourée par des plagioclases et biotites ; (b) photographie montrant un orthopyroxène déstabilisé par l'assemblage Qtz + Bt. Norites à grenat (BPA 0018-21a et BPA 019-21d) : (c) photographie montrant une zone de transition entre des plagioclases et biotites à gros grains et une veine composées de plagioclases et biotites à grains fins ainsi que du quartz interstitiel ; (d) orthopyroxène primitif à bordures lobées et remplacé progressivement par l'amphibole ; (e) et (f) grenat avec une grande quantité d'inclusion de plagioclase, quartz et biotite. Diorite (BPA109-21b) : (g) photographie d'une diorite à hornblende, plagioclase et biotite ; (h) photographie montrant le contact entre la diorite et les métasédiments « digérés ». (Crd = cordiérite ; Opx = orthopyroxène ; Amp = amphibole ; Ox = oxide ; Chl = chlorite ; Sil = sillimanite ; voir annexe n°1 pour la localisation des échantillons).

Les micaschistes

Les micaschistes sont composés essentiellement d'un assemblage Grt–Bt–Ms–Pl–Qtz ±Kfs ±St±And±Sil. Les grenats porphyroblastiques, automorphes, arrondis ou même allongés, sont très présents dans ces échantillons. Ces grenats portent des inclusions de biotite, muscovite, quartz et sont compris dans une matrice de biotite, muscovite et sillimanite et sont parfois entourés de quartz (Figure IV.4.a et b). Les biotites sont très souvent retrouvées dans la foliation (e.g. BPA 099-12a et BPA 010-11c) en association avec Sil+Ms. Elles sont également présentes en inclusion, automorphes à sub-automorphes, dans le grenat et dans le quartz et sub-automorphes autour des grenats et des staurotides (e.g. Figure IV.4.a et c). La muscovite est plus communément retrouvée en association avec Sil+Bt dans la foliation (e.g. Figure IV.4.b) et peut également être retrouvée sous forme de fine baguette en inclusion dans le quartz. La sillimanite est fibreuse et très souvent dans la foliation, autour des grenats et des staurotides et en inclusion dans le grenat (e.g. Figure IV.4.a, b et c). Elle peut également être retrouvée sous forme prismatique localement dans certains échantillons (e.g. BPA 122-12b). Les plagioclases sont sub-automorphes à xénomorphes, en général très peu présents. Ils sont parfois porphyroblastiques portant de nombreuses inclusions de biotite, muscovite et quartz (e.g. BPA 146-12a) et sont également retrouvés autour et en inclusion dans les grenats. Le quartz forme des lits alternés avec la foliation Bt+Ms+Sil, sous forme de cristaux millimétriques autour des grenats et portant des inclusions de biotite, muscovite et ± staurotide (e.g. Figure IV.4.a), et en inclusion dans le grenat. Dans un échantillon, les feldspaths potassiques sub-automorphes et plurimillimétriques, sont

retrouvés en association avec le quartz et le plagioclase dans les lits alternés par la foliation Bt+Ms+Sil (BPA 056-12b). Dans certains échantillons, l'andalousite est très présente, sous formes de grains porphyroblastiques automorphes dans la foliation Bt+Ms+Sil (Figure IV.4.b) et est parfois entourée de quartz. L'andalousite est également rencontrée sous formes de grains sub-automorphes autour des grenats, en association avec le quartz. La staurotide sub-automorphe et porphyroblastique est parfois observée, allongée dans la foliation (Figure IV.4.c), entourée de quartz et dans la foliation Bt+Ms+Sil. Des tourmalines millimétriques ont également été observées, dispersées dans BPA 023-11b.

Les kinzigites

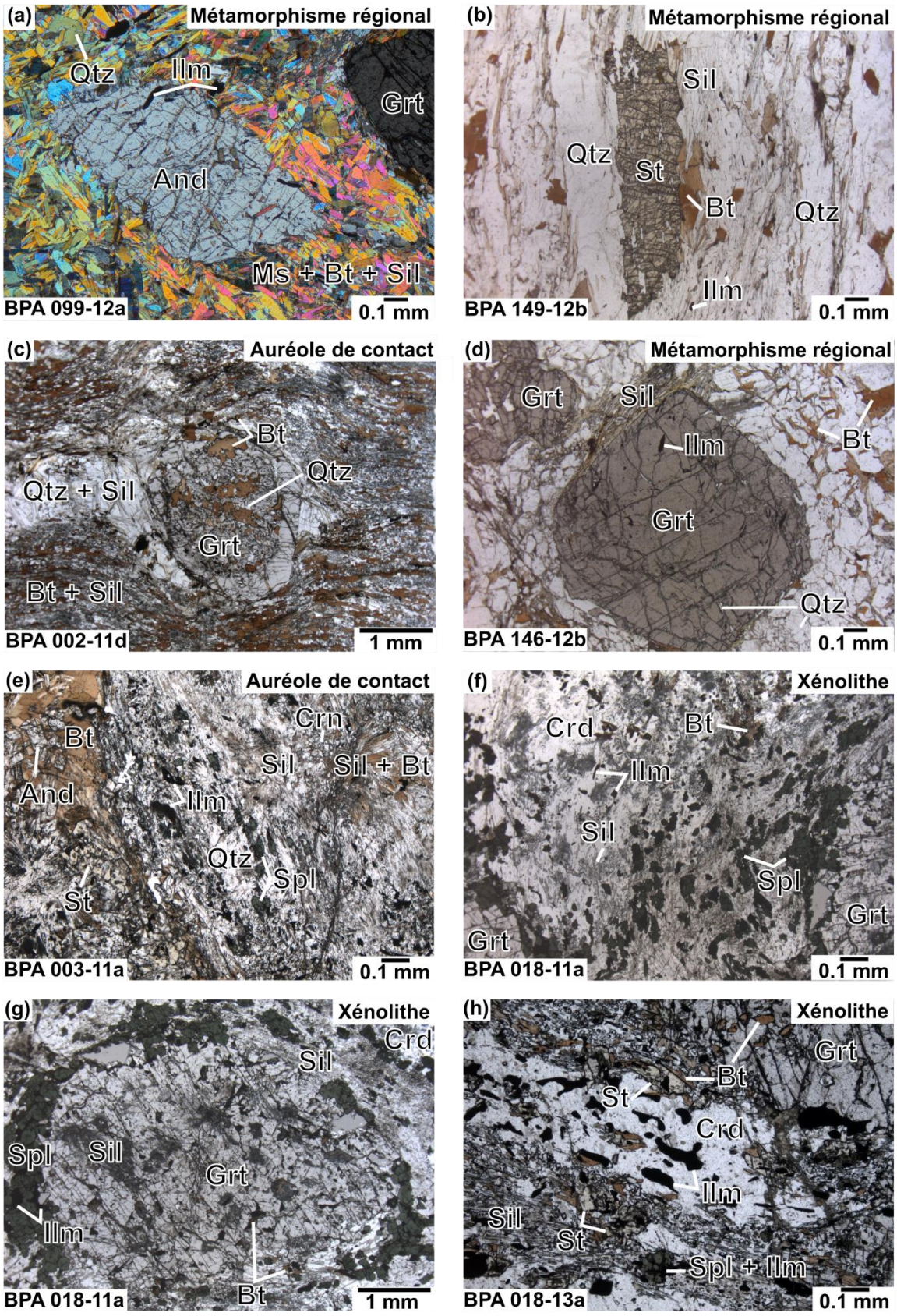
Les kinzigites, majoritairement présentes dans l'auréole de contact, sont principalement composées d'un assemblage Grt–Sil–Bt–Kfs–Qtz ±And±Pl±St±Crd. Les grenats porphyroblastiques sont sub-automorphes entourés presque systématiquement par le quartz (e.g. Figure IV.4.d). La sillimanite est parfois fibreuse dans la foliation Bt+Ms+Sil et autour des grenats mais peut être également sous forme prismatique millimétriques, dispersées dans les échantillons. La staurotide est parfois sub-automorphe, millimétrique (Figure IV.4.e) et semble déstabilisée quand elle est associée à la biotite ou avec le quartz. Ce minéral est également retrouvé sous forme de gros grains porphyroblastiques dans certains échantillons (e.g. BPA 147-12a). La biotite (Figure IV.4.d et e) est retrouvée sous différentes formes : (1) foliée, associée à la sillimanite et à la muscovite et parfois interstitielles ; (2) millimétrique à plurimillimétrique, automorphe à sub-automorphe autour des grenats ; (3) sub-automorphe à xénomorphe en inclusion dans le grenat et ; (4) sub-automorphe, plurimillimétriques et rougeâtres montrant une réaction d'interdigitation avec le quartz (e.g. BPA 003-11f). De la même façon, la muscovite est également retrouvée sous différentes formes, telles qu'en inclusion dans les cordiérites porphyroblastiques, sub-automorphe et très peu nombreuse dans la foliation à Bt+Sil, automorphe à sub-automorphe et plurimillimétrique. Les feldspaths potassiques sont millimétriques à plurimillimétriques, sub-automorphes, parfois associés aux microclines et au quartz. Le quartz est souvent interstitiel, dispersé dans les échantillons mais est également en inclusion dans les grenats et autour des grenats et

cordiérites (e.g. Figure IV.4.d et e). Il peut également être plurimillimétrique, formant des lits de quartz, alternés avec des lits micacés. Les plagioclases, présents dans certains échantillons, sont souvent sub-automorphes, de teilles millimétriques et interstitiels entre les grains de quartz (e.g. BPA 109-12b et BPA 002-11d). Des andalousites porphyroblastiques sont présentes dans un des échantillons et sont entourées de quartz (e.g. BPA 147-12a). Le corindon est occasionnellement présent, millimétrique et localisé dans les nids à Sil (e.g. Figure IV.4.e).

Les granulites

Les granulites représentent le plus haut grade métamorphique dans le complexe de Sondalo. Elles sont composées principalement d'un assemblage Grt–Crd–Spl–Sil–Qtz–Ilm ±Bt±St±Ms±Pl. Dans ces échantillons, les grenats sont plurimillimétriques, arrondis, ou allongés dans la foliation. Ils n'ont pas systématiquement d'inclusion de biotite et de quartz. Selon les échantillons, les grenats forment des lits en association avec le quartz interstitiel qui sont alternés avec des lits riches en plagioclases et quartz (e.g. BPA 167-13a). Dans un échantillon, les grenats portent des inclusions de spinelle et biotite et sont entourés de spinelles (e.g. BPA018-11a ; Figure IV.4.f). Ces spinelles sont verts, arrondis, et sont présents partout dans l'échantillon. Les spinelles sont également présents dans la foliation, associés à la sillimanite et forment des plis (Figure IV.4.g). Les cordiérites sont un peu partout dans les échantillons, plurimillimétriques, autour des grenats (Figure IV.4.f, g et h). Ces cordiérites ont souvent des inclusions de spinelles verts et de sillimanite. La sillimanite est très généralement fibreuse, retrouvées également autour et en inclusion dans les grenats, aussi dans la foliation en association avec le spinelle vert. Localement, les sillimanites peuvent être prismatiques (e.g. BPA 035-11e). La biotite est très peu présente, parfois interstitielle, parfois automorphe à sub-automorphe, millimétrique, autour des grenats, des staurotides et en inclusion dans le grenat et la cordiérite (e.g. Figure IV.4.h). Elle est parfois fortement rougeâtre (e.g. BPA 167-13a). Le quartz est très souvent interstitiel, autour des grenats et cordiérites, en inclusion dans les grenats et également millimétriques dans les lits à Qtz+Pl. Le plagioclase est présent dans certains échantillons, parfois automorphe à sub-automorphe, millimétrique et interstitiel dispersé dans l'échantillon et parfois associé au

quartz. Il se retrouve également sous forme de cristaux plurimillimétrique et sub-automorphes (e.g. BPA 167-13a). Quelques agrégats de staurotides sont observés dans certains échantillons, de très petites tailles, sub-automorphes, entourés de biotites interstitielles et avec des inclusions de spinelle au cœur (Figure IV.4.h). Parfois la staurotide semble déstabilisée au contact du quartz. De nombreuses ilménites sont présentes dans ces échantillons, notamment au cœur et autour des grenats et des cordiérites (Figure IV.4.h).


(a)
Métamorphisme régional
Qtz
Ilm
Grt
And
Ms + Bt + Sil
BPA 099-12a
0.1 mm
(b)
Métamorphisme régional
Sil
Qtz
St
Bt
Qtz
Ilm
BPA 149-12b
0.1 mm
(c)
Auréole de contact
Bt
Qtz
Qtz + Sil
Grt
Bt + Sil
BPA 002-11d
1 mm
(d)
Métamorphisme régional
Grt
Sil
Ilm
Bt
Grt
Qtz
BPA 146-12b
0.1 mm
(e)
Auréole de contact
Crn
Bt
Sil
Sil + Bt
And
Ilm
Qtz
Spl
St
BPA 003-11a
0.1 mm
(f)
Xénolithe
Crd
Bt
Ilm
Sil
Spl
Grt
Grt
BPA 018-11a
0.1 mm
(g)
Xénolithe
Crd
Sil
Spl
Sil
Grt
Ilm
Bt
BPA 018-11a
1 mm
(h)
Xénolithe
Grt
Bt
St
Crd
Ilm
Sil
St
Spl + Ilm
BPA 018-13a
0.1 mm

◄ **Figure IV. 4. Photographies au microscope optique des roches métasédimentaires encaissantes de l'unité de Campo.** Le métamorphisme régional : (a) photographie d'un micaschiste composé d'andalousite et grenat porphyroblastiques dans une matrice de quartz, biotite et sillimanite (BPA 099-12a) ; (b) micaschiste à staurotide porphyroblastique, quartz, sillimanite, biotite et ilménite montrant la foliation S2 (BPA 149-12b) ; (c) micaschiste composé de grenats porphyroblastiques avec inclusion d'ilménite et de la sillimanite en bordure dans une matrice de quartz et biotite (BPA 146-12b). L'auréole de contact : (d) kinzigite à grenat avec inclusion de biotite et quartz dans une matrice de biotite et sillimanite dans la foliation S3, quartz et sillimanites fibreuses sont également présents autour du grenat (BPA 002-11d) ; (e) kinzigite à Spl–Sil–Bt–St–And–Qtz–Crn–Ilm dont l'assemblage Spl–Sil–Crn forme des agrégats remplaçant la staurotide (BPA 003-11a). Les xénolithes : (f) xénolithe à Grt–Spl–Sil–Crd–Bt–Ilm dans l'intrusion dont les spinelles et sillimanites sont dans la foliation S3 (BPA 018-11a) ; (g) grenat porphyroblastique avec inclusion de sillimanite, biotite et ilménite entouré de spinelle et cordiérite (BPA 018-12a) ; (h) xénolithe à Grt–Spl–Sil–Bt–St–Crd–Ilm dont l'ilménite et la biotite sont en inclusion dans le grenat et dans la cordiérite (BPA018-13a) (Spl = Spinelle ; Crn = corindon ; And = andalousite ; St = staurotide ; Ilm = ilménite ; voir annexe n°1 pour la localisation des échantillons).

III.2. Composition en éléments majeurs

Les troctolites

Les analyses in-situ ont été réalisées sur quatre échantillons de troctolites : BPA 261-21b, BPA 260-21a, BPA 260-21g et BPA 021-21a sur olivines, plagioclases, pyroxènes, amphiboles et biotites.

Les olivines dans les échantillons de troctolites ne montrent pas de zonation et leur teneur en forstérite est de 77–70 % mol dans les échantillons BPA 261-21b, BPA 260-21a et BPA 260-21g et de 66–65 % mol dans l'échantillon BPA 021-21a (voir annexe n°3 pour les tables de données des olivines).

Les plagioclases (Figure IV.5) sont majoritairement labradoritiques dans tous les échantillons de troctolites. Les plagioclases des échantillons BPA 261-21b, 260-21a et BPA 260-21g ne montrent pas de zonation et ont une teneur en anorthite comprise entre 70 et 56 % mol (Figure IV.5.a). Les plagioclases de l'échantillon BPA 021-21a montrent une légère zonation (oscillatoire) dont la composition en anorthite au cœur est comprise entre 64 et 54 % mol et entre 60 et 50 % mol aux bordures (Figure IV.6.a). Quelques mesures en bordures des plagioclases de l'échantillon BPA 260-21g et BPA 021-21a donnent des teneurs très élevées en anorthite, comprise entre 88 à 81 % mol, plaçant la composition des bordures des plagioclases dans le champ des bitownites. La teneur en K_2O dans les plagioclases de l'échantillon BPA 261-21b est comprise entre 0,02 et 0,1 % wt allant jusqu'à 0,2 % wt, mesuré dans une bordure. Le teneur en K_2O des plagioclases

de l'échantillon BPA 260-21a varie du cœur aux bordures, respectivement, entre 0,02 à 0,07 wt% (deux mesures plus élevées à 0,11 et 0,13% wt) et entre 0,11 et 0,18 % wt (dont trois mesures plus basses comprises entre 0,04 et 0,08 % wt). Dans les plagioclases de l'échantillon BPA 260-21g, la teneur en K_2O ne varie pas du cœur aux bordures et est comprise entre 0,02 et 0,18 % wt. Dans l'échantillon BPA 021-21a, la teneur en K_2O des plagioclases est comprise entre 0,07 et 0,17 % wt au cœur et allant jusqu'à 0,22 % wt aux bordures (Figure IV.5.b).

Les orthopyroxènes (Figure IV.7) dans les troctolites ont une teneur en enstatite comprise entre 78 et 63 % mol bien que quelques mesures en bordures au contact de plagioclases dans l'échantillon BPA 260-21a montrent un enrichissement en calcium, les plaçant ainsi dans le champ de composition des pigeonites (Figure IV.7.a). Les orthopyroxènes dans les échantillons BPA 261-21b et BPA 260-21a ont un Mg# variable entre 0,79 et 0,75, une teneur en Al_2O_3 élevée, comprise entre 0,2 et 3,6 % wt aux bordures et une teneur en Mn relativement basse, comprise entre 0,008 et 0,01 apfu. Les orthopyroxènes de l'échantillon BPA 260-21g ont un Mg# compris entre 0,78 et 0,73, une teneur en Al_2O_3 comprise entre 0,3 et 2,8 wt% au cœur et aux bordures ainsi qu'une teneur en Mn dans la même gamme de composition que les échantillons BPA 261-21b et BPA 260-21a. Dans l'échantillon BPA 021-21a, les orthopyroxènes ont un Mg# moins élevé (0,74 – 0,65), une teneur en Al_2O_3 entre 0,4 et 2,9 % wt et une teneur en Mn enrichie aux bordures, allant jusqu'à 0,02 apfu, comparé aux autres échantillons de troctolites (Figure IV.7.b et c). Les clinopyroxènes ont une composition de diopside à augite dans tous les échantillons de troctolites (Mg# 0,85 – 0,78 ; Figure IV.7.a).

Les amphiboles sont essentiellement des pargasites dans les échantillons BPA 261-21b, BPA 260-21a et BPA 260-21g avec une teneur en Mg# variant de 0,80 à 0,70 et une teneur en Al^{IV} élevée (1,7 à 2 apfu). Quelques mesures en bordures des amphiboles dans l'échantillon BPA 261-21b donnent une composition d'actinote. Les amphiboles de l'échantillon BPA 021-21a ont une composition plus hétérogène variant essentiellement entre pargasite et tschermakite et dont quelques mesures en bordures et cœurs donnent une composition de hornblende magnésienne. Leur teneur en Mg# et en Al^{IV} est donc variable selon l'espèce (au total, respectivement, variant entre 0,79 et 0,63 et entre 1,4 et 2,1 apfu ; voir annexes n°4 pour les tables de données des amphiboles).

Les biotites (Figure IV.8) sont rares et mesurées seulement dans l'échantillon BPA 261-21b et dans les bordures des biotites de l'échantillon BPA 021-21a. Dans l'échantillon BPA 261-21b, les biotites ont un Fe# compris entre 0,15 et 0,16, une teneur en Al^{IV} entre 1,2 et 1,3 apfu (Figure IV.8.a), en Ti de 0,09 à 0,1 apfu (Figure IV.8.b) et une teneur en Ba en bordure à 0,001 apfu et au cœur à 0,002 apfu (Figure IV.8.c). Les biotites présentent dans l'échantillon BPA 021-21a montrent un une teneur Fe supérieure à celle des biotites de BPA 261-21b (Fe# entre 0,2 et 0,3) et un léger enrichissement en Ti (0,03 – 0,2 afpu), en Ba (0,001 – 0,005 apfu) et en Al^{IV} (1,2 – 1,4 apfu ; Figure IV.8.a, b et c).

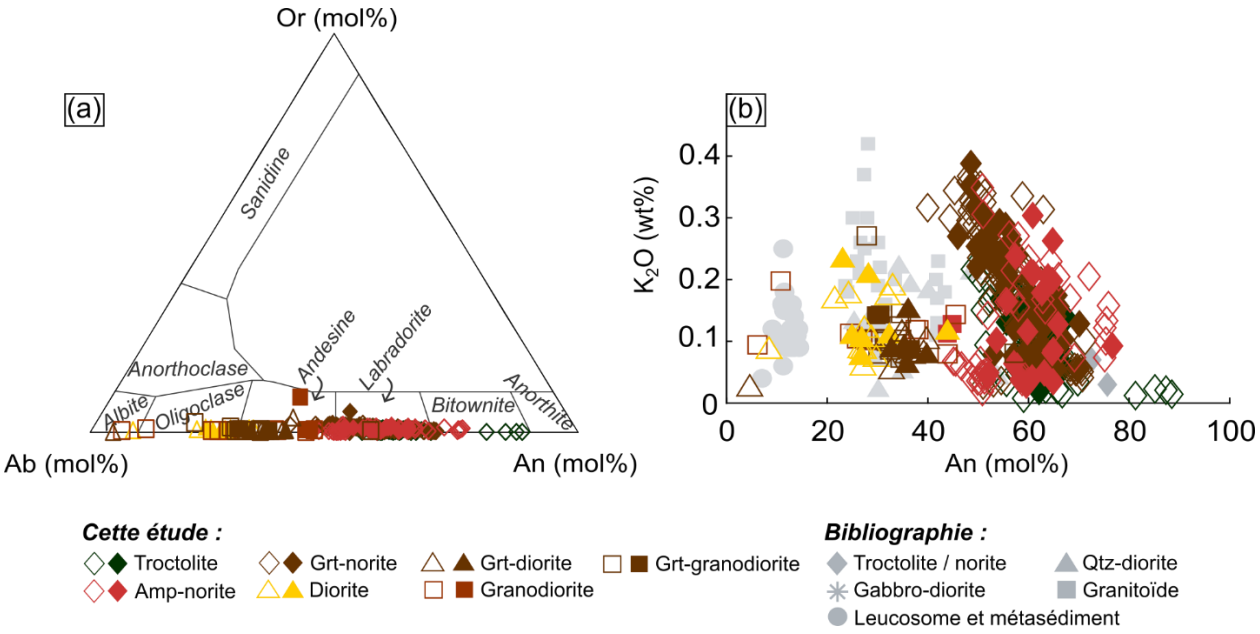


Figure IV. 5. Diagramme des analyses in-situ en éléments majeurs sur plagioclases. (a) Diagramme ternaire Or – Ab – An et (b) digramme de variation de K_2O (% wt) vs. An (% mol) des échantillons de troctolites, norites à amphibole, norites à grenat, diorite, diorite à grenat, granodiorite et granodiorite à grenat. Les données de la bibliographie sont issues de Tribuzio et al., (1999) et Braga, (2001). Voir annexe n°3 pour les tables de composition des minéraux. (An = anorthite, Or = orthose ; Ab = Albite).

Les norites à amphibole

Trois échantillons de norites à amphibole (TS 25a, YM 38a et BPA 019-21a) ont été analysés sur les minéraux suivants : plagioclase, pyroxène, amphibole et biotite.

Les échantillons TS 25a, YM 38a et BPA 019-21a sont composés de plagioclases (Figure IV.5) essentiellement labradoritiques au cœur dont la composition en anorthite varie de 67 à 52 % mol. Dans l'échantillon YM 38a, la teneur en anorthite en bordure de plagioclase et également au cœur et en bordure des plagioclases en inclusion dans les

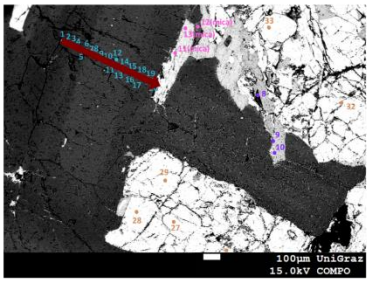
amphiboles est comprise entre 75 et 77 % mol. A l'inverse, certaines mesures en bordure des plagioclases de l'échantillon BPA 019-21a ont une composition d'andésine (45 à 49 % mol d'anorthite ; Figure IV.5.a). La teneur en K_2O dans les plagioclases de l'échantillon TS 25a est comprise entre 0,12 et 0,30 % wt au cœur et aux bordures. La teneur en K_2O diminue légèrement au cœur des plagioclases de l'échantillon YM 38a, comprise entre 0,08 et 0,26 mais est enrichie aux bordures, allant jusqu'à 0,35 % wt. Dans les plagioclases de l'échantillon BPA 019-21a, une nette diminution en K_2O est observée, comprise entre 0,03 et 0,07 mesuré au cœur et aux bordures (Figure IV.5.b).

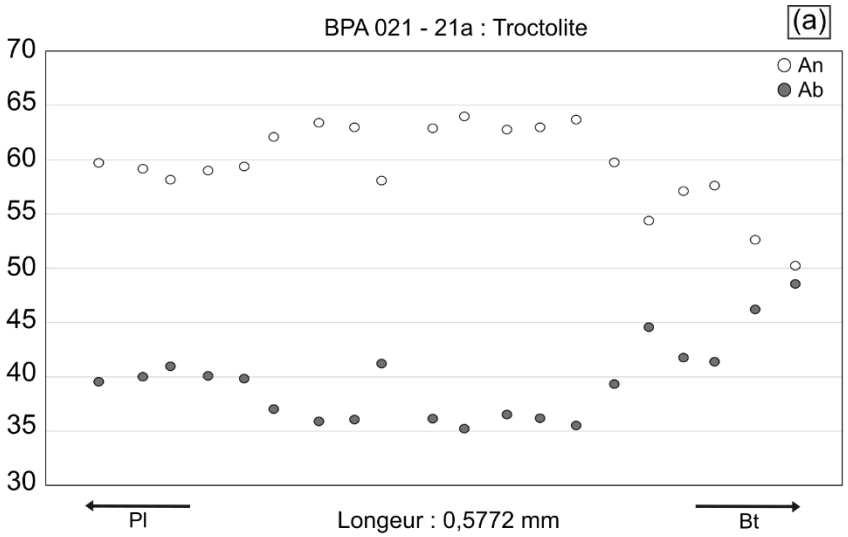
Les orthopyroxènes (Figure IV.7) ont une composition en enstatite variant de 68 à 60 % mol dans les échantillons TS 25a et YM 38a et entre 54 et 46 % mol dans l'échantillon BPA 019-21a. Certaines mesures au cœur et aux bordures des orthopyroxènes de l'échantillon TS 25a montrent un enrichissement en calcium, indiquant la présence de lamelle de clinopyroxènes (Figure IV.7.a). Les orthopyroxènes de l'échantillon TS 25a et YM 38a ont un Mg# compris entre 0,63 et 0,69. La teneur en Al_2O_3 de l'échantillon TS 25a et YM 38a est comprise entre 1,3 et 2 % wt bien que variable aux bordure de l'échantillon TS 25a allant de 0,51 à 2,10 % wt. La teneur en Mn de ces mêmes échantillons est comprise entre 0,01 à 0,02 apfu. Quant aux orthopyroxènes de l'échantillon BPA 019-21a, les teneurs en Mg# et en Al_2O_3 sont plus faibles, respectivement, 0,53 à 0,56, et entre 0,9 à 1,4 % wt. La teneur en Mn est cependant un peu plus élevée, comprise entre 0,02 et 0,03 apfu (Figure IV.7b et c). Les clinopyroxènes, seulement présents dans les échantillons YM 38a et TS 25a, sont des diopsides dont la composition en Mg# est comprise entre 0,79 et 0,72 (Figure IV.7.a).

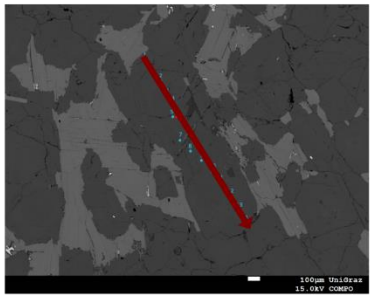
Les amphiboles présentes dans les échantillons TS 25a et YM 38a sont majoritairement des hornblendes magnésiennes avec une composition de tschermakite mesurée dans quelques bordures dans l'échantillon TS 25a et également au cœur et bordures des amphiboles de l'échantillon YM 38a (aussi actinote). Les teneurs en Mg# et en Al^{IV} dans ces deux échantillons sont, respectivement, comprises entre à 0,72 et 0,64 et entre 1,2 et 1,6 apfu. Aucune différence de composition n'est observée entre le cœur et les bordures. Les amphiboles de l'échantillon BPA 019-21a sont principalement des tschermakites au cœur et aux bordures bien que quelques bordures ont des compositions de pargasite et de cummingtonite. Leur teneur en Mg# est plus faible que dans les autres

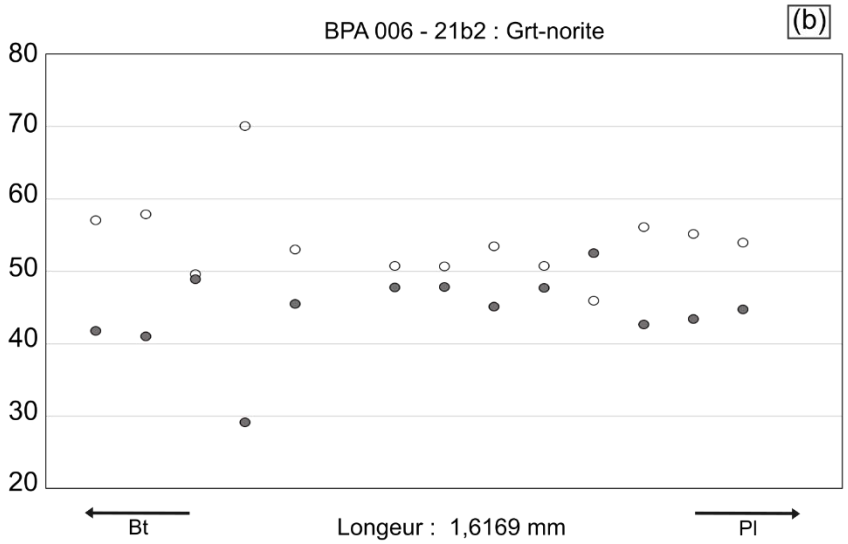
échantillons de norites à amphibole, comprise entre 0,60 et 0,53 et des teneurs en Al^{IV} cependant plus enrichies, entre 1,4 et 1,7 apfu (voir annexes n°4 pour les tables de données des amphiboles).

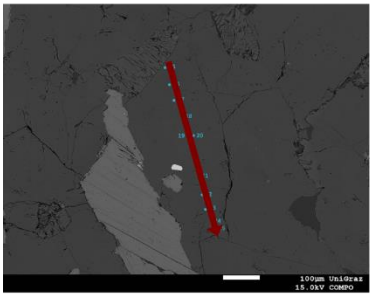
Les biotites (Figure IV.8) de l'échantillon TS 25a ont une teneur en Fe# entre 0,45 et 0,33, une teneur en Ti comprise entre 0,1 et 0,2 apfu, en Al^{IV} entre 1,21 et 1,23 apfu et une teneur en Ba très variable, allant de 0,0004 à 0,003 apfu. Dans l'échantillon YM 38a, les biotites ont une teneur en Fe# moins variable, entre 0,44 et 0,43 et une teneur en Ti plus élevée, comprise entre 0,2 et 0,25 apfu. Leur teneur en Al^{IV} est cependant plus faible, allant de 1,13 à 1,16 apfu bien qu'un peu plus élevée aux bordures (0,19 apfu). La composition en Ba dans ces biotites est moins variable, comprise 0,003 et 0,004 apfu. Les biotites de l'échantillon BPA 019-21a sont enrichies en Fe# (0,46 – 0,43) mais appauvries en Ti (0,13 – 0,15 apfu) et en Ba (0,0002 à 0,004 apfu) comparé à TS 25a et YM 38a. Leur teneur en Al^{IV} au cœur des biotites est similaire à la teneur en Al^{IV} des biotites de TS 25a bien que plus enrichies aux bordures, allant jusqu'à 1,31 apfu (Figure IV.8.a, b et c).

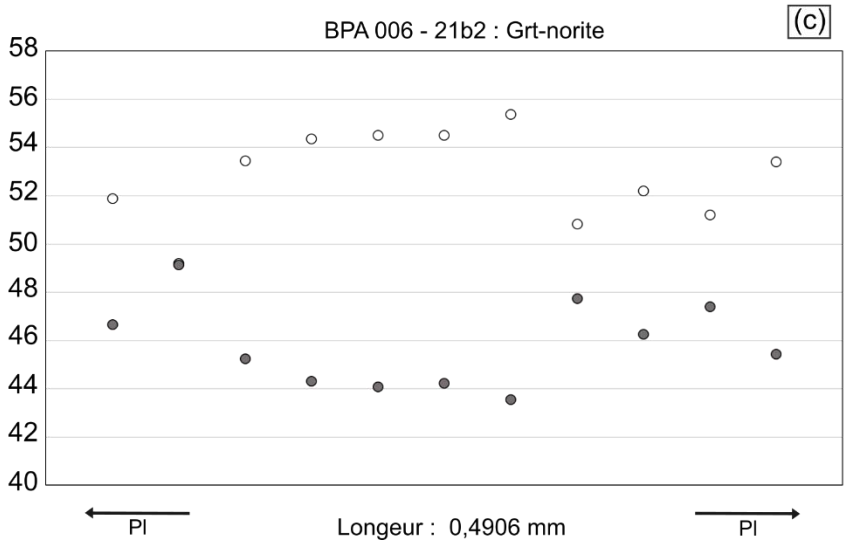

100µm UniGraz
15.0kV COMPO


(a)
BPA 021 - 21a : Troctolite
An
Ab
70
65
60
55
50
45
40
35
30
Pl
Longeur : 0,5772 mm
Bt


100µm UniGraz
15.0kV COMPO


(b)
BPA 006 - 21b2 : Grt-norite
80
70
60
50
40
30
20
Bt
Longeur : 1,6169 mm
Pl


100µm UniGraz
15.0kV COMPO


(c)
BPA 006 - 21b2 : Grt-norite
58
56
54
52
50
48
46
44
42
40
Pl
Longeur : 0,4906 mm
Pl

◄ **Figure IV. 6**. Profils montrant les variations de composition en anorthite et albite dans les plagioclases. (a) profil dans un plagioclase zoné dans l'échantillon de troctolite BPA 021-21a ; (b) et (c) profils dans deux plagioclases zonés de l'échantillon de norite à grenat BPA 006-21b. (Ab = albite ; An = Anorthite ; composition en % mol, les flèches rouges montrent le sens du profil). Images optiques réalisées par microsonde électronique.

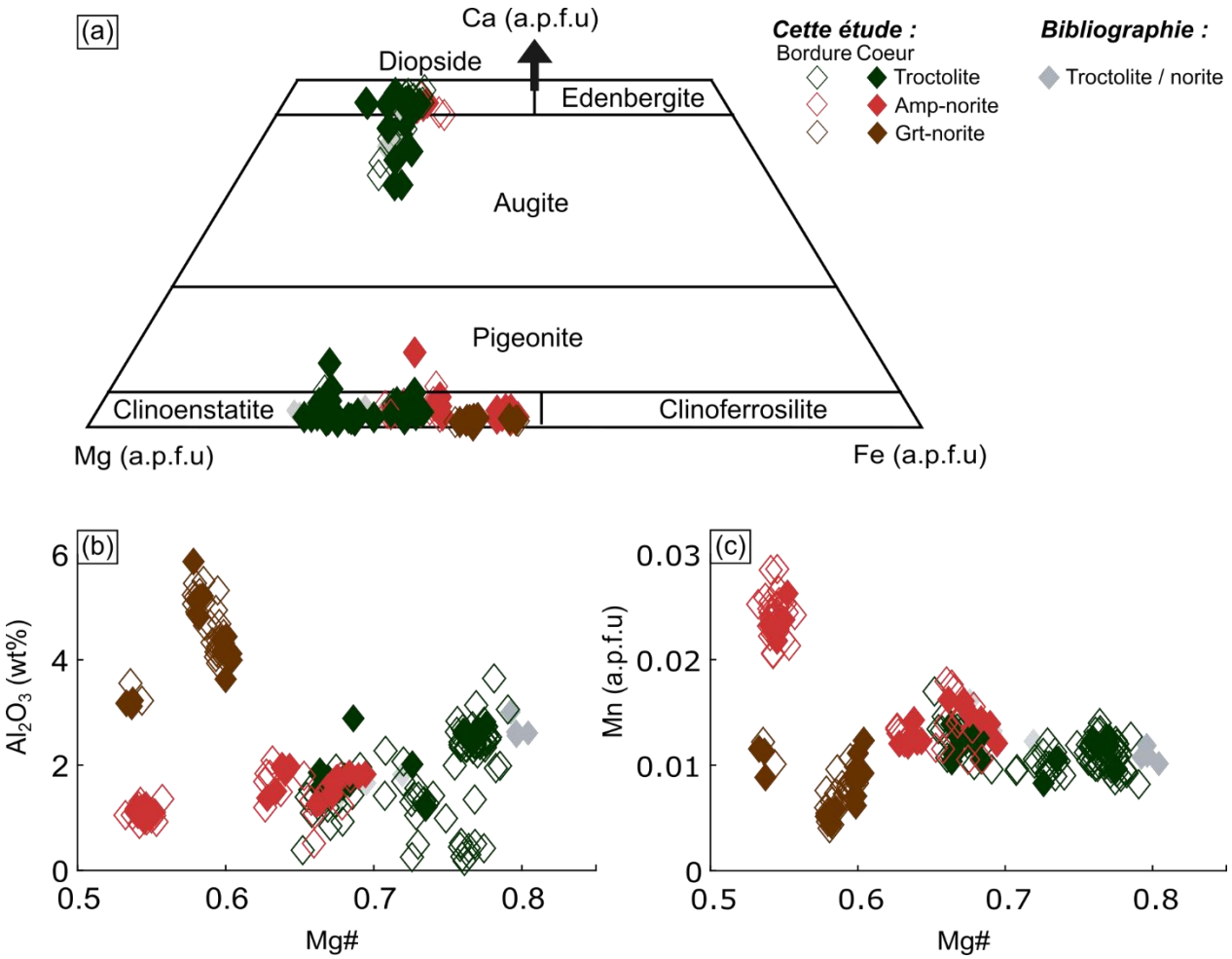


Figure IV.7. Diagrammes de variations des analyses in-situ en éléments majeurs sur pyroxènes dans les échantillons de troctolites et norites à amphibole et à grenat. (a) diagramme ternaire Ca – Mg – Fe des clinopyroxènes et orthopyroxènes ; (b) diagramme Al_2O_3 vs. Mg# des orthopyroxènes et (c) diagramme Mn vs. Mg# des orthopyroxènes. Les données de la bibliographie sont issues de Tribuzio et al., (1999). Voir annexe n°3 pour les tables de composition des minéraux. (Ca = pôle wollastonite ; Mg = pôle enstatite ; Fe = pôle ferrosillite).

Les norites à grenat

Les analyses in-situ en éléments majeurs sur les plagioclases, orthopyroxènes, amphiboles, biotites et grenats ont été réalisées sur les échantillons BPA 018-21a, BPA 006-21b (BPA 006-21b1 et BPA 006-21b2, même échantillon mais lames minces différentes) et BPA 019-21d.

Les plagioclases (Figure IV.5) présents dans ces échantillons sont majoritairement des labradorites. La teneur en anorthite des labradorites dans l'échantillon BPA 018-21a est comprise entre 70 et 55 % mol. Les plagioclases inclus dans le grenat ont une teneur en anorthite au cœur qui varie de 66 à 57 % mol et une teneur en anorthite moins enrichie en bordure, comprise entre 63 et 52 % mol (Figure IV.5.a). Dans l'échantillon BPA 006-21b, la teneur en anorthite varie de 64 à 50 % mol. Quelques mesures en bordures des plagioclases donnent des teneurs d'andésine, comprise entre 48 et 40 % mol dans BPA 006-21b1 et entre 50 et 46 % mol dans BPA 006-21b2. Dans BPA 006-21b2, une mesure au cœur des plagioclases donne une composition bitownitique (70 % mol ; Figure IV.5.a). Deux plagioclases contenus dans la lame BPA 006-21b2 montrent différents profils de variations de composition en anorthite et albite (Figure IV.6.b et c). En effet, le profil (b) montre de manière générale, une teneur en anorthite plus élevée aux bordures du plagioclase par rapport au cœur, dont le pourcentage en anorthite et en albite est quasiment équivalent. A l'inverse, le profil (c) montre une diminution de la teneur en anorthite aux bordures et une augmentation nette au cœur. On observe également une ré-augmentation de la teneur en anorthite aux bordures du plagioclase, à droite du profil. Les plagioclases inclus dans le grenat présent dans la lame BPA 006-21b1 ne montrent pas de grande différence en composition d'anorthite par rapport aux plagioclases hors du grenat, avec une teneur en anorthite au cœur comprise entre 61 et 53 % mol et une teneur aux bordures un peu moins enrichie en anorthite, entre 57 et 53 % mol (Figure IV.5.a). Dans l'échantillon BPA 019-21d la teneur en anorthite est variable, les plagioclases sont autant des labradorites que des andésines. Pour les labradorites la teneur en anorthite au cœur varie de 58 à 50 % mol et de 54 à 50 % mol aux bordures. Les andésines ont une teneur en anorthite au cœur compris entre 50 et 48 % mol et entre 50 et 44 % mol aux bordures. Les bordures des plagioclases inclus dans les grenats ont une teneur en anorthite de 63 à 58 % mol, donc plus enrichies en anorthite que dans les autres

plagioclases (Figure IV.5.a). La teneur en K_2O dans les plagioclases de BPA 018-21a est comprise entre 0,06 et 0,2 % wt au cœur et moins enrichie aux bordures, entre 0,04 et 0,15 % wt. Dans les plagioclases inclus dans le grenat, la teneur en K_2O est un peu plus élevée, allant de 0,12 à 0,14 % wt au cœur et entre 0,12 et 0,16 % wt aux bordures. Dans l'échantillon BPA 006-21b, la teneur en K_2O des plagioclases est relativement plus élevée, comprise entre 0,14 et 0,29 % wt au cœur et entre 0,17 et 0,34 % wt aux bordures dans la lame BPA 006-21b1. Dans la même lame mince, les plagioclases inclus dans le grenat ont une teneur en K_2O qui varie de 0,08 à 0,14 % wt au cœur et entre 0,03 et 0,17 % wt aux bordures. Dans la lame BPA 006-21b2, la teneur en K_2O dans les plagioclases varie de 0,14 à 0,27 % wt au cœur et est plus variable aux bordures, allant de 0,03 à 0,3 % wt. Dans BPA 019-21d, les plagioclases ont une teneur en K_2O très élevée, comprise entre 0,24 et 0,38 % wt au cœur et aux bordures (allant jusqu'à 0,83 % wt proche des biotites ; hors champ du graphique). Les plagioclases inclus dans le grenat ont une teneur en K_2O équivalente à celle des plagioclases hors du grenat (en bordures, K_2O varie de 0,23 à 0,34 % wt ; Figure IV.5.b).

Les orthopyroxènes (Figure IV.7) sont essentiellement des enstatites dont la teneur en Fe est variable entre chacun des échantillons. Dans l'échantillon BPA 018-21a, la teneur en enstatite des orthopyroxènes varie de 60 à 58 % mol au cœur et aux bordures. La teneur en enstatite diminue légèrement (59 – 58 % mol) dans les plagioclases de BPA 006-21b1 et diminue relativement dans BPA 019-21d, allant de 55 à 53 % mol ; Figure IV.7.a). Dans l'échantillon BPA 018-21a, la teneur en Al_2O_3 des orthopyroxènes est élevée, comprise entre 3,6 et 5,3 % wt et leur teneur en Mn est comprise entre 0,006 et 0,01 apfu au cœur et aux bordures. La teneur en Al_2O_3 dans les orthopyroxènes de BPA 006-21b1 est relativement plus élevée, comprise entre 4,3 et 5,9 % wt alors que la teneur en Mn est plus basse, variant de 0,004 à 0,008 apfu au cœur et aux bordures, comparé à BPA 018-21a. Dans BPA 019-21d, la teneur en Al_2O_3 est relativement plus basse avec une teneur en Al_2O_3 variant de 3,1 à 3,2 % wt au cœur et entre 3,2 à 3,6 % wt aux bordures comparé aux deux autres échantillons. Le teneur en Mn dans ces orthopyroxènes est intermédiaire, comprise entre 0,009 et 0,01 apfu par rapport à BPA 018-21a et BPA 006-21b1 (Figure IV.7.b et c).

Les amphiboles dans les échantillons de norites à grenat sont très peu nombreuses. Dans BPA 018-21a, seulement deux bordures des amphiboles ont été mesurées, donnant une composition d'édénite (Mg# à 0,59 et Al^{IV} à 2,37 apfu) et une composition de cummingtonite (Mg# à 0,63 et Al^{IV} à 0,21 apfu). Les amphiboles dans BPA 006-21b2, plus nombreuses, sont des cummingtonites, dont Mg# varie de 0,61 à 0,59 et Al^{IV} est compris entre 0,55 et 0,61 apfu. Dans BPA 019-21d, deux mesures au cœur des amphiboles ont donné une composition d'actinote, dont les teneurs en Mg# sont à 0,53 et 0,52 et dont les teneurs en Al^{IV} sont très différentes (0,53 apfu et 1,24 apfu). La mesure en bordure des amphiboles donne une composition de cummingtonite avec un Mg# faible de 0,35 et une teneur élevée en Al^{IV} de 2,19 apfu (Voir annexe n°3 pour les tables de données des amphiboles).

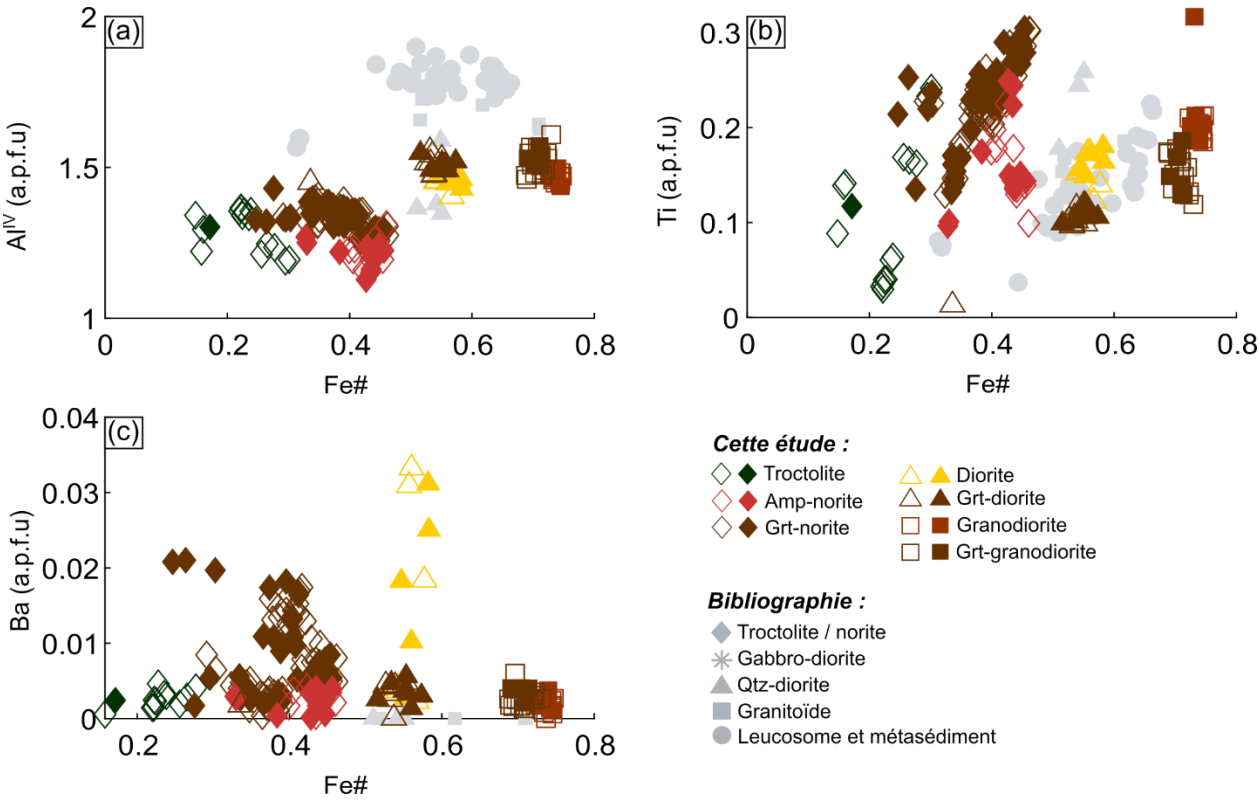


Figure IV.8. Diagrammes de variations des analyses in-situ en éléments majeurs sur biotites dans les échantillons de troctolites, de norites à amphibole, de norites à grenat, de diorites et diorites à grenat ainsi que des granodiorites et granodiorites à grenat. (a) diagramme de variation Al^{IV} (apfu) vs. Fe# ; (b) diagramme de variation Ti (apfu) vs. Fe# et ; (c) diagramme de variation Ba (apfu) vs. Fe#. Les données de la bibliographie sont issues de Braga, (2001). Voir annexe n°3 pour les tables de composition des minéraux.

Les biotites (Figure IV.8) de l'échantillon BPA 018-21a, ont une teneur en Fe# entre 0,39 et 0,32, une teneur en Ti variable entre 0,13 et 0,24 apfu, une teneur en Al^{IV} comprise entre 1,31 et 1,34 apfu ainsi qu'une teneur en Ba très variable, entre 0,0004 et 0,005 apfu. Dans l'échantillon BPA 006-21b, la teneur en Fe# est comprise 0,42 et 0,26. La teneur en Ti est légèrement plus élevée dans BPA 006-21b2 (0,14 à 0,26 apfu) que dans BPA 006-21b1 (0,22 à 0,24 apfu). Dans les deux lames, la teneur en Al^{IV} varie de 1,30 à 1,36 apfu, allant cependant jusqu'à 1,43 apfu aux cœurs des biotites de BPA 006-21b2. La teneur en Ba est variable entre 0,002 et 0,02 apfu dans les deux lames. Les biotites dans BPA 019-21d, sont enrichies en Fe#, allant de 0,46 à 0,42, comparé aux deux autres échantillons. La teneur en Ti est cependant légèrement plus élevée, comprise entre 0,27 et 0,3 apfu tandis que la valeur en Al^{IV} est légèrement plus basse, comprise entre 1,25 et 1,3 apfu au cœur et aux bordures. La teneur en Ba dans ces biotites est intermédiaire par rapport à BPA 018-21a et BPA 006-21b (0,004 et 0,009 apfu ; Figure IV.8.a, b et c).

Le grenat dans l'échantillon BPA 018-21a a des teneurs en Fe# (ou XFe, 64 – 62%), en Fe (almandin = 60 – 57 % mol), Ca (grossulaire = 6,2 – 5,5 % mol), Mn (spessartine = 1,6 – 1,5 % mol) et en Mg (pyrope = 38 – 36 % mol) qui ne varient que très peu (voir annexe n°3 pour les tables de données). Dans l'échantillon BPA 006-21b, un profil dans le grenat a été réalisé dans BPA 006-21b1 (Figure IV.9.a) et un autre dans BPA 006-21b2 (Figure IV.9.b). Dans BPA 006-21b1, le grenat montre un profil relativement plat, bien que, les teneurs en XFe et almandin soient légèrement plus élevées au cœur du grenat (respectivement 65 – 62 % mol et 61 – 53 % mol) qu'aux bordures (respectivement 64 – 59 % mol et 60 – 52 % mol). De la même façon, les teneurs en grossulaire et spessartine sont relativement basses et très peu variables du cœur (respectivement 5,2 – 4,3 % mol et à 1 ,2 – 0,9 % mol) aux bordures (respectivement 5,4 – 4,2 % mol et 1,2 – 0,75 % mol). A l'inverse on observe une variation plus importante dans la teneur en pyrope, diminuant au cœur (28 – 24 % mol) et augmentant aux bordures (32 – 26 % mol). Le profil du grenat de BPA 006-21b2 indique une très légère augmentation en XFe, Fe et Mg comparé au grenat de BPA 006-21b1, pour des teneurs similaires en Ca et Mg. Comme pour le grenat de BPA 006-21b1, les teneurs en XFe et almandin augmentent au cœur (respectivement, 65 – 62 % mol et 63 – 57 % mol) et diminuent aux bordures (respectivement, 62 – 60 % mol et 61 – 55 % mol). Les teneurs

en grossulaire et spessartine indiquent également une légère augmentation au cœur (respectivement, 5,6 – 4,3 % mol et 1,4 – 1 % mol) et une légère diminution aux bordures (respectivement, 4,4 – 5,5 % mol et 1,1 – 0,9 % mol). De la même façon que pour le grenat de BPA 006-21b1, le grenat de BPA 006-21b2 est enrichi en Mg aux bordures (pyrope = 33 – 29 % mol) et appauvri au cœur (pyrope = 30 – 28 % mol). Dans BPA 019-21d, le profil du grenat (Figure IV.9.c) indique une très faible variation en composition entre XFe, Ca, Fe, Mg et Mn. En effet, la teneur en Fe# est enrichie au cœur, entre 67 et 65 % mol pour une teneur en Fe# aux bordures moins enrichie, entre 63 et 65 % mol. De la même façon, la teneur en almandin augmente au cœur (63 – 66 % mol) et diminue aux bordures (60 – 63 % mol). A l'inverse, la teneur en pyrope diminue au cœur (25 – 24 % mol) et augmente aux bordures du grenat (29 – 25% mol). La teneur en grossulaire et en spessartine est très peu variable, augmente relativement peu au cœur (respectivement, 6,5 à 6,2 % mol et 2,1 à 1,9 % mol) comparé aux bordures (respectivement, 5,2 à 5,1 % mol et 1,9 à 1,4 % mol).

Les diorites

Pour les diorites, les échantillons BPA 002-21b et BPA 003-21a ont été sélectionnés pour les analyses in-situ sur plagioclase, biotite, muscovite (dans BPA 002-21b) et également sur grenat (dans BPA 003-21a).

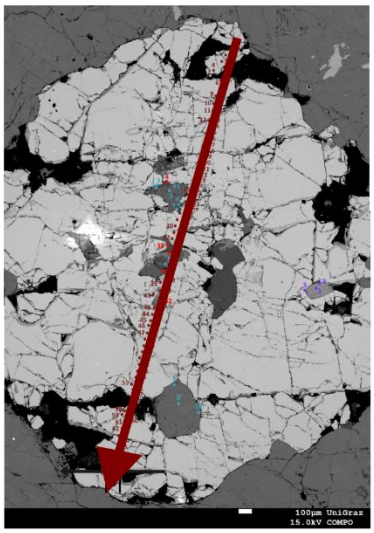
Les plagioclases dans BPA 002-21a sont principalement des oligoclases, composés de 28 à 23 % mol d'anorthite au cœur et allant jusqu'à 30 % mol aux bordures. Certaines mesures au cœur et aux bordures donnent des compositions d'andésine dont la teneur en anorthite est plus enrichie au cœur (44 – 32 % mol) qu'aux bordures (33 – 32 % mol). Une bordure a été mesurée à 91 % mol d'albite. Dans l'échantillon de diorite à grenat (BPA 003-21a), les plagioclases ont une composition majoritairement d'andésine avec une teneur en anorthite au cœur et aux bordures comprise entre 40 et 33 % mol. Une bordure a donné une composition albitique (95 % mol d'albite ; Figure IV.5.a). Dans l'échantillon BPA 002-21a, la teneur en K_2O dans les oligoclases est comprise entre 0,06 et 0,2 % wt au cœur et aux bordures. Dans les andésines, la teneur en K_2O est comprise entre 0,10 et 0,11 % wt au cœur et relativement enrichie aux bordures, entre 0,17 et 0,19 % wt. Le teneur en K_2O dans la bordure albitique est de 0,08 % wt. Les andésines dans l'échantillon de diorite à grenat BPA 003-21a, ont une teneur en K_2O au cœur comprise

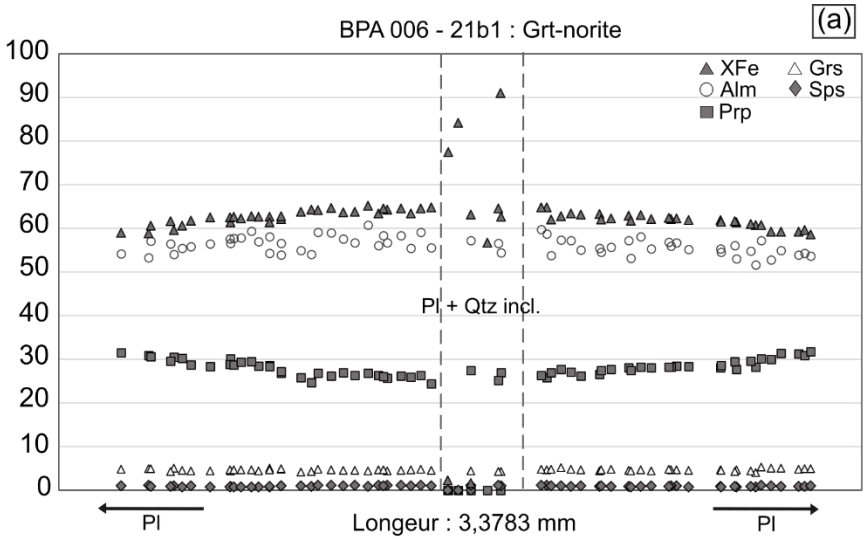
entre 0,06 et 0,15 wt% et aux bordures, comprise entre 0,05 et 0,11 % wt avec une bordure mesurée à 0,65 % wt proche des biotites (hors champ du graphique). Le teneur en K_2O de la bordure albitique est de 0,02 % wt (Figure IV.5.b).

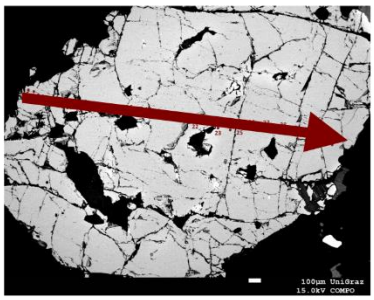
Les biotites dans ces deux échantillons ont une teneur en Fe# qui varie de 0,58 à 0,52 au cœur et aux bordures. Une mesure de biotite inclue dans le grenat donne une teneur en Fe# de 0,33 dans BPA 003-21a. La teneur en Ti dans les biotites au cœur et aux bordures est plus élevée dans l'échantillon BPA 002-21a (0,12 – 0,18 apfu) que dans l'échantillon BPA 003-21a (0,11 – 0,12 apfu et 0,13 apfu en inclusion dans le grenat). De la même façon la teneur en Ba des biotites de BPA 002-21a est largement supérieure à celle des biotites de BPA 003-21a, respectivement, allant de 0,002 à 0,03 apfu et de 0,0001 à 0,0006 apfu. La teneur en Ba dans la biotite mesurée en inclusion du grenat dans BPA 003-21a est supérieure à celles des biotites hors du grenat (0,002 apfu). Dans BPA 002-21a, la teneur en Al^{IV} est comprise entre 1,4 et 1,5 apfu au cœur et aux bordures. Leur teneur en Al^{IV} dans BPA 003-21a est plus élevée, comprise entre 1,47 et 1,55 apfu au cœur et aux bordures (à 1,45 apfu dans la biotite inclue dans le grenat ; Figure IV.8.a, b et c).

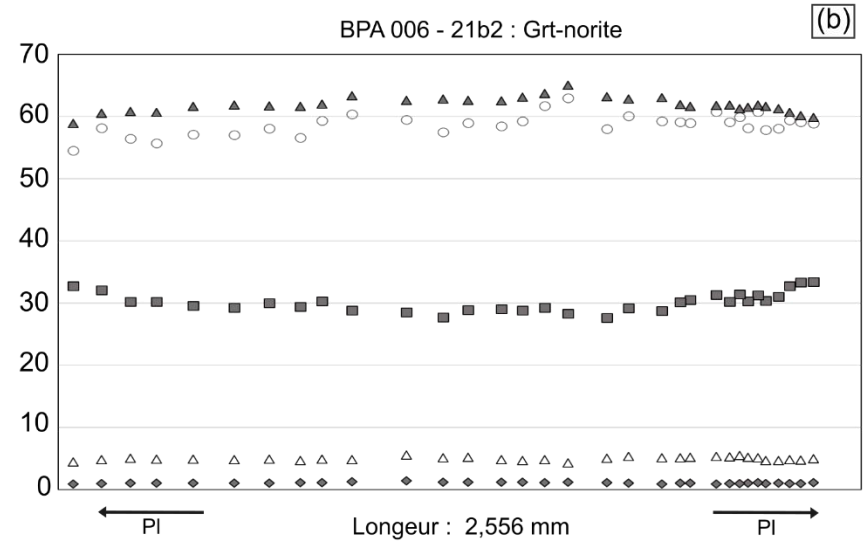
Les muscovites dans BPA 002-21a et BPA 003-21a ont une teneur en Mg# similaire, comprise entre 0,44 et 0,51. La teneur en Al^{IV} dans l'échantillon BPA 002-21a est comprise entre 2,36 et 2,39 apfu et est plus élevée dans l'échantillon BPA 003-21a, comprise entre 2,39 et 2,46 apfu (Voir annexe n°3 pour les tables de données des muscovites).

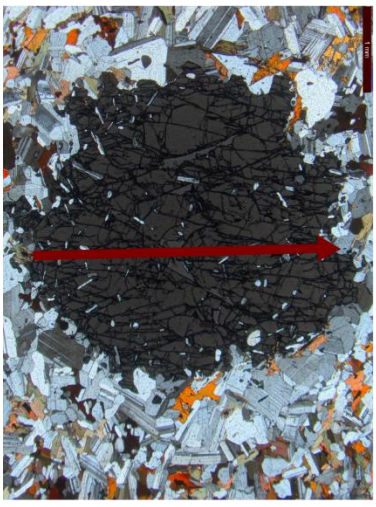
Les grenats présents dans l'échantillon BPA 003-21a ont une composition en XFe très élevée, comprise entre 90 et 80 % au cœur et aux bordures. La teneur en Almandin de ces grenats est légèrement moins enrichie au cœur (79 – 67 % mol) qu'aux bordures (82 – 74 % mol). A l'inverse, la teneur en grossulaire est légèrement plus enrichie au cœur (15 - 8 % mol) qu'aux bordures (8 – 4 % mol). Les teneurs en spessartine et en pyrope ne varient cependant pas entre le cœur et les bordures des grenats (respectivement, 4 – 2 % mol et 20 – 9 % mol).




(a)
BPA 006 - 21b1 : Grt-norite
XFe
Grs
Alm
Sps
Prp
Pl + Qtz incl.
Pl
Longeur : 3,3783 mm
Pl




(b)
BPA 006 - 21b2 : Grt-norite
Pl
Longeur : 2,556 mm
Pl



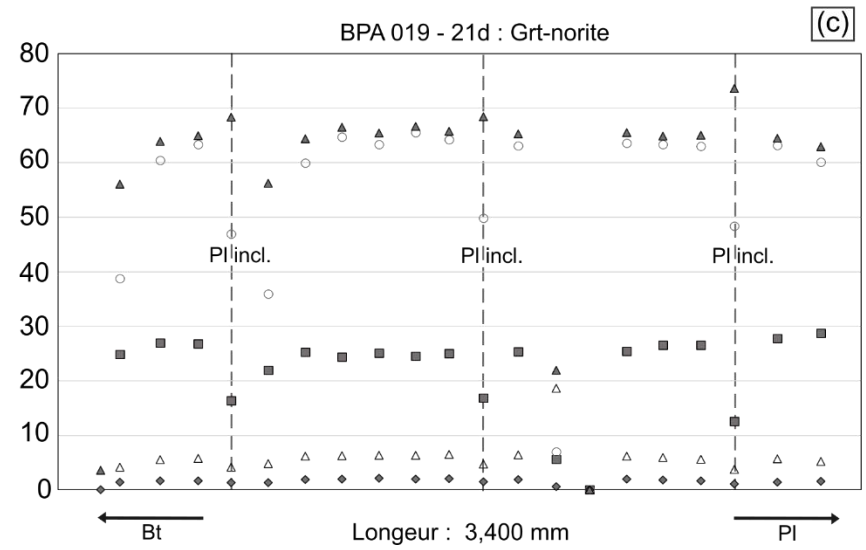

(c)
BPA 019 - 21d : Grt-norite
Pl incl.
Pl incl.
Pl incl.
Bt
Longeur : 3,400 mm
Pl

Figure IV. 9. Profils de variation de composition en éléments majeurs au travers du grenat dans l'échantillon BPA 006-21b et BPA 019-21d. (a) profil de composition du grenat dans la lame BPA 006-21b1 ; (b) profil de composition du grenat dans la lame BPA 006-21b2 et (c) profil de composition du grenat dans l'échantillon BPA 019-21d. XFe = Fe_T / (Fe_T + Mg) ; Fe_T = Fer total ; Grs = Grossulaire, pôle calcique : Ca / (Fe_T + Mn + Mg + Ca) (apfu) ; Sps = Spessartine, pôle manganèse : Mn / (Fe_T + Ca + Mg + Mn) ; Alm = Almandin, pôle ferrique : Fe_T / (Mn + Mg + Ca + Fe_T) ; Prp = Pyrope, pôle magnésien : Mg / (Fe_T + Mn + Ca + Mg). La flèche rouge indique le sens du profil. Images optiques issues de la microsonde électronique (a) et (b) et images prises au microscopes optiques (c)

Les granodiorites

Un échantillon de granodiorite (BPA 109-21a) et un échantillon de granodiorite à grenat (BPA 120-12b) ont été sélectionnés pour les analyses in-situ sur plagioclase, biotite, muscovite, feldspath potassique et grenat.

Dans BPA 109-21a, deux types de plagioclases ont été mesurés : (1) des andésines dont la teneur en anorthite au cœur varie de 45 à 39 % mol et entre 45 et 31 % mol aux bordures ; (2) des oligoclases, mesurés seulement aux bordures, donnant des compositions en anorthite entre 18 et 11 % mol. Une mesure en bordure de plagioclase a donné une composition albitique (93 % mol d'albite). Les plagioclases de BPA 120-12b sont principalement des andésines dont la composition varie de 37 à 30 % mol au cœur et aux bordures. Quelques mesures au cœur et aux bordures ont donné une composition d'oligoclase variant entre 30 et 20 % mol d'anorthite et une mesure en bordure donne une composition labradoritique (57 % mol d'anorthite ; Figure IV.5.a). La teneur en K_2O des andésines dans les deux échantillons est similaire, variable entre 0,08 et 0,15 % wt au cœur et aux bordures des plagioclases. De la même façon, les oligoclases dans les deux échantillons, ont une teneur en K_2O similaire au cœur (0,10 – 0,20 % wt) et une teneur en K_2O enrichie aux bordures, allant jusqu'à 0,54 %wt, dans BPA 120-12b. Les mesures aux bordures de composition albitique et labradoritique ont une teneur en K_2O, respectivement de 0,09 et 0,08 % wt (Figure IV.5.b).

Les biotites de BPA 109-21a sont enrichie en Fe#, compris entre 0,75 et 0,72 au cœur et aux bordures. Leur teneur en Ti est enrichie au cœur (0,2 – 0,3 apfu) comparée aux bordures (0,18 – 0,21 apfu). La teneur en Ba est très faible, variant de 0,001 à 0,004 apfu au cœur et de 0,0006 à 0,003 aux bordures. Leur teneur en Al^{IV} est comprise entre 1,45 et 1,53 apfu au cœur et aux bordures. Quant aux biotites de BPA 120-12b, leur teneur en Fe# et en Ti est moins élevée, comprise entre, respectivement 0,73 et 0,69 et

entre 0,1 et 0,2 apfu au cœur et aux bordures. Leur teneur en Ba reste encore faible bien que légèrement plus enrichie en bordure (0,001 – 0,006 apfu) qu'au coeur (0,002 – 0,004 apfu). Cependant leur teneur en Al^{IV} est légèrement plus élevée, comprise entre 1,50 et 1,57 apfu au cœur et entre 1,46 et 1,60 apfu aux bordures, comparé aux biotites de BPA 109-21a (Figure IV.8.a, b et c).

Les muscovites dans BPA 109-21a ont une teneur en Mg# entre 0,37 et 0,32 et une teneur en Al^{IV} élevée, compris entre 2,31 et 2,42 au cœur et aux bordures. Dans BPA 120-12b, les muscovites ont un Mg# variant de 0,40 à 0,36 et une teneur en Al^{IV} entre 2,11 et 2,42 apfu au cœur et aux bordures (Voir annexe n°3 pour les tables de données des muscovites).

Les feldspaths potassiques, dans BPA 109-21a, ont une teneur en orthose comprise entre 94 et 83 % mol au cœur et entre 96 et 91 % mol aux bordures. De la même façon les feldspaths potassiques dans BPA 120-12b sont plus enrichis en bordures (95 – 83 % mol) qu'au cœur (91 – 90 % mol ; voir annexe n°3 pour les tables de données des feldspaths potassiques).

Le grenat dans l'échantillon BPA 120-12b est riche en Fe et montre très peu de variation en Fe, Ca, Mg et Mn. En effet, la teneur en XFe du grenat varie de 80 à 74 % au cœur et entre 79 et 69 % aux bordures. La teneur en almandin au cœur varie de 73 à 65 % mol et est plus variable et un peu plus enrichie aux bordures, entre 75 et 54 % mol. La teneur en grossulaire et en pyrope ne varie presque pas entre le cœur (respectivement, 9 – 4 % mol et 10 – 7 % mol) et les bordures (respectivement, 9 – 5 % mol et 11 – 5 % mol). Cependant, le grenat est plus enrichi en Mn au cœur du grenat puisque la teneur en spessartine est comprise entre 10 et 4 % mol au cœur et entre 6 et 5 % mol aux bordures.

IV. Les résultats géochimiques

IV.1. Les éléments majeurs en roche totale – Diagrammes de Harker

Les troctolites, gabbros et norites

Les échantillons de troctolites, gabbros ont un rapport FeO_T/MgO relativement bas, compris entre 0,55 et 0,88 avec une teneur en SiO_2 qui augmente de 48 à 53 % wt,

quelques échantillons de gabbros et norites ont un rapport FeO_T/MgO élevé (BPA 018-11c ; BPA 018-21c et BPA 020-11e), compris entre 1,2 et 2,2 % wt, augmentant avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (47 – 53 % wt ; Figure IV.10.a).

La teneur en TiO_2 augmente des troctolites aux norites, allant de 0,1 à 2,3 % wt (Figure IV.10.b). Leur teneur en Al_2O_3 et très élevée et très variable allant de 17,3 à 21,8 % wt dans les troctolites, gabbros et norites et jusqu'à 23 – 23,5 wt% dans certains échantillons de gabbros et norites (BPA 020-11e ; BPA 182-21b ; BPA 018-11c ; Figure IV.10.c), à l'exception de quelques échantillons de gabbro dont la teneur en Al_2O_3 est plus relativement moins élevée (12,7 – 11,9 % wt ; YM 74a et YM 74b). La teneur en FeO_T dans ces échantillons est relativement constante, comprise entre 5 et 7,4 % wt à l'exception de deux échantillons de gabbros dont la teneur en FeO_T est presque deux fois plus élevée (11,8 à 12,5 % wt ; YM 74a ; YM 74b ; Figure IV.10.d) et un échantillon de gabbro à FeOT très inférieur (3,48 % wt ; BPA 182-21b). On observe une faible variation et augmentation de la teneur en Na_2O dans les troctolites (1,4 à 2,3 % wt) et dans les norites (2,6 à 3,2 % wt) bien que plus variable dans les gabbros (0,6 à 3,1 % wt ; Figure IV.10.e). Dans les troctolites et norites, la teneur en K_2O varie fortement, de 0,1 à 0,5 % wt à l'exception d'un échantillon de norite dont la teneur en K_2O est plus élevée (1 % wt ; BPA 018-21c). La plupart des échantillons de gabbros ont une teneur en K_2O relativement basse et moins variable (0,1 à 0,2 % wt) à l'exception de deux échantillons dont la teneur en ce même élément est bien plus élevée pour une même gamme de SiO_2 (1,4 et 2,8 % wt ; YM 41a et BPA 018-11c ; Figure IV.10.f). La teneur en alcalin (Na_2O + K_2O) dans les gabbros varie de 0,7 à 1,4 % wt, à l'exception de quatre échantillons variant de 2,9 à 4,3 % wt (YM 41a ; YM 49a ; BPA 182-21b et BPA 018-11c). Les norites ont une teneur également très élevée en alcalin à 3,6 % wt comparée à celle des troctolites (1,6 – 2,8 % wt). La teneur en P_2O_5, très peu mesurée dans les échantillons de norites et gabbros (sous la limite de détection), donne des valeurs comprises entre 0,01 et 0,06 % wt dans les gabbros et est très élevée, à 0,2 % wt dans l'échantillon BPA 018-21c, indépendamment de l'augmentation ou non de SiO_2 (Figure IV.10.g). L'indice de saturation en aluminium (ASI ; Figure IV.10.h) indique une teneur très élevée dans ces échantillons, allant de 1,1 au minimum dans les troctolites jusqu'à 1,80 (e.g. BPA 018-

11c) dans les gabbros à l'exception d'un échantillon à 0,6 apfu (YM 56a) et à 1,4 et 1,6 dans les norites (BPA 108-21c et BPA 020-11e).

Les gabbros et norites à amphibole

Deux échantillons de norites à amphibole (YM38a et YM40a) et deux échantillons de gabbros à amphibole (YM 68a et YM 55a) ont un rapport FeO_T/MgO relativement bas (respectivement, 0,84 et 1,02 ; 0,81 et 0,88) pour un SiO_2 augmentant très peu, de 49,5 à 51,6 % wt dans les gabbros à amphibole et de 49,8 à 54,5 % wt dans les norites à amphibole. Les gabbros à amphibole ont un rapport FeO_T/MgO relativement variable et élevé compris entre 0,92 et 2,81 pour un SiO_2 variable entre 44,4 et 52,5 % wt et un rapport FeO_T/MgO dans les norites à amphibole compris entre 1,2 et 2,2 pour une même gamme de SiO_2 que pour les gabbros à amphibole, bien qu'un peu moins variable (47,7 et 48,6 % wt ; Figure IV.10.a)

Les gabbros et norites à amphibole ont une composition en TiO_2 (0,9 – 3,4 % wt) similaire aux troctolites, gabbros et norites, bien qu'un peu plus élevée pour une teneur en SiO_2 dans la même gamme de composition (44,5 à 54,5 % wt ; Figure.IV.10.b). Leur teneur en Al_2O_3 est élevée et variable (12 – 22 % wt ; Figure.IV.10.c). Comparées aux troctolites, gabbros et norites, les gabbros à amphibole et les norites à amphibole ont une teneur en FeO_T plus variable et un peu plus enrichie, allant de 6,1 à 12,4 % wt pour une même gamme de composition en SiO_2 (Figure.IV.10.d). La teneur en Na_2O est très variable entre les échantillons, variant de 0,8 à 3,8 % wt (Figure IV.10.e). Ces échantillons présentent également une variation importante de la teneur en K_2O et en P_2O_5, allant, respectivement, de 0,1 à 1 % wt et de 0,01 à 0,8 % wt (Figure IV.10.f et g). La teneur en alcalin est donc très enrichie dans ces échantillons, allant de 3 à 4,8 % à l'exception de quelques échantillons dont la teneur en alcalin est comprise entre 1 et 2,3 % wt (BPA 110-12f ; YM 58a ; YM 68b) dans les gabbros à amphibole et de 2,8 à 4,3 % wt dans les norites à amphibole (à l'exception de deux échantillons : YM 38a et TS 25a à 1,9 % wt et 2,4 % wt). L'ASI est très variable dans ces deux types d'échantillons (1 – 2,2 ; Figure IV.10.h).

Les gabbros à grenat et à cordiérite et les norites à grenat

Dans les échantillons de gabbros à grenat et à cordiérite, le rapport FeO_T/MgO est élevé, compris entre 1,7 et 3,6 pour une valeur en SiO_2 équivalente à celle des troctolites, des norites, des gabbros et des norites et gabbros à grenat (45,3 – 51,3 % wt). Les norites

à grenat ont un rapport FeO_T/MgO élevé bien que plus variable (1,2 – 3,6) et également à SiO_2 similaire aux autres lithologies (47,1 – 51 % wt ; Figure IV.10.a).

Ces deux types d'échantillons sont riches en TiO_2 et Al_2O_3 (respectivement, de 1,6 à 3 % wt et de 20,1 à 24,1 % wt ; Figure IV.10.b et c). Les norites à grenat et un des échantillons de gabbro à cordiérite et à grenat (BPA 020–11b ; à SiO_2 = 51,6 % wt) montrent une variabilité de la teneur en FeO_T et Na_2O, dans la même gamme de composition que les troctolites, gabbros et norites (respectivement 5,4 à 8,5 % wt de FeO_T et 2,3 à 2,8 % wt en Na_2O). Les autres échantillons de gabbros à cordiérite et à grenat montrent un fort enrichissement en Fe (10,8 et 14,7 % wt) comparés à la plupart des autres échantillons et une diminution de la teneur en Na_2O (0,6 et 1,9 % wt ; Figure IV.10.d et e). Dans les norites à grenat, on observe également deux groupes dont un premier groupe avec une faible teneur en K_2O (0,4 – 0,5 % wt pour un SiO_2 à 50,8 et 50,9 % wt ; BPA 107-12a et BPA 004-21a) dans la même gamme de composition que les troctolites et un deuxième groupe avec une teneur en K_2O bien plus élevée (1,8 et 3 % wt à SiO2 variant de 47,7 à 50,4 % wt ; plus élevée dans BPA 019-21d et BPA 006-21b). Les gabbros à cordiérite et à grenat ne varient que très peu en K_2O (0,6 à 0,8 % wt à SiO_2 entre 41,6 et 51,6 % wt) et se trouvent dans la même gamme de composition que les gabbros et norites à amphibole (Figure IV.10.f). La teneur en alcalin dans les échantillons de norites à grenat est très élevée, allant de 2,7 à 5,6 % wt (maximum dans BPA 019-21d et BPA 006-21b) tandis que dans les gabbros à cordiérite et à grenat, la teneur en alcalin est plus faible, variant de 1,2 à 3,1 % wt. Dans les norites à grenat la teneur en P_2O_5 est similaire à celle des gabbros à amphibole et des norites à amphibole mais ne montrent pas une aussi forte variation (0,1 à 0,3 % wt ; Figure IV.10.g). La teneur en P_2O_5 n'a pas pu être mesurée dans les échantillons de gabbros à cordiérite et à grenat (sous la limite de détection). Dans les norites à grenat, l'ASI est similaire à celui des troctolites, norites et gabbros, variant de 1,5 à 1,9 (maximum dans BPA 107-12a). Cependant, les gabbros à cordiérite et à grenat ont un indice ASI bien plus élevé que dans les autres échantillons, allant de 2 à 4 apfu (maximum dans BPA 004-11a ; Figure IV.10.h).

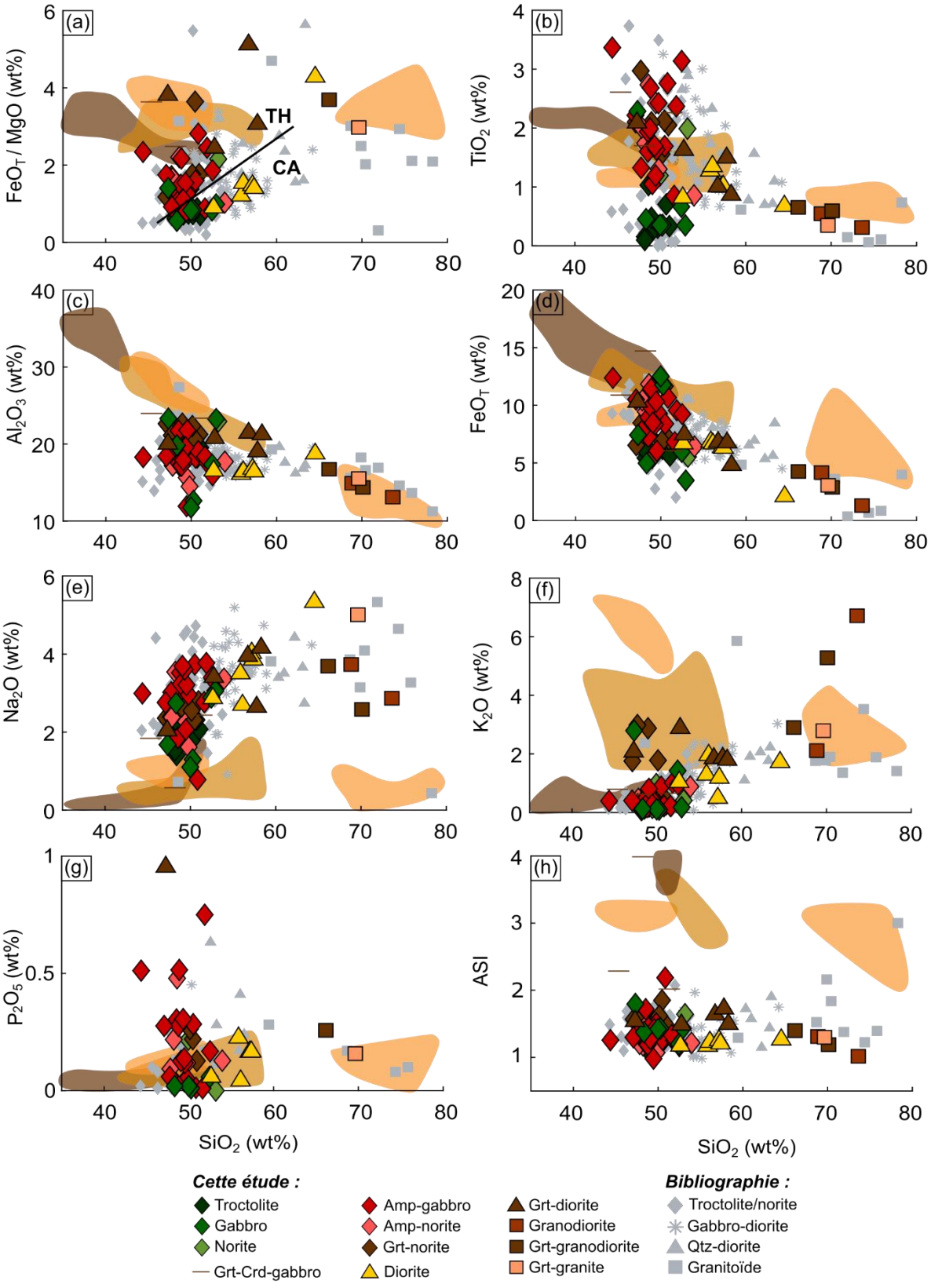

(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)
TH
CA
FeO_T / MgO (wt%)
TiO2 (wt%)
Al2O3 (wt%)
FeO_T (wt%)
Na2O (wt%)
K2O (wt%)
P2O5 (wt%)
ASI
SiO2 (wt%)
SiO2 (wt%)
Cette étude :
Troctolite
Gabbro
Norite
Grt-Crd-gabbro
Amp-gabbro
Amp-norite
Grt-norite
Diorite
Grt-diorite
Granodiorite
Grt-granodiorite
Grt-granite
Bibliographie :
Troctolite/norite
Gabbro-diorite
Qtz-diorite
Granitoïde

Figure IV. 10. **Diagramme de Harker des éléments majeurs versus SiO_2** (wt%) des roches magmatiques (voir légende) et des roches encaissantes (enveloppes marrons pour les granulites, jaunes pour les kinzigites et oranges pour les micaschistes). La ligne de limite entre la série tholéiitique et la série calco-alcaline a été calculée d'après Miyashiro, *(1974)* dans le diagramme FeO_T/MgO *vs* SiO_2 (wt%). ASI : Indice de saturation en aluminium, calculé selon la formule de Patiño Douce, *(1999)* : Al/(Ca+Na+K). Les données de la bibliographie sont issues de Potenza, *(1973)* ; Campiglio et Potenza, *(1964 ; 1966 ; 1967)* ; Tribuzio *et al*., *(1999)* et Braga *et al., (2001).* (Th = Tholéiitique ; CA = Calco-alcalin ; les tables de données sont disponibles en annexe n°2).

Les diorites

La majorité des échantillons de diorite ont un rapport FeO_T/MgO (0,9 à 1,5) relativement bas, augmentant avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (52,6 – 57,4 % wt), plaçant ces roches dans le champ de la série calco-alcaline. Seulement un échantillon de diorite (BPA 002-21a) à un rapport en FeO_T/MgO enrichi et est également nettement enrichi en SiO_2 (un rapport FeO_T/MgO à 4,3 pour une teneur en SiO_2 de 64,8 wt%) comparé aux autres échantillons de diorites, plaçant cet échantillon dans la série tholéiitique (Figure IV.10.a).

La teneur en TiO_2 dans ces roches est variable, comprise entre à 0,8 et 1,4 % wt à l'exception de l'échantillon BPA 002-21a dont la teneur en TiO_2 est plus basse, 0,6 % wt (Figure IV.10.b). Leur teneur en Al_2O_3 dans les diorites est très peu variable, entre 16,2 et 16,9 % wt à l'exception de l'échantillon BPA 002-21a dont la teneur en Al_2O_3 est plus élevée 18,8 % wt (Figure IV.10.c). De la même façon, la teneur en FeO_T est relativement élevée (6,2 – 6,8 % wt) dans la plupart des échantillons de diorites à part BPA 002-21a, dont la teneur en FeO_T est relativement basse (2,1 % wt ; Figure IV.10.d). Dans BPA 002-21a, la teneur en Na_2O est très élevée (5,4 % wt) comparée aux autres échantillons de diorites (2,7 – 4,1 % wt ; Figure IV.10.e). La teneur en K_2O est relativement élevée dans ces échantillons, comprise entre 1,1 et 1,9 % wt à l'exception d'un échantillon dont la teneur en K_2O relativement basse, à 0,5 % wt pour un SiO_2 à 57,6 % wt (YM 62a ; Figure IV.10.f). Les échantillons de diorites ont une composition en P_2O_5 variable dont deux échantillons ont une teneur en P_2O_5 relativement basse, à 0,06 et 0,04 % wt (YM 48F et BPA 109-21a, respectivement, pour un SiO_2 à 52,9 et à 56,0 % wt) et une teneur en P_2O_5 très élevée dans les autres échantillons, comprise entre 0,17 et 0,24 % wt à SiO_2 variable entre 53,3 et 64,8 % wt (Figure IV.10.g). La teneur en alcalin dans ces échantillons est comprise entre 3,9 et 5,1 % wt et est très élevée dans BPA 002-21a, à 7,1 % wt. On

observe une légère augmentation de l'ASI (1,2 à 1,3) avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (Figure IV.10.h).

Les diorites à grenat ont une teneur en SiO_2 dans la même gamme de composition que les diorites, comprise entre 58,4 et 52,7 % wt à l'exception d'un échantillon dont la teneur en SiO_2 est égale à 47,4 % wt (BPA 126-12b). Leur rapport FeO_T/MgO est relativement élevé, variant de 2,5 à 5,1, à l'exception d'un échantillon dont le rapport est presque deux fois plus élevé, à 9,1 pour un SiO_2 à 58,4 % wt (BPA 003-21a). Ces échantillons appartiennent à la série tholéiitique (Figure IV.10.a). Leur teneur en TiO_2 se trouve dans la même gamme de composition que celle des diorites, entre 1,5 et 2,1 % wt à l'exception de deux échantillons à 1 et 0,84 % wt de TiO_2 pour un SiO_2 de 56,7 et 58,3 % wt (BPA 003-11d et BPA 003-21a ; Figure IV.10.b). Les diorites à grenat sont très enrichies en Al_2O_3 avec une teneur comprise entre 19 et 21,4 % wt comparées aux diorites (Figure IV.10.c). La teneur en FeO_T dans ces échantillons est variable de 6,8 à 7,5 % wt à l'exception d'un échantillon dont la teneur en FeO_T est plus basse (BPA 003-21a ; 4,8 % wt) et d'un échantillon où FeO_T est très élevée, à 10,3 % wt (BPA 126-12b ; Figure IV.10.d). Dans ces échantillons, la teneur en Na_2O est similaire à celle des diorites (2,1 – 4,2 % wt ; minimum dans BPA 003-21a ; Figure IV.10.e). Leur teneur en K_2O (1,8 à 2,9 % wt) et en alcalin (4,1 – 6,3 % wt) est relativement plus élevée comparée à celle des diorites (Figure IV.10.f). Seul l'échantillon BPA 126-12b donne une teneur en P_2O_5 et est très élevée, à 1 % wt (Figure IV.10.g). L'ASI est également très élevé, variant de 1,4 à 1,7 , et est équivalent aux échantillons de troctolites, gabbros et norites (à l'exception des gabbros à cordiérite et à grenat ; Figure IV.10.h).

Les granitoïdes

Les granodiorites et granodiorites à grenat ont une teneur en SiO_2 similaire (respectivement, 69,3 – 74,2 % wt et 66,4 – 70,2 % wt) et un rapport FeO_T/MgO relativement élevé (9,2 – 10,1 hors champ du graphique), les plaçant dans le champ de la série tholéiitique à l'exception d'un échantillon dont le rapport FeO_T/MgO est de 3,7 à SiO_2 égal à 66,4 % wt, plaçant cet échantillon à la limite entre le champ de la série tholéiitique et de la série calco-alcaline. Un échantillon de granite à un rapport FeO_T/MgO très bas, le plaçant dans le champ de la série calco-alcaline (3 pour un SiO_2 à 69,7 % wt ; Figure IV.10.a).

Les teneurs en TiO_2 et en Al_2O_3 dans les granodiorites et dans l'échantillon de granite à grenat sont similaires est relativement basses (respectivement, 0,3 – 0,6 % wt et 13,2 – 15 % wt ; Figure IV.10.b). Dans ces deux types d'échantillons, la teneur en FeO_T également similaire, variable est comprise entre 1,3 et 4,2 % wt (Figure IV.10.c). La teneur en Na_2O dans les granodiorites est de 2,9 et 3,8 % wt. La teneur en ce même élément est très élevée dans l'échantillon de granite, à 5 % wt (Figure IV.10.d). Dans les granodiorites et le granite à grenat, leurs teneurs en K_2O et en alcalin sont très variables et également dans la même gamme de composition (respectivement, 2,1 – 6,8 % wt et entre 5,9 et 9,7 % wt ; Figure IV.10.e et f). La teneur en P_2O_5 a été mesurée à 0,2 % wt dans le granite à grenat (Figure IV.10.g). La teneur en ASI dans ces deux types d'échantillons est comprise entre 1 et 1,3 apfu (Figure IV.10.h).

Les granodiorites à grenat sont enrichis en TiO_2 comparés aux granodiorites et au granite à grenat, dont la teneur en TiO_2 est de 0,6 et 0,7 % wt (Figure IV.10.b). Ces échantillons sont également légèrement riches en Al_2O_3, allant jusqu'à 16,8 % wt (Figure IV.10.c). Leur teneur en FeO_T et Na_2O est variable et similaire à celle des autres échantillons de granitoïdes, avec une teneur en FeO_T à 2,9 et 4,3 % wt et de 2,6 et 3,7 % wt de Na_2O (Figure IV.10.d et e). De la même façon, la teneur en K_2O et en alcalin se trouve dans la même gamme de variation en composition que les autres granitoïdes (respectivement, 2,9 et 5,3 % wt et 6,6 et 7,9 % wt ; Figure IV.10.f). L'ASI est cependant légèrement plus élevé dans ces échantillons, allant jusqu'à 1,4 (Figure IV.10.h).

Les micaschistes

Les micaschistes sont représentés par deux groupes de compositions différentes, indépendamment de leur proximité ou non avec l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo. Cette différence est très marquée par la teneur en SiO_2 avec un premier groupe dont la teneur en SiO_2 est comprise entre 43,8 et 50,9 % wt et un deuxième groupe avec une teneur en SiO_2 plus élevée, de 68,2 à 78,4 % wt. La teneur en FeO_T/MgO dans ces roches reste, cependant, dans la même gamme de composition (2,9 à 4,3 wt%) pour les deux groupes de micaschistes à l'exception d'un échantillon enrichie en Fe (7 wt% à 70,1 wt% de SiO_2, hors champ du graphique ; Figure IV.10.a). Dans le premier groupe des micaschistes, la teneur en TiO_2 est comprise entre 1,2 et 1,3 % wt et entre 0,5 à 0,9 % wt dans les micaschistes à plus haute teneur en SiO_2 (Figure IV.10.b). La teneur en Al_2O_3

est en FeO_T dans le premier groupe est, respectivement comprise entre, 25,2 et 30,9 % wt et entre 8,5 à 9,5 % wt. Leur teneur dans le deuxième groupe est relativement différente avec une teneur en Al_2O_3 moins enrichie, comprise entre 16,3 et 10,2 % wt, diminuant avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 et une teneur en FeO_T également moins enrichie, variable de 3,8 à 5,6 % wt à l'exception d'un échantillon dont la teneur en FeO_T est deux fois plus élevée (10,6 % wt ; Figure IV.10.c et d). La teneur en Na_2O dans les deux groupes de micaschistes est relativement faible, bien qu'un peu élevée dans le premier groupe (0,8 à 1,2 % wt) comparée au deuxième groupe (0,2 à 0,9 % wt ; Figure IV.10.e). Les deux groupes des micaschistes ont une teneur en K_2O très différente. En effet, le premier groupe a une teneur en K_2O très élevée, variable entre 5,1 et 7,2 % wt alors que le second groupe à SiO_2 très élevée ont une teneur en K_2O moins enrichie, variant de 1,9 à 4,1 % wt (Figure IV.10.f). Ces deux groupes ont également une teneur en P_2O_5 et ASI, variable et similaire, compris respectivement entre 0,03 et 0,2 % wt et entre 2,2 et 4,4 (Figure IV.10.g et h).

Les Kinzigites

Les kinzigites ont des valeurs très variables en SiO_2, allant de 42,8 à 57,4 % wt et un rapport FeO_T/MgO très peu variable, compris entre 2,6 et 3,5 % wt (Figure IV.10.a). Leur teneur en TiO_2 et Al_2O_3 semble diminuer avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (respectivement, 1,9 – 1,1 % wt et 30,4 – 20,3 % wt ; Figure IV.10.b et c). La teneur en FeO_T dans les kinzigites est supérieure à la teneur en FeO_T dans les deux groupes de micaschistes et diminue avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (15,3 et 9,1 % wt ; Figure IV.10.d). Les kinzigites indiquent des teneurs en Na_2O relativement faible, proche de la teneur en Na_2O des micaschistes (0,4 à 1,7 % wt ; Figure IV.10.e). La teneur en K_2O est très variable dans les kinzigites, allant de 1,9 à 5,1 % wt (Figure IV.10.f). Comme pour les micaschistes, les teneurs en P_2O_5 et ASI dans les kinzigites sont très variables. Le teneur en P_2O_5 dans les kinzigites est comprise entre 0,05 et 0,2 % wt et l'ASI est compris entre 2,8 et 7,7 (hors champ du graphique ; Figure IV.10.g et h).

Les granulites

Les granulites ont une teneur en SiO_2 très variable, comprise entre 35,7 et 50,9 % wt et un rapport FeO_T/MgO similaire aux kinzigites, compris entre 2,3 et 3,6 % wt (Figure IV.10.a). Dans ces échantillons, on observe une diminution de la teneur en TiO_2 à mesure

que la teneur en SiO_2 augmente (2,2 à 1,5 % wt ; Figure IV.10.b). Les teneurs en Al_2O_3 et en FeO_T dans les granulites sont élevées et comprises, respectivement entre 36, et 21,3 % wt et entre 19,3 et 11,1 % wt, toutes deux diminuant avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (Figure IV.10.c et d). Les granulites ont une teneur en Na_2O faible et très variable, comprise entre 0,01 et 0,3 % wt, augmentant plus ou moins avec l'augmentation en SiO_2 à l'exception d'un échantillon enrichi en Na_2O (1,64 % wt à SiO_2 égal à 50,9 % wt ; Figure IV.10.e). De la même manière, leur teneur en K_2O est faible et variable, entre 0,2 et 0,1 % wt, augmentant avec l'augmentation de la teneur en SiO_2 (Figure IV.10.f). Leur teneur en P_2O_5 est très peu variable, entre 0,03 et 0,08 % wt (Figure IV.10.g). L'ASI dans ces roches a été calculée à 3,5 apfu et à 4,8 apfu (Figure IV.10.h).

IV.2. Les éléments traces en roche totale – Diagrammes de Harker

IV.2.1. Les roches magmatiques

Les troctolites, gabbros et norites

La teneur en Mg# dans les troctolites varie entre 0,75 et 0,67. Celle des gabbros est plus variable, comprise entre 0,76 et 0,56. Les norites sont plus enrichis en Fe comparées aux troctolites et aux gabbros avec une teneur en Mg# allant de 0,59 à 0,45. La teneur en Cr dans les troctolites est relativement variable, comprise entre 35,4 et 146 ppm à l'exception d'un échantillon dont la teneur en Cr est de 393 ppm pour un Mg# à 0,68. La teneur en Cr dans les gabbros est également variable, diminuant de 483 à 7,5 ppm quand Mg# diminue. Dans les norites, la teneur en Cr est moins enrichie et moins variable, comprise entre 1,8 et 72,6 ppm (Figure IV.11.a). Les troctolites montrent une forte teneur en Ni, variant de 91,8 à 160 ppm. La teneur en Ni dans les gabbros montre un fort enrichissement à Mg# élevé puis une diminution quand Mg# diminue (241 à 6,6 ppm). Dans les norites, la teneur en Ni est moins élevée, variant de 3,2 à 45,9 ppm (Figure IV.11.b). La teneur en Zr dans les troctolites augmente quand Mg# diminue, allant de 0,2 à 65 ppm. Dans les gabbros, la teneur en Zr est élevée dans trois échantillons, augmentant de 15 à 44,6 ppm pour un Mg# diminuant de 0,76 à 0,68 tandis que les autres échantillons de gabbros ont une teneur relativement plus faible, allant de 0,2 à 9,7 ppm pour un Mg# variant de 0,69 à 0,56. Dans les échantillons de norites, la teneur en Zr varie

de 2,5 à 32,8 et ne montrent pas de tendance particulière par rapport à Mg# (Figure IV.11.c). La teneur en Nb dans les troctolites est subdivisée en deux groupes, pour un Mg# équivalent, dont un premier montrant un enrichissement en Nb dont la teneur est comprise entre 5,5 et 7,9 ppm et un deuxième groupe où la teneur en Nb est relativement plus faible, allant de 0,06 à 2,2 ppm. Quant aux gabbros et norites la teneur en Nb est similaire, un peu plus élevée que dans les troctolites et augmente quand Mg# diminue (1,80 à 8,96 ppm ; Figure IV.11.d). Étant souvent sous la limite de détection, la teneur en U dans les échantillons de troctolites, gabbros et norites est limité à quelques échantillons : deux échantillons de troctolites, donnant des valeurs à 0,02 et 0,4 ppm ; quatre échantillons de gabbros dont la teneur en U varie de 1 à 2,3 ppm et ; un échantillon de norite, donnant une teneur en U à 0,1 ppm (ces échantillons ne peuvent donc pas représenter de tendance générale en U au cours de la différenciation ; Figure IV.11.e). Pour les mêmes raisons, la teneur en Th a été mesuré dans seulement quatre échantillons de troctolites, donnant une teneur variable entre 0,03 et 1,4 ppm, dans un échantillon de gabbro et un échantillon de norite, dont les teneurs en Th ont été mesurées, respectivement, à 2 ppm et 0,2 ppm (Figure IV.11.f). La teneur en Rb dans les troctolites semble légèrement augmenter (0,5 à 10 ppm) quand Ni diminue (160 à 91,8 ppm). Dans les gabbros, la teneur en Rb varie de 0,9 à 3,6 ppm pour une teneur en Ni élevée, comprise entre 64,4 et 241 ppm, à l'exception de trois échantillons de gabbros qui ont une teneur en Rb plus élevée comprise entre 59 et 126 ppm pour un Ni allant de 6,6 à 39,9 ppm. Seulement deux échantillons de norites ont pu être mesurés en Rb, donnant des valeurs à 2,3 ppm pour un Ni à 45,9 ppm et à 23,7 ppm pour un Ni à 3,2 ppm (Figure IV.11.g). La teneur en Ba dans les troctolites est plus élevée, comparée à la teneur en Ba dans les gabbros, respectivement, entre 19,9 et 66 ppm et entre 2,8 et 25,1 ppm, à l'exception d'un échantillon de gabbro dont la teneur en Ni est plus basse et la teneur en Ba est bien plus élevée (respectivement, 29 ppm et 225 ppm). Comme pour le Rb, seulement deux échantillons de norites ont pu être mesurés en Ba dont les teneurs sont très différentes, une première à 39,3 ppm à Ni égal à 45,9 ppm et une teneur plus enrichie, à 257 ppm en Ba pour un Ni à 3,2 ppm (Figure IV.11.g).

Les troctolites ont un rapport Ba/Rb variant de 24,6 à 33,1 pour une variation du rapport Sr/Rb entre 511 et 333 à l'exception d'un échantillon de troctolite ayant un rapport

Ba/Rb et Sr/Rb bien moins élevé (respectivement, 6,6 et 33,7). Les gabbros ont des rapports en Ba/Rb (3,8 – 10,2) et en Sr/Rb (5,9 – 114) très peu élevés comparés aux troctolites et montrent cependant une légère diminution du rapport Ba/Rb quand le rapport Sr/Rb diminue. Deux échantillons de norites ont été mesurés avec un rapport Sr/Rb dans la même gamme de composition que les gabbros (16,5 et 93,7) bien que leur rapport Ba/Rb soit plus élevé (10,8 et 17,1 ; Figure IV.11.i). Les troctolites ont un rapport en $(La)_N$ peu variable, entre 4,0 et 5,0 et un rapport $(La/Sm)_N$ entre 0,7 et 2,3, à l'exception d'un échantillon dont le rapport $(La)_N$ est bien plus élevé, calculé à 26 pour un rapport en $(La/Sm)_N$ égal à 2,2. Un échantillon de norite donne un rapport plus élevé en $(La)_N$, de 33,9, comparé aux troctolites et un rapport $(La/Sm)_N$ de 1,6 (Figure IV.11.j). Les rapports Nb/Yb et Th/Yb dans les troctolites augmentent et sont relativement variables (respectivement, entre 0,2 et 1,7 et entre 0,1 et 1,1). Un échantillon de norite indique un rapport Nb/Yb à 5,1 et un rapport Th/Yb à 0,2 (Figure IV.11.k). Le rapport Zr/Y dans les troctolites varie entre 1,6 et 2,9. Le rapport Zr/Y dans l'échantillon de norite est bien plus faible comparé aux rapports Zr/Y dans les troctolites (0,27).

Les gabbros et norites à amphibole

Les gabbros amphiboles montrent une teneur en Mg# très variable, entre 0,69 et 0,39 tandis que le Mg# dans les norites à amphibole est moins variable, bien que dans gamme de composition similaire, entre 0,68 et 0,45. Les gabbros à amphibole et les norites à amphibole montrent une diminution de la teneur en Cr (respectivement, de 269 à 1,7 ppm et de 250 à 29,1 ppm) et de la teneur en Ni (respectivement, de 126 à 29,1 et de 63 à 23 ppm) quand Mg# diminue (Figure IV.11.a et b). A l'inverse, la teneur en Zr, dans les gabbros à amphibole, montre un enrichissement allant de 12 à 256 ppm au cours de la différentiation. Un échantillon de gabbro à amphibole montre un très fort enrichissement de la teneur en Zr comparé aux autres échantillons (1094 ppm pour un Mg# à 0,57). De la même façon, la teneur en Zr augmente dans les norites à amphibole quand Mg# diminue, bien que ces échantillons soient relativement moins enrichis en Zr (37,3 à 171 ppm) que dans les gabbros à amphibole (Figure IV.11.c). La teneur en Nb dans les gabbros à amphibole et dans les norites à amphibole montre également en enrichissement quand Mg# diminue (respectivement, de 1,5 à 16,2 ppm et de 2,4 à 11,3

ppm ; Figure IV.11.d). Ces deux types d'échantillons ont une teneur en U similaire, variable entre 1,2 et 2,2 ppm, à l'exception d'un échantillon de norite à amphibole dont le teneur en U est plus faible (0,11 ppm ; Figure IV.11.e). La teneur en Th est comprise entre 1,2 et 4,8 ppm dans les gabbros à amphibole et est plus faible, entre 0,2 et 2,3 ppm, dans les norites à amphibole (Figure IV.11.f). La teneur en Rb dans les gabbros et norites à amphibole varie de 2,1 à 10 ppm pour une teneur en Ni très variable, entre 126 et 4,3 ppm à l'exception de quelques échantillons dont la teneur en Rb est bien plus élevée, variant entre 27,2 et 41,3 ppm pour une teneur en Ni (Figure IV.11.g). La teneur en Ba est très variable et est comprise entre 29,7 et 186 ppm dans les gabbros à amphibole et est moins enrichie (50,2 à 116 ppm) dans les norites à amphibole (Figure IV.11.h).

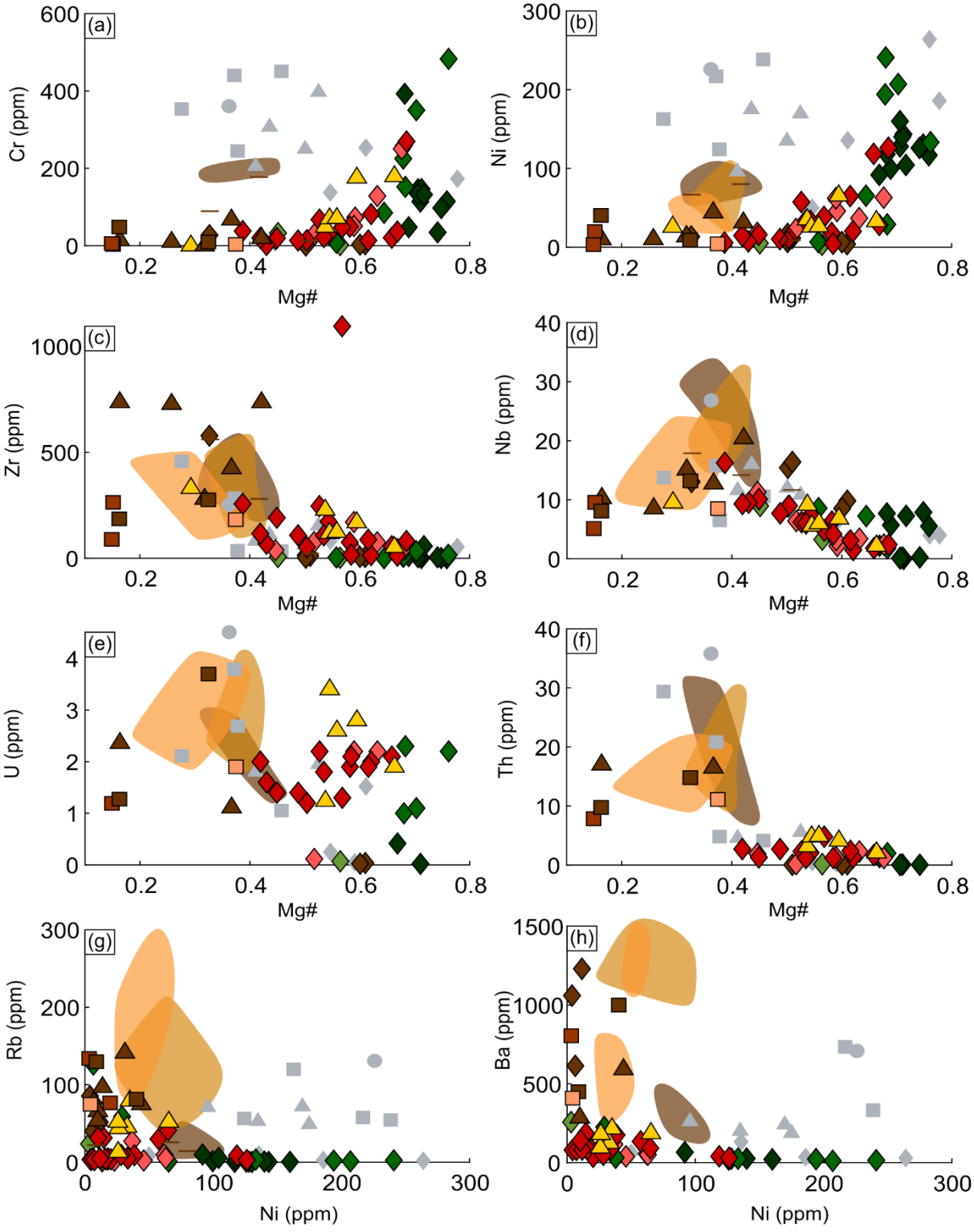
Dans gabbros et norites à amphibole, on observe une forte variation et une augmentation du rapport Ba/Rb, allant de 2,2 à 30,8 quand le rapport Sr/Rb augmente, entre 7,8 et 154. De la même façon, on observe une augmentation du rapport $(La)_N$, allant de 38,8 à 77,1 dans les gabbros à amphibole et de 39,6 à 52,4 dans les norites à amphibole quand le rapport $(La/Sm)_N$ augmente, de 0,7 à 2,9 dans les gabbros à amphibole et de 0,8 à 1,8 dans les norites à amphibole. Le rapport Th/Yb, compris entre 0,3 et 1,1 augmente également quand le rapport Nb/Yb augmente (de 0,8 à 1,4) dans les deux types d'échantillons, à l'exception d'un échantillon de norite à amphibole dont le rapport Th/Yb est moins élevé (à 0,05 pour un rapport Nb/Yb à 1,8). Le rapport Zr/Y est compris entre 1,4 et 5,7 dans les norites à grenat et est un peu plus variable, entre à 0,5 et 6,1 dans les gabbros à amphibole.

Les gabbros à cordiérite et à grenat et les norites à grenat

Les trois échantillons de gabbros à cordiérite et grenat ont un Mg # très variable, à 0,50, 0,42 et à 0,33. Dans les norites à grenat, Mg# varie de 0,61 à 0,50, à l'exception d'un échantillon enrichi en Fe, dont le Mg# est de 0,33. La teneur en Cr est très variable dans ces échantillons, allant de 0,4 et 27,2 ppm dans les norites à grenat et mesurée à, 13 ppm, 88,7 ppm et 177 ppm dans les gabbros à cordiérite et grenat (Figure IV.11.a). La teneur en Ni semble augmenter quand Mg# diminue, allant de 3,9 à 16,8 ppm dans les norites à grenat. La teneur en Ni dans deux échantillons de gabbros est largement supérieure à la teneur en Ni dans les norites, allant jusqu'à 80,1 ppm (Figure IV.11.a). On

observe une augmentation de la teneur en Zr (très élevée) et en Nb avec l'augmentation en Fe dans les gabbros (respectivement, 24,2 – 562 ppm et 11,6 – 17,8 ppm) et dans les norites (2,5 à 13,8 ppm de Zr à l'exception d'un échantillon à 578 ppm et entre 8,5 et 16,4 ppm en Nb ; Figure IV.11.c et d). De la même façon que dans les autres échantillons, la teneur en U et Th, n'a été mesurée que dans quelques échantillons de norites, donnant des valeurs en U et Th très faibles (respectivement, 0,02 et 0,04 ppm et entre 0,04 à 0,1 ppm ; Figure IV.11.e et f). La teneur en Rb est élevée et variable, entre 40,2 à 85,6 ppm pour une teneur en Ni variant de 3,9 à 11,9 ppm, à l'exception de deux échantillons mesurés à 1,3 ppm et à 3,9 ppm en Rb pour un Ni, respectivement de 13,4 ppm et 16,8 ppm dans les norites à grenat. La teneur en Rb des gabbros à cordiérite et à grenat est relativement plus faible, comprise entre 14,0 et 25,6 ppm pour un Ni cependant enrichi et très variable, allant de 8,8 à 80,1 ppm (Figure IV.11.g). Seulement trois échantillons de norites ont été mesurés en Ba, donnant des valeurs très variables et élevées, allant de 614 à 1230 ppm pour des teneurs en Ni allant de 3,9 à 11,6 ppm (Figure IV.11.h).

Les norites à grenat montrent une variation plus importante de leur rapport Ba/Rb comparé à leur rapport Sr/Rb relativement faible (respectivement, entre 12,4 et 23,7 et entre 3,8 et 7,4 ; Figure IV.11.i). Ces mêmes échantillons ont un rapport $(La/Sm)_N$ très élevé, allant de 4,3 à 6,6 pour un rapport $(La)_N$, entre 28,8 et 36,2, très proche du rapport $(La)_N$ des norites et gabbros à amphibole Figure IV.11.j). Deux échantillons de norites à grenat ont des rapports très élevés en Nb/Yb, à 31 0 et 38,2. Leurs rapports en Th/Yb sont très peu variables, 0,4 et 0,39, à l'exception d'un échantillon, dont les rapports en Nb/Yb et Th/Yb sont plus faibles (respectivement, 7,9 et 0,02 ; Figure IV.11.k). Ces mêmes échantillons donnent des rapports Zr/Y très différents (0,5, 0,7 et 1,8) augmentant avec l'augmentation en Th (respectivement, 0,02, 0,4 et 0,42 ; Figure IV.11.l).


(a)
Cr (ppm)
Mg#
(b)
Ni (ppm)
Mg#
(c)
Zr (ppm)
Mg#
(d)
Nb (ppm)
Mg#
(e)
U (ppm)
Mg#
(f)
Th (ppm)
Mg#
(g)
Rb (ppm)
Ni (ppm)
(h)
Ba (ppm)
Ni (ppm)

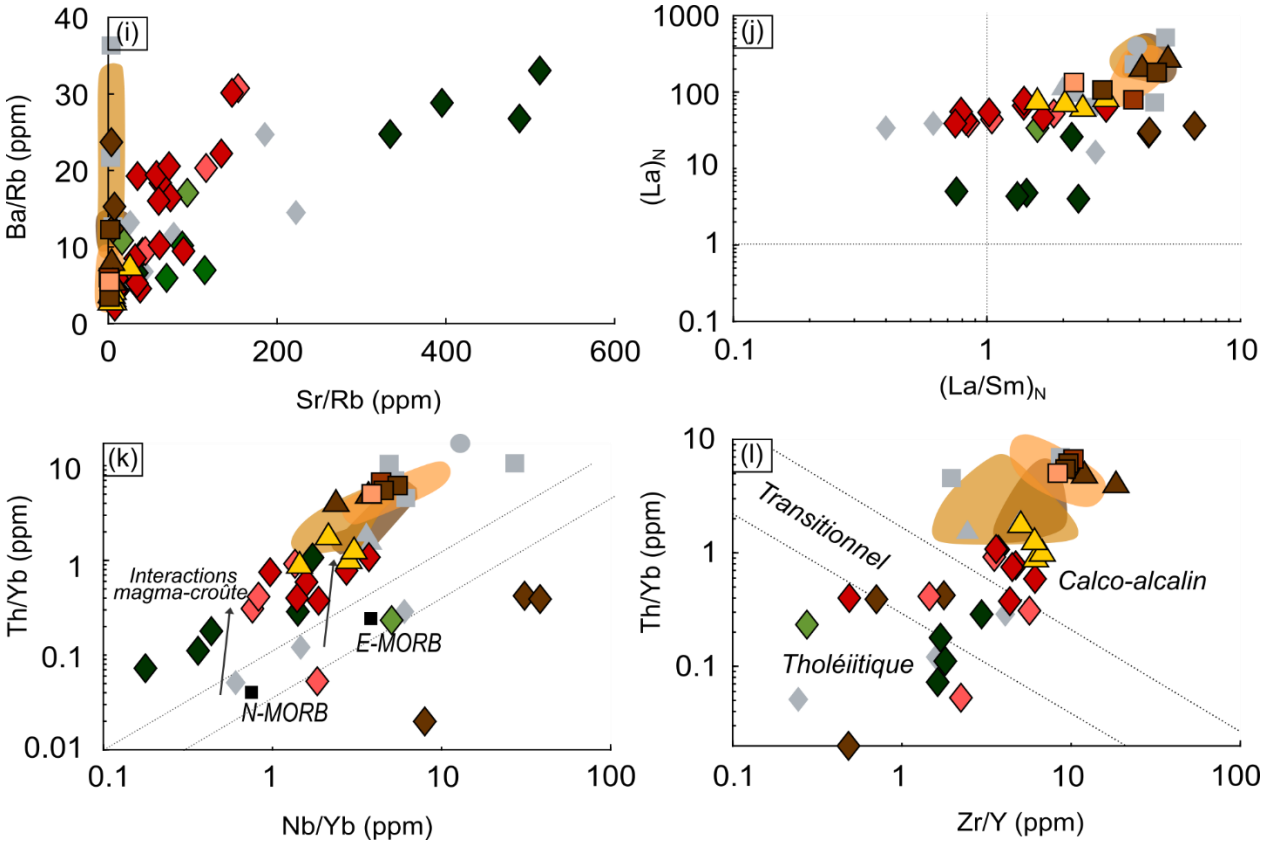


Figure IV. 11. Diagramme de Harker des éléments mineurs et traces vs. Mg# (a–f) et vs. Ni (g et h) des roches magmatiques (voir légende de la figure IV.10) et des roches encaissantes (enveloppes marrons pour les granulites, jaunes pour les kinzigites et oranges pour les micaschistes). Mg# = Mg/(Mg+Fe_T) ; les valeurs du diagramme discriminant (j) $(La)_N$ vs. $(La/Sm)_N$ sont normalisées sur le manteau primitif et le diagramme est issu de Rollinson et Pease, (2021) ; (k) le diagramme discriminant Th/Yb vs. Nb/Yb est de Pearce, (2008) ; (l) le diagramme de discrimination Th/Yb vs. Zr/Y est issu de Ross et Bédard, (2009). Les données de la bibliographie ont été ajoutées d'après Braga, (2001). Les tables de données sont disponibles en annexe n°2.

Les diorites

Les diorites ont une teneur en Mg# entre 0,66 et 0,53, à l'exception d'un échantillon, plus enrichi en Fe, à Mg# égal à 0,29 (échantillon BPA 002-21a). Les diorites à grenat ont une valeur en Mg# relativement moins importante, variant entre 0,4 et 0,2. Les teneurs en Cr et en Ni dans les diorites (respectivement, 179 – 48,4 ppm et 65,4 – 25,8 ppm) sont supérieures aux teneurs en ces deux éléments dans les diorites à grenats (respectivement, 0,2 – 67,2 ppm et 44 – 9,9 ppm), montrant également une diminution des teneurs en Cr et Ni au cours de la différenciation (Figure IV.11.a et b). A l'inverse, on observe une augmentation de la teneur en Zr et en Nb quand Mg# diminue dans les diorites (respectivement, 52,3 – 330 ppm et 2,2 – 9,1 ppm). La teneur en Zr dans les

diorites à grenat est très variable et largement supérieure à la teneur en Zr des diorites (280 et 736 ppm). La teneur en Nb dans ces échantillons est largement supérieure à celle des diorites et indique une diminution quand Mg# diminue (20,4 – 8,5 ppm ; Figure IV.11.c et d). La teneur en U et en Th dans les diorites semble augmenter quand Mg# diminue, allant, respectivement, de 1,9 à 3,4 ppm et entre 2,1 et 4,9 ppm, à l'exception d'un échantillon dont la teneur en U est plus faible, mesurée à 1,2 ppm pour un Mg# à 0,54. Seulement deux échantillons de diorites à grenat ont été mesurés, donnant des valeurs en U de 1,1 ppm et 2,4 ppm et des valeurs très élevées en Th de 16,5 ppm et 17 ppm (Mg# respectivement à 0,37 et 0,16 ; Figure IV.11.e et f). Les diorites ont une teneur en Rb variant entre 13 et 80 ppm. Leur teneur en Ba, bien qu'un peu plus élevée dans certains échantillons, se trouve dans la même gamme de composition que les gabbros et norites à amphibole (95 à 272 ppm). Les diorites à grenat ont une teneur en Rb variable et moins importante que dans les diorites (54 et 141 ppm). Seulement deux de ses échantillons ont pu être mesurés en Ba, donnant deux valeurs très élevées et différentes à 286 et 591 ppm (pour un Ni, respectivement, de 10 ppm et 44 ppm ; Figure IV.11.g et h).

Le rapport en Ba/Rb des diorites varie entre 2,7 et 7,2 pour une variation très élevée du rapport Sr/Rb entre 3,2 et 25,8. Les deux échantillons de diorites à grenat ont un rapport Ba/Rb compris entre 5,3 et 7,9 et un rapport Sr/Rb moins variable compris entre 4,1 et 5,7 comparées aux diorites (Figure IV.11.i). Les diorites se trouvent dans la même gamme de composition que les gabbros et norites à amphibole, avec un rapport (La/Sm)N entre 1,6 et 2,9 et un rapport (La)N entre 60,1 et 80,1. Les deux échantillons de diorites à grenat ont des rapports (La)N très élevés, à 200 et 264 pour des rapports (La/Sm)N similaires à ceux des norites à grenat (4,1 et 5,2 ; Figure IV.11.j). Les diorites présentent des rapports Th/Yb entre 0,9 et 1,8 pour un rapport en Nb/Yb entre 1,5 et 1,2 et sont enrichies en Zr, marqué par un rapport Zr/Y compris entre 5 et 6,7. Ces mêmes rapports dans les deux échantillons de diorites à grenat sont systématiquement supérieurs aux rapport calculés dans les diorites, avec des rapports Th/Yb à 3,9 et 4,8 pour des rapports Nb/Yb à 2,4 et 3,7 et des rapports Zr/Y a 12 et 18,4 (Figure IV.11.k et l).

Les granitoïdes

Seuls deux échantillons de granodiorites, deux échantillons de granodiorites à grenat et un échantillon de granite à grenat, ont été mesurés pour les éléments traces. La teneur en Mg# dans les granodiorites est à 0,15, à 0,32 et 0,16 dans les échantillons de granodiorites à grenat et à 0,37 dans l'échantillon de granite à grenat. Les granodiorites et granites ont une teneur en Cr variant entre 3,4 et 9,6 ppm à l'exception d'un des deux échantillons de granodiorite à grenat à 48,2 ppm pour un Mg# à 0,16 (Figure IV.11.a). De la même façon, leur teneur en Ni varie de 3,3 à 8,9 ppm, à l'exception d'un échantillon de granodiorite dont la teneur en Ni est de 19,6 ppm et d'un des échantillons de granodiorite à grenat dont la teneur en Ni est plus élevée, à 40,3 ppm pour un Mg# à 0,16 (Figure IV.11.b). Ces roches ont une teneur en Zr élevée, comprise entre 182 et 276 ppm à l'exception d'un échantillon de granodiorite à plus faible teneur en Zr (89,4 ppm ; Figure IV.11.c). Leur teneur en Nb est comprise entre 5,1 et 9,6 ppm, à l'exception d'un échantillon de granodiorite à grenat plus enrichie en Nb, mesuré à 13,2 ppm pour un Mg# à 0,32 (Figure IV.11.d). La teneur en U et Th a été mesurée à, respectivement, 1,2 ppm et 7,8 ppm dans un des échantillons de granodiorite (sous la limite de détection pour le deuxième échantillon), à 3,7 ppm et 1,3 ppm en U et à 14,8 ppm et 9,8 ppm en Th dans les échantillons de granodiorites à grenat (Mg#, respectivement à 0,32 et 0,16). L'échantillon de granite à une teneur en U de 1,9 ppm et une teneur en Th à 11,1 ppm (Figure IV.11.e et f). Les granitoïdes ont une teneur en Rb et Ba très élevée, respectivement entre 74,9 et 134 ppm et entre 409 et 1000 ppm (Figure IV.11.g et h).

L'échantillon de granodiorite et l'échantillon de granite ont des rapports Ba/Rb (respectivement, 6,0 et 5,5) et des rapports Sr/Rb (respectivement, 0,9 et 1,7) très peu variables et relativement bas. Les deux échantillons de granodiorites à grenat ont des rapports Ba/Rb variable, à 3,5 et 12,3 pour des rapports en Sr/Rb, respectivement à 1,7 et 2,4 (Figure IV.11.i). Les échantillons de granodiorite et granite à grenat ont un rapport en $(La)_N$ plus élevé, respectivement, 79,3 et 133 pour un rapport $(La/Sm)_N$, respectivement, à 3,8 et à 2,2. Les deux échantillons de granodiorites à grenat ont un rapport $(La)_N$ très élevé de 106 et 181 pour un rapport $(La/Sm)_N$, respectivement à 2,9 et 4,7 (Figure IV.11.j). Les rapports Th/Yb et Nb/Yb des échantillons de granodiorite et granite sont similaires et élevés, respectivement à 6,7 et à 5,0 et à 4,4 et 3,9. Les deux

échantillons de granodiorites à grenat sont légèrement enrichis en Nb puisque leurs rapports Nb/Yb sont plus élevés que dans les autres granitoïdes (à 4,6 et à 5,5) pour des rapports Th/Yb (respectivement, à 5,5 et à 6,2) similaires aux échantillons de granodiorite et granite (Figure IV.11.k). Les rapports Zr/Y dans les échantillons de granodiorite, granodiorites à grenat et granite sont très élevés et varient faiblement de 8,3 à 10,3 (Figure IV.11.l).

Les micaschistes

Les micaschistes ont une teneur en Mg# qui varie de 0,38 à 0,20. La teneur en Cr n'a pas été mesuré dans ces échantillons. La teneur en Ni dans les micaschistes est assez variable, allant de 28 à 56 ppm et ne montre pas de tendance d'augmentation ou de diminution par rapport à Mg# (certaines valeurs en Ni des micaschistes sont sous la limite de détection, voir tables en annexe n°2 ; Figure IV.11.b). Leur teneur en Zr est comprise entre 140 et 215 ppm à l'exception de deux échantillons dont la teneur en Zr est très élevée, à 441 ppm et 462 ppm (Mg# respectivement, à 0,20 et 0,30 ; Figure IV.11.c). Les micaschistes ont une teneur en Nb comprise entre 9,8 et 22,7 ppm Figure IV.11.d). Les teneurs en U et Th sont variables et assez élevées, comprises, respectivement, entre 2 et 4 ppm et entre 10,3 et 21,2 ppm (Figure IV.11.e et f). Leur teneur en Rb est très élevée et varie fortement de 97,5 à 280 ppm (Figure IV.11.g). Les micaschistes sont subdivisés en deux groupes marqué par la différence de composition en Ba par rapport à la composition en Ni : (1) la teneur en Ba est comprise entre 323 à 761 ppm pour une teneur en Ni variable entre 28 et 43 ppm et (2) la teneur en Ba est très élevée, comprise entre 1131 et 1450 ppm pour une teneur en Ni entre 52 et 56 ppm (Figure IV.11.h).

Ces roches ont un rapport Ba/Rb variant de 2,9 à 5,2, à l'exception de deux échantillons où le rapport Ba/Rb est plus élevé, à 7,2 et 9,0 pour un rapport Sr/Rb compris entre 0,2 et 1 (Figure IV.11.i). Le rapport $(La)_N$ est très variable, allant de 91,6 à 288 pour un rapport $(La/Sm)_N$ peu variable, compris entre 3,2 et 4,5 (Figure IV.11.j). Les rapports Th/Yb dans ces échantillons sont élevés et peu variables, allant de 3,3 à 8,5 augmentant quand les rapports Nb/Yb augmentent, calculés entre 3,1 et 9,3 (Figure IV.11.k). Comparés aux rapports Nb/Yb, les rapports Zr/Y de ces roches montrent une forte variation de composition, allant de 5,1 à 13 (Figure IV.11.l).

Les kinzigites

Les kinzigites ont une teneur en Mg# comprise entre 0,4 et 0,3. Comme pour les micaschistes la teneur en Cr n'a pas été mesurée. La teneur en Ni est variable et élevée, comprise entre 61 et 101 ppm, à l'exception de deux échantillons moins enrichis en Ni, donnant des valeurs à 30 et 50 ppm pour un Mg# équivalent (Figure IV.11.b). La teneur en Zr est élevée, allant de 140 à 342 ppm, à l'exception de deux échantillons dont la teneur en Zr est relativement élevée, mesurée à 482 ppm et à 555 ppm à Mg# équivalent (Figure IV.11.c). Les teneurs en Nb et en U sont similaires à celles de micaschistes, variant de 16,4 à 20,9 ppm en Nb, à l'exception d'un échantillon enrichi en Nb, mesuré à 31,2 ppm et variant de 2 à 4 ppm en U (Figure IV.11.d et e). La teneur en Th est légèrement enrichie dans les kinzigites par rapport aux micaschistes, variant de 10,4 à 29,2 ppm (Figure IV.11.f). La teneur en Rb des kinzigites est très variable et légèrement inférieure à la teneur en Rb dans les micaschistes, allant de 46,2 à 202 ppm alors que la teneur en Ba est moins variable et relativement enrichie dans les kinzigites par rapport aux micaschistes, variant de 1057 à 1497 ppm (à Ni variant de 30 à 88 ppm) et un échantillon allant jusqu'à 1985 ppm à Ni élevé (101 ppm ; Figure IV.11.g et h).

Les rapports Ba/Rb sont très variables et supérieurs à ceux calculés dans les micaschistes. En effet, la plupart des échantillons de kinzigites ont des rapports Ba/Rb entre 9,0 et 11,1 pour un rapport Sr/Rb très faible, compris entre 0,7 et 1,2, à l'exception de : (1) un échantillon enrichi en Rb dont le rapport Ba/Rb donne une valeur à 5,8 pour un rapport Sr/Rb à 0,4 ; (2) deux échantillons très enrichis en Ba, avec un rapport Ba/Rb à 18,4 et 18,7 pour un rapport en Sr/Rb, respectivement à 1,1 et à 1 et ; (3) un échantillon enrichi en Ba et Sr dont le rapport Ba/Rb est de 32,4 pour un rapport en Sr/Rb à 4,5 (Figure IV.11.i). Les rapports $(La)_N$ sont également très variables et légèrement plus élevés que dans les micaschistes, allant de 146 à 397 pour des rapports $(La/Sm)_N$ faiblement variables, entre 3,5 et 4,4 (Figure IV.11.j). Les rapports Th/Yb sont très variable, compris entre 1,6 et 6,2 pour des rapports Nb/Yb également variable, 1,5 et 6,6 (Figure IV.11.k). Dans ces roches, les rapports Zr/Y sont très variables et relativement moins importants que dans les micaschistes (1,8 à 9,1 ; Figure IV.11.l).

Les granulites

Ces roches ont un Mg# variant de 0,44 à 0,33. La teneur en Cr a été mesurée seulement sur deux échantillons, donnant des valeurs très élevées à 207 et à 186 ppm (Figure IV.11.a). Leurs teneurs en Ni et Zr sont similaires à celles des kinzigites, variant, respectivement, entre 63,9 et 101 ppm et entre 231 et 546 ppm (Figure IV.11.b et c). La teneur en Nb dans ces roches est équivalente à celle des kinzigites, variable entre 14 et 32,5 ppm (Figure IV.11.d). Les granulites ont une teneur en U plus faible que celle dans les micaschistes et kinzigites, comprise entre 1,4 et 2,9 ppm (Figure IV.11.e). La teneur en Th dans les granulites est plus variable avec deux échantillons, dont la teneur en Th est de 8,2 ppm et de 13,4 ppm (Mg#, respectivement, 0,43 et 0,38) et deux autres échantillons relativement plus enrichis en Th, mesuré à 29,7 ppm et 30,5 ppm (Mg#, respectivement, à 0,37 et 0,33 ; Figure IV.11.f). Les teneurs en Rb et Ba sont très variables et très peu élevées par rapport aux kinzigites et micaschistes, variant, respectivement, entre 11,5 et 41,1 ppm et entre 189 et 439 ppm (Figure IV.11.g et h).

Les granulites sont moins enrichies en Ba et plus enrichi en Sr que les kinzigites, marqué par des rapports Ba/Rb moins variables et moins élevés, compris entre 10,7 et 13,6 pour des rapports Sr/Rb plus élevés et plus variables, entre 0,2 et 9,0 (Figure IV.11.i). Les rapports $(La)_N$ sont moins variables mais sont plus élevés que dans les kinzigites, compris entre 193 et 420 pour un rapport en $(La/Sm)_N$ entre 3,9 et 5, légèrement plus élevé que les micaschistes et kinzigites (Figure IV.11.j). Leurs rapports Th/Yb varient de 1,6 à 5,5 pour des rapports Nb/Yb entre 2,7 et 6 ainsi que pour des rapports Zr/Y variant de 4,3 à 10,3, inférieurs à ces mêmes rapports dans les kinzigites (Figure IV.11.k et l).

IV.3. Les éléments traces en roche totale – Spectres des terres rares et étendues

Les troctolites :

Les spectres en REE et REE étendues (Figure IV.12.a) des troctolites montrent un enrichissement de la teneur en REE de l'échantillon BPA 261-21b à l'échantillon BPA 021-21a. Ces échantillons montrent un appauvrissement continue progressif vers les éléments les plus incompatibles, avec un fort fractionnement en LREE ($(La/Sm)_N$ = 0,76 – 2,30) comparé à un faible fractionnement en HREE dont la pente est relativement plate

((Gd/Yb)N = 1,18 – 1,54). Les spectres en REE normalisés aux chondrites montrent une anomalie fortement positive en europium (Eu) dans l'échantillon BPA 261-21b avec un rapport Eu/Eu* = 5,15 et une anomalie toujours positive mais de moins en moins marquée dans les échantillons BPA 260-21g, BPA 260-21d et BPA 260-21a avec un rapport Eu/Eu* entre 2,25 et 3,18. L'échantillon BPA 021-21a montre, cependant, une anomalie en Eu très faiblement positive comparée aux autres échantillons (Eu/Eu* = 1,11). Ces spectres montrent également une faible anomalie négative en yttrium (Y) dans chacun des échantillons de troctolite.

Les spectres des REE étendues normalisées au manteau primitif montrent des anomalies positives en LILE, tels que Eu, Sr, plomb (Pb), Rb, Ba, des anomalies négatives en HFSE en Nb – tantale (Ta) et Zr – hafnium (Hf), dans les échantillons BPA 261-21b, BPA 260-21g, BPA 260-21d et BPA 260-21a. Quant à l'échantillon BPA 021-21a, on observe une anomalie également positive, bien que moins importante, en Pb et Sr, une anomalie cependant négative en Rb – Ba et une anomalie négative en Nb – Ta.

Les norites :

Les spectres REE normalisés aux chondrites montrent une composition plus enrichie dans les norites comparée aux troctolites (Figure IV.12.b). L'échantillon de norite BPA 018-21c montre une léger fractionnement en LREE ($(La/Sm)_N$ = 1,58) et un fort fractionnement en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 4,09). On observe donc un appauvrissement continu des éléments les moins incompatibles vers les éléments les plus incompatibles. Cet échantillon montre également une anomalie positive en Eu (Eu/Eu* = 1,56) et une légère anomalie positive en Y. L'échantillon de norite à amphibole, BPA 019-21a, est enrichie en REE comparé à l'échantillon de norite BPA 018-21c. On observe un enrichissement des LREE aux MREE avec un léger fractionnement ($(La/Sm)_N$ = 1,05) et un appauvrissement des MREE vers les HREE, montrant également un léger fractionnement ($(Gd/Yb)_N$ =1,59). Cet échantillon indique une anomalie en Eu légèrement négative (Eu/Eu* = 0,90) et en Y.

Le profil des REE étendues normalisées au manteau primitif de l'échantillon de norite (BPA 018-21c) montre : (1) en fort enrichissement en Rb et Ba ; (2) une anomalie positive continue en Th – U et Nb – Ta ; (3) une anomalie positive en Pb, Sr et Eu et (4)

une forte anomalie négative en Zr – Hf. Pour l'échantillon de norite à amphibole (BPA 019-21a) on observe un profil en REE étendues relativement plat avec une anomalie positive en Rb – Ba, un enrichissement continu en Th – U et Nb – Ta et une légère anomalie négative en Zr.

Les norites à grenat :

Les spectres REE normalisées au chondrites des norites à grenat (Figure IV.12.c) montrent une même pente en LREE fortement fractionnée ($(La/Sm)_N$ = 4,35 – 6,59) pour chacun des échantillons, appauvrie des LREE aux MREE. L'échantillon BPA 006-21b est moins enrichi en HREE que les deux autres échantillons et montre un léger fractionnement ($(Gd/Yb)_N$ = 2,42) avec un appauvrissement des MREE aux HREE. L'échantillon BPA 018-21a montre un fort fractionnement en HREE et un fort appauvrissement vers les éléments les plus incompatibles ($(Gd/Yb)_N$ = 6,71). L'échantillon BPA 019-21d, montre un léger fractionnement en HREE avec également un appauvrissement vers les éléments les plus incompatibles ($(Gd/Yb)_N$ = 0,95). On observe également une anomalie légèrement négative en Y dans cet échantillon. Tous ces échantillons de norites à grenat présentent une forte anomalie positive en Eu, décroissante de BPA 006-21b (Eu/Eu* = 0,70) à BPA 018-21a et BPA 019-21d (respectivement, Eu/Eu* = 4,37 et Eu/Eu* = 4,79).

Les spectres REE étendues des norites à grenat montrent un fort enrichissement en Rb et Ba, une anomalie négative en Th – U couplée à une anomalie positive en Nb – Ta ainsi qu'une anomalie positive en Pb, Sr et Eu. On observe également une anomalie négative en Zr – Hf dans chacun des échantillons.

Les diorites :

Les spectres REE normalisées aux chondrites des diorites à grenat (Figure IV.12.d) montrent un fort fractionnement en LREE et un appauvrissement des LREE aux MREE dans BPA 119-12b et dans BPA 003-21a (respectivement, $(La/Sm)_N$ = 5,18 et 4,09) comparé à des pentes en HREE plate, bien que légèrement enrichie vers les éléments les moins incompatibles (respectivement, $(Gd/Yb)_N$ = 1,71 et 1,32). Les échantillons de diorites à grenat, BPA 003-21a et BPA 119-12b indiquent une anomalie positive

légèrement en Eu (BPA 119-12b : Eu/Eu* = 1,17 et BPA 003-21a : Eu/Eu* = 1,29). Pour la diorite (BPA 109-21b), on observe une diminution de la teneur en REE comparé aux diorites à grenat avec un léger fractionnement en LREE ($(La/Sm)_N$ = 1,58) et un léger appauvrissement progressif des LREE aux HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 1,77). Cet échantillon présente une anomalie légèrement négative en Eu (Eu/Eu* = 0,70).

Les spectres REE étendues ont un profil relativement plat. L'échantillon de diorite (BPA 109-21b) indique une anomalie négative en Rb – Ba, une anomalie positive en Th – U, une anomalie négative en Nb – Ta, une anomalie positive en Pb ainsi qu'une anomalie légèrement négative en Eu. L'échantillon BPA 003-21a indique une anomalie négative en Rb – Ba et une anomalie positive en Th couplée à une anomalie négative en Nb – Ta. On observe également dans cet échantillon, une anomalie positive en Pb, Zr – Hf ainsi qu'une anomalie légèrement négative en Sr. Le spectre des REE étendues de l'échantillon BPA 119-12b est très similaire à celui de l'échantillon BPA 003-21a montrant également une anomalie négative en Rb et Ba mais également une anomalie négative en Th – U. On observe dans cet échantillon, une anomalie positive en Pb, légèrement négative en Sr ainsi qu'une anomalie positive en Zr – Hf.

Les granodiorites :

Les spectres des REE des granodiorites (Figure IV.12.e) indiquent une teneur en REE moins élevée que dans les échantillons de diorites à grenat. Ces deux échantillons de granodiorites ont un spectre similaire montrant un fort fractionnement et un appauvrissement des éléments les moins incompatibles vers les éléments les plus incompatibles. L'échantillon de granodiorite à grenat (BPA 120-12b) à une teneur en REE enrichie par rapport à l'échantillon (BPA 109-21a). Les rapports normalisés $(La/Sm)_N$ et $(Gd/Yb)_N$ sont, respectivement à 3,78 et 1,73 dans l'échantillon de granodiorite (BPA 109-21a) et à 2,85 et 2,36 dans l'échantillon de granodiorite à grenat (BPA 120-12b ; fractionnement plus important en HREE par rapport à l'échantillon de granodiorite). L'échantillon de granodiorite, montre également une légère anomalie positive en Eu, (Eu/Eu* = 1,40) et une anomalie très légèrement négative en Y. L'échantillon de granodiorite à grenat à une teneur indique une anomalie très légèrement négative en Eu (Eu/Eu* = 0,90).

Le spectre des REE étendues de l'échantillon BPA 120-12b indique une anomalie négative en Th – U couplée à une anomalie négative en Nb – Ta et une forte anomalie positive en Pb. On observe également une anomalie négative en Sr et une anomalie négative en Eu. Le profil de l'échantillon BPA 109-21a montre un enrichissement en Rb et une anomalie négative en Th – U couplée à une anomalie positive en Nb – Ta. On observe également une anomalie fortement positive en Pb (comme pour l'échantillon BPA 120-12b) et en Sr ainsi qu'une anomalie légèrement positive en Eu et légèrement négative en Y.

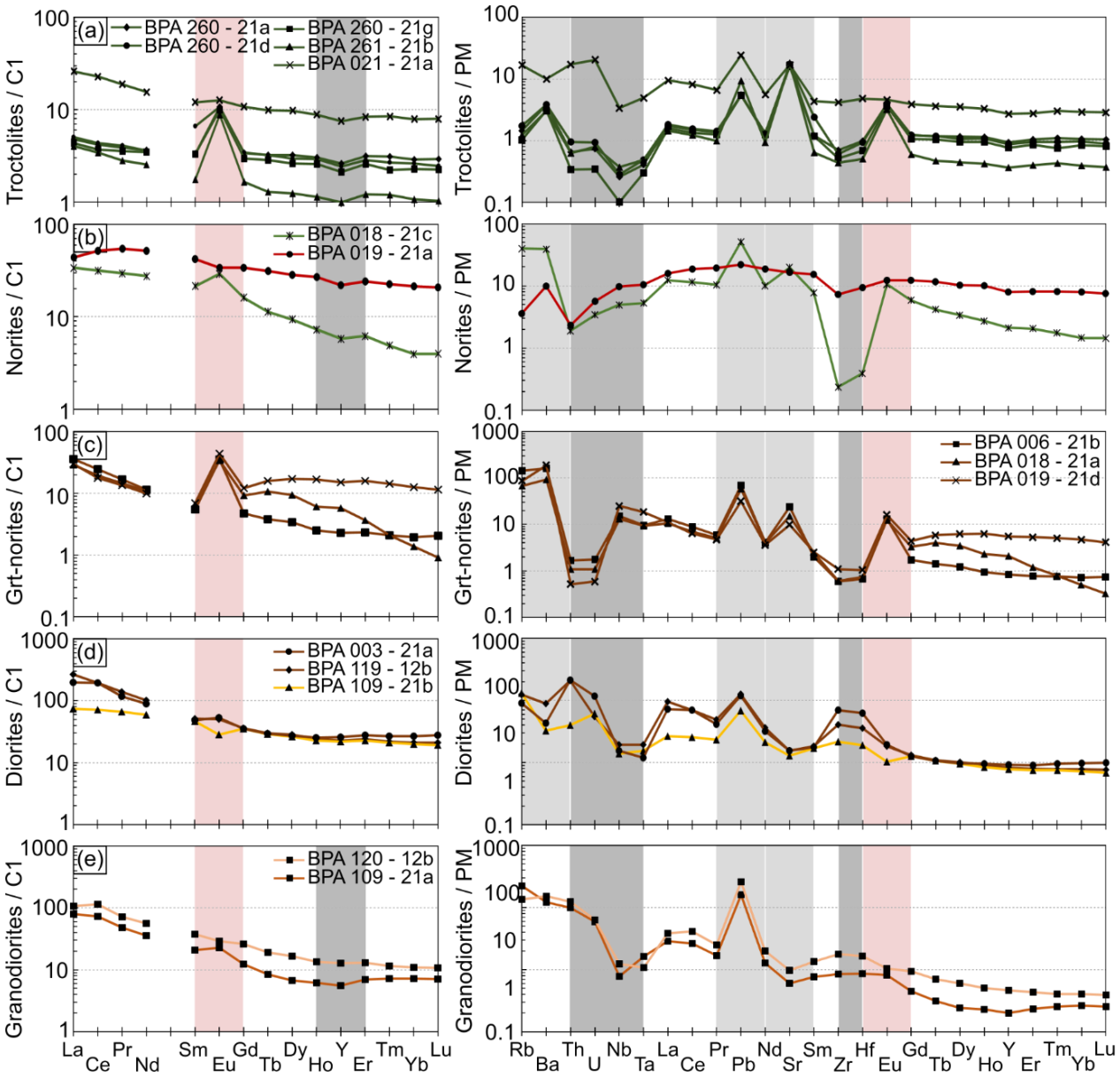


Figure IV. 12. Spectres de composition des REE normalisées aux chondrites (C1 ; Anders et Grevesse, 1989) à gauche et spectres de composition des terres rares étendues normalisées au manteau primitif (PM ; McDonough et Sun, 1995) à droite des troctolites, norites, norites à amphiboles, norites à grenats, diorites et granitoïdes (Les bandes en gris clairs pointent les anomalies en LILE, les bandes en gris foncé celles des HFSE et en rose les anomalies en Eu). Les tables de données sont disponibles en annexe n°2.

Les roches encaissantes

Les spectres REE normalisées aux chondrites (Figure IV.13.) montrent un léger enrichissement en REE dans les granulites comparées aux micaschistes et aux kinzigites. De manière générale, les pentes LREE des roches encaissantes montrent un fort fractionnement comparées à des pentes HREE relativement plates et donc un appauvrissement des LREE aux HREE. En effet, les rapports $(La/Sm)_N$ et $(Gd/Yb)_N$ dans les granulites sont, respectivement, 3,85 – 4,97 et 1,30 – 2,00. Ces granulites montrent également des anomalies négatives en Eu variable avec un rapport Eu/Eu* variant de 0,14 à 0,30 à l'exception d'un échantillon (BPA 167-13a) dont l'anomalie en Eu est légèrement positive (Eu/Eu* = 1,13). Dans les échantillons de kinzigites les rapports $(La/Sm)_N$ et $(Gd/Yb)_N$ varient respectivement, entre 3,47 et 4,39 et entre 0,76 et 2,24. Les kinzigites présentent également des anomalies négatives en Eu avec un rapport Eu/Eu* = 0,51 – 0,83. Quant aux micaschistes, les rapports $(La/Sm)_N$ et $(Gd/Yb)_N$ sont compris, respectivement, entre 3,24 et 4,47 et entre 0,89 et 2,76. Comme pour les kinzigites et granulites, les micaschistes présentent une anomalie négative en Eu (Eu/Eu* = 0,47 – 0,72).

Les spectres REE étendues des granulites présentent un appauvrissement en Rb – Ba comparés aux kinzigites et micaschistes et une anomalie fortement positive en Th. On observe également des anomalies négatives en Pb et Eu et une anomalie négative très prononcée en Sr. Dans les kinzigites, on observe un enrichissement en Rb – Ba par rapport aux granulites et micaschistes, avec une anomalie positive en Rb – Ba. On observe également une anomalie négative en Th – U couplée à une anomalie positive en Nb – Ta (à l'exception d'un échantillon BPA 003 – 11a, dont on observe une anomalie fortement négative Nb). La plupart des échantillons indiquent une anomalie faiblement positive en plomb, des anomalies fortement négatives en Pb et faiblement négatives en Eu. La teneur en Zr semble variable en fonction des échantillons. Les micaschistes ont un spectre REE presque similaire à celui des kinzigites, à l'exception de l'anomalie

négative en Ba. On retrouve les anomalies négatives en Th – U couplées aux anomalies positives Nb – Ta, des anomalies négatives en Sr (moins prononcées que celles des granulites mais plus prononcée que celles des kinzigites) et en Eu. On observe dans certains échantillons (e.g. BPA 122-12b et BPA 098 – 12f) un enrichissement en Zr – Hf comparés aux autre échantillons de micaschistes.

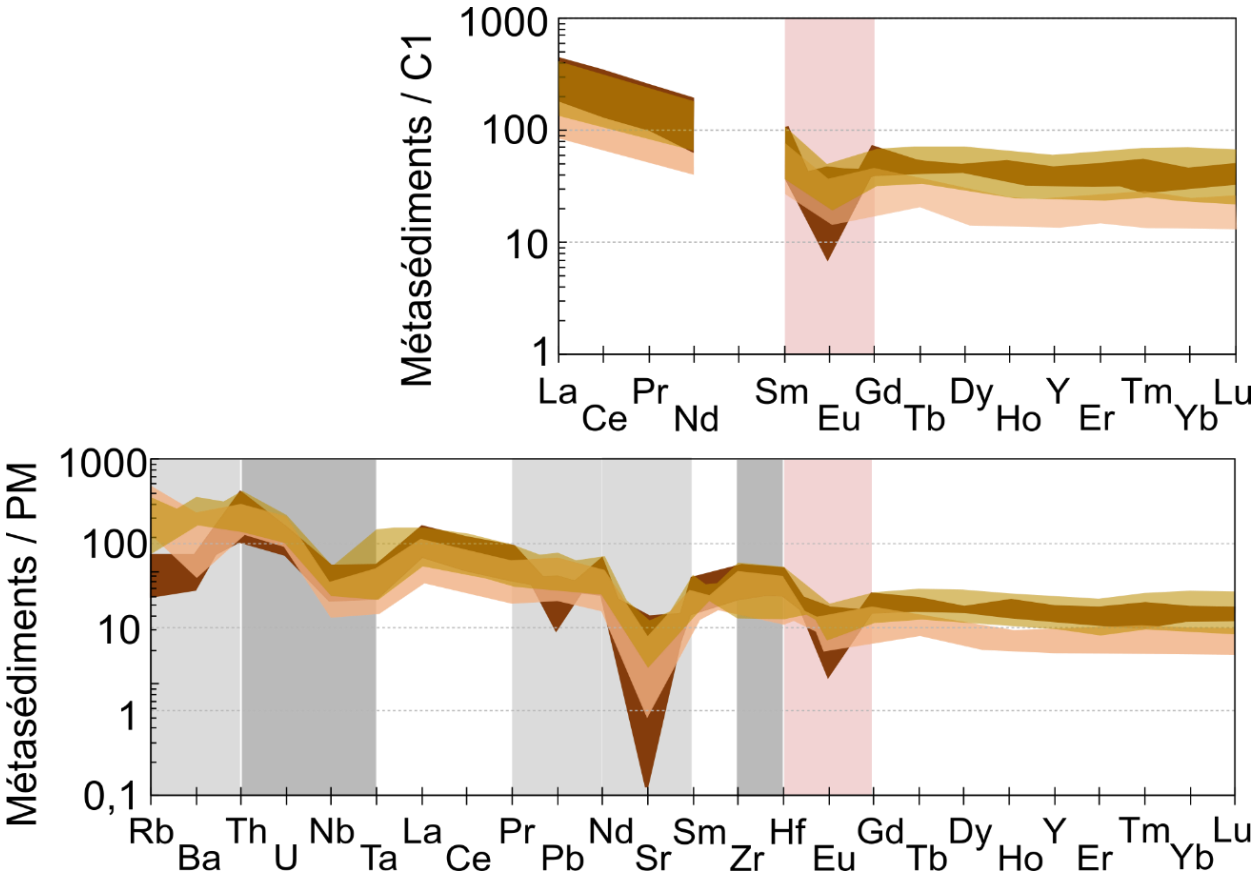


Figure IV.13. Spectres de composition des REE des métasédiments, normalisées aux chondrites (C1 ; Anders et Grevesse, 1989) et spectres de composition des REE étendues normalisées au manteau primitif (PM ; Sun et McDonough, 1995**)** représentant la moyenne des échantillons de micaschiste (orange, n=9), de kinzigite (jaune, n=8) et de granulite (marron, n=4). Les tables de données sont disponibles en annexe n°2

IV.4. Composition en éléments traces sur minéraux – Spectres des terres rares

Les troctolites

Les analyses in situ ont été réalisées sur les échantillons BPA 261-21b et BPA 021-21a sur les minéraux suivant : plagioclases, orthopyroxènes, clinopyroxènes, amphiboles et biotites (Figure IV.14.a, b et h).

Dans l'échantillon BPA 261-21b (Figure IV.14.a), les plagioclases ont un spectre REE présentant un fort fractionnement et un appauvrissement des LREE ($(La/Sm)_N$ = 3,14 – 4,11) comparées aux HREE (fort fractionnement ; $(Gd/Yb)_N$ = 3,78 – 9,72). Leur composition en HREE est plus variable par rapport aux LREE. On remarque également une très forte anomalie positive en Eu (Eu/Eu* = 11,07 – 13,59). Les plagioclases de l'échantillon BPA 021-21a (Figure IV.14.b) ont un spectre REE montrant également un fort fractionnement des LREE ($(La/Sm)_N$ =4,15 – 8,56) et un appauvrissement des LREE vers les HREE (fort fractionnement également ; $(Gd/Yb)_N$ = 4,42 – 16,36) et ont une composition très variable et dix fois plus enrichie comparée aux plagioclases de BPA 261-21b. Une anomalie positive en Eu est observée, similaire aux plagioclases de BPA 261-21b (Eu/Eu* = 14,62 – 27,35). Aucune différence de composition n'a été observé entre le cœur et les bordures des plagioclases dans les deux échantillons.

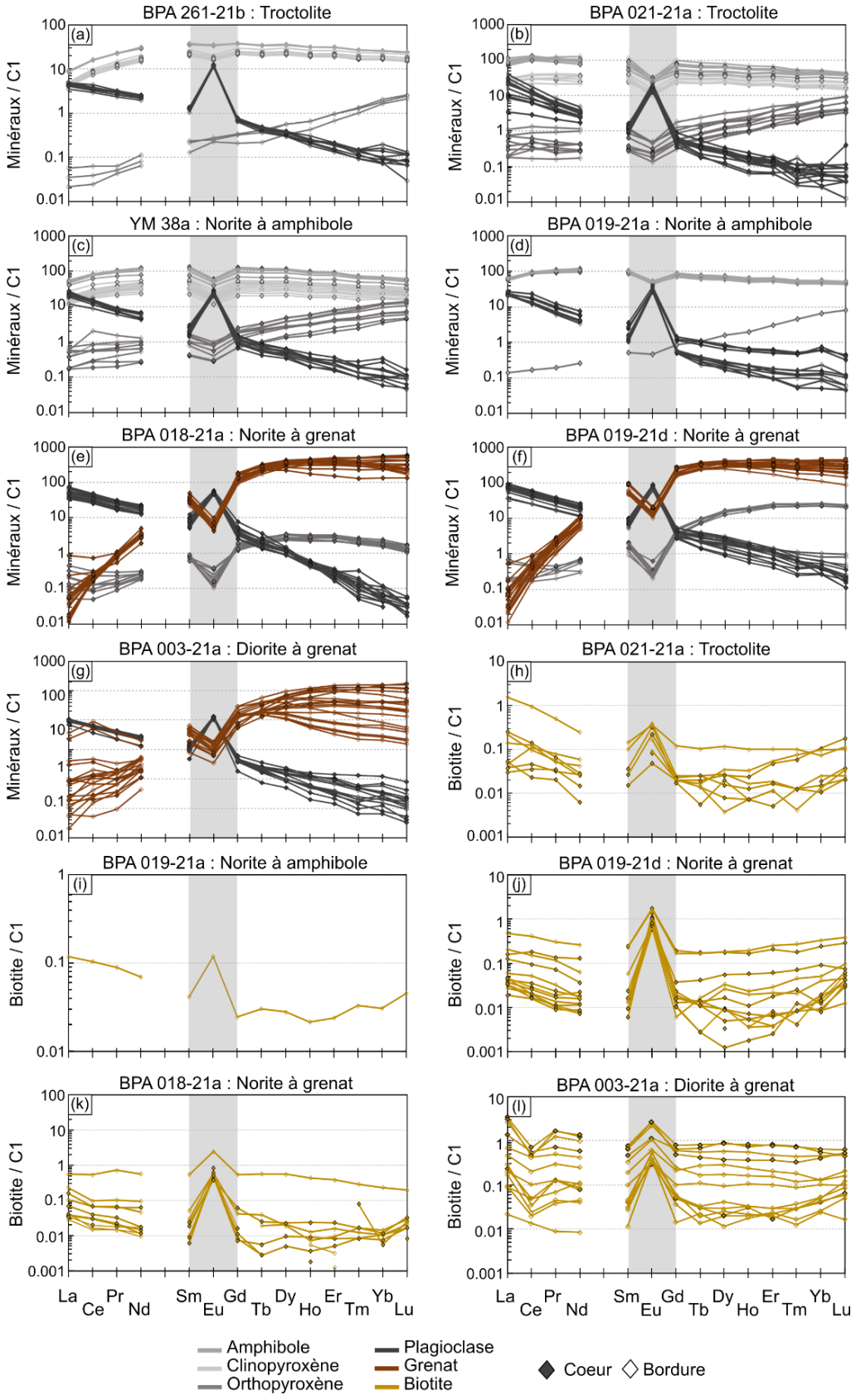
Le spectre REE des orthopyroxènes de BPA 261-21b (Figure IV.14.a), montre un fort fractionnement avec un enrichissement des LREE ($(La/Sm)_N$ = 0,16 – 0,64) aux HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 0,13 – 0,18). Une mesure en bordure d'orthopyroxène indique une anomalie légèrement négative en Eu (Eu/Eu* = 0,89) et les deux autres montrent des anomalies légèrement positives en Eu (Eu/Eu* = 1,02 et 1,38). Les orthopyroxènes dans BPA 021-21a (Figure IV.14.b), indiquent une pente LREE relativement plate ($(La/Sm)_N$ = 0,23 – 1,93) et un fort fractionnement en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 0,09 – 0,34), enrichi vers les éléments les plus incompatibles. De manière générale, la composition en bordures des orthopyroxènes est plus enrichie en REE que le cœur des orthopyroxènes (surtout HREE). Des anomalies négatives en Eu relativement bien marquées sont également observées (Eu/Eu* = 0,32 – 0,59).

Les clinopyroxènes de l'échantillon BPA 261-21b (Figure IV.14.a) montrent une pente LREE qui s'enrichie vers les MREE (fort fractionnement des LREE ; $(La/Sm)_N$ = 0,18 – 0,21) et une pente HREE relativement plate bien qu'appauvrie vers les éléments les plus incompatibles ($(Gd/Yb)_N$ = 1,27 – 1, 39). On observe également une légère anomalie négative en Eu (Eu/Eu* = 0,71 – 0,80). Dans l'échantillon BPA 021-21a (Figure IV.14.b), la composition des clinopyroxènes est dix fois plus enrichie en REE que les clinopyroxènes de BPA 261-21b et montre un léger fractionnement en LREE comparé à BPA 261-21b ($(La/Sm)_N$ = 0,61 – 1,01). On remarque également un léger

appauvrissement des MREE vers les HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 1,18 – 1,41). L'anomalie négative en Eu est cependant plus marquée, comparée aux clinopyroxènes de BPA 261-21b (Eu/Eu* = 0,29 – 0,55). Le cœur et les bordures des plagioclases dans les deux échantillons ne montrent pas de différence de composition.

Le spectre des amphiboles, dans BPA 261-21b (Figure IV.14.a), est similaire à celui des clinopyroxènes bien que deux fois plus enrichie en REE et ayant une anomalie négative en Eu beaucoup moins marquée (Eu/Eu* = 0,88 – 0,96). Les amphiboles de BPA 021-21a (Figure IV.14.b) ont un spectre REE également similaire à celui des clinopyroxènes du même échantillon. Cependant, la composition en LREE des amphiboles est trois fois plus enrichie que dans les clinopyroxènes. Comparé aux amphiboles de BPA 261-21b, les amphiboles de BPA 021-21a ont une pente LREE moins marquée (respectivement, $(La/Sm)_N$ = 0,22 – 0,26 et $(La/Sm)_N$ = 0,71 – 1,75), une composition en REE dix fois plus élevée et une composition en LREE et HREE relativement variable. La pente HREE des amphiboles dans les deux échantillons est relativement plate ($(Gd/Yb)_N$ = 1,31 – 1,93 dans BPA 021-21a et $(Gd/Yb)_N$ = 1,43 – 1,50 dans BPA 261-21b). L'anomalie négative en Eu est également très bien marquée par rapport aux amphiboles de BPA 261-21b (Eu/Eu* = 0,29 – 0,49). Dans les deux échantillons, la composition en REE ne varie pas du cœur aux bordures.

La composition en REE des biotites est assez particulière dans BPA 021-21a (Figure IV.14.h) au vu de sa variabilité en LREE et HREE. Les biotites ont une forme de spectre en U. On observe un fort fractionnement en LREE : $(La/Sm)_N$ = 0,92 – 7,36 et un appauvrissement des LREE vers les MREE ainsi qu'un fort fractionnement en HREE : $(Gd/Yb)_N$ = 0,28 – 4,06 et un enrichissement des éléments les moins incompatibles aux éléments les plus incompatibles. On observe une anomalie positive en Eu plus ou moins prononcée et très variable (Eu/Eu* = 2,75 – 13,09).


BPA 261-21b : Troctolite
BPA 021-21a : Troctolite
YM 38a : Norite à amphibole
BPA 019-21a : Norite à amphibole
BPA 018-21a : Norite à grenat
BPA 019-21d : Norite à grenat
BPA 003-21a : Diorite à grenat
BPA 021-21a : Troctolite
BPA 019-21a : Norite à amphibole
BPA 019-21d : Norite à grenat
BPA 018-21a : Norite à grenat
BPA 003-21a : Diorite à grenat
Minéraux / C1
Biotite / C1
La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu
Amphibole
Clinopyroxène
Orthopyroxène
Plagioclase
Grenat
Biotite
Coeur
Bordure

◄ **Figure IV. 14**. Spectres des REE normalisées aux chondrites (C1 ; Anders et Grevesse, 1989) sur minéraux. (a) et (b) spectres REE des plagioclases, clinopyroxènes, orthopyroxènes et amphiboles dans les troctolites ; (c) spectres REE des plagioclases, clinopyroxènes, orthopyroxènes et amphiboles dans YM 38a ; (d) spectres REE des plagioclases, orthopyroxènes et amphiboles dans BPA 019-21a ; (e) et (f) spectres REE des plagioclases, grenats et orthopyroxènes dans les norites à grenat ; (g) spectres REE dans les plagioclases et grenats dans BPA 003-21a ; (h) spectres REE des biotites de BPA 021-21a ; (i) spectres REE des biotites dans BPA 019-21a ; (j) et (k) spectres REE des biotites dans les norites à grenat et (l) spectres REE des biotites dans BPA 003-21a. (Les bandes grises claires pointent les anomalies en Eu). Les tables de données sont disponibles en annexe n°3.

Les norites à amphibole

Comme pour les troctolites, les minéraux analysés dans les échantillons YM 38a et BPA 019-21a sont les : plagioclases, orthopyroxènes, clinopyroxènes, amphiboles et biotites (Figure IV.14.c, d et i). De manière générale, les spectres de composition REE des minéraux dans ces échantillons sont très similaires à ceux de l'échantillon BPA 021-21a, bien que moins variables.

Les plagioclases dans l'échantillon YM 38a (Figure IV.14.c) montrent un fort fractionnement en LREE ($(La/Sm)_N$ = 5,89 – 18,33) et en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 2,62 – 14,33) avec un appauvrissement progressif des éléments les moins incompatibles aux éléments les plus incompatibles. Des anomalies fortement positives en Eu sont présentes (Eu/Eu* = 11,92 – 24,63). Les plagioclases de BPA 019-21a (Figure IV.14.d) ont un spectre similaire aux plagioclases de YM 38a, bien que leur composition en HREE soit relativement variable, dont certains plagioclases ont une composition en HREE trois à quatre fois supérieure aux autres, indépendamment des mesures prises au cœur ou dans les bordures des plagioclases ($(La/Sm)_N$ = 7,51 – 21,90 et $(Gd/Yb)_N$ = 1,86 – 10,17). Les anomalies fortement positives en Eu sont également présentes (Eu/Eu* = 16,51 – 41,17).

Les spectres REE des orthopyroxènes sont assez variables en terme de composition dans YM 38a (Figure IV.14.c). La pente LREE des orthopyroxènes dans cet échantillon est légèrement appauvrie ($(La/Sm)_N$ = 0,23 – 0,57) par rapport à la pente en HREE qui s'enrichie progressivement vers les éléments les plus incompatibles (fort fractionnement ; $(Gd/Yb)_N$ = 0,16 – 0,33). Une anomalie négative en Eu est également observée et est moins prononcée que dans les plagioclases de BPA 021-21a (Eu/Eu* = 0,42 – 0,57). Dans BPA 019-21a (Figure IV.14.d), un seul orthopyroxène a pu être mesuré à cause de son remplacement par l'amphibole. Le spectre de cet orthopyroxène à la même allure que les plagioclases de YM 38a, avec un fort fractionnement en LREE

($(La/Sm)_N$ = 0,27) et un fort fractionnement en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 0,13) . On observe également une anomalie faiblement négative en Eu (Eu/Eu* = 0,68).

Les clinopyroxènes, très peu nombreux dans ces échantillons, ont été mesurés dans YM 38a (Figure IV.14.c). Les spectres des clinopyroxènes sont similaires à ceux de BPA 021-21a bien qu'ils montrent un fractionnement plus marquée en LREE ($(La/Sm)_N$ = 0,32 – 0,52) et une pente HREE relativement plate ($(Gd/Yb)_N$ 1,21 – 1,54). Une anomalie négative en Eu est également présente (Eu/Eu* = 0,42 – 0,53).

De la même façon que dans les troctolites, les amphiboles de YM 38a (Figure IV.14.c) ont un spectre similaire bien que trois fois plus enrichie en REE par rapport aux clinopyroxènes. Le fractionnement en LREE est plus prononcé que dans BPA 021-21a ($(La/Sm)_N$ = 0,36 – 0,52) et la pente HREE montre un appauvrissement des éléments les moins incompatibles aux éléments les plus incompatibles ($(Gd/Yb)_N$ = 1,44 – 1,96). L'anomalie négative en Eu est moins prononcée que dans les amphiboles de l'échantillon de troctolite BPA 021-21a (Eu/Eu* = 0,46 – 0,54). Les amphiboles de BPA 019-21a (Figure IV.14.d) ont un spectre REE similaires à YM 38a, cependant, plus enrichie en LREE (montre un plus faible fractionnement ; $(La/Sm)_N$ = 0,59 – 0,66)) et une pente HREE qui s'appauvrie vers les éléments les plus incompatibles ($(Gd/Yb)_N$ = 1,43 – 1,66). L'anomalie en Eu est cependant très peu prononcée par rapport à YM 38a (Eu/Eu* = 0,51 – 0,61).

Les biotites sont très peu présentes dans ces échantillons. Une seule biotite a été correctement mesurée dans BPA 019-21a (Figure IV.14.i) montrant une composition en LREE qui s'appauvrie vers les MREE (fort fractionnement ; $(La/Sm)_N$ = 2,85) et une pente HREE présentant des variations et qui montrent également un enrichissement vers les éléments les plus incompatibles (fort fractionnement ; $(Gd/Yb)_N$ = 0,79). Une anomalie positive en Eu relativement élevée est observée (Eu/Eu* = 3,76).

Les norites à grenat

Deux échantillons de norites à grenat ont été sélectionnés (BPA 018-21a et BPA 019-21d) pour les mesures en éléments traces sur les minéraux suivants : plagioclases, grenats, orthopyroxènes et biotites (Figure IV.14.e, f, j et k).

Les spectres des plagioclases dans BPA 018-21a (Figure IV.14.e) indiquent une même tendance que dans les autres échantillons avec une pente LREE montrant en enrichissement des éléments les plus incompatibles aux plus incompatibles (fort fractionnement ; $(La/Sm)_N$ = 4,15 – 8,56) et une composition en HREE appauvrie vers les éléments les plus incompatibles (fort fractionnement également ; $(Gd/Yb)_N$ = 21,43 – 183). On remarque un fort enrichissement en LREE et un fort appauvrissement en HREE comparé aux échantillons de norites à amphibole. L'anomalie positive en Eu dans ces plagioclases est relativement moins prononcée que dans les plagioclases présents dans les troctolites et les norites à amphiboles (Eu/Eu* = 5,95 – 13,66). L'allure des spectres des plagioclases dans l'échantillon BPA 019-21d (Figure IV.14.f) est similaire à ceux de BPA 018-21a avec une composition en LREE qui s'appauvrie vers les MREE et montrant un fort fractionnement (($(La/Sm)_N$ = 6,63 – 12,03)) ainsi qu'une composition en HREE montrant un plus faible fractionnement (($(Gd/Yb)_N$ = 3,13 – 19,76)) et qui s'appauvrie progressive vers les éléments les plus incompatibles. L'anomalie positive en Eu dans ces plagioclases est plus prononcée, comparée à celle des plagioclases dans BPA 018-21a (Eu/Eu* = 11,47 – 20,10). Aucune différence de composition n'a été observée du cœur aux bordures des plagioclases dans les deux échantillons.

Les grenats présents dans l'échantillon BPA 018-21a (Figure IV.14.e) montrent une composition en LREE qui s'enrichie vers les MREE avec un fort fractionnement (($(La/Sm)_N$ = 0,0002 – 0,03 ; très variable) ainsi qu'une composition en HREE très élevée avec un faible fractionnement montrant un léger enrichissement vers les éléments les plus incompatibles (($(Gd/Yb)_N$ = 0,31 – 3,55 aux bordures). Une anomalie négative est observée (Eu/Eu* = 0,06 – 0,17). Les mêmes spectres de grenats sont observés dans BPA 019-21d (Figure IV.14.f). Les teneurs en LREE et HREE sont similaires, bien que plus variables. On observe également que le cœur du grenat est légèrement enrichi en LREE comparés aux bordures mais pas systématiquement enrichi en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 0,59 – 1,52 au cœur et 0,45 – 1,63 aux bordures). L'anomalie négative en Eu est un peu moins prononcée (Eu/Eu* = 0,12 – 0,14).

Le orthopyroxènes montrent un spectre différent dans ces échantillons par rapport aux orthopyroxènes présents dans les troctolites et norites. En effet, dans l'échantillon BPA 018-21a (Figure IV.14.e), on observe une composition en LREE variable et enrichie

vers les MREE, fortement fractionnée ($(La/Sm)_N$ = 0,07 – 1,33) ainsi qu'une pente HREE très similaire à la pente HREE des grenats bien qu'ayant une teneur moins élevée en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 0,56 – 1,06). Comme pour les grenats, une anomalie négative en Eu est observée, relativement marquée par rapport à l'anomalie en Eu présente dans les troctolites et norites (Eu/Eu* = 0,10 – 0,41). Dans l'échantillon BPA 019-21d (Figure IV.14.f), les orthopyroxènes montrent globalement la même allure spectrale que les orthopyroxènes de BPA 018-21a. Cependant, on observe quelques différences : (1) la composition en LREE est légèrement plus élevée montrant un plus fort fractionnement ($(La/Sm)_N$ = 0,08 – 0,61)) ; (2) une pente HREE qui s'enrichie des MREE aux HREE et est dix fois plus enrichie par rapport à la pente HREE des orthopyroxènes de BPA 018-21a (fort fractionnement dans les HREE ; $(Gd/Yb)_N$ = 0,12 – 0,21). Une anomalie négative en Eu est également présente et très marquée (Eu/Eu* = 0,09 – 0,28).

Les biotites ont une composition en REE relativement variable. Dans BPA 018-21a (Figure IV.14.j) les pentes LREE sont enrichies des éléments les moins incompatibles aux plus compatibles et montrent un fort fractionnement avec un rapport $(La/Sm)_N$ = 0,17 – 6, 86. De manière générale les compositions en HREE sont également enrichies vers les éléments les plus incompatibles, avec un fractionnement relativement variable ($(Gd/Yb)_N$ = 0,68 – 16,07). Ces spectres de biotites ont une allure en U. Les anomalies positives en Eu dans ces minéraux sont très variables (Eu/Eu* = 2,15 – 86,80). De la même manière, dans l'échantillon BPA 019-21d (Figure IV.14.k), les biotites ont également un spectre en forme de U avec une composition en REE très variable, dans la même gamme de composition que les biotites dans BPA 018-21a. Les biotites ont donc des pentes LREE qui sont enrichies vers les MREE avec un fort fractionnement marqué par un rapport $(La/Sm)_N$ très variable (0,65 – 7,65). De la même façon, on observe également un enrichissement des MREE aux HREE avec un fractionnement moins marqué et moins variable que dans les biotites de BPA 018 – 21a ($(Gd/Yb)_N$ = 0,12 – 2,24). Les anomalies positives en Eu sont également fortement variable (Eu/Eu* = 8,12 – 158). Aucune différence de composition du cœur aux bordures n'a été observée dans les biotites présentes dans ces deux échantillons de norites à grenat.

Les diorites à grenat

L'échantillon BPA 003-21a a été sélectionné pour les analyses en éléments traces sur les minéraux suivants : grenats, plagioclases et biotites (Figure IV.14.g et l).

Les grenats dans cet échantillon (Figure IV.14.g) ont une composition en LREE qui s'enrichie vers les MREE, marquant un fort fractionnement ($(La/Sm)_N$ = 0,006 – 0,57) à l'exception de deux mesures au cœur et à la bordure du grenat dont la composition en LREE est 10 fois plus élevée. Les compostions sont enrichies des MREE aux HREE dans certaines mesures aux cœurs et sont appauvries aux bordures avec un fort fractionnement ($(Gd/Yb)_N$ = 0,05 – 6,98). Les anomalies négatives en Eu sont bien prononcées (Eu/Eu* = 0,11 – 0,25).

Les plagioclases (Figure IV.14.g) ont une pente en LREE qui s'appauvrie vers MREE montrant un fort fractionnement ($(La/Sm)_N$ = 7,35 – 14,23). On observe un appauvrissement de la composition en MREE vers les HREE avec un fort fractionnement en HREE ($(Gd/Yb)_N$ = 3,24 – 57,14). L'anomalie positive en Eu est bien marquée et équivalente à celle des plagioclases dans les norites à grenat (Eu/Eu* = 11,14 – 42,38).

Les biotites (Figure IV.14.l) ont des spectres REE d'allures similaires et très variables en composition. Les cœurs des biotites sont plus enrichis en REE que les bordures des biotites et sont globalement plus enrichis que dans les biotites des échantillons de norites à grenat. Les pentes LREE sont appauvries vers les MREE et montrent un fractionnement très variable ($(La/Sm)_N$ = 0,92 – 7,36). Des anomalies négatives en Ce sont largement observées. Les pentes HREE sont relativement plate bien que montrant un enrichissement vers les éléments les plus incompatibles (spectre en U ; fractionnement variable $(Gd/Yb)_N$ = 0,28 – 4,06). On observe des anomalies positives en Eu également très variables (Eu/Eu* = 2,08 – 29,37).

V. Composition isotopique du Sr et Nd

Les analyses isotopiques en strontium ($^{87}Sr/^{86}Sr$) et en néodyme ($^{143}Nd/^{144}Nd$) en roche totale ont été réalisées à la fois sur : (1) les roches magmatiques incluant un échantillon de troctolite (BPA 261-21b), deux échantillons de norites à grenat (BPA 019-21d et BPA 006-21b), un échantillon de diorite à grenat (BPA 003-21a), un échantillon de granodiorite (BPA 109-21b) et un échantillon de granodiorite à grenat (BPA 120-12b) et ;

(2) les roches encaissantes incluant deux échantillons de micaschistes (BPA 099-12a et BPA 146-12a), un échantillon de kinzigite de l'auréole de contact (BPA 003-11a) et un échantillon de granulite (BPA 018-11a).

Les rapports isotopiques $^{87}Sr/^{86}Sr$ et $^{143}Nd/^{144}Nd$ initiaux ont été recalculés à 288 Ma, représentant l'âge de l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo (Petri et al., 2017). Ces données ont été réalisées afin de contraindre la source des roches magmatiques et également les interactions entre roches magmatiques et roches encaissantes (le tableau de données est disponible en annexe n°4).

V.1. Les roches magmatiques

L'échantillon de troctolite BPA 261-21b à un rapport isotopique en $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ plutôt faible et un rapport $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ élevé (respectivement, 0,70344 et 0,51215) avec un $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ de -2,33. Les échantillons de norites à grenat, BPA 019-21d et BPA 006-21b, ont un rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ plus élevé que dans l'échantillon de troctolite (respectivement 0,71220 et 0,70859) et un rapport $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ moins élevé (respectivement, 0,51192 et 0,51193). Leur rapport $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ est négatif, à -6,83 et -6,65. L'échantillon de diorite à grenat à un rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ élevé et un rapport $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ inférieur au rapport $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ dans les norites à grenat (respectivement, 0,71592 et 0,51185). L'$\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ de cet échantillon est relativement bas par rapport aux autres échantillons, égal à -8,14. L'échantillon de diorite BPA 109-21b à un rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ proche du rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ de l'échantillon de troctolites (0,70625) et des rapports $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ légèrement plus élevés que les rapports ceux de BPA 261-21b (respectivement, 0,51216 et -2,03) et l'échantillon de granodiorite à grenat BPA 120-12b à un rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ relativement plus élevé et un rapport $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ relativement moins élevé que dans l'échantillon BPA 109-21b (respectivement, 0,71587 et 0,51196). L'$\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ dans cet échantillon est à -5,98 (se rapprochant des rapports isotopiques de l'échantillon de diorite à grenat ; Figure IV.15).

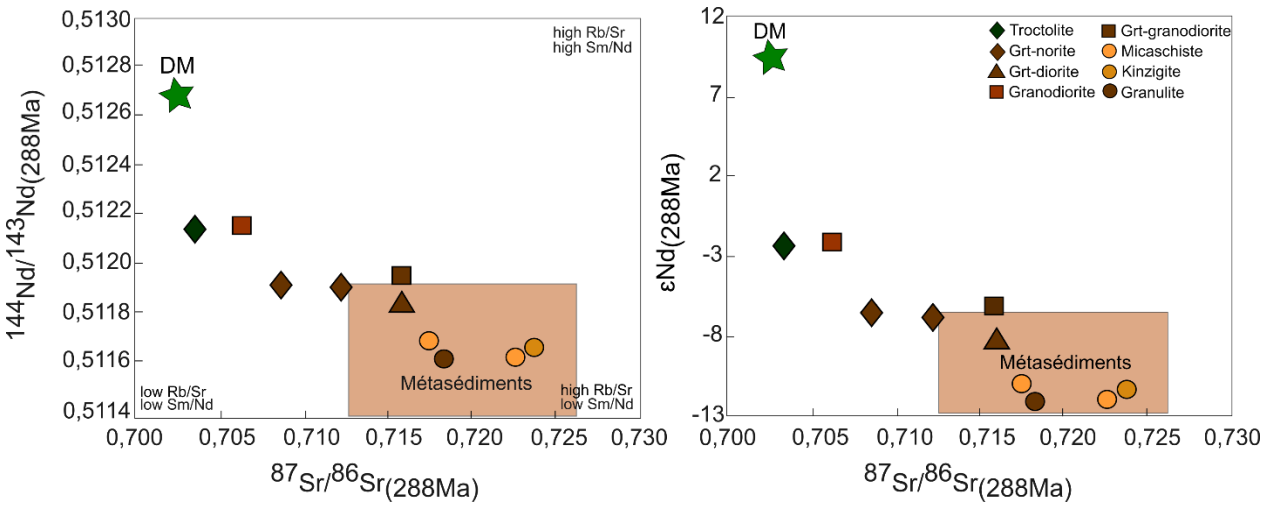


Figure IV. 15. Diagramme présentant les rapports isotopiques Sr – Nd des roches magmatiques et métasédimentaires. A gauche, variations des rapports $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ vs. $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288Ma)}$ des roches et à droite, variations de $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ vs. $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288Ma)}$. (DM = Depleted Mantle, dont les valeurs sont issues de Salters et Stracke, 2004 et recalculés à 288 Ma ; le rectangle orange représente les valeurs des métasédiments de la zone d'Ivrée issues de Voshage et al., 1990, incluant les micaschistes, les kinzigites et les granulites/stronalites ; Les tableaux de données sont disponibles en annexe n°4).

V.2. Les roches encaissantes

Les métasédiments, au sens large, ont des rapports isotopiques différents, très élevés en $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ et très bas en $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ comparé aux roches magmatiques. En effet, le rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ dans les micaschistes BPA 099-12a et BPA 146-12a est à 0,72278 et à 0,71759 et les rapports $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ dans ces échantillons sont, respectivement à 0,51164 et -12,15 et 0,51170 et -11,02. Dans l'échantillon de l'auréole de contact, BPA 003-21a, le rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ est plus élevé que tous les autres échantillons (à 0,72375) et les rapports $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ sont intermédiaires (respectivement, 0,51168 et -11,42) entre les deux échantillons de micaschistes. L'échantillon de granulite, BPA 018-11a, a un rapport $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ égal à 0,71830 (intermédiaires entre les échantillons de micaschistes et kinzigite) et les rapports $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ les moins élevés par rapport à tous les autres échantillons (respectivement, 0,51163 et -12,35 ; Figure IV.15).

VI. Modélisations thermodynamiques, géochimiques et isotopiques

VI.1. Modèle thermodynamique de fusion partielle des roches encaissantes en éléments majeurs

Les modèles thermodynamiques de fusion partielle des micaschistes ont été réalisés à l'aide de Perple_X version 6.9.1 (Conolly, 2005 ; Figure IV.16, enveloppe violette), en utilisant la base de données de Holland et Powell, (2011) TC-DS61 dans le système MnNCKFMASHTO avec les modèles de liquide, d'orthopyroxène, de cordiérite, de staurotide, de grenat et de biotite de White et al., (2014), les modèles de micas de Coggon et Holland, (2002) et Auzanneau et al., (2010), le modèle des feldspaths ternaire de Holland et Powell (2003), le modèle de spinelle de White et al., (2002) ainsi que le modèle d'ilménite de White et al., (2000). Le but de ces modèles est de calculer la composition en éléments majeur du liquide anatectique issue de la fusion partielle des micaschistes de l'unité de Campo afin de trouver le potentiel liquide contaminant des roches magmatiques du complexe gabbroïque de Sondalo. Ces modèles sont comparés aux modèles expérimentaux de fusion partielle des micaschistes et des gneiss à biotite qui montrent une même gamme de composition que nos modèles Perple_X pour une même gamme P-T, permettant de valider ces derniers (Vielzeuf et Holloway, 1988 ; Patiño Douce et Beard, 1995 ; Figure IV.16 ; enveloppe rouge). Pour cela, deux modélisations ont été réalisées avec deux compositions de départ différentes (une première moyenne des micaschistes dont la teneur en SiO_2 est > 68 % wt et une deuxième moyenne dont la teneur en SiO_2 des micaschistes est < 68 % wt) en gardant les mêmes paramètres thermodynamiques et les mêmes modèles de phases pour chacun des modèles. Les gammes de pressions et températures sont, respectivement, de 10 à 5 kbar et entre 1273 et 873 °C avec une teneur en H_2O de départ à 1 % wt.

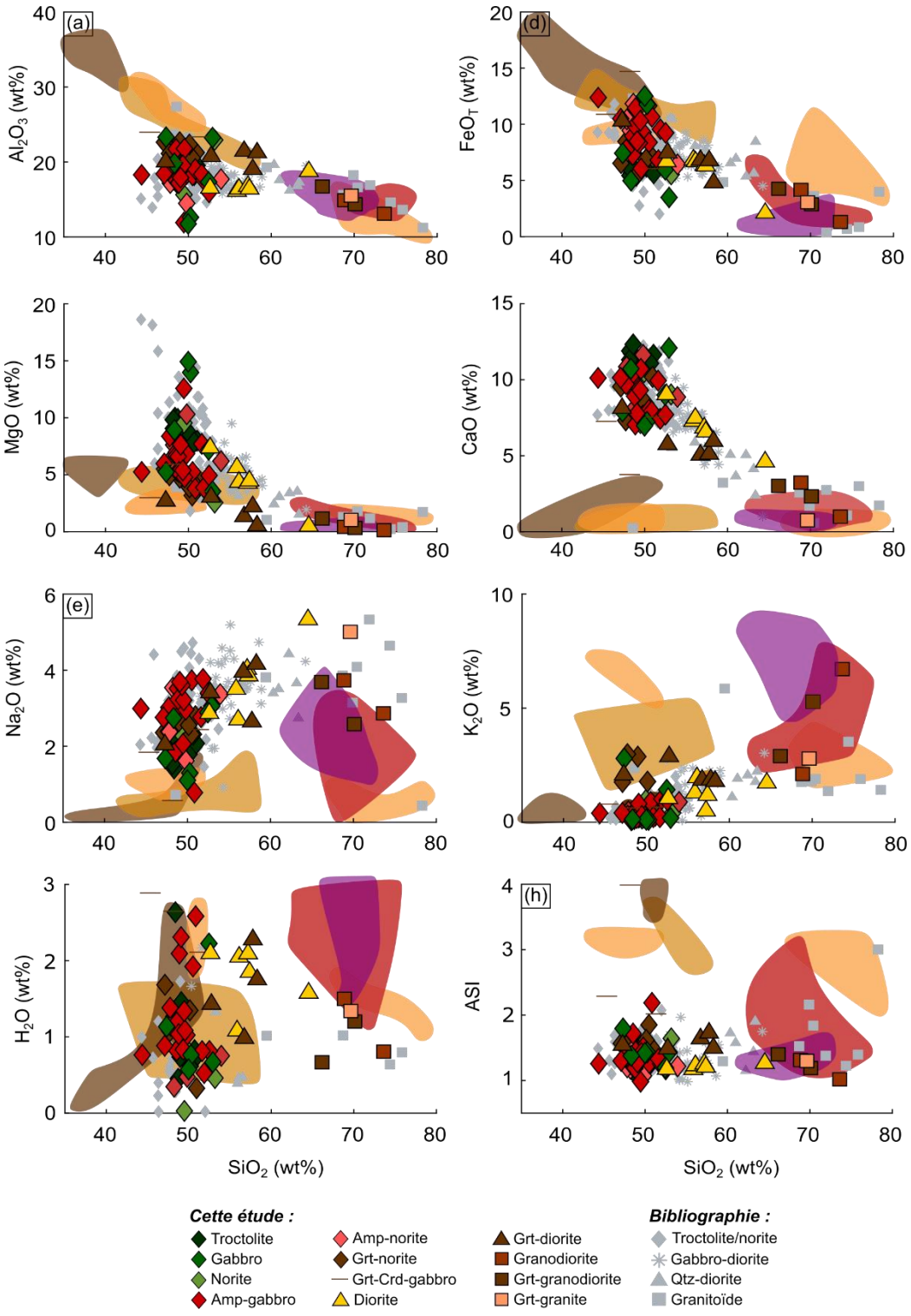


Figure IV.16. Diagramme de Harker vs. SiO_2 des éléments majeurs représentant la variation en composition des éléments des roches magmatiques et encaissantes (enveloppes marrons, jaunes et oranges) ainsi que les compositions des liquides anatectiques. L'enveloppe violette représente la composition des liquides anatectiques des micaschistes de l'unité de Campo (modélisation Perple_X) et l'enveloppe rouge représente les données expérimentales de fusion partielle d'un micaschiste *(Vielzeuf et Holloway, 1988*) et d'un gneiss à biotite (*Patiño Douce et Beard, 1995*).

Les deux modélisations thermodynamiques ont donné des résultats très similaire. Le liquide anatectique calculé a une teneur en SiO_2 comprise entre 72 et 62 % wt. La teneur en Al_2O_3 diminue avec l'augmentation de la teneur en SiO_2, allant de 17,9 à 13,2 % wt (Figure IV.16.a). A l'inverse, la teneur en FeO_T augmente quand SiO_2 augmente, allant de 0,1 à 3,2 % wt (Figure IV.16.b). De la même manière, les teneurs en MgO et CaO augmente quand SiO_2 augmente variant, respectivement de 0 à 0,5 % wt et de 0,4 à 0,9 % wt (Figure IV.16.c et d). La teneur en Na_2O diminue et la teneur en K_2O augmente quand la teneur en SiO_2 augmente (respectivement, 3,9 – 1,2 % wt et 4,8 – 8,9 % wt ; Figure IV.16.e et f). La teneur en H_2O est très variable et diminue au cours de la fusion partielle, allant de 1,6 à 10,2 % wt (hors champ du graphique ; Figure IV.16.g). L'ASI est compris entre 1,1 et 1,5 % wt, augmentant avec l'augmentation en SiO_2.

VI.2. Modèle géochimique et thermodynamique de fusion partielle des roches encaissantes en éléments traces.

La composition en éléments traces du liquide anatectique issu de la fusion partielle des micaschistes de l'unité de Campo a été calculée grâce au modèle géochimique de « batch melting » dont l'équation : $\frac{C_L}{C_0} = \frac{1}{[D_{RS}+F(1-D_{RS})]}$ (Shaw,1970), dont C_L et C_0 sont respectivement la concentration en élément trace dans le liquide et la concentration en élément trace dans le solide de départ (ici, composition en élément trace des micaschistes). D_{RS} est le coefficient de partage global du résidu solide (les Kd du grenat, de la biotite, du plagioclase et du feldspath potassique sont issus de Bea et al., 1994). F est la fraction pondérée du liquide produit.

De la même manière que pour les modèles thermodynamiques, deux modélisations ont été réalisées en prenant la composition moyenne de chacun des deux groupes de micaschistes de l'unité de Campo. Les résultats sont présentés dans la figure IV.17, dont les enveloppes en rouge bordeaux représentent la composition en éléments traces des liquides anatectiques calculés de (F de 0,5 à 50 % de liquide anatectique produit). Comme pour les modèles thermodynamiques, les compositions des deux micaschistes de départ donnent une composition en éléments traces similaires (à l'exception de Ba, Rb et Sr). Les teneurs en SiO_2 dans ces diagrammes ont été récupérées des modèles thermodynamiques dans les liquides calculés de 5 à 10 kbar.

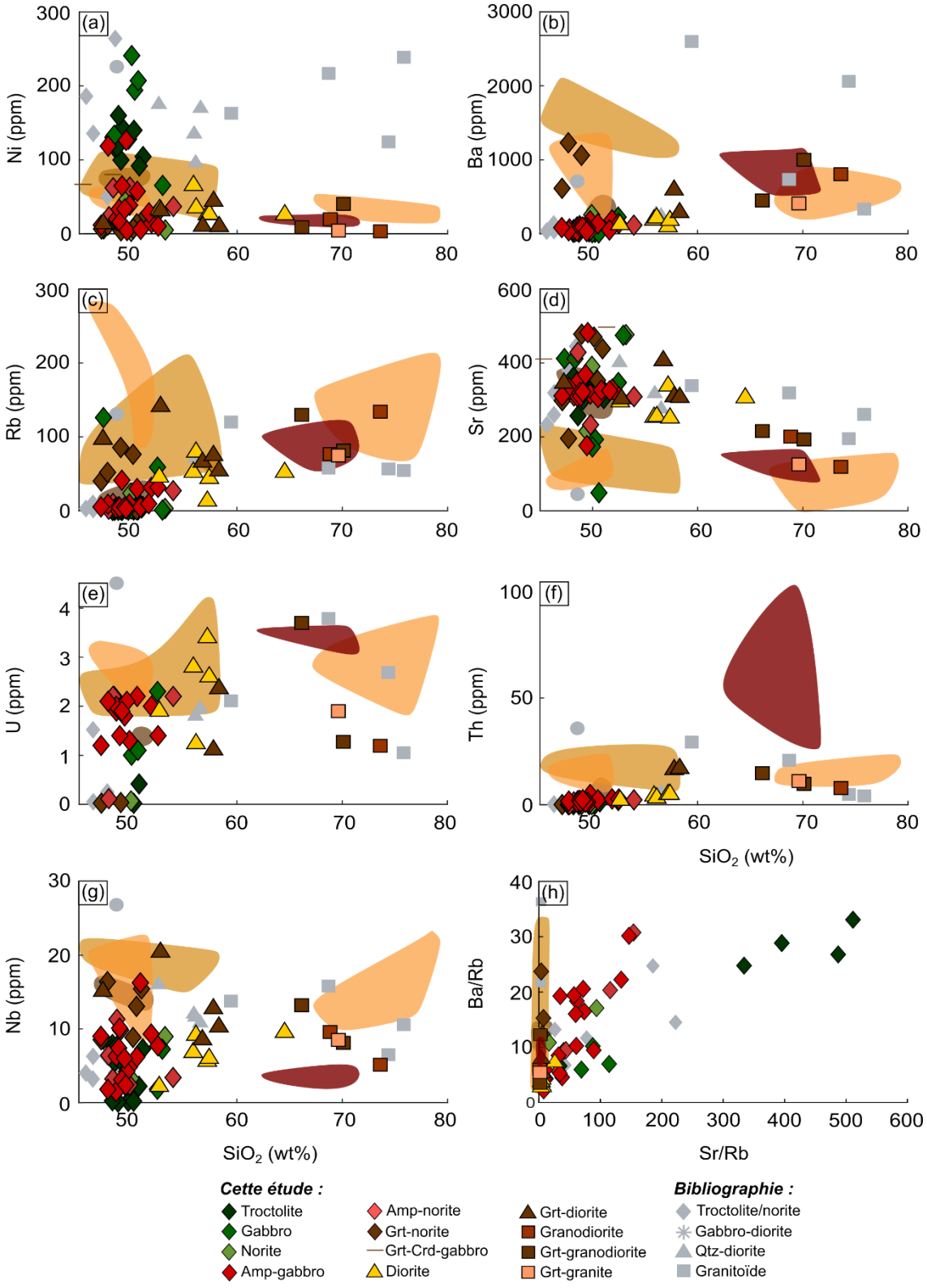


Figure IV.17. Diagramme de Harker vs. SiO_2 des éléments traces représentant les variations de composition des éléments dans les roches magmatiques, roches encaissantes (enveloppes marrons, oranges et jaunes) et dans les liquides anatectiques issus de la fusion partielle des micaschistes calculés (enveloppe rouge bordeaux).

Les résultats indiquent que le liquide anatectique calculé a une teneur en Ni augmentant avec l'augmentation de SiO_2 (de 12,6 – 25,9 ppm ; Figure IV.17.a). La teneur en Rb dans le groupe 1 des micaschistes (> 68 % wt en SiO_2) et dans le groupe 2 des micaschistes (< 68 % wt en SiO_2) augmente également quand la teneur en SiO_2 augmente (respectivement, 61,5 – 83,8 ppm et 90,6 – 123 ppm ; Figure IV.17.c). A l'inverse, les teneurs en Ba et Sr diminuent quand SiO_2 diminue (Figure IV.17.b et d). Le groupe 1 des micaschistes a une teneur en Ba variable entre 1059 et 1049 ppm et en Sr entre 163 et 133 ppm alors que le groupe 2 des micaschistes est moins enrichi, avec une teneur en Ba de 577 à 572 ppm et une teneur en Sr variant de 102 à 83,02 ppm (Figure IV.17.b et d). Le teneur en U, très peu variable, diminue également quand la teneur en SiO_2 augmente (de 3,6 à 3,1 ppm ; Figure IV.17.e). La teneur en teneur en Th diminue également quand SiO_2 augmente et est relativement variable, comprise entre 104 et 26,8 ppm (Figure IV.17.f). Dans ces liquides anatectiques, la teneur en Nb augmente quand SiO_2 augmente et est relativement peu variable (2,5 à 5,2 ppm ; Figure IV.17.g). Quant aux rapport Ba/Rb et Sr/Rb, on observe une diminution des deux rapports avec un rapport Ba/Rb, plus élevé et variable (11,7 – 6,8 ppm) comparé au rapport Sr/Rb moins élevé et relativement moins variable (1,8 – 1 ppm ; Figure IV.17.h).

VI. Interprétation et discussion

VII.1 Cristallisation fractionnée et caractère cumulatique des roches mafiques

Les données en éléments majeurs et traces in situ sur minéraux et en roche totale indiquent le rôle majeur de la cristallisation fractionnée des troctolites aux gabbros et norites à amphibole, selon différente manière. En effet, en accord avec Tribuzio et al., (1999), la cristallisation fractionnée des éléments majeurs et traces sur minéraux est marquée par : (1) la cristallisation, en premier, du plagioclase puis de l'olivine suivi très précocement par le remplacement de l'olivine par l'orthopyroxène. Ensuite, cristallisation du clinopyroxène, de l'amphibole et la phlogopite/biotite dans les troctolites ; (2) la teneur en anorthite dans les plagioclases ne varient pas relativement des troctolites aux norites à amphiboles (70 – 52 mol %) ; (3) la diminution en Al quand Mg# diminue dans les

pyroxènes et amphiboles ainsi que l'augmentation en Mn quand Mg# diminue dans les orthopyroxènes des troctolites aux norites ; (4) l'augmentation de la teneur Y, Zr dans les clinopyroxènes et amphiboles ainsi que leur enrichissement en REE et ; (5) l'anomalie fortement positive en Eu dans les plagioclases couplée aux anomalies négatives dans les orthopyroxènes, clinopyroxènes et amphiboles de plus en plus importantes des troctolites aux norites, indiquent la cristallisation du plagioclase avant les minéraux mafiques (sauf biotites, anomalie positive en Eu).

En roche totale, l'évolution des troctolites aux norites à amphibole par cristallisation fractionnée est indiquée par : (1) l'augmentation de la teneur en FeO_T, TiO_2 à SiO_2 relativement constant, indiquant également l'affinité tholéiitique dans ces roches ; (2) La diminution en MgO, CaO à SiO_2 constant ; (3) l'augmentation en MnO quand Mg# augmente et ; (4) la diminution en Cr et en Ni quand Mg# diminue.

Le caractère cumulatique des troctolites est marqué par l'anomalie fortement positive en Eu couplée à la forte anomalie positive en Sr (sauf BPA 021-21a, anomalie moins importante en Eu et Sr), indiquant l'accumulation du plagioclase dans ces roches. Cependant, les anomalies négatives en Eu prononcées dans les clinopyroxènes des troctolites indiquent la présence de liquide piégé, ce qui est cohérent avec la cristallisation tardive de l'amphibole et de la biotite/phlogopite (Hermann et al., 2001). Les anomalies positives en Sr et Eu dans l'échantillon de norite BPA 018-21c, montrent le caractère cumulatique de la norite, bien que moins prononcées que dans les troctolites.

VII.2 Indice de contamination crustale dans les troctolites, gabbros et norites

La différenciation magmatique du complexe gabbroïque de Sondalo est marquée par une zonation oscillatoire compositionnelle des troctolites et gabbros à olivine au centre, des gabbros et norites dans la zone intermédiaire et des diorites et granitoïdes dans la zone de bordure. La cristallisation fractionnée joue un rôle majeur dans la différenciation magmatique comme proposée par Tribuzio et al., (1999) et la section précédente (voir également le chapitre 3). Cette intrusion recoupe les roches encaissantes de l'unité de Campo générant ainsi une auréole de contact de 700 m² entre la zone de bordure et les micaschistes et générant également un gradient métamorphique augmentant de l'auréole de contact vers le centre du pluton, passant du faciès amphibole

au faciès amphibolite supérieur voire granulitique. Ce gradient métamorphique est marqué par des septa métasédimentaires composés de restites à Bt-Sil-Grt dans la zone de bordure et de restites à Grt-Sil-Crd dans la zone intermédiaire et au centre du pluton. Il a été montré par Petri et al., (2016) que le protolithe de ces septa sont similaires aux micaschistes de l'unité de Campo indiquant alors que lors mise en place de cette intrusion, les métasédiments de l'unité de Campo ont été incorporés, subissant un métamorphisme de HT atteignant le faciès des granulites (5,2 kbar / 930 °C ; Petri et al., 2016).

Cette incorporation de métasédiments dans le magma stimule les interactions physiques et chimiques entre magmas et roches encaissantes, favorisant ainsi la contamination du magma. Ces interactions sont déjà visibles sur le terrain : (1) dans l'auréole de contact, des migmatites issues de la fusion partielle des métapélites ont produits des niveaux leucocrates à Grt+Pl indiquant une fusion partielle (notamment par déstabilisation de la biotite) ; (2) dans la zone de bordure, des évidences de « mingling » entre un magma dioritique et un magma gabbroïque ; (3) des roches à paragenèses particulières telles que des gabbros à cordiérites et à grenat et des norites à grenat dans la zone intermédiaire du pluton ; (4) des zones de « transition » à grenat et plagioclase avec des portions de métasédiments digérés entre les kinzigites et le gabbro à grenat et ; (5) parfois des filonnets de transfert de liquide entre magma septa marqués par des grenats entourés de plagioclases.

De manière générale, on observe une augmentation de la quantité de biotites, grenats et cordiérites dans les roches magmatiques proche des septa métasédimentaires ; une augmentation de la quantité d'orthopyroxènes dans les troctolites, gabbros et norites par rapport aux clinopyroxènes et ; une augmentation de la teneur en SiO_2, Al_2O_3 et K_2O dans les roches magmatiques proches des septa métasédimentaires au centre et également dans la zone intermédiaire et dont la teneur en K_2O de ses septa diminue proche des roches magmatiques.

L'augmentation de la teneur en K_2O dans le liquide magmatique est traduite de différente manière : (1) la stabilisation précoce des phlogopites et biotites déjà dans les troctolites et dont la quantité de biotites augmente dans les norites ; (2) l'enrichissement en K_2O dans les cœurs et bordures des plagioclases, augmentant des troctolites (0,2 % wt) aux norites à amphibole (jusqu'à 0,35 % wt) et norites à grenat (jusqu'à 0,83 proche

des biotites) ; (3) la microstructure de HT formée par la déstabilisation de l'orthopyroxène produisant l'interdigitation Qtz+Bt, observée dans les norites, gabbros à cordiérite et à grenat et norite à grenat, selon la réaction de Waters, 2001 (i) et expliquant l'enrichissement en HREE dans les biotites :

$$\mathrm{Opx} + \mathrm{Liq} \rightarrow \mathrm{Qtz} + \mathrm{Bt} \qquad \text{(i)}$$

L'enrichissement en Al_2O_3 dans le liquide magmatique est marqué par la teneur très élevée en Al_2O_3 dans les troctolites en roche totale et est également indiqué par : (1) les orthopyroxènes dans les troctolites ayant une teneur en Al_2O_3 très riche, notamment en bordure (3,6 % wt) alors que cette teneur diminue ensuite dans les orthopyroxènes des norites à amphibole (2,1 % wt) et ; (2) l'enrichissement en Al_2O_3 très marqué dans les orthopyroxènes (jusqu'à 6 % wt) et dans les biotites (Al^{IV} = 1,4 apfu) dans les norites à grenat. Ces observations ainsi que le fait que la teneur en anorthite des plagioclases reste encore très élevée des troctolites aux norites à amphibole et même dans les norites à grenat, peuvent indiquer l'assimilation de phases alumineuses provenant des métasédiments, selon la réaction (ii ; Bowen, 1928 ; Patiño Douce 1999 ; Philpotts et Ague, 2009 ; Beard et al., 2017) :

$$\mathrm{Cpx} + \mathrm{Sil} \rightarrow \mathrm{Opx} + \mathrm{An} \qquad \text{(ii)}$$

Ce qui peut expliquer le maintien de l'élévation de la teneur en An dans les plagioclases et limitant la cristallisation du clinopyroxène puisque le CaO reste dans le plagioclase. Ceci est également cohérent avec la proximité entre les roches et les septa ainsi que la présence de sédiments assimilés dans les norites à amphibole (présence de sillimanite dans les gabbros). Ceci est également observé dans le complexe d'Haddo House (Région d'Aberdeen, Ecosse ; Read, 1923 ; Philpotts et Ague, 2009). Patiño Douce, (1999) interprète ces roches comme des cumulats hybrides produit par les interactions entre les magmas dérivés du manteau et les roches encaissantes.

Les textures des orthopyroxènes dans les norites à grenat sont différentes, l'orthopyroxène semble primaire dans BPA 018-21a (aussi BPA 006-21b, avec symplectite Qtz+Bt) et est très enrichi en Al_2O_3 tandis que dans BPA 019-21d, les

orthopyroxènes semblent secondaires, interstitiels, en association avec le plagioclase surtout en auréole autour du grenat et sont moins enrichi en Al_2O_3. Le spectre REE des orthopyroxènes est pourtant identique et très similaire à celui du grenat dans BPA 018-21a et BPA 019-21d. Longhi, (1983) suggère que la cristallisation précoce de l'orthopyroxène dans les roches primitives indique que les magmas dérivés du manteau ont déjà subi une contamination par du matériel crustal. Ceci est observé dans d'autres complexe tels que le complexe de Stillwater (Sud du Montana, USA ; e.g. McCallum, 1996) et le complexe du Bushveld (Afrique du Sud ; e.g. Cawthorn, 2015).

L'apport éventuel dans le magma d'un liquide enrichi en Si dans la formation des troctolites est marqué par la présence de quartz interstitiel dans des lithologies très peu différenciées (gabbros, norites et gabbros à amphibole).

Les éléments majeurs et traces en roche totale

Les diagrammes FeO_T/MgO vs SiO_2 et Th/Yb vs. Zr/Y montrent le caractère transitionnel des roches magmatiques d'affinité tholéiitique, devenant progressivement calco-alcaline. Cette transition entre les deux séries magmatiques ne peut être réalisée seulement par cristallisation fractionnée (Miyashiro, 1974 ; Ross et Bédard, 2009). Un enrichissement dans le magma est également observé par le rapport $(La/Sm)_N$ qui est largement supérieur à 1 à l'exception de quelques échantillons (BPA 260-21d ; YM 60a ; YM 45a ; YM 51a et YM 23a) passant d'une origine de N-MORB à E-MORB.

Ceci peut être expliqué par les éventuelles interactions entre les magmas dérivés du manteau et la croûte continentale, qui sont montrées par le diagramme Th/Yb vs. Nb/Yb, où l'Yb n'est pas sensible aux processus de contamination crustale ni de fusion partielle (Zayane et al., 2002 ; Pearce, 2008). En effet, la plupart des échantillons de troctolites, norites et gabbros à amphibole ont une teneur en Th relativement élevée par rapport à l'Yb et le Nb alors que le Th est incompatible dans les systèmes magmatiques (A l'exception des norites à grenat dont la teneur en Nb est très élevée pour une teneur en Th comparable aux troctolites et norites ; Dupuis et Dostale, 1984 ; Hofmann, 1988). Ceci est cohérent avec l'indice de saturation en aluminium (ASI) qui est systématiquement supérieur à 1 dans toutes les lithologies, allant jusqu'à 4 dans l'échantillon de gabbro à cordiérite et à grenat (BPA004-11a), proche de l'ASI des granulites, indiquant une

potentielle contamination crustale (Patiño Douce, 1999). On observe également une plus forte variation du rapport Sr/Rb dans les troctolites, gabbros, norites et gabbros/norites à amphibole pour un rapport Ba/Rb relativement bas et une plus forte variation du rapport Ba/Rb pour un rapport bas en Sr/Rb dans les norites à grenat. Sinigoi et al., (2014 ; 2011), propose que différentes sources de contamination peuvent expliquer ces deux tendances différentes puisque la cristallisation fractionnée à elle-seule ne peut les expliquer.

Les REE normalisées aux chondrites et REE étendues normalisées au manteau primitif étendues dans les troctolites indiquent une contribution de la croûte continentale par : (1) des anomalies positives en Rb, Ba, Pb dans les troctolites (Hofmann, 1988). Cet enrichissement en Rb et Ba peut être également expliqué par l'incorporation préférentielle de ces éléments dans les pargasites riches en titane par rapport au plagioclase (Hermann et al., 2001). A part l'échantillon BPA 021-21a où l'anomalie en Ba est négative (les amphiboles sont des tschermackites) et où on ne retrouve pas l'anomalie en Zr-Hf, la contamination crustale est attestée par une anomalie positive en Th-U et en Pb (Dupuis et Dostal, 1984 ; Hofmann, 1988). De la même façon, la norite BPA 018-21c, montre un fort enrichissement en Rb – Ba (non lié aux Ti-pargasite), et un ré-enrichissement progressif en Th–U–Nb–Ta, indiquant un potentiel mélange de magma (aussi dans BPA 019-21a) et une anomalie positive en Pb. Les norites à grenat montrent un spectre des REE étendues assez similaire aux troctolites à l'exception d'un fort enrichissement en Rb et Ba et une anomalie positive en Nb-Ta. Les anomalies positives en Pb, Sr, Eu (Sr et Eu, montrant le caractère cumulatique des norites à grenat) sont également présentes.

Les compositions isotopiques

Les compositions isotopiques Sr-Nd recalculées à 288 Ma (Petri et al., 2017) dans la troctolite BPA 261-21b ne reflètent pas la signature isotopique de leur source mantellique. En effet, la troctolite indique un rapport isotopique en $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ plutôt faible et un rapport $^{143}Nd/^{144}Nd_{(288\ Ma)}$ élevé (respectivement, 0,70344 et 0,51215) avec un $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ de -2,33. Tribuzio et al., (1999) rapportent des valeurs isotopiques dans les troctolites à $\varepsilon Nd_{(290\ Ma)}$ (+2,8 à 4,4) et $^{87}Sr/^{86}Sr_{(290\ Ma)}$ (0,7037 à 0,7040). Ces résultats, bien que différents et variables, ne reflètent pas la signature isotopique du manteau appauvri (εNd ~+8 et $^{87}Sr/^{86}Sr$ à ~0,7025 ; DM ; recalculé à 290Ma, valeur moyenne de

Salters et Stracke, 2004). De la même façon les échantillons de norites à grenat et les échantillons de diorite à grenat et granodiorite à grenat indiquent une forte empreinte de contamination crustale (respectivement, $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ = -6,83 et -6,65 ; -5,98 et -8,14) se rapprochant de la moyenne des compositions isotopiques des métasédiments de la zone d'Ivrée (Voshage et al., 1990) et des métasédiments de Campo (mesurés dans cette étude ; voir Figure IV.15).

De plus, les analyses isotopiques Nd, Sr et O sur pyroxène réalisées par Tribuzio et al., (1999), montrent une contribution de la croûte continentale dans l'évolution pétrogénétique des norites avec un εNd bas à -2,6, un ratio $^{87}Sr/^{86}Sr$ élevé à 0,7057 et un $\delta^{18}O$ des pyroxènes élevé à +7,9 ‰ comparés aux troctolites. Tribuzio et al., (1999) ajoutent qu'un échantillon de norite aurait assimilé 20 à 40 % de matériel crustale, ce qui est en accord avec le $\delta^{18}O$ de l'orthopyroxène et le $\delta^{18}O$ des kinzigites d'Ivrée.

VII.3 Implications dans l'évolution des roches intermédiaires et des granitoïdes

De manière générale, les diorites et granitoïdes montrent une composition en TiO_2, Al_2O_3, FeO_T, Cr et Ni qui diminue quand SiO_2 augmente et une composition en Na_2O et K_2O qui augmente avec l'augmentation de SiO_2. Ces tendances sont contrôlées par la cristallisation fractionnée.

Cependant, on observe une tendance différente dans l'affinité de ces roches. En effet, la plupart des échantillons de diorites et l'échantillon de granite (YM 28a) montrent une affinité calco-alcaline alors que l'échantillon de diorite BPA 002-21a, les granodiorites et les granodiorites à grenat sont enrichies en Mg et montrent une affinité tholéiitique (bien que ces échantillons soient tous d'affinité calco-alcaline dans le diagramme Th/Yb vs. Zr/Y). Ceci peut être expliqué par la présence de portions de métasédiments assimilés dans les diorites et granitoïdes. En effet, le diagramme Th/Yb vs. Nb/Yb indique un fort enrichissement en Th par rapport au Nb et Yb dans ces roches. Les diorites se trouvent dans le champ des roches ayant subi des interactions magmas – croûte continentale et les granitoïdes et l'échantillon de diorite à grenat ont une teneur en ces éléments relativement similaire à celle des métasédiments (également observé dans le diagramme Th/Yb vs. Zr/Y). De plus leur rapport Ba/Rb est plus variable mais élevé comparés à leur

rapport en Sr/Rb relativement bas et peu variable, indiquant une source de contamination similaire aux norites à grenat bien que moins enrichis en Ba dans les diorites et granitoïdes.

La contribution crustale est également marquée par les spectres en REE étendues dans ces roches, par : (1) les anomalies négatives en Nb-Ta dans BPA 109-21b, BPA 120-12b et BPA 109-21a ; (2) les anomalies positives en Pb dans tous les échantillons (notamment très importantes dans BPA 120-12b et BPA 109-21a) et ; (3) l'anomalie positive en Th – U dans BPA 109-21b et en Th dans BPA 119-12b et BPA 003-21a.

Ces roches montrent un indice ASI systématiquement supérieur à 1 mais très peu élevé par rapport aux troctolites, gabbros et norites. Cet indice relativement bas peut être expliqué par une incorporation moindre de phases restitiques puisque l'assimilation d'une grande portion de métasédiments enrichie les magmas en Al_2O_3 et augmente de ce fait l'indice de saturation en aluminium, rendant les roches plus peralumineuses, comme proposée par Patiño Douce, (1999). Ces roches peuvent avoir cristallisé à partir d'un mélange de liquide mafique et de liquide issu de la fusion partielle des roches encaissantes comme suggéré par les modèles Perple_X et expérimentaux en éléments majeurs et en éléments traces où ces roches ont une composition presque systématiquement similaire à la composition des liquides anatectiques calculés (à l'exception de Na_2O et CaO). Ceci peut suggérer que les granitoïdes ne sont pas de pures liquides anatectiques ayant cristallisé (Patiño Douce, 1999).

Les diorites présentes dans l'auréole de contact BPA 003-21a et BPA 002-21a montrent une rétrogradation des biotites, marquée par : (1) un enrichissement en Mg# et en fluor dans les biotites ; (2) le remplacement du grenat et du feldspath potassique par la biotite et le quartz (souvent associés avec le plagioclase) ; (3) l'intercroissance Bt+Qtz marquée par une microstructure vermiculaire entre ces deux minéraux, marquant le remplacement des feldspaths potassiques, en accord avec la très faible présence (voire même inexistante) de feldspaths potassiques dans ces roches, du spectre REE des biotites en U et l'anomalie fortement positive en Eu (aussi observée dans les norites à grenat). Ces observations peuvent être expliquées la réaction de rétrogradation suivante (iii ; selon Kriegsman et Hensen, 1998 ; Waters, 2001, Cesare et al., 2008) :

$$Grt + Liq \pm Kfs = Bt + Sil + Qtz \quad \text{(iii)}$$

Les données isotopiques viennent appuyer le rôle prépondérant de la contamination crustale dans la cristallisation de ces roches. En effet, les données montrent que les échantillons BPA 120-12b et BPA 003-21a ont des compositions isotopiques relativement proche ou même similaires à celles des métasédiments de la zone d'Ivrée et de l'unité de Campo (respectivement, $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ = 0,71587 et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ = - 5,98 et $^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ = 0,71592 et $\varepsilon Nd_{(288\ Ma)}$ = - 8,14). La composition isotopique de BPA 109-21b reste cependant proche de celle de la troctolite (BPA 261-21b) bien qu'ayant une composition en Nd moins élevée ($\varepsilon Nd_{(288)}$ = - 2,03 contre -2,33 dans BPA 261-21b) et une composition en Sr enrichie ($^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ = 0,70625 contre 0,70344).

VII.4 Modélisations de la contamination crustale par les compositions isotopiques et géochimiques (lignes de mélange et processus d'AFC).

Modèle isotopique de mélange binaire

Le modèle isotopique de mélange (Figure IV.18.) du rapport isotopique du Nd vs. le rapport isotopique du Sr à 288 Ma a été calculé selon l'équation de Langmuir et al., 1978 :

$$CI_m = \frac{aC_1CI_1 + (1-a)C_2CI_2}{aC_1 + (1-a)C_2}$$

Avec CI_m la composition isotopique mesurée du mélange binaire ; a la proportion de liquide magmatique de départ et du liquide assimilant (entre 0 et 1) ; C_1 la concentration de l'élément dans le magma ; C_2 la concentration de l'élément dans l'assimilant ; CI_1 la concentration isotopique dans le magma ; CI_2 la composition isotopique de l'élément dans l'assimilant. La signature isotopique dans les magmas primaires étant supposée être la même que dans leur source d'origine, (reste inchangée pendant les processus tels que la fusion partielle ; *Rollinson et Pease, 2021*), le point de départ de ce modèle de mélange binaire sont les compositions des rapports isotopiques Sr – Nd du manteau appauvri (DM ;

Figure IV.18) issues de Salters et Stracke, (2004). Différentes lignes de mélange ont été modélisées, allant du DM à : deux échantillons de micaschistes (BPA 099 – 12a, proche de l'intrusion et BPA 146 -12a, loin de l'intrusion) ; un échantillon de kinzigite (BPA 003-21a) et ; un échantillon de granulite (BPA 018-11a ; voir tableau de données GPS en annexe n°1 et les tableaux de données isotopiques en annexe n°4).

La figure IV.18 indique que la ligne de mélange entre le DM et l'échantillon de granulite, ne peut expliquer la signature isotopique de nos échantillons. Les trois autres lignes de mélanges allant du DM aux deux échantillons de micaschistes et à l'échantillon de kinzigite peuvent expliquer la composition isotopique d'un seul de nos échantillons de norite à grenat (BPA 006-21b), étant donc un mélange entre un liquide magmatique primaire et les métasédiments de l'unité de Campo. Ces mélanges binaires ne peuvent cependant pas expliquer les signatures isotopiques des autres échantillons.

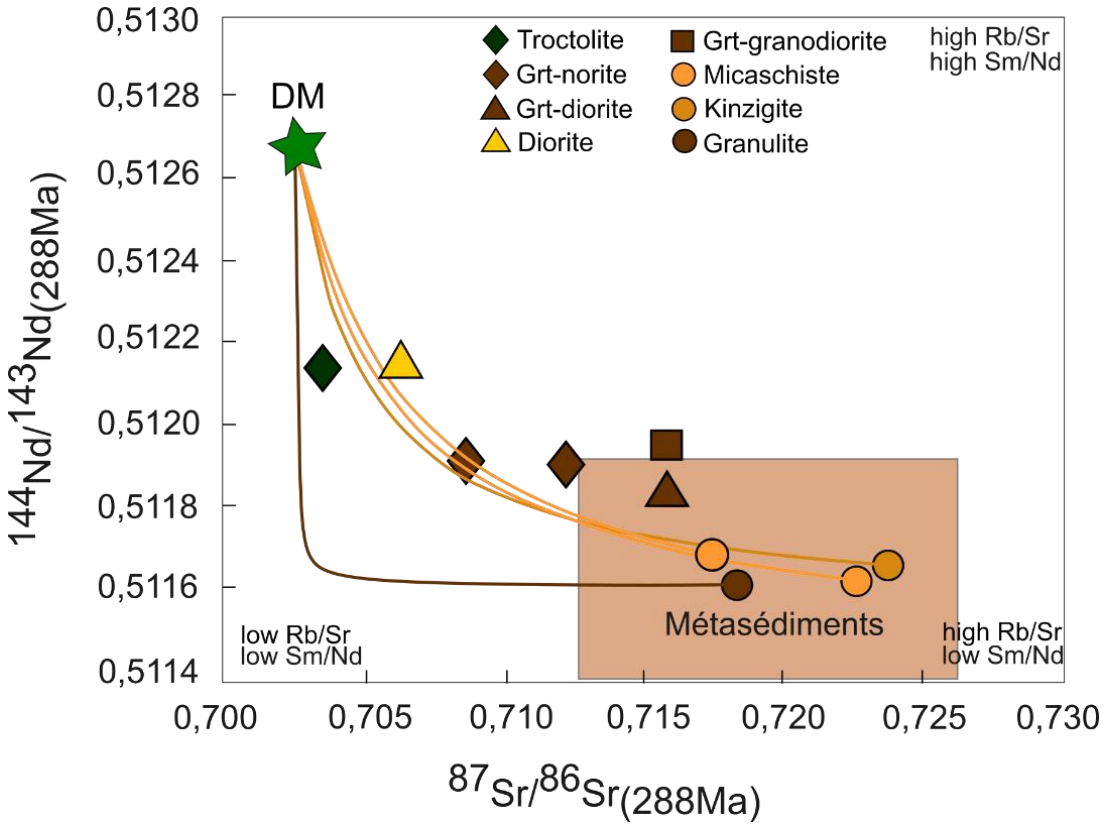


Figure IV. 18. Modèles isotopiques Sr - Nd de mélanges binaires entre le manteau appauvri (DM ; Salters et Stracke, 2004) et les métasédiments de l'unité de Campo**.** Le rectangle orange représente les données bibliographiques des métasédiments (micaschistes, kinzigites et granulites/stronalites) de la zone d'Ivrée (Alpes du Sud), issues de Voshage et al., (1990).

Modèle géochimique du processus d'AFC

Les résultats géochimiques et isotopiques ont montré l'importance de l'assimilation crustale dans l'évolution des roches magmatiques du complexe gabbroïque de Sondalo. Le modèle d'AFC (Figure IV.19), a été réalisé à partir de l'équation de DePaolo, (1981) :

$$\frac{C_L}{C_0} = f' + \left[\frac{r}{r-1+D}\right] * \left[\frac{C_A}{C_0} * (1-f')\right]$$

avec $f' = F^{-(r-1+D)/(r-1)}$; C_L est la concentration de l'élément de le magma contaminé ; C_A est la concentration en élément trace de la roche totale assimilée ; r est le rapport entre le taux d'assimilation et le taux de cristallisation fractionnée ; F est la fraction restante de magma et D le coefficient de partage en bulk.

Le but de ce modèle est de caractériser la chimie du liquide contaminant à partir duquel les roches ont cristallisé, en combinant la cristallisation fractionnée couplée à l'assimilation crustale. Par exemple, la Figure IV.19, représente un modèle d'AFC, dont deux liquides hybrides ont été calculés par l'équation de DePaolo, (1981). Ces compositions ont été calculées à partir d'un mélange entre un liquide N-MORB et d'un assimilant. Ce dernier est lui-même composé de 25 % de métasédiments (valeur moyenne des kinzigites calculée par Sinigoi et al., 2016) et de 75 % de norite à amphibole (BPA 019-21a). Comparé à la roche naturelle BPA 109-21b, dans cet exemple, l'assimilant à une composition en éléments traces déjà très proche de celle de la diorite.

Les liquides hybrides modélisés sont alors comparés à la teneur en éléments traces de la diorite afin de caractériser la proportion d'assimilant que cette roche a incorporé. Le pourcentage modal des minéraux sélectionnés pour ce modèle est de : 29 % de plagioclase, 30 % d'hornblende, 40 % d'orthopyroxène et 1,5 % de grenat. Les coefficients de partage minéraux/liquide sont issus de Dunn et Sen, (1994) pour l'orthopyroxène et le plagioclase ; de Klein et al., (1997) et Brenan et al., (1995) pour les amphiboles dans les liquides andésitiques et de Ewart et Griffin, (1994), Schnetzler et Philpotts, (1970) et Matsui et al., (1977) pour les grenats dans des liquides dacitiques.

Le modèle de la Figure IV.19 représente donc les liquides potentiels hybrides calculés à r = 0,93 pour un F = 0,93 et 0,94. Ces liquides ont un spectre REE étendues

qui se rapprochent très fortement de l'échantillon de diorite BPA 109-21b, à l'exception d'une teneur en Rb plus élevée et une anomalie négative plus importante en Eu dans BPA 109-21b. Ce modèle montre que la diorite est issue de liquides hybrides (ici, gabbro à amphibole et les kinzigites). Cependant, ces valeurs indiquent que le magma mafique a assimilé entre 44 et 48 % de matériel crustale, ce qui semble largement surestimé par rapport à d'autres systèmes similaires (zone d'Ivrée, ~30% d'assimilation ; Sinigoi et al., 2016). En effet, ce modèle ne prend pas en compte la signature isotopique des roches comme proposée par Powell, (1984) et ne prend pas non plus en compte la contrainte d'énergie. Les modèles thermodynamiques couplée au processus d'AFC (EC-AFC) devrait pouvoir palier à cette surestimation d'assimilation de matériel crustal comme proposée par Borhson et Spera, (2001) et Spera et Borhson, (2001).

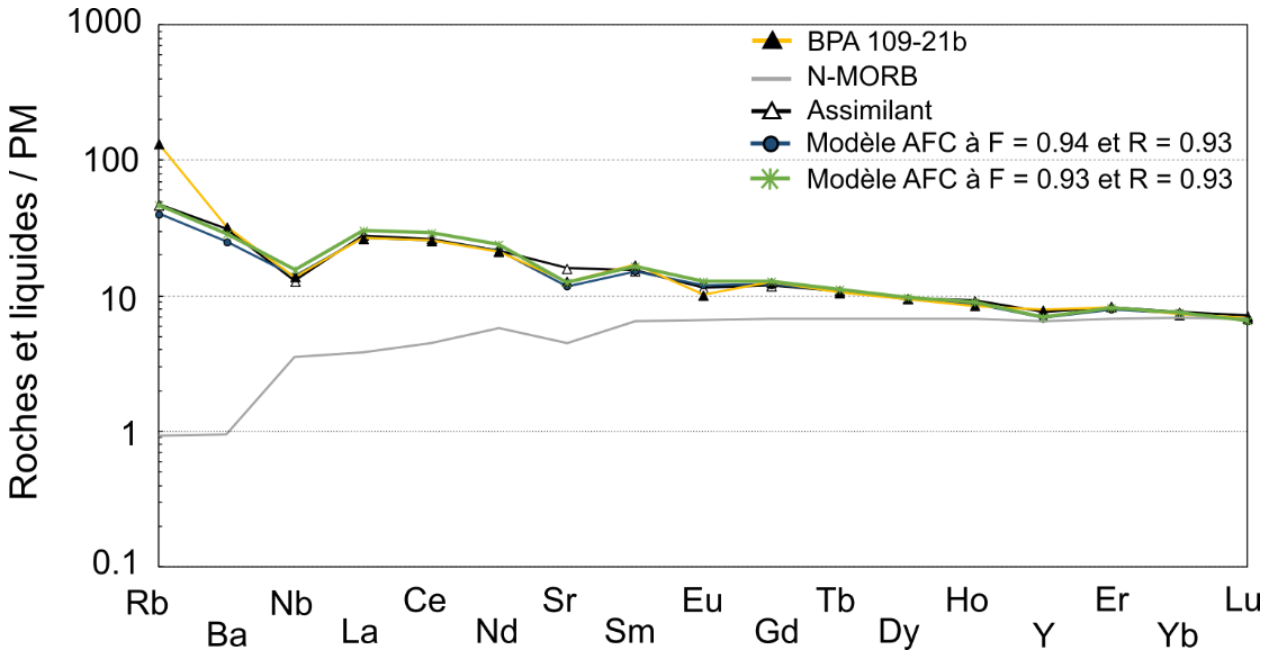


Figure IV.19. Modélisation AFC des liquides hybrides calculés à partir de la composition en N-MORB de Sun et McDonough, (1989) et de 75% de la composition en éléments traces de BPA 019-21a et 25 % de la composition en éléments traces des métasédiments du faciès amphibolitique de la zone d'Ivrée (Sinigoi et al., 2016), comparé à l'échantillon de diorite (BPA 109-21b).

VIII. Conclusion

Le rôle de la cristallisation fractionnée est largement représenté à travers l'évolution des troctolites, gabbros, norites, diorites et granitoïdes dans le complexe de Sondalo, du centre aux bordures de l'intrusion. Cependant, cette étude montre également le rôle prépondérant de la contamination crustale dans leur évolution lors de la différenciation, notamment par les processus tels que la fusion partielle des roches encaissantes de croûte moyenne de l'unité de Campo (sans exclure l'assimilation des métasédiments de la croûte inférieure), encore très fertiles ainsi que leur assimilation lors de la mise en place de l'intrusion du complexe de Sondalo.

En effet, l'enrichissement très précoce en K dans les troctolites pourrait provenir du processus de fusion-déshydration de la biotite dans les métasédiments lors de l'intrusion du complexe de Sondalo, libérant ainsi un premier liquide anatectique enrichi en K et Rb (Sinigoi et al., 1994) responsable de la cristallisation tardive des phlogopites et des biotites, de l'enrichissement en K_2O dans les plagioclases ainsi que le remplacement de l'orthopyroxène par l'interdigitation Bt+Qtz dans les gabbros et les norites (réaction i, dans la discussion ; Waters, 2001). La réaction de déshydratation de la biotite est cohérente avec l'observation d'augmentation de la teneur en Ba dans les kinzigites, puisque le résidu de la fusion est enrichi en Ba par rapport à K et Rb (Sinigoi et al., 1994).

L'assimilation de portions de métasédiments joue également un rôle très important au vu des nombreux septa granulitiques présents au centre et en bordure du pluton. En effet, l'assimilation de portion de croûte est marquée par : (1) la présence de portions de métasédiments assimilés dans les roches magmatiques primitives dont le protolithe est supposé être le même que celui des micaschistes de l'unité de Campo (Petri et al., 2016) ; (2) le fort enrichissement en Al dans les troctolites de manière générale mais également l'enrichissement en Al dans les orthopyroxènes des troctolites et norites (aussi norites à grenat) ainsi que ; (3) l'enrichissement en Al dans les biotites des norites à grenat. Cet enrichissement en Al par l'assimilation crustale, entraîne le maintien de la teneur élevée en An dans les plagioclases, limitant ainsi la cristallisation du clinopyroxènes dans les norites (voir équation ii, dans la discussion).

D’après Mazzucchelli et al., (1992) et Sinigoi et al., (1994), l’implication du feldspath potassique lors de la fusion des roches encaissantes pourrait générer un liquide anatectique contaminant riche en Ba par rapport à Rb et K et ayant déjà une anomalie positive en Eu. Ces liquides anatectiques, mélangés aux liquides mafiques peuvent expliquer les compositions en éléments majeurs, traces et REE des liquides plus évolués comme les diorites et les granodiorites. Ce qui est en accord avec les modèles de liquides anatectiques calculés (modèles Perple_X, expérimentaux et géochimiques), leur ASI relativement bas, montrant que ces roches sont potentiellement issues de liquides hybrides plutôt que par une grande quantité d’assimilation comparé aux gabbros à cordiérite et à grenat et aux norites à grenat. Ceci est montré également par les modèles de mélange binaire qui n’expliquent pas les compositions isotopiques des diorites et granitoïdes.

Il est difficile de contraindre exactement par quels modes de contamination crustale ces magmas ont été contaminés puisque cette étude montre un mélange entre magma mafique et produit de la fusion partielle des roches encaissantes et d’assimilation crustale. Afin de quantifier au mieux la contribution de l’assimilation crustale, les modèles d’AFC doivent être accompagnée de l’apport de la contrainte d’énergie, tel que proposé par Borhson et Spera (2001) et Spera et Borhson (2001 ; EC-AFC).

Discussion générale

Bien que les mécanismes de différenciation magmatique des systèmes magmatiques transcrutaux soient bien étudiés et contraints dans les niveaux crustaux profonds, tels que dans les arcs magmatiques (Annen et al., 2006 ; Jagoutz, 2014 ; Cashman et al., 2017) ou même dans certains systèmes post-orogèniques dans les Alpes du Sud (Zone d'Ivrée, système magmatique de Sesia ; e.g., Voshage et al., 1990 ; Mazzucchelli et al., 1992 ; Sinigoi et al., 1994), ces mécanismes dans les niveaux crustaux intermédiaires restent encore très mal contraints. Cette thèse a eu pour but de montrer que les systèmes magmatiques de croûte moyenne sont capables de se différencier par cristallisation fractionnée et par des processus de contamination crustale (e.g., Tribuzio et al., 1999). En effet, dans l'exemple pris dans cette étude, le complexe gabbroïque de Sondalo a intrudé les roches encaissantes de l'unité de Campo, contenant originellement une grande proportion de micas, donc encore relativement fertile. Cette fertilité a favorisé les échanges entre le magma et les roches encaissantes. Dans le détail, les processus de contamination crustale peuvent être nombreux, mais pour le complexe gabbroïque de Sondalo, une contribution de l'assimilation crustale combinée à de l'hybridation (fusion partielle et mélange de liquide anatectique et magmatique) semble avoir un rôle important pour la suite de l'évolution du liquide magmatique dans les niveaux crustaux plus superficiels.

Ceci est décrit brièvement dans la partie « II. Comparaison avec les systèmes magmatiques de croûte inférieure et croûte supérieure » qui sert d'ouverture dans ce travail de thèse et qui appuie le fait que les systèmes magmatiques sont aptes à se différencier dans les niveaux crustaux moyens et non pas que dans les niveaux crustaux profonds tels que dans les systèmes d'arcs magmatiques.

I. Les mécanismes de différenciation magmatique du complexe gabbroïque de Sondalo

I.1. Comment se différencie le gabbro de Sondalo ?

Le chapitre 3 et 4 mettent en lumière le rôle de la cristallisation fractionnée dans la différenciation du gabbro de Sondalo, des troctolites, gabbros, norites jusqu'aux diorites et granitoïdes, selon différents points :

(1) **La séquence de cristallisation**, qui débute par la cristallisation du plagioclase, suivi par l'olivine. Cette séquence est marquée par des plagioclases automorphes à sub-automorphes, observés également en inclusion dans les olivines. La suite de cette séquence continue avec la cristallisation des pyroxènes. Ces pyroxènes sont interstitiels et toujours en auréole autour des olivines sub-automorphes dans tous les échantillons. Ces textures montrent que l'olivine a été digérée par une réaction péritectique favorisant la formation du pyroxène. Cette séquence de cristallisation se termine par la cristallisation d'amphibole et de biotite. Les amphiboles sont systématiquement en auréole autour des pyroxènes et sont également inclues dans ces derniers dans certains échantillons de gabbros montrant un remplacement des pyroxènes par réaction péritectique. Les biotites sont magmatiques et interstitielles.

L'observation de cette séquence de cristallisation est soutenue par la chimie des minéraux. En effet, les minéraux ferromagnésiens indiquent des anomalies négatives en Eu de plus en plus importantes des troctolites aux norites. Ceci indique que ces phases ont bien cristallisé après le plagioclase. Ceci est également cohérent avec : (1) l'augmentation de la teneur en Zr, Y et REE dans les pyroxènes et amphiboles des troctolites aux norites (Tribuzio et al., 1999) et (2) avec la diminution en Al quand Mg# diminue dans les pyroxènes et les amphiboles, indiquant également, en plus des microstructures observées, qu'il n'y a pas eu de réaction sub-solidus (e.g., Jagoutz et al., 2017).

(2) **La chimie en éléments majeurs et traces en roche totale**. La tendance de différenciation des troctolites aux norites est typiquement tholéiitique, marquée par l'augmentation en TiO_2 et FeO_T à SiO_2 constant (Hermann et al., 2001), comme prédit par nos modèles thermodynamiques (Perple_X) de cristallisation in-situ pour des liquides tholéiitiques, radicalement différente de la tendance calco-alcaline (e.g., Nandedkar et al., 2014). La cristallisation fractionnée dans ces roches est également marquée par l'augmentation en MnO quand Mg# augmente et par la diminution de MgO, CaO, Cr et Ni à SiO_2 constant des troctolites aux norites. Dans les roches les plus évoluées, de manière générale, les diorites et granodiorites

montrent une diminution de la teneur en TiO_2, Al_2O_3, FeO_T, MgO, CaO, Cr et Ni ainsi qu'une augmentation de la teneur en Na_2O et K_2O quand SiO_2 augmente.

(3) **Le caractère cumulatique des roches primitives**. L'évidence de cristallisation fractionnée est appuyée par le fait que les roches troctolitiques et noritiques sont des cumulats. Le caractère cumulatique de ces roches est marquée par les anomalies positives en Sr et Eu en roche totale et un spectre qui est appauvri en LREE par rapport aux HREE montrant que le plagioclase est la phase qui est accumulée dans les troctolites et dans l'échantillon de norite BPA 018-21c (bien que les anomalies en Sr et Eu soient moins importantes et que la composition en REE soit plus enrichie que dans les troctolites). Les échantillons de troctolite BPA 021-21a et de norite BPA 019-21a montrent un spectre REE enrichi par rapport aux autres échantillons de troctolite. BPA 018-21a montre un enrichissement des LREE aux MREE, un faible appauvrissement en MREE aux HREE ainsi qu'une anomalie légèrement négative en Eu, indiquant que la phase cumulative est l'amphibole.

Comme suggéré par Hermann et al., (2001), l'anomalie négative prononcée en Eu dans les clinopyroxènes des troctolites et la présence d'amphibole et de biotite magmatique dans les troctolites, indique la présence de liquide piégé et que ces roches ne sont pas de purs cumulats.

Cependant, les modélisations des lignes de descente des liquides magmatiques réalisées ne permettent pas de comprendre les tendances à l'augmentation en Al_2O_3, Na_2O et K_2O même dans les roches les plus primitives du gabbro de Sondalo. L'enrichissement de la teneur en K_2O peut expliquer la présence de la biotite même dans les troctolites alors que la cristallisation de la biotite n'est prédite dans aucun de nos modèles thermodynamiques ni par les travaux expérimentaux aux pressions et températures attendues. L'apport de la contribution de matériel crustal doit être ajouté au processus de cristallisation fractionnée pour comprendre ces tendances divergentes.

I.2. Quel est le rôle de la contamination crustale dans la différenciation des magmas ?

Lors de la mise en place de l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo dans les métasédiments riches en biotite et muscovite de l'unité de Campo, la chaleur apportée

par les liquides magmatiques combinée à la formation de nombreux filons entraîne la formation de large septa métasédimentaires au centre et aux bordures du complexe (Petri et al., 2018), favorisant ainsi les échanges entre magmas et roches encaissantes. Les observations de terrains montrent ces échanges par de nombreux points, tels que :

(1) Dans la zone intermédiaire du pluton, la formation de roches à paragenèses particulières telles que des gabbros à grenat et cordiérite magmatique ainsi que des norites à grenat proche des septa métasédimentaires granulitiques, des zones de « transition » leucocrates à Grt+Pl où des portions de métasédiments assimilés sont observées entre les kinzigites et le gabbro à grenat ainsi que parfois des filonnets de transfert de liquide entre magma et septa marqué par des grenats entourés de plagioclases ;

(2) Dans la zone de bordure, des évidences de mélange non-homogènes, « mingling » entre un magma dioritique et un magma gabbroïque et ;

(3) Dans l'auréole de contact, la déstabilisation de la biotite par le processus de fusion déshydratation est marquée par la production de niveaux leucocrates à Grt+Pl dans les migmatites.

De manière générale, la quantité de biotite, grenat et cordiérite magmatique et la teneur en Al_2O_3, SiO_2, K_2O augmente dans les roches magmatiques proches des larges septa métasédimentaires. On observe également une augmentation de la quantité d'orthopyroxène et une diminution des clinopyroxènes des troctolites aux norites. Ceci indique la contribution relativement importante de l'assimilation crustale dans la différenciation des magmas au début du processus de cristallisation fractionnée, supportée par nos modélisations thermodynamiques qui ne peuvent expliquer l'omniprésence des biotites ainsi que les teneurs élevées en Na_2O, K_2O et Al_2O_3 dans les troctolites, gabbros et norites.

Ce travail de thèse met alors en évidence le rôle prépondérant de l'assimilation crustale dans la différenciation des liquides tholéiitiques du complexe gabbroïque de Sondalo et notamment son impact sur les éléments majeurs, modifiant ainsi la séquence de cristallisation et changeant les proportions de phase, en plus de modifier les compostions en éléments traces et isotopiques, comme proposé dans cette étude et par Tribuzio et al., (1999).

Influence de l'assimilation crustale sur la séquence de cristallisation et la proportion de phase

Le chapitre 3, montre que la composition normative des roches du complexe passe de la composition Ol-Cpx-Opx à la composition Cpx-Opx-Qtz et notamment que certains échantillons de gabbros et de norites se rapprochent de la sur-saturation en silice. Cette composition à quartz normatif est préférentiellement attribuée à la contamination crustale (comme proposé par Tribuzio et al., 1999) plutôt que par le fractionnement de l'amphibole. Ceci est indiqué notamment par le rapport Nb/Ta augmentant des troctolites aux norites. En effet, si l'amphibole, ayant une affinité avec le Nb (Li et al., 2017), est fractionnée, le rapport Nb/Ta diminuerait, ce qui n'est pas le cas dans les norites. Or, la présence de rutile et de biotite peut, à l'inverse, faire augmenter le rapport Nb/Ta puisqu'ils ont une affinité pour le Nb plutôt que pour le Ta (Xiong et al., 2011 ; Stepanov et Hermann, 2013). Le rutile étant très peu réfractaire et très peu présent dans la croûte moyenne, la biotite semble être le bon candidat pour l'augmentation du rapport en Nb/Ta dans les norites. Ceci est accord avec le processus de fusion déshydratation des biotites des métasédiments de l'unité de Campo.

Les chapitres 3 et 4 montrent l'impact de l'enrichissement en Al_2O_3 et K_2O, causée par l'assimilation crustale, sur la séquence de cristallisation et sur les proportions de phases, avec :

(1) l'enrichissement en K_2O dans les liquides primitifs, traduit par : (i) la stabilisation précoce des biotites de composition phlogopitiques dans les troctolites et la présence de biotite qui augmente en quantité dans les norites (jamais prédite dans les modèles thermodynamiques ni dans les études expérimentales) ; (ii) des plagioclases enrichis au cœur et au bordure en K_2O et augmentant des troctolites aux norites à amphibole et à grenat et ; (iii) l'observation de microstructures de HT formée par la déstabilisation des orthopyroxènes par l'inter-croissance Bt+Qtz (Waters, 2001) selon une réaction de type : Opx+Liq → Qtz+Bt, observées dans les gabbros à grenat et à cordiérite ainsi que dans les norites et norites à grenat, pouvant expliquer la composition élevée des HREE dans les biotites ainsi que ;

(2) L'enrichissement en Al_2O_3 également dans le liquide magmatique, traduit par : (i) des orthopyroxènes et des biotites également relativement enrichis en Al_2O_3 dans les

norites à grenat ; (ii) des anorthites plus riches en Al_2O_3 que les albites, favorisant ainsi le maintien de l'élévation de la teneur en An dans les troctolites, les norites à amphibole et les norites à grenat et donc la surreprésentation de l'orthopyroxène au dépend du clinopyroxène puisque le CaO n'est plus disponible pour sa cristallisation. Ce mécanisme est décrit par une réaction du type : Cpx+Sil → Opx+An (Bowen, 1928 ; Patiño Douce, 1999 ; Beard et al., 2017).

Influence de l'assimilation crustale sur les compositions en roche totale des éléments majeurs, traces et isotopiques des roches magmatiques du complexe gabbroïque de Sondalo

Le chapitre 4 (et 3) montre que l'assimilation crustale est également à l'origine du caractère transitionnel des roches magmatiques d'affinité tholéiitique, devenant progressivement calco-alcaline puisque cette tendance ne peut être expliquée par la cristallisation à elle-seule (comme démontré par les modélisations thermodynamiques). Ceci est également démontré par le rapport $(La/Sm)_N$, supérieur à 1 dans la plupart des échantillons indiquant que ces magmas auparavant appauvri (type N-MORB) sont ensuite enrichis (type E-MORB). Ceci est également cohérent avec le diagramme discriminant Th/Yb *vs.* Nb/Yb (Pearce, 2008) montrant que les roches magmatiques du complexe gabbroïque de Sondalo (troctolites aux diorites et granitoïdes) sont dans le champ des interactions magmas – croûte continentale. L'ASI est systématiquement supérieur à 1 dans tous les types de roches du complexe, indiquant également que ces roches ont assimilé du matériel crustal (Patiño Douce, 1999).

Les spectres des REE étendues normalisées aux chondrites sont également éloquents, par : (1) les anomalies positives en Pb dans tous les échantillons mafiques et intermédiaires ; (2) les anomalies positives en Th-U dans l'échantillon de troctolite BPA 021-21a et l'échantillon de diorite BPA 109-21b, alors que le Th n'est pas compatible dans les systèmes magmatiques (Dupuis et Dostal, 1984 ; Hofmann, 1988) ; (3) l'enrichissement en Nb-Ta dans la norite BPA 018-21c et la norite à amphibole BPA 019-21a et ; (4) le fort enrichissement en Rb-Ba dans les échantillons de troctolites (sauf BPA 021-21a où l'anomalie en Ba est négative), norites, norites à grenat ainsi que dans les diorites et granodiorites.

Les compositions isotopiques Sr-Nd, recalculées à 288 Ma (âge de mise en place du gabbro de Sondalo ; Petri et al., 2017) réalisées sur un échantillon de troctolite, de deux norites à grenat, de diorite, de diorite à grenat, et de granodiorite à grenat sont également très éloquentes quant à la contribution de la croûte continentale à la différenciation de ces magmas (comme proposée par Tribuzio et al., 1999). Leur εNd est systématiquement négatif, allant de -2,33 dans l'échantillon de troctolite jusqu'à -8,14 dans l'échantillon de diorite à grenat (dans la gamme de composition isotopique des métasédiments de la zone d'Ivrée, issues de Voshage et al., 1990 et de l'unité de Campo, cette étude, dont l'εNd varie de -7 à -11). De la même façon, bien que la composition isotopique du Sr dans l'échantillon de troctolite ($^{87}Sr/^{86}Sr_{(288\ Ma)}$ = 0,70344) se rapproche de la composition isotopique en Sr du manteau appauvri ($^{87}Sr/^{86}Sr$ à ~0,7025 ; Salters et Stracke, 2004, recalculé à 290 Ma) les compositions Sr_i des autres échantillons (variant de 0,7086 à 0,7160) se rapprochent bien plus de ceux des métasédiments (allant de 0,7153 à 0,7224).

Les modélisations thermodynamiques et géochimiques de fusion partielle des métapélites combinées aux modélisations isotopiques de ligne de mélange et les modélisations AFC indiquent à la fois la contribution de l'assimilation crustale mais également de l'hybridation dans la différenciation des magmas. Les lignes de mélange calculées entre un magma primitif issu de la fusion partielle du manteau sous-continental appauvri et deux micaschistes de l'unité de Campo, peuvent expliquer la composition isotopique d'un des échantillons de norite à grenat (BPA 006-21b) mais ne peuvent expliquer les compositions isotopiques des autres échantillons. Le modèle d'AFC montre que la diorite BPA 109-21b s'est potentiellement formée à partir d'un liquide magmatique primitif (ici, BPA 019-21a) qui a assimilé une portions de roches encaissantes de l'unité de Campo (44 à 48 % d'assimilation, proportion largement surestimée car ce modèle ne prend pas en compte les contraintes d'énergie).

Ces résultats montrent que les roches magmatiques du complexe se sont différenciées à travers des processus de cristallisation fractionnée mais également par des processus d'assimilation crustale et d'hybridation. L'hybridation est probablement plus importante dans les roches magmatiques dioritiques et granodioritiques puisque leur composition en éléments majeurs et traces se trouvent dans la même gamme de

composition que celles des liquides anatectiques calculés par nos modélisations thermodynamiques et géochimiques. Ceci pourrait expliquer que l'ASI des diorites et des granodiorites soit moins élevé que l'ASI de la plupart des roches magmatiques mafiques (peu contaminées ou très contaminées) comme proposé par Patiño Douce, (1999).

II. Comparaison des systèmes magmatiques à la l'échelle crustale

Afin d'appuyer le fait que la majeure partie de la différenciation magmatique des liquides tholéiitiques s'est produite dans l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo, dans l'unité de croûte moyenne, il nous est possible d'intégrer nos résultats à plus grande échelle dans les Alpes de l'Est. En effet, nous avons réalisé une compilation de données sur les intrusifs mafiques permiens dans l'unité de Malenco (gabbro de Braccia – croûte inférieure) ainsi que sur les intrusifs et extrusifs felsiques permiens dans l'unité de Bernina (unité de croûte supérieure).

II.1. Quel est le lieu de la différenciation ?

Le gabbro de Braccia est composé de roches primitives (Mg-gabbros et Fe-gabbros) et de roches intermédiaires (Qtz-diorites et Fe-Ti- diorites) d'affinité tholéiitique (Müntener et Hermann, 1996 ; Hermann et al., 1997 ; 2001). Ce gabbro intrude à la fois les roches du manteau sous-continental mais également les granulites métasédimentaires de la croûte inférieure (Hermann et al., 1997). Les roches felsiques intrusives et extrusives dans la croûte supérieure (unité de Bernina) sont : (1) des granodiorites d'affinité calco-alcaline (Granite de Brusio ; Boriani et al., 1982) ; (2) des granitoïdes d'affinité alcaline (Qtz-syénite, granite et leucogranite ; Spillmann et Büchi, 1993 ; Büchi, 1994 ; von Quadt et al., 1994) et ; (3) des rhyolites (région de Diavolezza) d'âges permiens (U-Pb sur zircon ; Rageth, 1984 ; Spillmann et Büchi, 1993 ; von Quadt et al., 1994 ; Büchi, 1994). Ces roches intrusives felsiques ont recoupé les orthogneiss et micaschistes du faciès amphibolite supérieur, représentant le socle de l'unité de Bernina (Spillmann et Büchi, 1993 ; von Quadt et al., 1994).

Les compositions en éléments majeurs et traces sur roche totale (Figure D.1 et D.2, croix vertes) dans les roches magmatiques primitives et intermédiaires de l'unité de Malenco montrent (d'après Hermann et al., 1997 ; 2001) : (1) une teneur en SiO_2 variable,

allant de 43 à 61 % wt ; (2) des teneurs élevées en Al_2O_3 (12 à 23,5 % wt), FeO_T (4 à 18 % wt), CaO (6 – 13 % wt), MgO (6 – 13 % wt), TiO_2 (0,1 – 5 % wt), Nb (20 – 34 ppm) et ASI (1 – 2) ; (3) des teneurs très variables et élevées en Cr (95 – 360 ppm), Ni (14 – 128 ppm), Zr (9 – 603 ppm) et Ba (23 – 302 ppm) ainsi que ; (4) des gammes de compositions relativement basses en Na_2O (1 – 5 % wt), K_2O (0,1 – 0,8 % wt), FeO_T/MgO (0,5 – 2,5) et Rb (3 – 5 % wt).

Dans les granitoïdes et rhyolites de l'unité de croûte supérieure, les compositions en éléments majeurs et traces sur roche totale indiquent (Figure D1 et D.2. ; d'après Boriani et al., 1982 ; Rageth, 1984 ; Notarpietro et Capitani, 1985 ; Büchi, 1994 et Guglielmin et Notarpietro, 1997 ; croix rose et cette étude ; croix rouge) : (1) une teneur en SiO_2 qui varie de 56 à 86 % wt ; (2) une faible teneur en Al_2O_3 (9 – 19 % wt), TiO_2 (0,06 – 1,5 % wt), FeO_T et MgO (0 – 4 % wt), CaO (0,02 – 6 % wt), Na_2O (0 – 5 % wt) ; (3) une teneur relativement variable et faible en Cr (0 – 78 ppm) et Ni (0 – 108 ppm) ; (4) une teneur un peu plus élevée en K_2O (1 – 7 wt%) et en ASI (1 – 3) et (5) une teneur relativement variable et élevée en FeO_T/MgO (0 – 76), (Zr (80 – 778 ppm), Nb (4 – 41 ppm), Ba (7 – 1021 ppm), Rb (61 – 333 ppm), U et Th (respectivement, jusqu'à 30 et 32).

Les compositions en éléments traces et majeurs en roche totale du gabbro de Braccia, des intrusifs et extrusifs felsiques de Bernina ainsi que les compositions en éléments traces et majeurs en roche totale déjà décrites dans le chapitre 3 et 4 indiquent que les roches magmatiques du complexe gabbroïque de Sondalo englobent toute la gamme de composition de la croûte inférieure à la croûte supérieure. Ceci corrobore avec le fait que la majeure partie de la différenciation magmatique s'est déroulée dans la croûte moyenne.

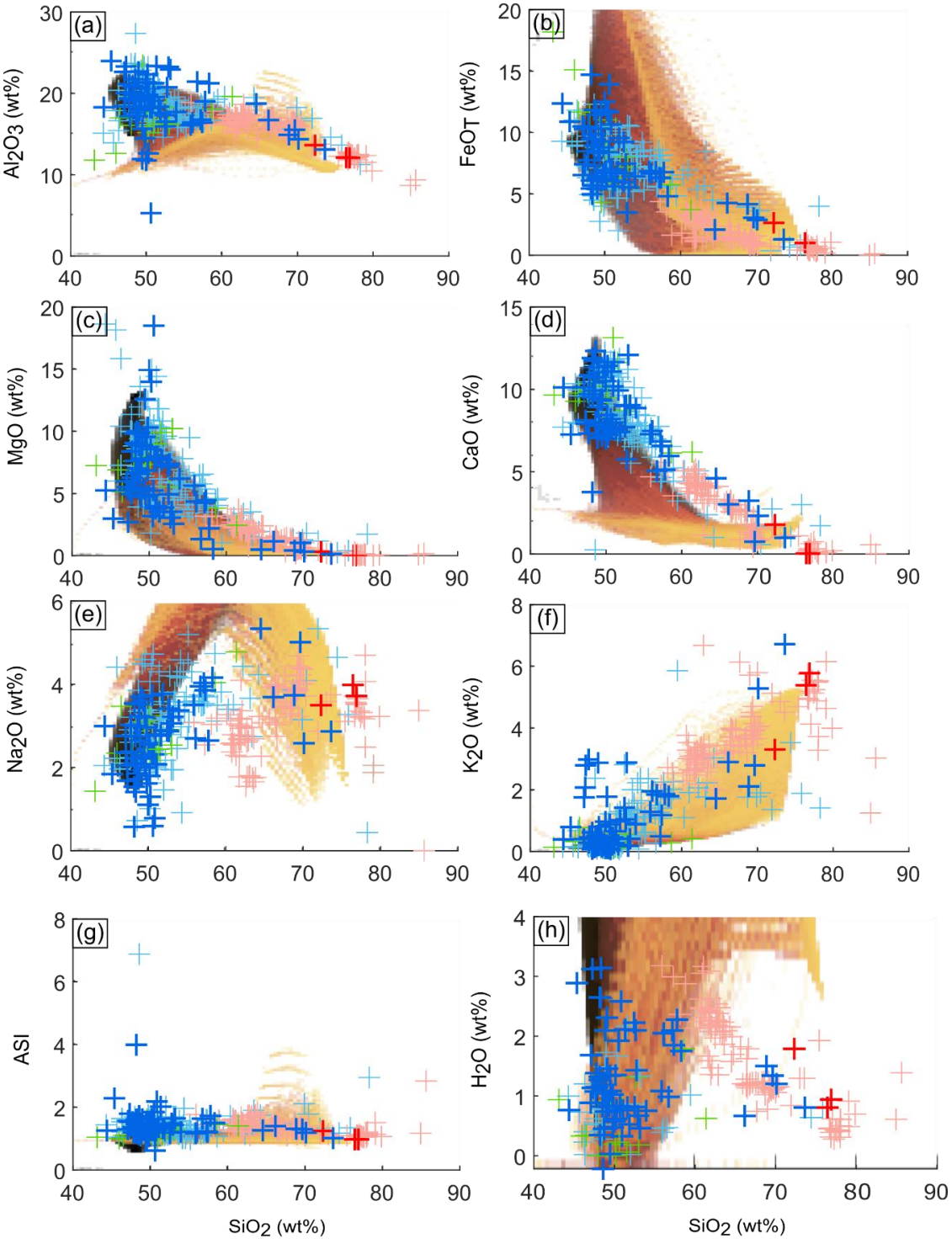

(a)
Al2O3 (wt%)
(b)
FeOT (wt%)
(c)
MgO (wt%)
(d)
CaO (wt%)
(e)
Na2O (wt%)
(f)
K2O (wt%)
(g)
ASI
(h)
H2O (wt%)
SiO2 (wt%)
SiO2 (wt%)
Cette étude :
Intrusifs mafiques à intermédiaires de l'unité de Campo (Complexe de Sondalo)
Intrusifs et extrusifs felsiques Bernina
Modèle Perple_X :
Composition du liquide de L0 à L6
Bibliographie :
Intrusifs mafiques à intermédiaires de l'unité de Malenco
Intrusifs mafiques à intermédiaires de l'unité de Campo (Complexe de Sondalo)
Intrusifs et extrusifs felsiques de l'unité de Bernina

Figure D.1 Diagramme de Harker des éléments majeurs versus SiO_2 (wt%) des roches magmatiques (voir légende) mafiques et intermédiaires du gabbro de Braccia (unité de Malenco, croûte inférieure), du gabbro de Sondalo (unité de Campo, croûte moyenne) et des roches magmatiques felsiques (unité de Bernina, croûte supérieure). ASI : Indice de saturation en aluminium, calculé selon la formule de Patiño Douce, (1999) : Al/(Ca+Na+K). Les tableaux de données sont disponibles en annexes n°2 pour les échantillons de cette étude et les données de la bibliographie sont issues de Hermann et al, (1997 ; 2001) pour le gabbro de Braccia , de Potenza, (1973) ; Campiglio et Potenza, (1964 ; 1966 ; 1967) ; Tribuzio et al., (1999) et Braga et al., (2001) pour le gabbro de Sondalo et de Boriani et al., (1982) ; Rageth, (1984) ; Notarpietro et Capitani, (1985) ; Büchi, (1994) et Guglielmin et Notarpietro, (1997) pour les roches magmatiques de croûte supérieure. Modélisations des lignes de descentes des liquides magmatiques modélisées par Perple_X montrant les compositions des liquides, du liquide 0 (L0 ; départ) au liquide 6 (L6 ; finale), 0 et 6 correspondant aux fractionnement.

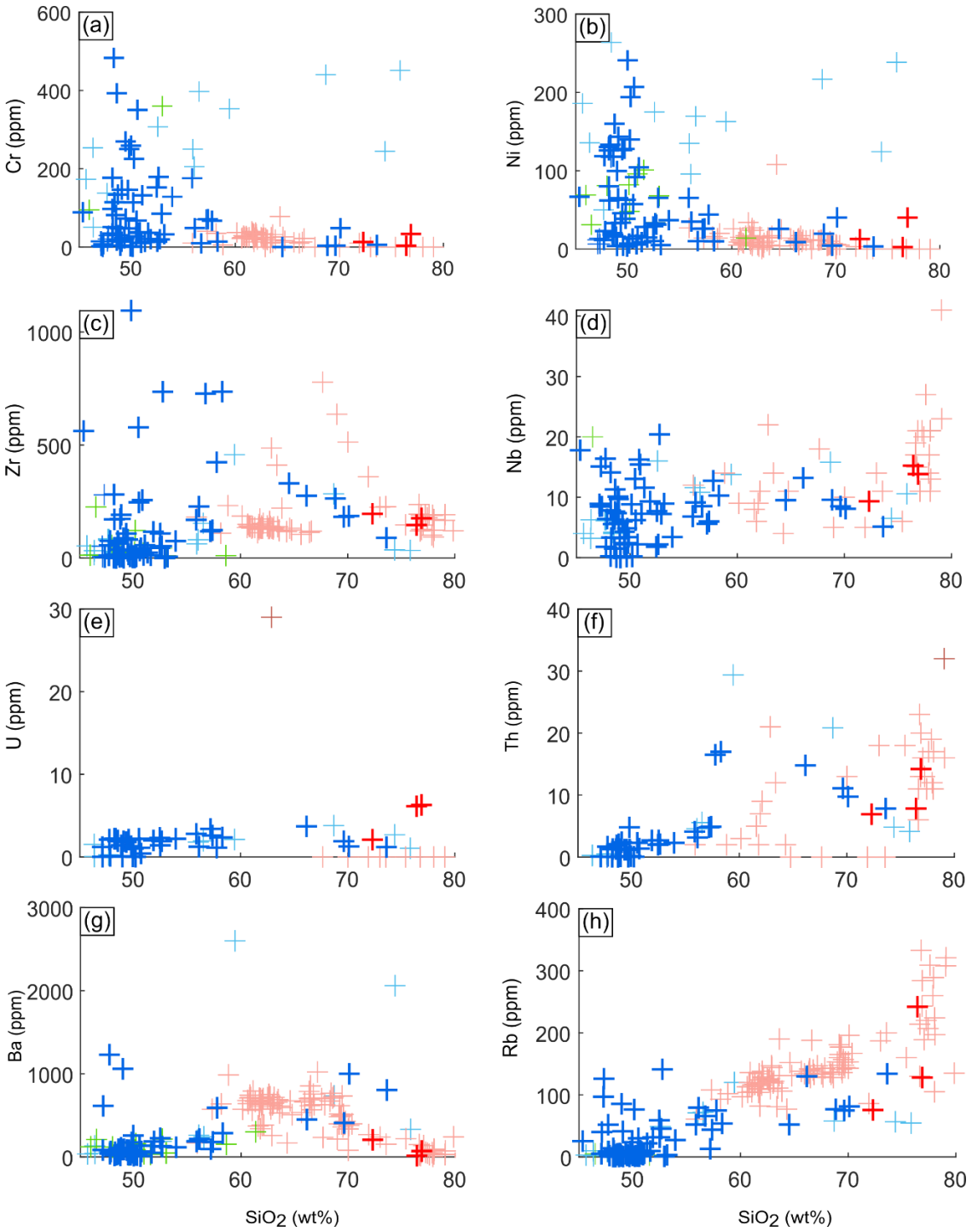


Figure D.2 Diagramme de Harker des éléments traces vs. SiO_2 des roches magmatiques des unités de croûte inférieure (Gabbro de Braccia, unité de Malenco), de croûte moyenne (Complexe gabbroïque de Sondalo, Unité de Campo) et de croûte supérieure (Unité de Bernina). Voir légende de la Figure D.2. Les tableaux de données sont disponibles en annexes n°2 pour les échantillons de cette étude et les données de la bibliographie viennent de Hermann et al, (1997 ; 2001) pour le gabbro de Braccia , de Potenza, (1973) ; Campiglio et Potenza, (1964 ; 1966 ; 1967) ; Tribuzio et al., (1999) et Braga et al., (2001) pour le gabbro de Sondalo et de Boriani et al., (1982) ; Rageth, (1984) ; Notarpietro et Capitani, (1985) ; Büchi, (1994) et Guglielmin et Notarpietro, (1997) pour les roches magmatiques de croûte supérieure.

II.2. Quel est l'impact de la différenciation sur l'évolution des liquides magmatiques à l'échelle de la croûte ?

De la même manière que dans le chapitre 3, des modèles thermodynamiques de type Monte Carlo ont été réalisés (Figure D.1.), définissant le chemin de refroidissement et de décompression du liquide magmatique. Ces modèles reprennent les paramètres déjà donnés dans le chapitre 3 à l'exception de la gamme de pression, allant de 12 à 1 kbar afin de prendre en compte tous les niveaux de croûte, de la croûte inférieure à la croûte moyenne et la proportion d'H_2O dans le liquide de départ, variable de 0 à 4 % wt.

Pour la majorité des éléments majeurs, nos modèles d'évolution du liquide magmatique peuvent expliquer les tendances des roches magmatiques dans les trois niveaux de croûte (e.g. MgO ; FeO_T). Cependant, pour les éléments tels que Al_2O_3, K_2O et CaO et Na_2O, ce modèle ne peut expliquer les tendances qui sont : (1) trop élevées en Al_2O_3, CaO dans les roches magmatiques dans la croûte moyenne et supérieure par rapport aux modèles ; (2) trop élevées en K_2O dans les roches magmatiques de croûte moyenne et ; (3) relativement basses en Na_2O également dans les roches magmatiques de croûte moyenne et supérieure (notamment les roches mafiques et intermédiaires).

Ces tendances sont également montrées par l'affinité transitionnelle des magmas tholéiitiques de croûte inférieure et moyenne en passage progressif vers une signature calco-alcaline déjà dans la croûte moyenne et également dans la croûte supérieure comme le montre la Figure D.3.a et b, tendant vers le pôle des alcalins plutôt que vers le pôle FeO_T et dont le rapport FeO_T/MgO diminue quand FeO_T diminue (vers l'affinité calco-alcaline). Cette tendance d'affinité tholéiitique à calco-alcaline est soulignée également dans les éléments traces, notamment par les rapports Th/Yb et Zr/Y (Figure D.3.c), montrant un enrichissement progressif du Th et du Zr dans les magmas de croûte moyenne (montré dans le chapitre 4) et une teneur élevée en Th et Zr dans les rhyolites et granites de l'unité de croûte supérieure. De plus, les diagrammes $La_{(N)}$ vs $La/Sm_{(N)}$ et Th/Yb vs. Nb/Yb (Figure D3. d et e) montrent un enrichissement progressif dans le magma passant d'un magma de type N-MORB (typique tholéiitique) dans les roches les plus primitives du gabbro de Braccia et de Sondalo à un magma de type E-MORB (typique calco-alcalin) dans les roches un peu plus différenciées du gabbro de Braccia et du gabbro de Sondalo ainsi que dans les granites et rhyolites de l'unité de Bernina.

Les modélisations d'évolution des liquides magmatiques lors de la cristallisation fractionnée montrent les tendances typiques des magmas tholéiitiques. Cependant, comme indiqué ci-avant, ces modèles n'expliquent pas certaines tendances observées, que ce soit en croûte moyenne mais également en croûte supérieure. Le chapitre 3 et 4 pointe le fait que la majeure partie de la différenciation des magmas tholéiitiques dans les Alpes de l'Est se réalise en croûte moyenne par cristallisation fractionnée et contamination crustale. Ceci est fortement marquée par les gammes de composition en éléments majeurs et traces en roche totale du complexe gabbroïque de Sondalo qui englobent les gammes de composition des magmas de croûte inférieure et de croûte supérieure. Le fait que les modèles ne permettent pas d'expliquer l'évolution des magmas de croûte moyenne et supérieure souligne la forte influence de la différenciation magmatique en croûte moyenne par cristallisation fractionnée combinée à l'assimilation crustale marquée par : (1) le fractionnement de l'orthopyroxène au dépend du clinopyroxène limite la baisse du CaO, pouvant expliquer cet enrichissement dans les liquides magmatiques plus différenciés de croûte supérieure ; (2) l'augmentation de la teneur en Al_2O_3 pouvant expliquer la teneur élevée en Al_2O_3 dans les unités de croûte supérieure bien que diminuant avec la diminution de température et ; (3) le modèle prédit un enrichissement fort en Na_2O, notamment au début de la différenciation et dans les magmas intermédiaires mais cet enrichissement est également limité par l'assimilation crustale qui contraint fortement la composition anorthitique des plagioclases, limitant ainsi la cristallisation des albites.

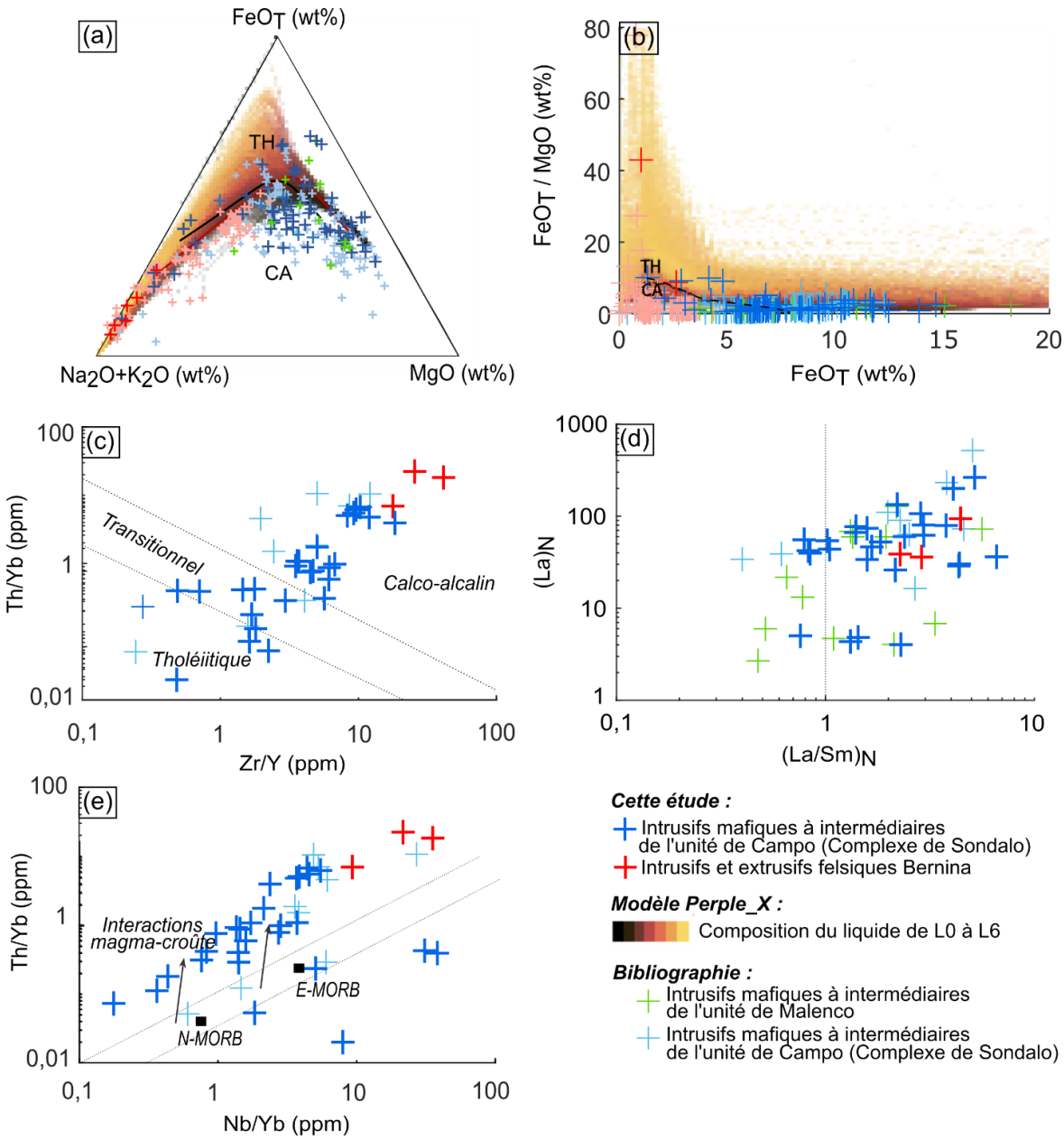


Figure D.3. (a) Diagramme ternaire AFM de discrimination entre les magmas tholéiitiques et calco-alcalins dont les champs sont séparés par Kuno, (1968) et Irvine et Baragar, (1971) ; (b) diagramme binaire de discrimation FeO_T/MgO vs. FeO_T montrant également les champs tholéiitiques et calco-alcalins, par Miyashiro, (1974) ; (c) diagramme binaire Th/Yb vs. Zr/Y montrant le caractère transitionnel entre la tendance tholéiitique et la tendance calco-alcaline, par Ross et Bedard, (2009) ; (d) diagramme binaire $(La)_N$ vs. $(La/Sm)_N$, normalisées au manteau primitif (PM : McDonough et Sun, 1995 et Rollinson et Pease, 2021) et (e) diagramme discriminant Th/Yb vs. Nb/Yb montrant les champs N-MORB, E-MORB et les champs d'interactions entre magmas et roches encaissantes, de Pearce, (2008). Ajout des modélisations Perple_X à la figure a et b, montrant l'évolution des liquides (L0 à L6) tholéiitiques pendant la différenciation. Les données de la bibliographie pour le gabbro de Braccia sont issues de Hermann et al., (1997 ; 2001), les données du gabbro de Sondalo sont issues de Braga, (2001) et les données des rhyolites et granites de l'unité de Bernina proviennent de cette étude (BPA 027-21a ; BPA 255-17a ; BPA 244 – 17a ; coordonnées GPS en annexe n°1).

Conclusion générale

Cette thèse a permis de mettre en lumière l'aptitude des systèmes magmatiques de croûte moyenne à se différencier bien que la plupart des systèmes magmatiques se différencient dans les niveaux de croûte profonds, i.e., dans les systèmes d'arcs magmatiques tels que l'arc du Kohistan (Nord-Ouest du Pakistan, Jagoutz et al., 2011 ; 2014), la Chaîne des Cascades (Californie du Nord ; Grove et al., 1982) ou encore dans les systèmes post-orogénique tels que le système magmatique de Sesia (Zone d'Ivrée, Sud de l'Italie ; Sinigoi et al., 1994).

En effet, cette étude est basée sur une caractérisation pétrologique, géochimique, isotopique et thermodynamique sur l'intrusion du complexe gabbroïque de Sondalo, en Italie du Nord. Cette intrusion de liquides primitifs mafiques d'affinités tholéiitiques s'est mis en place dans l'unité de Campo (unité de croûte moyenne), où les métasédiments sont initialement riches en muscovite et biotite donc relativement fertiles, permettant les échanges entre magmas et roches encaissantes.

De ce fait, nous avons montré le rôle majeur de la cristallisation fractionnée dans l'évolution de la différenciation magmatique des roches les plus primitives (nommées troctolites, gabbros et norites) du centre du pluton jusqu'aux roches plus différenciées (diorites et granitoïdes) en bordure du pluton, notamment par le fait que les roches primitives du complexe sont largement cumulatiques, indiquant un fractionnement du liquide magmatique en croûte moyenne. Cependant, cette étude montre également le rôle prépondérant de l'assimilation crustale marqué par l'enrichissement en Al_2O_3, K_2O et SiO_2 dans les roches primitives par exemple par le processus de fusion-déshydratation de la biotite, modifiant drastiquement la composition en éléments majeurs, les séquences de cristallisation ainsi que les proportions de phases, en plus de la modification de composition en éléments traces et isotopiques comme proposé par Tribuzio et al., (1999).

En effet, dans le complexe gabbroïque de Sondalo, l'enrichissement en Al_2O_3 dans le liquide magmatique maintien la teneur en An élevée dans les plagioclases, favorisant la cristallisation de l'orthopyroxène au dépend du clinopyroxène, des troctolites aux norites, ce qui n'est pas observé dans d'autres complexes gabbroïques intra-crustaux tels que le gabbro de Feddoz et de Braccia (unité de Malenco – Margna inférieure ; Hermann et al., 2001) ou encore dans le système magmatique de Sesia (Zone d'Ivrée, Sinigoi et al., 1994). De plus, l'enrichissement en K_2O dans le liquide magmatique stabilise la biotite

de composition phlogopitique dans les troctolites, gabbros et norites alors que la cristallisation des biotites n'est jamais prédite dans nos modélisations thermodynamiques ni dans les travaux expérimentaux aux pressions et températures attendues.

Ceci est en accord avec les diagrammes discriminants en éléments majeurs et traces sur roche totale indiquant que les magmas tholéiitiques passent progressivement à des magmas d'affinité calco-alcaline. Ceci est également cohérent avec les valeurs en ASI systématiquement supérieure à 1. En ce sens, les compositions en REE des roches magmatiques du complexe confirment la contribution crustale, notamment par les anomalies positives en Pb (dans roches primitives et évoluées du complexe) et Th-U (dans un des échantillons de troctolite et diorite), l'enrichissement Rb-Ba (dans tous les échantillons du complexe, sauf BPA 021-21a) et Nb-Ta (dans les norites) ainsi que le fort fractionnement en Zr-Hf (dans les troctolites, norites et norites à grenat). Les compositions isotopiques en Sr et Nd des roches magmatiques du complexe indiquent, de manière générale, des rapports Sr_i et Nd_i se rapprochant fortement de la composition isotopique Sr-Nd des métasédiments de l'unité de Campo et des kinzigites de la zone d'Ivrée, s'éloignant ainsi de celle du manteau sous-continental appauvri. Les modélisations du chapitre 4 (fusion partielle des micaschistes, ligne de mélange et AFC) appuient le rôle de l'assimilation crustale dans la différenciation des magmas mais également l'importance du processus d'hybridation, notamment pour les roches les différenciées du complexe gabbroïque de Sondalo.

Et enfin, l'intégration de ces résultats à plus grande échelle dans les Alpes de l'Est et notamment aux données compilées des roches magmatiques mafiques du gabbro de Braccia (croûte inférieure, unité de Malenco ; Hermann et al., 1997 ; 2001) ainsi que des roches intrusives et extrusives de l'unité de Bernina (croûte supérieure ; cette étude et issus de Boriani et al., 1982 ; Rageth, 1984 ; Notarpietro et Capitani, 1985 ; Büchi, 1994 et Guglielmin et Notarpietro, 1997) montrent que la majeure partie de la différenciation de ces magmas s'est produite en croûte moyenne. De plus, de la même façon que pour les modèles thermodynamiques définissant le chemin de refroidissement et de décompression du liquide magmatique de 6 à 4 kbar, les modèles thermodynamiques à l'échelle de la croûte (de 12 à 1 kbar) ne suffisent pas pour expliquer les compositions élevées en Al_2O_3, K_2O et Na_2O et CaO dans les roches magmatiques les plus primitives

dans la croûte moyenne mais également les roches magmatiques les plus différenciées dans la croûte supérieure.

En conclusion, pour le complexe gabbroïque de Sondalo, la majeure partie de la différenciation magmatique des liquides tholéiitiques se produit en croûte moyenne par la combinaison de cristallisation fractionnée, d'assimilation crustale (notamment pour les roches les plus primitives) et d'hybridation des magmas (pour les roches les plus différenciées du complexe). Cette différenciation magmatique en croûte moyenne, dominée par ces 3 processus, influence fortement l'évolution des liquides évoluant dans la croûte supérieure.

Afin de contraindre et de quantifier d'autant plus les modes chimiques de contamination crustale dans les roches magmatiques du complexe de Sondalo, de nouvelles compositions isotopiques Sr-Nd (ou autres, tels que Hf ou Pb) doivent être réalisées afin d'obtenir des résultats plus précis (i.e., analyses isotopiques sur des roches moins cumulatiques et moins contaminées, telles que BPA 019-21a) lors des modélisations d'EC-AFC. L'identification des modes de contamination crustale d'un point de vue physique peut apporter d'autant plus de contraintes sur les transferts magmas-encaissants (i.e., par le biais de travaux sur échantillons orientés, ainsi que par les analyses microstructurales quantitative d'orientation de forme de grains – SPO et d'orientation cristallographique préférentielle – CPO).

Références

Abbey, S.,1977. “Standard samples”: How “standard” are they?. Geostandards Newsletter. 1, 39-45.
Aitcheson, S. J., Forrest, A. H., 1994. Quantification of crustal contamination in open magmatic systems. Journal of Petrology, 35, 461-488. https://doi.org/10.1093/petrology/35.2.461
Albarede, F., 1992. How deep do common basaltic magmas form and differentiate? Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 97, 10997-11009.
Albarede, F., 1998. The growth of continental crust. Tectonophysics, 296, 1-14.
Alonso-Perez, R., Müntener, O., Ulmer, P., 2009. Igneous garnet and amphibole fractionation in the roots of island arcs: experimental constraints on andesitic liquids. Contrib. Mineral. Petrol. 157, 541–558. https://doi.org/10.1007/s00410-008-0351-8
Amann, M., Ulrich, M., Manatschal, G., Pelt, E., Epin, M. E., Autin, J.,Sauter, D. 2020. Geochemical characteristics of basalts related to incipient oceanization: The example from the Alpine-Tethys OCTs. Terra Nova, 32(1), 75-88.
Anders, E., Grevesse, N., 1989. Abundances of the elements: Meteoritic and solar. Geochimica et Cosmochimica acta, 53(1), 197-214. https://doi.org/10.1016/0016-7037(89)90286-X
Anderson, A. T., 1976. Magma mixing: petrological process and volcanological tool. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1, 3-33.
Annen, C., Blundy, J. D., Sparks, R. S. J., 2006. The genesis of intermediate and silicic magmas in deep crustal hot zones. Journal of Petrology, 47, 505-539. https://doi.org/10.1093/petrology/egi084
Annen, C., 2011. Implications of incremental emplacement of magma bodies for magma differentiation, thermal aureole dimensions and plutonism–volcanism relationships. Tectonophysics, 500, 3-10.
Auzanneau, E., Schmidt, M.W., Vielzeuf, D., D Connolly, J. A., 2010. Titanium in phengite: a geobarometer for high temperature eclogites. Contrib. Mineral. Petrol. 159, 1-24.
Bachmann, G., Grauert, B., 1981. Radiometrische Alterbestimmungen des Gabbro von Sondalo. Oberes Velltlin, Italienische Alpen. Fortschritte Mineral. 59, 11–13.
Baker, D.R., Eggler, D.H., 1987. Compositions of anhydrous and hydrous melts coexisting with plagioclase, augite, and olivine or low-Ca pyroxene from 1 atm to 8 kbar; application to the Aleutian volcanic center of Atka. Am. Mineral. 72, 12–28.
Ballèvre, M., Manzotti, P., Dal Piaz, G.V., 2018. Pre-Alpine (Variscan) Inheritance: A Key for the Location of the Future Valaisan Basin (Western Alps). Tectonics 37, 786–817. https://doi.org/10.1002/2017TC004633
Barton, P. J., 1986. The relationship between seismic velocity and density in the continental crust—a useful constraint? Geophysical Journal International, 87, 195-208.
Beard, J. S., Ragland, P. C., Rushmer, T. 2004. Hydration crystallization reactions between anhydrous minerals and hydrous melt to yield amphibole and biotite in igneous rocks: description and implications. The Journal of Geology, 112, 617-621. https://doi.org/10.1086/422670
Beard, J.S., Fedele, L., Bodnar, R.J., 2017. A quartz-bearing norite formed by the Bowen reaction at a diorite-pelite contact. Geology 45, 883–886. https://doi.org/10.1130/G39264.1

Bergantz, G. W., 1989. Underplating and partial melting: implications for melt generation and extraction. Science, 245, 1093-1095.
Bergantz, G. W., Dawes, R., 1994. Aspects of magma generation and ascent in continental lithosphere. In International Geophysics ,57, 291-317. Academic Press.
Bergomi, M. A., Boriani, A., 2012. Late Neoproterozoic-Early Paleozoic accretion of the Southalpine and Austroalpine basements of Central Alps (Italy). Géologie de la France, 1, 69.
Best, M. G., (2003). Metamorphic Petrology Second Edition.
Bissig, T., Hermann, J., 1999. From pre-Alpine extension to Alpine convergence: the example of the southwestern margin of the Margna nappe (Val Malenco, N-Italy). Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 79, 363-380.
Blatter, D.L., Sisson, T.W., Hankins, W.B., 2013. Crystallization of oxidized, moderately hydrous arc basalt at mid- to lower-crustal pressures: implications for andesite genesis. Contrib. Mineral. Petrol. 166, 861–886. https://doi.org/10.1007/s00410-013-0920-3
Bockemühl, C., 1988. Der Marteller Granit (Südtirol, Italien): Petrographi, Geochemie, Altersbestimmungen Unpublished dissertation, University of Basel-Unpublished dissertation, University of Basel.
Bockemühl, C., Pfister, H., 1985. Geologie der Serottini-Intrusion (Campo-Kristallin, Val Camonica, Italien). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 65, 79–94.
Bonatti, E., Harrison, C. G. A., 1988. Eruption styles of basalt in oceanic spreading ridges and seamounts: Effect of magma temperature and viscosity. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 93, 2967-2980.
Bonin, B., Brändlein, P., Bussy, F., Desmons, J., Eggenberger, U., Finger, F., Graf, K., Marro, C., Mercolli, I., Oberhänsli, R., Ploquin, A., von Quadt, A., von Raumer, J., Schaltegger, U., Steyrer, H.P., Visonà, D., Vivier, G., 1993. Late Variscan Magmatic Evolution of the Alpine Basement, in: von Raumer, J.F., Neubauer, F. (Eds.), Pre-Mesozoic Geology in the Alps. Springer Berlin Heidelberg, pp. 171–201. https://doi.org/10.1007/978-3-642-84640-3_11
Bonin, B., Azzouni-Sekkal, A., Bussy, F., Ferrag, S., 1998. Alkali-calcic and alkaline post-orogenic (PO) granite magmatism: petrologic constraints and geodynamic settings. Lithos, 45, 45-70. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00025-5
Bonin, B., Moyen, J. F., 2011. Magmatisme et roches magmatiques-3e édition. Dunod.
Boriani, A., Traversi, G., Del Moro, A., Notarpietro, A., 1982. Il “granito di Brusio” (Val Poschiavo - Svizzera): caratterizzazioni chimiche, petrologiche e radiometriche. Rendiconti Soc. Ital. Mineral. E Petrol. 38, 97–108.
Boriani, A., Origoni, E. G., Borghi, A., Caironi, V., 1990. The evolution of the “Serie dei Laghi”(Strona-Ceneri and Scisti dei Laghi): the upper component of the Ivrea-Verbano crustal section; Southern Alps, north Italy and Ticino, Switzerland. Tectonophysics, 182, 103-118.
Borhson, W.A, et Spera, F.J., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation-fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. Journal of Petrology, 42, 1019 – 1041.
Boscaini, A., Marzoli, A., Davies, J. F., Chiaradia, M., Bertrand, H., Zanetti, A., Visonà, D., De Min, A., Jourdan, F., 2020. Permian post-collisional basic magmatism from

Corsica to the Southeastern Alps. Lithos, 376, https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105733
Bosse, V., Feraud, G., Ruffet, G., Ballèvre, M., Peucat, J. J., De Jong, K., 2000. Late Devonian subduction and early-orogenic exhumation of eclogite-facies rocks from the Champtoceaux Complex (Variscan belt, France). Geological Journal, 35, 297-325. https://doi.org/10.1002/gj.864
Bowen, N.L., 1928. The evolution of igneous rocks. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
Braga, R., 2001. Relazioni petrogenetiche tra il complesso femico di Sondalo e le sue rocce incassanti (PhD thesis). Università di Pavia.
Braga, R., Giacomini, F., Messiga, B., Tribuzio, R., 2001. The Sondalo Gabbroic Complex (Central Alps, Northern Italy): Evidence for Emplacement of Mantle-Derived Melts into Amphibolite Facies Metapelites. Phys. Chem. Earth Part Solid Earth Geod. 26, 333–342. https://doi.org/10.1016/S1464-1895(01)00063-1
Braga, R., Callegari, A., Messiga, B., Ottolini, L., Renna, M.R., Tribuzio, R., 2003. Origin of prismatine from the Sondalo granulites (Central Alps, northern Italy). Eur. J. Mineral. 15, 393–400. https://doi.org/10.1127/0935-1221/2003/0015-0393
Braga, R., Massonne, H. J., Morten, L., 2007. An early metamorphic stage for the Variscan Ulten Zone gneiss (NE Italy): evidence from mineral inclusions in kyanite. Mineralogical Magazine, 71(6), 691-702. https://doi.org/10.1180/minmag.2007.071.6.691
Brey, G.P., Köhler, T., 1990. Geothermobarometry in four-phase lherzolites II. New thermobarometers, and practical assessment of existing thermobaromaters. Journal of Petrology 31, 1353-1378.
Brenan, J. M., Shaw, H. F., Ryerson, F. J., Phinney, D. L., 1995. Experimental determination of trace-element partitioning between pargasite and a synthetic hydrous andesitic melt. Earth and Planetary Science Letters, 135(1-4), 1-11. https://doi.org/10.1016/0012-821X(95)00139-4
Büchi, H., 1987. Geologie und Petrographie der Bernina IX. Das Gebiet zwischen Pontresina und dem Morteratschgletscher. Unpublished Diploma thesis University of Zürich.
Büchi, H., 1994. Der variskische Magmatismus in der östlichen Bernina (Graubünden, Schweiz). Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 74, 359-371.
Bussy, F., Venturini, G., Hunziker, J. C., Martinotti, G., 1998. U-Pb ages of magmatic rocks of the western Austroalpine Dent-Blanche-Sesia Unit. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 78, 163-168.
Burg, J.-P., Van Den Drissche, J., Brun, J.-P., 1994. Syn- to post-thickening extension in the Variscan Belt of Western Europe: Modes and structural consequences. Géologie Fr. 3, 33–51.
Caby, R., Jacob, C., 2000. La transition croûte/manteau dans la nappe de Santa-Lucia-di-Mercurio (Corse alpine) : les racines d'un rift permien.
Campa, G., Giacomini, F., Giglia, A., 1997. Carta Geologica del versante sinistro della Valtellina tra la Val di Scala e la Valle delle Presure (Sondrio), Scala 1:10.000 Unpublished master thesis, University of Pavia-Unpublished master thesis, University of Pavia.

Campiglio, C., Potenza, R., 1967. Facies a pirosseno rombico del gabbro di Sondalo (Alta Valtellina). Atti Della Soc. Sci. Nat. E Fel Mus. Civ. Storia Nat. Milano 106, 193–208.
Campiglio, C., Potenza, R., 1966. Le facies oliviniche del gabbro di Sondalo (Alta Valtellina, Lombardia). Atti Della Soc. Sci. Nat. E Fel Mus. Civ. Storia Nat. Milano 105, 102–122.
Campiglio, C., Potenza, R., 1964. Facies dioritiche collegate con il gabbro di Sondalo (Alta Valtellina): studio geologico-petrografico. Atti Della Soc. Sci. Nat. E Fel Mus. Civ. Storia Nat. Milano 103, 325–343.
Cannat, M., Sauter, D., Mendel, V., Ruellan, E., Okino, K., Escartin, J., Combier V., Baala, M. 2006. Modes of seafloor generation at a melt-poor ultraslow-spreading ridge. Geology, 34, 605-608.
Caroll Webb, S.A., Wood, B.J., 1986. Spinel pyroxene-garnet relationships and their dependence on Cr/Al ratio. Contributions to Mineralogy and Petrology 92, 471-480.
Cashman, K. V., Sparks, R. S. J., Blundy, J. D. 2017. Vertically extensive and unstable magmatic systems: a unified view of igneous processes. Science, 355, https://doi.org/10.1126/science.aag3055
Cassinis, G., Perotti, C. R., Ronchi, A., 2012. Permian continental basins in the Southern Alps (Italy) and peri-mediterranean correlations. International Journal of Earth Sciences, 101, 129-157. https://doi.org/10.1007/s00531-011-0642-6
Cavalcante, G. C. G., Viegas, G., Archanjo, C. J., da Silva, M. E., 2016. The influence of partial melting and melt migration on the rheology of the continental crust. Journal of Geodynamics, 101, 186-199.
Cawthorn, R., 2015. The Bushveld Complex, South Africa. In: Charlier, B., Namur, O., Latypov, R., Tegner, C. (Eds.) Layered Intrusions. Springer Geology. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9652-1_12
Channell, J.E.T., Kozur, H.W., 1997. How many oceans? Meliata, Vardar and Pindos oceans in Mesozoic Alpine paleogeography. Geology 25, 183–186. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0183:hmomva>2.3.co;2
Chauvel, C., Bureau, S., Poggi, C., 2011. Comprehensive chemical and isotopic analyses of basalt and sediment reference materials. Geostandards and Geoanalytical Research, 35(1), 125-143. https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2010.00086.x
Chew, D. M., Van Staal, C. R., 2014. The ocean–continent transition zones along the Appalachian–Caledonian Margin of Laurentia: Examples of large-scale hyperextension during the opening of the Iapetus Ocean. Geoscience Canada, 41, 165-185.
Cocherie, A., Rossi, P., Fanning, C. M., Guerrot, C., 2005. Comparative use of TIMS and SHRIMP for U–Pb zircon dating of A-type granites and mafic tholeiitic layered complexes and dykes from the Corsican Batholith (France). Lithos, 82, 185-219. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.12.016
Coggon R, Holland T.J.B., 2002. Mixing properties of phengitic micas and revised garnet-phengite thermobarometers. J Metamorph Geol 20, 683–696. https://doi.org/10.1046/j.1525-1314.2002.00395.x
Connolly, J.A.D., 2005. Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. Earth Planet. Sci. Lett. 236, 524–541. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.04.033

Cooper, G. F., Blundy, J. D., Macpherson, C. G., Humphreys, M. C., Davidson, J. P., 2019. Evidence from plutonic xenoliths for magma differentiation, mixing and storage in a volatile-rich crystal mush beneath St. Eustatius, Lesser Antilles. Contributions to Mineralogy and Petrology, 174, 1-24. https://doi.org/10.1007/s00410-019-1576-4

Costa, S., Rey, P., 1995. Lower crustal rejuvenation and growth during post-thickening collapse: Insights from a crustal cross section through a Variscan metamorphic core complex. Geology 23, 905–908. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<0905:lcragd>2.3.co;2

Christensen, N. I., Mooney, W. D., 1995. Seismic velocity structure and composition of the continental crust: A global view. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100, 9761-9788. https://doi.org/10.1007/s00410-021-01800-w

Clemens, J. D., Stevens, G., 2016. Melt segregation and magma interactions during crustal melting: Breaking out of the matrix. Earth-Science Reviews, 160, 333-349.

Clemens, J. D., Stevens, G., Mayne, M. J., 2021. Do arc silicic magmas form by fluid-fluxed melting of older arc crust or fractionation of basaltic magmas? Contributions to Mineralogy and Petrology, 176(6), 44.

Delleani, F., Rebay, G., Zucali, M., Tiepolo, M., Spalla, M. I., 2018. Insights on Variscan geodynamics from the structural and geochemical characterization of a Devonian-Carboniferous gabbro from the Austroalpine Domain (Western Alps). Ofioliti, 43, 23-39. https://doi.org/10.4454/ofioliti.v43i1.503

Del Moro, A., Notarpietro, A., Potenza, R., 1981. Revisione del significato strutturale e geocronologico delle masse intrusive minori dell'Alta Valtellina: risultati preliminari. Rendiconti Soc. Ital. Mineral. E Petrol. 38, 89–96.

Del Moro, A., Notarpietro, A., 1987. Rb-Sr Geochemistry of some Hercynian granitoids overprinted by eo-Alpine metamorphism in the Upper Valtellina, Central Alps. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 67, 295–306.

Demarchi, G., Quick, J.E., Sinigoi, S., Mayer, A., 1998. Pressure gradient and original orientation of a lower-crustal intrusion in the Ivrea-Verbano zone, Northern Italy. J. Geol. 106, 609–622.

DePaolo, D.J., 1981. Neodymium isotopes in the Colorado Front Range and implications for crust formation and mantle evolution in the Proterozoic. *Nature* **291,** 193-6.

Desmurs, L., Müntener, O., Manatschal, G., 2002. Onset of magmatic accretion within a magma-poor rifted margin: a case study from the Platta ocean-continent transition, eastern Switzerland. Contrib. Mineral. Petrol. 144, 365–382. https://doi.org/10.1007/s00410-002-0403-4

Detay, M., 2015. L'eau met le feu. Géophysique, 57, n°45.

Doblas, M., Oyarzun, R., SopeÑ, A., LÓpez Ruiz, J., Capote, R., Luis HernÁndez Enrile, J., Hoyos, M., Lunar, R., SÁnchez Moya, Y. 1994. Variscan-late Variscan-early Alpine progressive extensional collapse of central Spain. Geodinamica Acta, 7, 1-14.

Doblas, M., Oyarzun, R., Lopez-Ruiz, J., Cebria, J. M., Youbi, N., Mahecha, V., Lago, M., Pocovi, A., Cabanis, B., 1998. Permo-Carboniferous volcanism in Europe and northwest Africa: a superplume exhaust valve in the centre of Pangaea? Journal of African Earth Sciences, 26, 89-99.

Downes, H., Kempton, P. D., Briot, D., Harmon, R. S., Leyreloup, A. F., 1991. Pb and O isotope systematics in granulite facies xenoliths, French Massif Central:

implications for crustal processes. Earth and Planetary Science Letters, 102, 342-357. https://doi.org/10.1016/0012-821X(91)90028-G
Dufek, J., Bachmann, O., 2010. Quantum magmatism: Magmatic compositional gaps generated by melt-crystal dynamics. Geology 38, 687–690. https://doi.org/10.1130/G30831.1
Dunn, T., Sen, C., 1994. Mineral/matrix partition coefficients for orthopyroxene, plagioclase, and olivine in basaltic to andesitic systems: a combined analytical and experimental study. Geochimica et Cosmochimica Acta, 58(2), 717-733. https://doi.org/10.1016/0016-7037(94)90501-0
Dupuy, C., Dostal, J., 1984. Trace element geochemistry of some continental tholeiites. Earth and Planetary Science Letters, 67(1), 61-69. https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90038-4
Eberli, G.P., 1988. The evolution of the southern continental margin of the Jurassic Tethys Ocean as recorded in the Allgäu Formation of the Nappes Graunbunden (Switzerland). Eclogae geologicae helvetiae, 81, 175-214. Formation of the Austroalpine Nappes of Graubünden (Switzerland): Eclogae Geologicae Helvetiae, v. 81;
Epin, ME., Manatschal, G., Amman, M., Ribes, C., Clausse, A., Guffon, T., Lescanne, M., 2019. Polyphase tectono-magmatic evolution during mantle exhumation in an ultra-distal, magma-poor rift domain: example of the fossil Platta ophiolite, SE Switzerland. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 108, 2443–2467 (2019). https://doi.org/10.1007/s00531-019-01772-0
Ernst, W. G., Liu, J., 1998. Experimental phase-equilibrium study of Al-and Ti-contents of calcic amphibole in MORB—A semiquantitative thermobarometer. American mineralogist, 83(9-10), 952-969. https://doi.org/10.2138/am-1998-9-1004
Ewart, A., Griffin, W. L., 1994. Application of proton-microprobe data to trace-element partitioning in volcanic rocks. Chemical Geology, 117(1-4), 251-284. https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)90131-7
Ewing, T.A., Rubatto, D., Lemke, K., Hermann, J., 2023. Timescales and mechanisms of felsic lower continental crust formation: Insights from U-Pb geochronology of detrital zircon (Malenco Unit, eastern Central Alps). Lithos 456–457, 107286. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107286
Faure, M., Leloix, C., Roig, J. Y. 1997. L'évolution polycyclique de la chaîne hercynienne. Bulletin de la Société géologique de France, 168, 695-705.
Faure, M., Lardeaux, J. M., Ledru, P., 2009. A review of the pre-Permian geology of the Variscan French Massif Central. Comptes rendus géoscience, 341(2-3), 202-213. https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.12.001
Fountain, D. M., Salisbury, M. H., 1981. Exposed cross-sections through the continental crust: implications for crustal structure, petrology, and evolution. Earth and Planetary Science Letters, 56, 263-277. https://doi.org/10.1016/0012-821X(81)90133-3
Fram, M.S., Longhi, J., 1992. Phase equilibria of dikes associated with Proterozoic anorthosite complexes. Am. Mineral. 77, 605–616.
Franke, D., 2013. Rifting, lithosphere breakup and volcanism: Comparison of magma-poor and volcanic rifted margins. Marine and Petroleum geology, 43, 63-87.

Froitzheim, N., Schmid, S.M., Conti, P., 1994. Repeated change from crustal shortening to orogen-parallel extension in the Austroalpine units of Graubünden. Eclogae Geol. Helvetiae 87, 559–612.
Gaudemer, Y., Jaupart, C., Tapponnier, P., 1988. Thermal control on post-orogenic extension in collision belts. Earth and Planetary Science Letters, 89, 48-62. https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90032-5
Gazzola, D., Gosso, G., Pulcrano, E., Spalla, M.I., 2000. Eo-Alpine HP metamorphism in the Permian intrusives from the steep belt of the central Alps (Languard-Campo nappe and Tonale Series). Geodin. Acta 13, 149–167.
Gerdes, A., Wörner, G.,Finger, F., 2000. Hybrids, magma mixing and enriched mantle melts in post-collisional Variscan granitoids: the Rastenberg Pluton, Austria. Geological Society, London, Special Publications, 179, 415-431. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.179.01.25
Godard, G., Martin, S., Prosser, G., Kienast, J. R., Morten, L., 1996. Variscan migmatites, eclogites and garnet-peridotites of the Ulten zone, Eastern Austroalpine system. Tectonophysics, 259, 313-341. https://doi.org/10.1016/0040-1951(95)00145-X
Govindaraju, K., Potts, P. J., Webb, P. C., Watson, J. S., 1994. 1994 report on Whin Sill dolerite WS-E from England and Pitscurrie microgabbro PM-S from Scotland: Assessment by one hundred and four international laboratories. Geostandards Newsletter, 18(2), 211-300. https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1994.tb00520.x
Grauert, B., Seitz, M.G., Soptrajanova, G., 1974. Uranium and lead gain of detrital zircon studied by isotopic analyses and fission-track mapping. Earth Planet. Sci. Lett. 21, 389–399. https://doi.org/10.1016/0012-821X(74)90178-2
Green, E.C.R., White, R.W., Diener, J.F.A., Powell, R., Holland, T.J.B., Palin, R.M., 2016. Activity-composition relations for the calculation of partial melting equilibria in metabasic rocks. J. Metamorph. Geol. 34, 845–869. https://doi.org/10.1111/jmg.12211
Grove, T.L., Gerlach, D.C., Sando, T.W., 1982. Origin of calc-alkaline series lavas at Medicine Lake Volcano by fractionation, assimilation and mixing. Contrib. Mineral. Petrol. 80, 160–182. https://doi.org/10.1007/BF00374893
Grove, T. L., Baker, M. B., 1984. Phase equilibrium controls on the tholeiitic versus calc-alkaline differentiation trends. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 89(B5), 3253-3274.
Grove, T.L., Kinzler, R.J., Bryan, W.B., 1992. Fractionation of Mid-Ocean Ridge Basalt (MORB), in: Morgan, J.P., Blackman, D.K., Sinton, J.M. (Eds.), Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union, Washington, D. C., 281–310. https://doi.org/10.1029/GM071
Grove, T.L., Kinzler, R.J., Bryan Wilfred B., 1990. 2. Natural and experimental phase relations of lavas from Serocki volcano. Proc. Ocean Drill. Program Sci. Results 106/109, 9–17.
Grove, T., Parman, S., Bowring, S., Price, R., Baker, M. 2002. The role of an H 2 O-rich fluid component in the generation of primitive basaltic andesites and andesites from the Mt. Shasta region, N California. Contributions to Mineralogy and Petrology, 142, 375-396. https://doi.org/10.1007/s004100100299
Grove, T. L., Elkins-Tanton, L. T., Parman, S. W., Chatterjee, N., Müntener, O., Gaetani, G. A., 2003. Fractional crystallization and mantle-melting controls on calc-alkaline differentiation trends. Contributions to Mineralogy and Petrology, 145, 515-533.

Grove, T. L., Brown, S. M., 2018. Magmatic processes leading to compositional diversity in igneous rocks: Bowen (1928) revisited. American Journal of Science, 318, 1-28.
Gualda, G.A.R., Ghiorso, M.S., Lemons, R.V., Carley, T.L., 2012. Rhyolite-MELTS: a Modified Calibration of MELTS Optimized for Silica-rich, Fluid-bearing Magmatic Systems. J. Petrol. 53, 875–890. https://doi.org/10.1093/petrology/egr080
Guglielmin, M., Notarpietro, A., 1997. Hercynian Granitoids of the northern Valtellina, the granodiorites l.s. and the diorite of the Val Viola pass. Miner.Petrogr.Acta, vol XI, 1-9.
Gutiérrez-Alonso, G., Murphy, J. B., Fernández-Suárez, J., Weil, A. B., Franco, M. P., Gonzalo, J. C., 2011. Lithospheric delamination in the core of Pangea: Sm-Nd insights from the Iberian mantle. Geology, 39, 155-158. https://doi.org/10.1130/G31468.1
Haase, K. M., 2002. Geochemical constraints on magma sources and mixing processes in Easter Microplate MORB (SE Pacific): a case study of plume–ridge interaction. Chemical Geology, 182, 335-355.
Hacker, B. R., Kelemen, P. B., Behn, M. D., 2011. Differentiation of the continental crust by relamination. Earth and Planetary Science Letters, 307, 501-516.
Hacker, B.R., Kelemen, P.B., Behn, M.D., 2015. Continental Lower Crust. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 43, 167–205. https://doi.org/10.1146/annurev-earth-050212-124117
Handy, M.R., Herweg, M., Kamber, B.S., Tietz, R., Villa, I.M., 1996. Geochronologic, petrologic and kinematic constraints on the evolution of the Err-Platta boundary, part of a fossil continent-ocean suture in the Alps (eastern Switzerland). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 76, 453–474.
Handy, M. R., Franz, L., Heller, F., Janott, B., Zurbriggen, R. 1999. Multistage accretion and exhumation of the continental crust (Ivrea crustal section, Italy and Switzerland). Tectonics, 18, 1154-1177.
Hansmann, W., Müntener, O., Hermann, J., 2001. U-Pb zircon geochronology of a tholeiitic intrusion and associated migmatites at a continental crust-mantle transition, Val Malenco, Italy. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 81, 239–255.
Hanson, G. N., El Tahlawi, M. R., Weber, W. 1966. KAr and RbSr ages of pegmatites in the south central Alps. Earth and Planetary Science Letters, 1(6), 407-413. https://doi.org/10.1016/0012-821X(66)90037-9
Harker, A.,1909. The natural history of igneous rocks. Macmillam.
Harris, N. B., Pearce, J. A., Tindle, A. G., 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. Geological Society, London, Special Publications, 19, 67-81.
Hawkesworth, C. J., Hammill, M., Gledhill, A. R., van Calsteren, P., Rogers, G., 1982. Isotope and trace element evidence for late-stage intra-crustal melting in the High Andes. Earth and Planetary Science Letters, 58, 240-254. https://doi.org/10.1016/0012-821X(82)90197-2
Henry, D. J., Guidotti, C. V., Thomson, J. A., 2005. The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms. American mineralogist, 90(2-3), 316-328. https://doi.org/10.2138/am.2005.1498
Hermann, J., Müntener, O. 1996. Extension-related structures in the Malenco-Margna-system: Implications for paleogeography and consequences for rifting and Alpine

tectonics. Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen, 76, 501-520. https://doi.org/10.5169/seals-57712
Hermann, J., Müntener, O., Trommsdorff, V., Hansmann, W., Piccardo, G.B., 1997. Fossil crust-to-mantle transition, Val Malenco (Italian Alps). J. Geophys. Res. Solid Earth 102, 20123–20132. https://doi.org/10.1029/97jb01510
Hermann, J., Müntener, O., Günther, D., 2001. Differentiation of Mafic Magma in a Continental Crust-to-Mantle Transition Zone. J. Petrol. 42, 189–206. https://doi.org/10.1093/petrology/42.1.189
Hermann, J., Rubatto, D., 2003. Relating zircon and monazite domains to garnet growth zones: age and duration of granulite facies metamorphism in the Val Malenco lower crust. J. Metamorph. Geol. 21, 833–852. https://doi.org/10.1046/j.1525-1314.2003.00484.x
Hernando, S., Schott, J. J., Thuizat, R., Montigny, R., 1980. Age des andésites et des sédiments interstratifiés de la région d'Atienza (Espagne): Etude stratigraphique, géochronologique et paléomagnétique. Sciences Géologiques, bulletins et mémoires, 33, 119-128.
Herzberg, C. T., Fyfe, W. S., Carr, M. J., 1983. Density constraints on the formation of the continental Moho and crust. Contributions to Mineralogy and Petrology, 84, 1-5.
Hildreth, W., Moorbath, S., 1988. Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of Central Chile. Contributions to mineralogy and petrology, 98, 455-489.
Hirose, K., Kushiro, I., 1993. Partial melting of dry peridotites at high pressures: Determination of compositions of melts segregated from peridotite using aggregates of diamond. Earth Planet. Sci. Lett. 114, 477–489. https://doi.org/10.1016/0012-821X(93)90077-M
Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. Earth and planetary science letters, 90(3), 297-314. https://doi.org/10.1016/0012-821X(88)90132-X
Holland, T., Powell, R., 2003. Activity–composition relations for phases in petrological calculations: an asymmetric multicomponent formulation. Contrib. Mineral. Petrol. 145, 492–501. https://doi.org/10.1007/s00410-003-0464-z
Holland, T.J.B., Powell, R., 2011. An improved and extended internally consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest, involving a new equation of state for solids: thermodynamic dataset for phases of petrological interest. J. Metamorph. Geol. 29, 333–383. https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2010.00923.x
Holland, T.J.B., Powell, R., 1998. An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. J. Metamorph. Geol. 16, 309–343. https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1998.00140.x
Huang, Y., Chubakov, V., Mantovani, F., Rudnick, R. L., McDonough, W. F., 2013. A reference Earth model for the heat-producing elements and associated geoneutrino flux. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 14, 2003-2029.
Hunter, R.H., Sparks, R.S.J., 1987. The differentiation of the Skaergaard intrusion. Contributions to Mineralogy and Petrology, 95, 451-461.
Huppert, H. E., Sparks, R. S. J., 1980. Restrictions on the compositions of mid-ocean ridge basalts: a fluid dynamical investigation. Nature, 286, 46-48.
Huppert, H. E., Sparks, R. S. J., Turner, J. S., 1982. Effects of volatiles on mixing in calc-alkaline magma systems. Nature, 297, 554-557.

Huppert, H. E., Sparks, R. S. J., 1988. The generation of granitic magmas by intrusion of basalt into continental crust. Journal of Petrology, 29, 599-624.
Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. Can. J. Earth Sci. 8, 523–548. https://doi.org/10.1139/e71-055
Jagoutz, O., Müntener, O., Ulmer, P., Pettke, T., Burg, J.-P., Dawood, H., Hussain, S., 2007. Petrology and Mineral Chemistry of Lower Crustal Intrusions: the Chilas Complex, Kohistan (NW Pakistan). J. Petrol. 48, 1895–1953. https://doi.org/10.1093/petrology/egm044
Jagoutz, O., Müntener, O., Schmidt, M. W., Burg, J. P. 2011. The roles of flux-and decompression melting and their respective fractionation lines for continental crust formation: Evidence from the Kohistan arc. Earth and Planetary Science Letters, 303, 25-36. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.12.017
Jagoutz, O., 2014. Arc crustal differentiation mechanisms. Earth Planet. Sci. Lett. 396, 267–277. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.03.060
Jagoutz, O., Klein, B., 2018. On the importance of crystallization-differentiation for the generation of SiO_2-rich melts and the compositional build-up of arc (and continental) crust. Am. J. Sci. 318, 29–63. https://doi.org/10.2475/01.2018.03
Jochum, K. P., Weis, U., Schwager, B., Stoll, B., Wilson, S. A., Haug, G. H., Andreae, M.O., Enzweiler, J., 2016. Reference values following ISO guidelines for frequently requested rock reference materials. Geostandards and Geoanalytical Research, 40(3), 333-350. https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2015.00392.x
Kay, R. W., Kay, S. M., 1986. Petrology and geochemistry of the lower continental crust: an overview. Geological Society, London, Special Publications, 24, 147-159.
Kay, R. W., Kay, S. M., 1993. Delamination and delamination magmatism. Tectonophysics, 219, 177-189.
Kelemen, P.B., Hanghøj, K., Greene, A.R., 2014. One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust. Elsevier. 10.1016/B978-0-08-095975-7.00323-5
Klein, M., Stosch, H. G., Seck, H. A., 1997. Partitioning of high field-strength and rare-earth elements between amphibole and quartz-dioritic to tonalitic melts: an experimental study. Chemical Geology, 138(3-4), 257-271. https://doi.org/10.1016/S0009-2541(97)00019-3
Koenig, M.A., 1965. Synorogen-alpiner Magmatismus im oberen Veltlin. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 45, 6–12.
Koenig, M.A., 1964. Geologisch-petrographische Untersuchungen im oberen Veltlin PhD thesis, Universität Zurich, 187 p-PhD thesis, Universität Zurich, 187 p.
Koyaguchi, T., Blake, S., 1989. The dynamics of magma mixing in a rising magma batch. Bulletin of Volcanology, 52, 127-137.
Kroner, U., Romer, R. L., 2013. Two plates—many subduction zones: the Variscan orogeny reconsidered. Gondwana Research, 24, 298-329. https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.03.001
Kuno, H., 1968. Differentiation of Basalt Magmas, in: Basalts: The Poldervaart Treatrise on Rocks of Basaltic Composition. New-York, pp. 623–388.
Lago, M., Arranz, E., Pocoví, A., Galé, C., Gil-Imaz, A., 2004. Lower Permian magmatism of the Iberian Chain, Central Spain, and its relationship to extensional tectonics. Geological Society, London, Special Publications, 223, 465-490. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.223.01.20

Langmuir, C. H., Vocke Jr, R. D., Hanson, G. N., Hart, S. R., 1978. A general mixing equation with applications to Icelandic basalts. Earth and Planetary Science Letters, 37(3), 380-392. https://doi.org/10.1016/0012-821X(78)90053-5

Langone, A., Braga, R., Massonne, H. J., Tiepolo, M., 2011. Preservation of old (prograde metamorphic) U–Th–Pb ages in unshielded monazite from the high-pressure paragneisses of the Variscan Ulten Zone (Italy). Lithos, 127(1-2), 68-85. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.08.007

Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W., Youzhi, G., 1997. Nomenclature of Amphiboles; Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. Mineral. Mag. 61, 295–310. https://doi.org/10.1180/minmag.1997.061.405.13

Lejeune, A. M., Richet, P., 1995. Rheology of crystal-bearing silicate melts: An experimental study at high viscosities. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100, 4215-4229.

Lesher, C. E., Spera, F. J., 2015. Thermodynamic and transport properties of silicate melts and magma. In The encyclopedia of volcanoes,113-141. Academic Press.

Li, L., Xiong, X.L., Liu, X.C., 2017. Nb/Ta Fractionation by Amphibole in Hydrous Basaltic Systems: Implications for Arc Magma Evolution and Continental Crust Formation. J. Petrol. egw070. https://doi.org/10.1093/petrology/egw070

Longhi, J., Wooden, J. L., Coppinger, K.D. 1983. The petrology of high-Mg dikes from the Beartooth Mountains, Montana: A search for the parent magma of the Stillwater Complex. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 88(S01), B53-B69. https://doi.org/10.1029/JB088iS01p00B53

Lorenz, V., Nicholls, I. A., 1984. Plate and intraplate processes of Hercynian Europe during the Late Paleozoic. Tectonophysics, 107, 25-56. https://doi.org/10.1016/0040-1951(84)90027-1

Macdonald, R., Hawkesworth, C. J., Heath, E. 2000. The Lesser Antilles volcanic chain: a study in arc magmatism. Earth-Science Reviews, 49, 1-76. https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00069-0

Mair, V., Nocker, C., Tropper, P., 2007. Das Ortler-Campo Kristallin in Südtirol. Mitt. Österr. Mineral. Ges. 153, 219–240.

Malavieille, J., Guihot, P., Costa, S., Lardeaux, J.M., Gardien, V., 1990. Collapse of the thickened Variscan crust in the French Massif Central: Mont Pilat extensional shear zone and St. Etienne Late Carboniferous basin. Tectonophysics 177, 139–149. https://doi.org/10.1016/0040-1951(90)90278-G

Manatschal, G., Nievergelt, P., 1997. A continent-ocean transition recorded in the Err and Platta nappes (Eastern Switzerland). Eclogae Geologicae Helvetiae, 90, 3-28.

Manatschal, G., Chenin, P., Ulrich, M., Petri, Benoit, B., Morin, M., Ballay, M., 2023. Tectono-magmatic evolution during the extensional phase of a Wilson Cycle: a review of the Alpine Tethys case and implications for Atlantic- type margins. Ital. J. Geosci. 142, 5–27. https://doi.org/10.3301/IJG.2023.01

Matte, P., 1986. Tectonics and plate tectonics model for the Variscan belt of Europe. Tectonophysics, 126, 329-374. https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90237-4

Matte, P.,1991. Accretionary history and crustal evolution of the Variscan belt in Western Europe. Tectonophysics, 196, 309-337. https://doi.org/10.1016/0040-1951(91)90328-P
Matte, P., 2001. The Variscan collage and orogeny (480–290 Ma) and the tectonic definition of the Armorica microplate: a review. Terra nova, 13, 122-128. https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2001.00327.x
Matsui, Y., Onuma, N., Nagasawa, H., Higuchi, H., Banno, S., 1977. Crystal structure control in trace element partition between crystal and magma. Bulletin de Minéralogie, 100(6), 315-324.
Mazzucchelli, M., Rivalenti, G., Vannucci, R., Bottazzi, P., Ottolini, L., Hofmann, A. W., Sinigoi, S., Demarchin, G. 1992. Trace element distribution between clinopyroxene and garnet in gabbroic rocks of the deep crust: An ion microprobe study. Geochimica et Cosmochimica Acta, 56,6, 2371-2385.
McBirney, A. R., Aoki, K. I., 1968. Petrology of the island of Tahiti. Geological Society of America Memoirs, 116, 523-556.
McBirney, A. R., 1993. Igneous petrology. Jones & Bartlett Learning.
McCallum, I. S., 1996. The stillwater complex. Developments in petrology 15, 441-483. Elsevier.
McCarthy, T. C., Patiño Douce, A. E., 1997. Experimental evidence for high-temperature felsic melts formed during basaltic intrusion of the deep crust. Geology, 25, 463-466. https://doi.org/10.1130:0091-7613
McCarthy, A., Müntener, O., 2015. Ancient depletion and mantle heterogeneity: Revisiting the Permian-Jurassic paradox of Alpine peridotites. Geology 43, 255–258. https://doi.org/10.1130/G36340.1
McDonougha, W.F., Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth. Chem. Geol, 120, 223-253.
McKenzie, D., 1985. The extraction of magma from the crust and mantle. Earth and Planetary Science Letters, 74, 81-91.
Meier, A., 2003. The Periadriatic Fault System in Valtellina (N-Italy) and the evolution of the southwestern segment of the Eastern Alps (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
Meli, S., Montanini, A., Thöni, M., Franck, W., (1996). Age of the granulite blocks from the External Liguride Units (Northern Apennines, Italy). Mem. Sci. Geol, 48, 65 – 72. ISSN 0391-8602
Mercolli, I. (1989). The volcanic suite of the Julier area (Grisons). I: Volcanic and tectonic evolution. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 69, 423-433.
Miyashiro, A., 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. Am. J. Sci. 274, 321–355. https://doi.org/10.2475/ajs.274.4.321
Mohn, G., Manatschal, G., Müntener, O., Beltrando, M., Masini, E., 2010. Unravelling the interaction between tectonic and sedimentary processes during lithospheric thinning in the Alpine Tethys margins. International Journal of Earth Sciences, 99, 75-101.https://doi.org/10.007/s00531-010-0566-6
Mohn, G., Manatschal, G., Masini, E., Müntener, O., 2011. Rift-related inheritance in orogens: a case study from the Austroalpine nappes in Central Alps (SE-Switzerland and N-Italy). Int. J. Earth Sci. 100, 937–961. https://doi.org/10.1007/s00531-010-0630-2

Mohn, G., Manatschal, G., Beltrando, M., Masini, E., Kusznir, N., 2012. Necking of continental crust in magma-poor rifted margins: Evidence from the fossil Alpine Tethys margins. Tectonics 31. https://doi.org/10.1029/2011TC002961

Montanini, A.,Tribuzio, R., 2001. Gabbro-derived granulites from the Northern Apennines (Italy): evidence for lower-crustal emplacement of tholeiitic liquids in post-Variscan times. Journal of Petrology, 42, https://doi.org/10.1093/petrology/42.12.2259

Monjoie, P., Bussy, F., Schaltegger, U., Mulch, A., Lapierre, H.,Pfeifer, H. R., 2007. Contrasting magma types and timing of intrusion in the Permian layered mafic complex of Mont Collon (Western Alps, Valais, Switzerland): Evidence from U/Pb zircon and 40 Ar/39 Ar amphibole dating. Swiss Journal of Geosciences, 100, 125-135. https://doi.org/10.1007/s00015-007-1210-8

Müntener, O., Hermann, J., 1996. The Val Malenco lower crust - upper mantle complex and its field relations (Italian Alps). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 76, 475–500. https://doi.org/10.5169/SEALS-57711

Müntener, O., Kelemen, P.B., Grove, T.L., 2001. The role of H2O during crystallization of primitive arc magmas under uppermost mantle conditions and genesis of igneous pyroxenites: an experimental study. Contrib. Mineral. Petrol. 141, 643–658. https://doi.org/10.1007/s004100100266

Müntener, O., Hermann, J., Trommsdorff, V. 2000. Cooling history and exhumation of lower-crustal granulite and upper mantle (Malenco, Eastern Central Alps). Journal of Petrology, 41, 175-200.

Müntener, O., Manatschal, G., Desmurs, L., Pettke, T. 2010. Plagioclase peridotites in ocean–continent transitions: refertilized mantle domains generated by melt stagnation in the shallow mantle lithosphere. Journal of Petrology, 51, 255-294. doi:10.1093/petrology/egp087

Murphy, J. B., Gutierrez-Alonso, G., Nance, R. D., Fernandez-Suarez, J., Keppie, J. D., Quesada, C., Strachan., R.A, Dostal, J. 2006. Origin of the Rheic Ocean: Rifting along a Neoproterozoic suture? Geology, 34, 325-328.

Nandedkar, R.H., Ulmer, P., Müntener, O., 2014. Fractional crystallization of primitive, hydrous arc magmas: an experimental study at 0.7 GPa. Contrib. Mineral. Petrol. 167, 1015. https://doi.org/10.1007/s00410-014-1015-5

Notarpietro, A., De Capitani, L., 1985. Contributo alla conoscenza delle plutoniti austridiche dell'Alta Valtellina: Il granito di Val Ferrata. Rendiconti Soc. Ital. Mineral. E Petrol. 40, 365–375.

Paquette, J. L., 1987. Comportement des systèmes isotopiques U-Pb et Sm-Nd dans le métamorphisme éclogitique. Chaîne Hercynienne et chaîne Alpine (Doctoral dissertation, Université Rennes 1).

Paquette, J. L., Ménot, R. P., Pin, C., Orsini, J. B. 2003. Episodic and short-lived granitic pulses in a post-collisional setting: evidence from precise U–Pb zircon dating through a crustal cross-section in Corsica. Chemical Geology, 198, 1-20. https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00401-1

Patiño Douce, A.E., Beard, J.S., 1995. Dehydration-melting of biotite gneiss and quartz amphibolite from 3 to 15 kbar. Journal of Petrology, 36(3), 707-738.

Patiño Douce, A.E., 1995. Experimental generation of hybrid silicic melts by reaction of high-Al basalt with metamorphic rocks. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100, 15623-15639. https://doi.org/10.1029/94JB03376

Patiño Douce, A.E., 1999. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of granitic magmas?. Geological Society, London, Special Publications, 168, 55-75. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.168.01.05

Pearce, J.A. 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. Lithos, 100(1-4), 14-48. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016

Perfit, M. R., Chadwick, W. W., 1998. Magmatism at mid-ocean ridges: Constraints from volcanological and geochemical investigations. Geophysical Monograph-American Geophysical Union, 106, 59-116.

Petri, B., 2014. Formation et exhumation des granulites permiennes : établir les conditions pré-rift et déterminer l'histoire d'exhumation syn-rift. Doctoral dissertation, Université de Strasbourg.

Petri, B., Mohn, G., Štípská, P., Schulmann, K., Manatschal, G., 2016. The Sondalo gabbro contact aureole (Campo unit, Eastern Alps): implications for mid-crustal mafic magma emplacement. Contrib. Mineral. Petrol. 171, 52–52. https://doi.org/10.1007/s00410-016-1263-7

Petri, B., Mohn, G., Skrzypek, E., Mateeva, Ts., Galster, F., Manatschal, G., 2017. U–Pb geochronology of the Sondalo gabbroic complex (Central Alps) and its position within the Permian post-Variscan extension. Int. J. Earth Sci. 106, 2873–2893. https://doi.org/10.1007/s00531-017-1465-x

Petri, B., Skrzypek, E., Mohn, G., Mateeva, T., Robion, P., Schulmann, K., Manatschal, G., Müntener, O., 2018. Mechanical anisotropies and mechanisms of mafic magma ascent in the middle continental crust: The Sondalo magmatic system (N Italy). GSA Bull. 130, 331–352. https://doi.org/10.1130/B31693.1

Petri, B., Duretz, T., Mohn, G., Schmalholz, S.M., Karner, G.D., Müntener, O., 2019. Thinning mechanisms of heterogeneous continental lithosphere. Earth Planet. Sci. Lett. 512, 147–162. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.02.007

Petri, B., Wijbrans, J. R., Mohn, G., Manatschal, G., Beltrando, M., 2023. Thermal evolution of Permian post-orogenic extension and Jurassic rifting recorded in the Austroalpine basement (SE Switzerland, N Italy). Lithos, 444, 107124.

Philpotts, A. R., Ague, J. J., 2009. Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University Press.

Picazo, S., Müntener, O., Manatschal, G., Bauville, A., Karner, G., Johnson, C., 2016. Mapping the nature of mantle domains in Western and Central Europe based on clinopyroxene and spinel chemistry: Evidence for mantle modification during an extensional cycle. Lithos 266–267, 233–263. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.08.029

Pin, C., Vielzeuf, D., 1983. Granulites and related rocks in Variscan median Europe: a dualistic interpretation. Tectonophysics, 93, 47-74. https://doi.org/10.1016/0040-1951(83)90233-0

Pin, C., Sills, J. D., 1986. Petrogenesis of layered gabbros and ultramafic rocks from Val Sesia, the Ivrea Zone, NW Italy: trace element and isotope geochemistry. Geological Society, London, Special Publications, 24(1), 231-249.

Pin, C., Zalduegui, J. S., 1997. Sequential separation of light rare-earth elements, thorium and uranium by miniaturized extraction chromatography: application to isotopic analyses of silicate rocks. Analytica Chimica Acta, 339(1-2), 79-89. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(96)00499-0

Potenza, R., 1973. A geomathematic investigation of syntecis in a gabbroic formation. Math. Geol. 5, 321–339.
Potts, P. J., Holbrook, J. R., 1987. Ailsa Craig-The history of a reference material. Geostandards Newsletter, 11(2), 257-260.
Powell, R., 1984. Inversion of the assimilation and fractional crystallization (AFC) equations; characterization of contaminants from isotope and trace element relationships in volcanic suites. Journal of the Geological Society, 141(3), 447-452. https://doi.org/10.1144/gsjgs.141.3.0447
Quick, J. E., Sinigoi, S., Snoke, A. W., Kalakay, T. J., Mayer, A., Peressini, G., 2002. Geologic map of the southern Ivrea-Verbano Zone, northwestern Italy, 2776.
Quick, J.E., Sinigoi, S., Peressini, G., Demarchi, G., Wooden, J.L., Sbisà, A., 2009. Magmatic plumbing of a large Permian caldera exposed to a depth of 25 km. Geology 37, 603–606. https://doi.org/10.1130/g30003a.
Raia, F., Spera, F. J., 1997. Simulations of crustal anatexis: Implications for the growth and differentiation of continental crust. Journal of Geophysical Research: *Solid Earth*, *102*(B10), 22629-22648.
Rageth, R., 1984. Intrusiva und Extrusiva der Bernina-Decke zwischen Morteratsch und Berninapass (Graubünden). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 64, 83–109.
Read, H.H., 1923. The petrology of the Arnage district in Aberdeenshire: a study of assimilation. Quarterly Journal of the Geological Society, 79(1-4), 446-486. https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1923.079.01-04.22
Reubi, O., Müntener, O., 2022. Making Andesites and the Continental Crust: Mind the Step When Wet. J. Petrol. 63, egac044. https://doi.org/10.1093/petrology/egac044
Roda, M., Zucali, M., Li, Z. X., Spalla, M. I., Yao, W., 2018. Pre-alpine contrasting tectono-metamorphic evolutions within the Southern Steep Belt, Central Alps. Lithos, 310, 31-49. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.03.025
Ross, P.S., Bédard, J.H., 2009. Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. Canadian Journal of Earth Sciences, 46(11), 823-839. https://doi.org/10.1139/E09-054
Rossi, P., Cocherie, A., Fanning, C. M., Deloule, É., 2006. Variscan to eo-Alpine events recorded in European lower-crust zircons sampled from the French Massif Central and Corsica, France. *Lithos*, *87*(3-4), 235-260. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2005.06.009
Rollinson, H. R., Rollinson, H., Pease, V., 2021. Using geochemical data: to understand geological processes. Cambridge University Press.
Romaní, J. R. V., Song, Z., Liu, H., Sun, Y., Li, H., 2020. Orogenic movements during the paleozoic period: Development of the granitoid formations in the Northwestern Region of Spain's Iberian Peninsula. Journal of Earth Science, 31, 611-620. https://doi.org/10.1007/s12583-019-1268-z
Rottura, A., Bargossi, G. M., Caggianelli, A., Del Moro, A., Visonà, D., Tranne, C. A. 1998. Origin and significance of the Permian high-K calc-alkaline magmatism in the central-eastern Southern Alps, Italy. Lithos, 45, 329-348.
Rudnick, R. L., Presper, T., 1990. Geochemistry of intermediate/-to high-pressure granulites. In Granulites and crustal evolution, 523-550. Dordrecht: Springer Netherlands.
Rudnick, R. L., 1995. Making continental crust. Nature, 378, 571-578.

Rudnick, R. L., Fountain, D. M., 1995. Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective. Reviews of geophysics, 33, 267-309.
Rudnick, R. L., Gao, S., 2003. Composition of continental crust. In: Holland, H.D., Turekian, K.K, Rudnick, R.L. (Eds), The Crust. Treatrise on Geochemistry, 2. Elsevier-Pergamon. Oxford, 1-64.
Rudnick, R.L., Gao, S., 2014. Composition of the Continental Crust, in: Holland, H.D., Turekian, K. (Eds.), Treatise on Geochemistry. Elsevier, Oxford, 1–51. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00301-6
Salters, V.J., Stracke, A., 2004. Composition of the depleted mantle. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 5(5). https://doi.org/10.1029/2003GC000597
Samperton, K. M., Schoene, B., Cottle, J. M., Keller, C. B., Crowley, J. L., Schmitz, M. D. 2015. Magma emplacement, differentiation and cooling in the middle crust: Integrated zircon geochronological–geochemical constraints from the Bergell Intrusion, Central Alps. Chemical Geology, 417, 322-340. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.10.024
Schaltegger, U., Brack, P., 2007. Crustal-scale magmatic systems during intracontinental strike-slip tectonics: U, Pb and Hf isotopic constraints from Permian magmatic rocks of the Southern Alps. Int. J. Earth Sci. 96, 1131–1151. https://doi.org/10.1007/s00531-006-0165-8
Schaltegger, U., Brack, P., Ovtcharova, M., Peytcheva, I., Schoene, B., Stracke, A., Marocchi, M., Bargossi, G.M., 2009. Zircon and titanite recording 1.5 million years of magma accretion, crystallization and initial cooling in a composite pluton (southern Adamello batholith, northern Italy). Earth Planet. Sci. Lett. 286, 208–218. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.06.028
Schmid, S. M., Berger, A., Davidson, C., Gieré, R., Hermann, J., Nievergelt, P., Puschnig, A., Rosenberg, C. L. 1996. The Bergell pluton (Southern Switzerland, Northern Italy): overview accompanying a geological-tectonic map of the intrusion and surrounding country rocks. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 76, 329-355. 10.5169/seals-57705
Schnetzler, C. C., Philpotts, J. A., 1970. Partition coefficients of rare-earth elements between igneous matrix material and rock-forming mineral phenocrysts—II. Geochimica et Cosmochimica Acta, 34(3), 331-340. https://doi.org/10.1016/0016-7037(70)90110-9
Schulmann, K., Catalán, J. R. M., Lardeaux, J. M., Janoušek, V., Oggiano, G., 2014. *The* Variscan orogeny: extent, timescale and the formation of the European crust, 405, 1-6. London: The Geological Society of London. https://doi.org/10.1144/SP405.15
Schuster, R., Scharbert, S., Abart, R., Frank, W., 2001. Permo-Triassic extension and related HT/LP metamorphism in the Austroalpine-Southalpine realm. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr, 45, 111-141.
Schuster, R., Stüwe, K., 2008. Permian metamorphic event in the Alps. Geology 36, 603–606. https://doi.org/10.1130/G24703A.1
Schneider, P. J. L., Maass, R., Gall, J. C., Duringer, P., 1989. L'événement intraviséen dans la zone moldanubienne de la chaîne varisque d'Europe: les données des formations volcano-sédimentaires dévono-dinantiennes du Massif Central Français, des Vosges du Sud (France) et de la Forêt Noire (RFA). Geologische Rundschau, 78, 555-570. https://doi.org/10.1007/BF01776191

Shaw, D. M., 1970. Trace element fractionation during anatexis. Geochimica et Cosmochimica Acta, 34(2), 237-243.
Skulski, T., Minarik, W., Watson, E. B., 1994. High-pressure experimental trace-element partitioning between clinopyroxene and basaltic melts. Chemical Geology, 117(1-4), 127-147. https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)90125-2
Siivola, J., Schmid, R., 2007. List of Mineral abbreviations - Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. IUGS Web Version 010207 1–14.
Sinigoi, S., Quick, J.E., Clemens-Knott, D., Mayer, A., Demarchi, G., Mazzucchelli, M., Negrini, L., Rivalenti, G., 1994. Chemical evolution of a large mafic intrusion in the lower crust, Ivrea-Verbano Zone, northern Italy. J. Geophys. Res. Solid Earth 99, 21575–21590. https://doi.org/10.1029/94JB00114
Sinigoi, S., Quick, J. E., Demarchi, G., Klötzli, U. 2011. The role of crustal fertility in the generation of large silicic magmatic systems triggered by intrusion of mantle magma in the deep crust. Contributions to Mineralogy and Petrology, 162, 691-707.
Sinigoi, S., Quick, J. E., Demarchi, G., Klötzli, U. S. 2016. Production of hybrid granitic magma at the advancing front of basaltic underplating: Inferences from the Sesia Magmatic System (south-western Alps, Italy). Lithos, 252, 109-122.
Sisson, T.W., Ratajeski, K., Hankins, W.B., Glazner, A.F., 2005. Voluminous granitic magmas from common basaltic sources. Contrib. Mineral. Petrol. 148, 635–661. https://doi.org/10.1007/s00410-004-0632-9
Sölva, H., Thoni, M., Habler, G., 2003. Dating a single garnet crystal with very high Sm/Nd ratios (Campo basement unit, Eastern Alps). EUROPEAN JOURNAL OF MINERALOGY-STUTTGART-, 15(1), 35-42. https://doi.org/10.1127/0935-1221/2003/0015-0035
Sparks, R. S. J., Marshall, L. A., 1986. Thermal and mechanical constraints on mixing between mafic and silicic magmas. Journal of volcanology and Geothermal Research, 29, 99-124.
Spera, F.J., et Spera, W.A., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes I: General Model and Energy-Constrained Assimilation and Fractional Crystallization (Ec6AFC) Formulation. Journal of Petrology, 42, 999 – 1018.
Spillmann, P., Büchi, H.J., 1993. The Pre-Alpine Basement of the Lower Austro-Alpine Nappes in the Bernina Massif (Grisons, Switzerland; Valtellina, Italy), in: von Raumer, J.F., Neubauer, F. (Eds.), Pre-Mesozoic Geology in the Alps. Springer Berlin Heidelberg, pp. 457–467. https://doi.org/10.1007/978-3-642-84640-3_27
Stepanov, A.S., Hermann, J., 2013. Fractionation of Nb and Ta by biotite and phengite: Implications for the “missing Nb paradox.” Geology. https://doi.org/10.1130/g33781.1
Sun, S. -s., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 42, 313–345. https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1989.042.01.19
Tait, J., Schätz, M., Bachtadse, V., Soffel, H., 2000. Palaeomagnetism and Palaeozoic palaeogeography of Gondwana and European terranes. Geological Society, London, Special Publications, 179, 21-34. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.179.01.04
Tatsumi, Y., 1989. Migration of fluid phases and genesis of basalt magmas in subduction zones. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 94, 4697-4707.

Tavazzani, L., Peres, S., Sinigoi, S., Demarchi, G., Economos, R. C., Quick, J. E. 2020. Timescales and mechanisms of crystal-mush rejuvenation and melt extraction recorded in Permian plutonic and volcanic rocks of the Sesia Magmatic System (southern Alps, Italy). Journal of Petrology, 61, egaa049.

Taylor, S. R., McLennan, S. M., 1995. The geochemical evolution of the continental crust. Reviews of geophysics, 33, 241-265.

Timmerman, M. J., 2004. Timing, geodynamic setting and character of Permo-Carboniferous magmatism in the foreland of the Variscan Orogen, NW Europe. Geological Society, London, Special Publications, 223, 41-74. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.223.01.03

Thöni, M., 1981. Degree and evolution of the Alpine metamorphism in the Austroalpine unit W of the Hohe Tauern in the light of K/Ar and Rb/Sr age determinations on micas. Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt, 124(1), 111-174.

Thöni, M., 2003. Sm–Nd isotope systematics in garnet from different lithologies (Eastern Alps): age results, and an evaluation of potential problems for garnet Sm–Nd chronometry. Chem. Geol. 185,255–281]. Chemical Geology, 194(4), 353-379.

Tormey, D.R., Grove, T.L., Bryan, W.B., 1987. Experimental petrology of normal MORB near the Kane Fracture Zone:, mid-Atlantic ridge. Contrib. Mineral. Petrol. 96, 121–139. https://doi.org/10.1007/BF00375227

Tribuzio, R., Thirlwall, M.F., Messiga, B., 1999. Petrology, mineral and isotope geochemistry of the Sondalo gabbroic complex (Central Alps, Northern Italy): implications for the origin of post-Variscan magmatism. Contrib. Mineral. Petrol. 136, 48–62. https://doi.org/10.1007/s004100050523

Trommsdorff, V., Piccardo, G. B., Montrasio, A. 1993. From magmatism through metamorphism to sea floor emplacement of subcontinental Adria lithosphere during pre-Alpine rifting (Malenco, Italy). Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 73, 191-203.

Tumiati, S., Thöni, M., Nimis, P., Martin, S., Mair, V., 2003. Mantle–crust interactions during Variscan subduction in the Eastern Alps (Nonsberg–Ulten zone): geochronology and new petrological constraints. Earth and Planetary Science Letters, 210, 509-526. https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00161-4

Turner, J. S., Campbell, I. H., 1986. Convection and mixing in magma chambers. Earth-Science Reviews, 23, 255-352. https://doi.org/10.1016/0012-8252(86)90015-2

Turner, S. P., George, R. M. M., Evans, P. J., Hawkesworth, C. J., Zellmer, G. F. 2000. Time-scales of magma formation, ascent and storage beneath subduction-zone volcanoes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 358, 1443-1464.

Turner, S.J., Langmuir, C.H., 2015. The global chemical systematics of arc front stratovolcanoes: Evaluating the role of crustal processes. Earth Planet. Sci. Lett. 422, 182–193. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.03.056

Vanderhaeghe, O. 2001. Melt segragation, pervasive melt migration and magma mobility in the continental crust: the structural record from pores to orogens. Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy, 26, 213-223. https://doi.org/10.1016/S1464-1895(01)00048-5.

Vanderhaeghe, O., Teyssier, C. (2001). Crustal-scale rheological transitions during late-orogenic collapse. Tectonophysics, 335(1-2), 211-228.

Van Staal, C. R., Dewey, J. F., Niocaill, C. M., McKerrow, W. S. 1998. The Cambrian-Silurian tectonic evolution of the northern Appalachians and British Caledonides: history of a complex, west and southwest Pacific-type segment of Iapetus. Geological Society, London, Special Publications, 143, 197-242. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1998.143.01.17

Vielzeuf, D., Holloway, J. R., 1988. Experimental determination of the fluid-absent melting relations in the pelitic system: consequences for crustal differentiation. Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 257-276.

Vigneresse, J.-L., Barbey, P., Cuney, M., 1996. Rheological Transitions During Partial Melting and Crystallization with Application to Felsic Magma Segregation and Transfer. J. Petrol. 37, 1579–1600. https://doi.org/10.1093/petrology/37.6.1579

Villa, I., Hermann, J., Müntener, O. Trommsdorff, V. 2000. ^{39}Ar–^{40}Ar dating of multiply zoned amphibole generations (Malenco, Italian Alps). Contrib Mineral Petrol 140, 363–381. https://doi.org/10.1007/s004100000197

Villiger, S., Ulmer, P., Muntener, O., 2007. Equilibrium and Fractional Crystallization Experiments at 0.7 GPa; the Effect of Pressure on Phase Relations and Liquid Compositions of Tholeiitic Magmas. J. Petrol. 48, 159–184. https://doi.org/10.1093/petrology/egl058

Villiger, S., Ulmer, P., Müntener, O., Thompson, A.B., 2004. The Liquid Line of Descent of Anhydrous, Mantle-Derived, Tholeiitic Liquids by Fractional and Equilibrium Crystallization--an Experimental Study at 1.0 GPa. J. Petrol. 45, 2369–2388. https://doi.org/10.1093/petrology/egh042

Viola, G., Mancktelow, N. S., Seward, D., Meier, A., Martin, S. (2003). The Pejo fault system: an example of multiple tectonic activity in the Italian Eastern Alps. Geological Society of America Bulletin, 115(5), 515-532.

Voshage, H., Hofmann, A. W., Mazzucchelli, M., Rivalenti, G., Sinigoi, S., Raczek, I., Demarchi, G. , 1990. Isotopic evidence from the Ivrea Zone for a hybrid lower crust formed by magmatic underplating. Nature, 347, 731-736.

von Blanckenburg, F., 1992. Combined high-precision chronometry and geochemical tracing using accessory minerals: applied to the Central-Alpine Bergell intrusion (central Europe). Chem. Geol. 100, 19–40. https://doi.org/10.1016/0009-2541(92)90100-J

von Raumer, J.F., 1998. The Palaeozoic evolution in the Alps: from Gondwana to Pangea. Geol Rundsch 87, 407–435. https://doi.org/10.1007/s005310050219

von Quadt, A., Grünenfelder, M., Büchi, H., 1994. U-Pb zircon ages from igneous rocks of the Bernina nappe system (Grisons, Switzerland). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitteilungen 74, 373–382.

Walker, D., DeLong, S. E., 1982. Soret separation of mid-ocean ridge basalt magma. Contrib. Mineral. Petrol. 79, 231-240.

Walker, G. P., 1993. Re-evaluation of inclined intrusive sheets and dykes in the Cuillins volcano, Isle of Skye. Geological Society, London, Special Publications, 76, 489-497.

Walker, B.A., Bergantz, G.W., Otamendi, J.E., Ducea, M.N., Cristofolini, E.A., 2015. A MASH Zone Revealed: the Mafic Complex of the Sierra Valle Fértil. J. Petrol. 56, 1863–1896. https://doi.org/10.1093/petrology/egv057

Waters, D.J., 2001. The significance of prograde and retrograde quartz-bearing intergrowth microstructures in partially melted granulite-facies rocks. Lithos 56, 97–110. https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00061-X

Watson, E. B., 1982. Basalt contamination by continental crust: some experiments and models. Contributions to Mineralogy and Petrology, 80, 73-87.

Wedepohl, K. H., 1995. The composition of the continental crust. Geochimica et cosmochimica Acta, 59, 1217-1232.

White, R. W. Powell. R., Holland, T.J.B., Worley, B.A., 2000. The effect of TiO2 and Fe2O3 on metapelitic assemblages at greenschist and amphibolite facies conditions: Mineral equilibria calculations in the system K2O-FeO-MgOAl2O3-SiO2-H2O-TiO2-Fe2O3. Jour. Met. Geol, 18, 497-511.

White, R.W., Powell, R., Clarke, G.L., 2002. The interpretation of reaction textures in Fe-rich metapelitic granulites of the Musgrave Block, central Australia: constraints from mineral equilibria calculations in the system K2O–FeO–MgO–Al2O3–SiO2–H2O–TiO2–Fe2O3. J. Metamorph. Geol. 20, 41–55.

White, R.W., Powell, R., Holland, T.J.B., Johnson, T.E., Green, E.C.R., 2014. New mineral activity–composition relations for thermodynamic calculations in metapelitic systems. J. Metamorph. Geol. 32, 261–286. https://doi.org/10.1111/jmg.12071

Wilson, J.T., 1966. Did the Atlantic close and then re-open? Nature, 211, 676-681.

Wilson, M., Neumann, E. R., Davies, G. R., Timmerman, M. J., Heeremans, M., Larsen, B. T. 2004. Permo-Carboniferous magmatism and rifting in Europe: introduction. Geological Society, London, Special Publications, 223, 1-10.

Winter, J. D., 2014. Principles of igneous and metamorphic petrology, 2. Harlow, UK: Pearson education.

Wu, C. M., Chen, H. X., 2015. Calibration of a Ti-in-muscovite geothermometer for ilmenite-and Al2SiO5-bearing metapelites. Lithos, 212, 122-127. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.11.008

Xiong, X., Keppler, H., Audétat, A., Ni, H., Sun, W., Li, Y., 2011. Partitioning of Nb and Ta between rutile and felsic melt and the fractionation of Nb/Ta during partial melting of hydrous metabasalt. Geochim. Cosmochim. Acta 75, 1673–1692. https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.06.039

Zayane, R., Essaifi, A., Maury, R. C., Piqué, A., Laville, E., Bouabdelli, M., 2002. Cristallisation fractionnée et contamination crustale dans la série magmatique jurassique transitionnelle du Haut Atlas central (Maroc). Comptes rendus. Géoscience, 334(2), 97-104.

Ziegler, P. A., 1990. Collision related intra-plate compression deformations in Western and Central Europe. Journal of Geodynamics, 11, 357-388.

Ziegler, P. A., Schumacher, M. E., Dèzes, P., Van Wees, J. D., Cloetingh, S. A. P. L., 2004. Post-Variscan evolution of the lithosphere in the Rhine Graben area: constraints from subsidence modelling. Geological Society, London, Special Publications, 223, 289-317.

Ziegler, P. A., Dèzes, P., 2006. Crustal evolution of western and central Europe. Geological Society, London, Memoirs, 32, 43-56. https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.03

ANNEXE N°1 :

Données GPS

Affleurement	X	Y	Z	Affleurement	X	Y	Z	Affleurement	X	Y	Z	Affleurement	X	Y	Z
BPA001	602878,00	5134072,00	1837,00	**BPA053**	591736,00	5129286,00	1885,00	**BPA105**	602332,00	5133643,00	1712,00	**BPA157**	595854,00	5140284,00	2278,00
BPA002	602318,00	5135020,00	2134,00	**BPA054**	591699,00	5130018,00	1836,00	**BPA106**	602878,00	5134073,00	1835,00	**BPA158**	596509,00	5140349,00	2462,00
BPA003	602369,00	5134882,00	2102,00	**BPA055**	591723,00	5130257,00	1847,00	**BPA107**	602730,00	5134136,00	1951,00	**BPA159**	597323,00	5140243,00	2595,00
BPA004	602443,00	5134466,00	2020,00	**BPA056**	595208,00	5130172,00	1278,00	**BPA108**	603128,00	5133892,00	1612,00	**BPA160**	597124,00	5140148,00	2595,00
BPA005	602557,00	5134368,00	1995,00	**BPA057**	593496,00	5130557,00	1407,00	**BPA109**	603276,00	5138702,00	1439,00	**BPA161**	595986,00	5139880,00	2229,00
BPA006	602593,00	5134330,00	1976,00	**BPA058**	593511,00	5131006,00	1489,00	**BPA110**	604482,00	5137255,00	1248,00	**BPA162**	603158,00	5131525,00	959,00
BPA007	602714,00	5133807,00	1817,00	**BPA059**	593750,00	5131017,00	1503,00	**BPA111**	604199,00	5138448,00	1219,00	**BPA163**	603225,00	5131448,00	902,00
BPA008	602953,00	5133712,00	1643,00	**BPA060**	593852,00	5131104,00	1550,00	**BPA112**	604873,00	5137703,00	1220,00	**BPA164**	603638,00	5131719,00	921,00
BPA009	601388,00	5134786,00	2347,00	**BPA061**	596377,00	5133813,00	1469,00	**BPA113**	601643,00	5133249,00	1500,00	**BPA165**	603384,00	5131571,00	921,00
BPA010	596061,00	5135152,00	1554,00	**BPA062**	596314,00	5134196,00	1471,00	**BPA114**	606491,00	5133711,00	1479,00	**BPA166**	603656,00	5131774,00	890,00
BPA011	596021,00	5135291,00	1545,00	**BPA063**	596016,00	5135601,00	1575,00	**BPA115**	605706,00	5133766,00	1467,00	**BPA167**	603758,00	5131982,00	906,00
BPA012	596183,00	5136287,00	1705,00	**BPA064**	595744,00	5136561,00	1781,00	**BPA116**	604101,00	5130987,00	1007,00	**BPA168**	603787,00	5132342,00	962,00
BPA013	596265,00	5137607,00	1889,00	**BPA065**	597014,00	5137320,00	1929,00	**BPA117**	604084,00	5135151,00	980,00	**BPA169**	603847,00	5132593,00	965,00
BPA014	601954,00	5133214,00	1575,00	**BPA066**	596891,00	5129132,00	1412,00	**BPA118**	605730,00	5140859,00	2167,00	**BPA170**	604131,00	5133867,00	961,00
BPA015	602817,00	5133798,00	1781,00	**BPA067**	596780,00	5128307,00	1388,00	**BPA119**	605824,00	5139907,00	2188,00	**BPA171**	603716,00	5133777,00	1061,00
BPA016	602793,00	5133896,00	1846,00	**BPA068**	596719,00	5129413,00	1342,00	**BPA120**	605316,00	5139568,00	2081,00	**BPA172**	601162,00	5134276,00	1053,00
BPA017	602879,00	5134072,00	1827,00	**BPA069**	596594,00	5129589,00	1323,00	**BPA121**	605278,00	5139399,00	2065,00	**BPA173**	604093,00	5134311,00	1037,00
BPA018	602832,00	5134176,00	1869,00	**BPA070**	600363,00	5130903,00	952,00	**BPA122**	605919,00	5139996,00	2231,00	**BPA174**	604380,00	5135648,00	974,00
BPA019	602730,00	5134136,00	1951,00	**BPA071**	600533,00	5131343,00	1003,00	**BPA123**	602167,00	5131980,00	947,00	**BPA175**	605987,00	5140083,00	2255,00
BPA020	602611,00	5134316,00	1962,00	**BPA072**	604518,00	5136935,00	1095,00	**BPA124**	602476,00	5131903,00	1014,00	**BPA176**	606138,00	5139837,00	2293,00
BPA021	602334,00	5133388,00	1620,00	**BPA073**	603204,00	5138868,00	1477,00	**BPA125**	602886,00	5131418,00	970,00	**BPA177**	613779,00	5136929,00	2446,00
BPA022	591727,00	5143074,00	2132,00	**BPA074**	603199,00	5139081,00	1476,00	**BPA126**	603068,00	5131471,00	914,00	**BPA178**	611480,00	5135212,00	2428,00
BPA023	591336,00	5142178,00	2153,00	**BPA075**	603157,00	5137705,00	1572,00	**BPA127**	605416,00	5133277,00	1137,00	**BPA179**	603936,00	5134400,00	1180,00
BPA024	590138,00	5119355,00	834,00	**BPA076**	603080,00	5138535,00	1504,00	**BPA128**	605537,00	5132818,00	1291,00	**BPA180**	600850,00	5135541,00	2470,00
BPA025	594342,00	5121628,00	619,00	**BPA077**	601054,00	5132012,00	1194,00	**BPA129**	605313,00	5132538,00	1531,00	**BPA181**	596858,00	5140056,00	2595,00
BPA026	596455,00	5126481,00	895,00	**BPA078**	600840,00	5132311,00	1385,00	**BPA130**	602651,00	5130527,00	959,00	**BPA182**	604635,00	5133942,00	1057,00
BPA027	599352,00	5129396,00	782,00	**BPA079**	601291,00	5132776,00	1404,00	**BPA131**	604708,00	5133345,00	991,00	**BPA183**	604607,00	5133736,00	989,00
BPA028	600888,00	5131824,00	1135,00	**BPA080**	601216,00	5131640,00	1380,00	**BPA132**	604865,00	5133361,00	1053,00	**BPA184**	604655,00	5133601,00	1020,00
BPA029	601003,00	5131880,00	1153,00	**BPA081**	600829,00	5134570,00	2439,00	**BPA133**	603093,00	5138992,00	1494,00	**BPA185**	604755,00	5133785,00	1069,00
BPA030	601181,00	5131921,00	1114,00	**BPA082**	601176,00	5134415,00	2312,00	**BPA134**	604543,00	5137205,00	1526,00	**BPA186**	605010,00	5134185,00	1072,00
BPA031	601450,00	5132090,00	1062,00	**BPA083**	601759,00	5134841,00	2288,00	**BPA135**	603809,00	5130477,00	1059,00	**BPA187**	601804,00	5138343,00	2040,00
BPA032	604239,00	5133964,00	948,00	**BPA084**	602055,00	5136422,00	2345,00	**BPA136**	601870,00	5123956,00	2031,00	**BPA188**	602267,00	5137560,00	2132,00
BPA033	605549,00	5133721,00	1337,00	**BPA085**	602192,00	5136704,00	2375,00	**BPA137**	604494,00	5123085,00	2175,00	**BPA189**	602250,00	5137624,00	2193,00
BPA034	604840,00	5133773,00	1116,00	**BPA086**	601825,00	5137290,00	2331,00	**BPA138**	605186,00	5123188,00	2192,00	**BPA190**	602099,00	5137979,00	2088,00
BPA035	607710,00	5132953,00	1684,00	**BPA087**	602002,00	5137607,00	2318,00	**BPA139**	589207,00	5122767,00	1700,00	**BPA191**	602628,00	5139762,00	1663,00
BPA036	608555,00	5133839,00	1778,00	**BPA088**	601626,00	5137884,00	2242,00	**BPA140**	595028,00	5138218,00	2614,00	**BPA192**	601629,00	5133051,00	1514,00
BPA037	607170,00	5133312,00	1502,00	**BPA089**	589401,00	5149646,00	2242,00	**BPA141**	603078,00	5140656,00	1738,00	**BPA193**	597570,00	5133547,00	2008,00
BPA038	592031,00	5121015,00	1038,00	**BPA090**	589665,00	5148798,00	2264,00	**BPA142**	596780,00	5135243,00	1781,00	**BPA194**	597988,00	5132884,00	2218,00
BPA039	595514,00	5123022,00	589,00	**BPA091**	590015,00	5147856,00	2250,00	**BPA143**	597513,00	5133666,00	1970,00	**BPA195**	598263,00	5132726,00	2158,00
BPA040	601825,00	5132702,00	1274,00	**BPA092**	591016,00	5146172,00	2607,00	**BPA144**	597732,00	5133098,00	2132,00	**BPA196**	599190,00	5132923,00	1762,00
BPA041	602208,00	5132760,00	1267,00	**BPA093**	590233,00	5146617,00	2427,00	**BPA145**	598199,00	5132723,00	2209,00	**BPA197**	599090,00	5133178,00	1766,00
BPA042	595660,00	5125558,00	1107,00	**BPA094**	607856,00	5132794,00	1709,00	**BPA146**	598506,00	5133396,00	2352,00	**BPA198**	599214,00	5133280,00	1850,00
BPA043	595701,00	5125671,00	1127,00	**BPA095**	612010,00	5135933,00	2200,00	**BPA147**	605915,00	5139978,00	2232,00	**BPA199**	599522,00	5133342,00	1747,00
BPA044	595501,00	5125825,00	1224,00	**BPA096**	610878,00	5135853,00	2092,00	**BPA148**	585722,00	5139586,00	2092,00	**BPA200**	599566,00	5133393,00	1719,00
BPA045	595455,00	5125825,00	1305,00	**BPA097**	588319,00	5140626,00	2480,00	**BPA149**	584225,00	5140491,00	5139,00	**BPA201**	602734,00	5134100,00	1940,00
BPA046	595449,00	5126692,00	1528,00	**BPA098**	588228,00	5141136,00	2456,00	**BPA150**	584040,00	5140856,00	2504,00	**BPA202**	601261,00	5132831,00	1448,00
BPA047	595461,00	5127140,00	1588,00	**BPA099**	590821,00	5142020,00	2262,00	**BPA151**	584493,00	5140332,00	2336,00	**BPA203**	601188,00	5132786,00	1444,00
BPA048	595342,00	5127554,00	1567,00	**BPA100**	599135,00	5129394,00	878,00	**BPA152**	594462,00	5135657,00	1893,00	**BPA204**	600787,00	5132693,00	1476,00
BPA049	594896,00	5127632,00	1701,00	**BPA101**	598931,00	5129455,00	958,00	**BPA153**	594368,00	5135570,00	1911,00	**BPA205**	604361,00	5129610,00	1441,00
BPA050	595012,00	5127377,00	1733,00	**BPA102**	588518,00	5122711,00	1495,00	**BPA154**	593551,00	5135211,00	2056,00	**BPA206**	604638,00	5129530,00	1451,00
BPA051	594494,00	5127423,00	1950,00	**BPA103**	588577,00	5122789,00	1581,00	**BPA155**	590090,00	5133993,00	2454,00	**BPA207**	604710,00	5129454,00	1451,00
BPA052	595514,00	5129058,00	1281,00	**BPA104**	589106,00	5122721,00	1597,00	**BPA156**	592889,00	5135357,00	2192,00	**BPA208**	601398,00	5134583,00	2379,00

Affleurement	X	Y	Z
BPA209	596034,00	5139814,00	2200,00
BPA210	596292,00	5139799,00	2220,00
BPA211	596714,00	5139441,00	2335,00
BPA212	597755,00	5139517,00	2381,00
BPA213	597154,00	5139472,00	2553,00
BPA214	597275,00	5139371,00	2600,00
BPA215	597087,00	5139666,00	2559,00
BPA216	595752,00	5140237,00	2293,00
BPA217	595412,00	5139908,00	2386,00
BPA218	595403,00	5140381,00	2514,00
BPA219	595182,00	5140534,00	2568,00
BPA220	595000,00	5140627,00	2609,00
BPA221	597233,00	5140474,00	2570,00
BPA222	590854,00	5137306,00	2829,00
BPA223	590822,00	5137350,00	2826,00
BPA224	587995,00	5134282,00	2170,00
BPA225	588335,00	5135026,00	2245,00
BPA226	589414,00	5135438,00	2482,00
BPA227	587785,00	5136515,00	2538,00
BPA228	587780,00	5136756,00	2596,00
BPA229	587828,00	5137321,00	2672,00
BPA230	587922,00	5137292,00	2698,00
BPA231	587910,00	5137140,00	2608,00
BPA232	587687,00	5136640,00	2475,00
BPA233	586132,00	5131442,00	2371,00
BPA234	585988,00	5131418,00	2407,00
BPA235	585778,00	5131304,00	2456,00
BPA236	585191,00	5131350,00	2659,00
BPA237	585432,00	5131492,00	2602,00
BPA238	585407,00	5131555,00	2584,00
BPA239	585391,00	5131608,00	2541,00
BPA240	597041,00	5139974,00	2612,00
BPA241	587798,00	5137544,00	2731,00
BPA239b	581258,61	5149020,09	2615,00
BPA240b	581087,78	5149281,19	2784,00
BPA241b	580791,41	5149172,77	2791,00
BPA242	578336,11	5145773,19	2553,00
BPA243	578043,36	5145367,11	2687,00
BPA244	577839,57	5145027,76	2732,00
BPA245	570027,87	5142805,59	2740,00
BPA246	569947,32	5142928,02	2777,00
BPA247	569928,80	5143002,26	2788,00
BPA248	569910,21	5143035,38	2781,00
BPA249	554264,40	5148596,13	2528,00
BPA250	554095,73	5149434,73	2664,00
BPA251	554045,23	5149848,77	2748,00
BPA252	554507,54	5150236,30	2790,00
BPA253	552753,94	5148943,84	2584,00
BPA254	552778,15	5149248,65	2508,00
BPA255	574751,48	5140192,52	3064,00
BPA256	574683,66	5140081,66	3039,00
BPA257	574577,47	5140090,36	3002,00

Affleurement	X	Y	Z
BPA258	574404,13	5140059,34	2971,00
BPA259	574165,72	5140068,65	2913,00
BPA259	1109295,39	5846316,59	
BPA260	1153315,57	5837362,20	
BPA261	1153420,21	5837425,10	
BPA262	1153825,41	5834235,38	
BPA263	1144525,78	5829760,77	
BPA264	1127157,71	5822814,78	
MC01	1090297,60	5829083,97	
MC02	1090670,52	5829079,13	
MC03	1090464,58	5829054,96	
MC04	1090283,13	5828824,54	
MC05	1090029,32	5828948,61	
MC06	1093142,93	5827735,36	
MC07	1085180,24	5834085,44	
MC08	1084284,12	5835412,44	
MC09	1084235,14	5835599,50	
MC10	1084345,35	5835359,23	
MC11	1089795,55	5830299,02	
MC12	1089243,41	5829691,47	
MC13	1089266,78	5829150,03	
MC14	1089217,80	5829021,13	
MC15	1090357,71	5829093,64	
YM 1	602334,61	5133388,54	
YM 2	602361,56	5133549,81	
YM 3	602513,57	5133623,90	
YM 4	602610,65	5133678,82	
YM 5	602679,63	5133714,59	
YM 6	602808,65	5133799,84	
YM 7	602756,28	5133796,35	
YM 8	602762,66	5133870,44	
YM 9	602832,09	5134175,83	
YM 10	602632,37	5134287,90	
YM 11	602475,24	5134464,18	
YM 12	602368,53	5134881,65	
YM 13	602621,74	5133392,08	
YM 14	602766,39	5133462,80	
YM 15	602920,69	5133620,31	
YM 16	603036,41	5133671,74	
YM 17	603091,06	5133809,96	
YM 18	603126,41	5133887,11	
YM 19	603026,77	5134313,35	
YM 20	603154,82	5134773,60	
YM 21	603213,21	5136027,31	
YM 22	603197,13	5135500,14	
YM 23	603348,74	5135245,80	
YM 24	603431,82	5135085,04	
TS 25	603464,80	5134875,61	
YM 26	603199,08	5139081,00	
YM 27	603208,05	5138975,24	
YM 28	603204,08	5138868,08	
YM 29	603273,98	5138718,00	

Affleurement	X	Y	Z
YM 30	603091,02	5138995,97	
YM 31	603080,08	5138535,00	
YM 32	603007,67	5138464,16	
YM 33	603035,45	5138380,81	
YM 34	602967,98	5138301,44	
YM 35	603085,98	5138296,09	
YM 36	603090,61	5137999,76	
YM 37	603189,80	5137613,94	
YM 38	604541,35	5137211,61	
YM 39	604473,73	5137261,61	
YM 40	604624,73	5137474,00	
YM 41	604884,58	5137703,00	
YM 42	604197,35	5138448,00	
YM 43	604295,48	5138485,63	
YM 44	604149,96	5138604,69	
YM 45	601644,65	5133249,00	
YM 46	602836,35	5132196,69	
YM 47	606554,86	5133859,46	
YM 48	607138,04	5133336,31	
YM 49	605701,04	5133769,31	
YM 50	605548,18	5133715,97	
YM 51	604878,27	5135189,23	
YM 52	605035,27	5135152,00	
YM 53	604712,96	5133345,00	
YM 54	604238,49	5133964,68	
YM 55	604133,96	5131288,69	
YM 56	604203,73	5130749,31	
YM 57	604029,35	5130424,00	
YM 58	604371,04	5136383,31	
YM 59	604142,11	5135427,50	
YM 60	604125,50	5135211,67	
YM 61	605728,83	5140859,66	
YM 62	605439,83	5139665,34	
YM 63	605277,34	5139396,35	
YM 64	605917,34	5139993,35	
YM 65	601677,66	5132239,68	
YM 66	602166,34	5131981,32	
YM 67	602477,98	5131904,32	
YM 68	603018,98	5131446,65	
YM 69	605461,98	5132809,00	
YM 70	605311,02	5132541,97	
YM 71	605404,95	5132486,03	
YM 72	605573,32	5132349,35	
YM 73	602651,20	5130527,18	
YM 74	603809,20	5130477,00	

ANNEXE N°2 :

Données éléments majeurs et traces en roche totale

Table 1: Troctolite

Sample	BPA 260-21a	BPA 260-21b	BPA 260-21c	BPA 260-21d	BPA 260-21g	BPA 260-21i
	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite
Wt%						
SiO2	49,6402	49,0545	48,3429	50,1583	48,6766	48,9229
TiO2	0,3072	0,2746	0,1515	0,3477	0,1988	0,4751
Al2O3	19,6138	19,3166	19,0377	19,8166	19,4480	21,7501
Fe2O3	7,2147	7,1093	6,3049	6,9042	8,1598	6,9732
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1139	0,1091	0,0929	0,1150	0,1214	0,0999
MgO	8,7500	8,8903	9,9947	8,5418	9,8922	7,8014
CaO	11,3305	11,2975	11,7247	11,4252	11,0434	10,9971
Na2O	1,9968	2,2141	1,4088	1,7950	1,7156	1,9281
K2O	0,2052	0,2017	0,2213	0,2019	0,1962	0,2366
P2O5	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	0,7332	1,4564	2,6336	0,6166	0,4500	0,7368
Total	99,9055	99,9241	99,9130	99,9224	99,9020	99,9213
Si	0,8270	0,8171	0,8053	0,8355	0,8110	0,8149
Ti	0,0038	0,0034	0,0019	0,0044	0,0025	0,0060
Al	0,3851	0,3792	0,3738	0,3890	0,3819	0,4270
Fe3+	0,0904	0,0891	0,0790	0,0865	0,1023	0,0874
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0016	0,0015	0,0013	0,0016	0,0017	0,0014
Mg	0,2173	0,2208	0,2482	0,2121	0,2457	0,1937
Ca	0,2022	0,2016	0,2093	0,2039	0,1971	0,1963
Na	0,0645	0,0715	0,0455	0,0580	0,0554	0,0623
K	0,0044	0,0043	0,0047	0,0043	0,0042	0,0050
P	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg#	0,7061	0,7124	0,7585	0,7102	0,7060	0,6891
SiO2/Al2O3	6,8804	2,5395	2,5393	2,5311	2,5029	2,2493
Na2O + K2O	2,2041	2,4157	1,6301	1,9969	1,9118	2,1647
ASI	1,4206	1,3670	1,4406	1,4617	1,4876	1,6201

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 2: Troctolite

Sample	BPA 260-21g	BPA 260-21i	BPA 260-21j	BPA 261-21a	BPA 261-21b	BPA 21-21a	BPA 182-21a
	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite
Wt%							
SiO2	48,6766	48,9229	51,0151	48,1490	48,1483	50,6561	48,7815
TiO2	0,1988	0,4751	0,3348	0,1541	0,0977	0,7041	1,0337
Al2O3	19,4480	21,7501	19,5082	21,0158	20,8094	18,2203	17,2934
Fe2O3	8,1598	6,9732	6,2374	6,0337	6,7701	7,6980	8,2215
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1214	0,0999	0,0971	0,0869	0,0981	0,1125	0,1379
MgO	9,8922	7,8014	7,9724	9,0540	9,8103	7,8354	8,8938
CaO	11,0434	10,9971	11,6380	11,8911	11,3032	11,0728	12,3770
Na2O	1,7156	1,9281	2,0703	2,1018	1,5351	2,3127	2,2253
K2O	0,1962	0,2366	0,2718	0,1118	0,0797	0,4695	0,3180
P2O5	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	0,4500	0,7368	0,7632	1,3197	1,2668	0,8266	1,0700
Total	99,9020	99,9213	99,9083	99,9180	99,9189	99,9080	100,3521
Si	0,8110	0,8149	0,8499	0,8021	0,8021	0,8439	0,8091
Ti	0,0025	0,0060	0,0042	0,0019	0,0012	0,0088	0,0129
Al	0,3819	0,4270	0,3830	0,4126	0,4085	0,3577	0,3380
Fe3+	0,1023	0,0874	0,0782	0,0756	0,0849	0,0965	0,1026
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0017	0,0014	0,0014	0,0012	0,0014	0,0016	0,0019
Mg	0,2457	0,1937	0,1980	0,2249	0,2436	0,1946	0,2199
Ca	0,1971	0,1963	0,2077	0,2122	0,2017	0,1976	0,2199
Na	0,0554	0,0623	0,0669	0,0679	0,0496	0,0747	0,0716
K	0,0042	0,0050	0,0058	0,0024	0,0017	0,0100	0,0067
P	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-
Mg#	0,7060	0,6891	0,7169	0,7483	0,7417	0,6685	0,6819
SiO2/Al2O3	2,5029	2,2493	2,6151	2,2911	2,3138	2,7802	2,8208
Na2O + K2O	1,9118	2,1647	2,3421	2,2136	1,6149	2,7822	2,5433
ASI	1,4876	1,6201	1,3662	1,4606	1,6148	1,2672	1,1335

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 3: Gabbro

Sample	BPA 182-21b	BPA 018-11c	YM 74B	YM 74A	YM 41A	YM 49A	YM 56A	YM 57A
	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro
Wt%								
SiO2	52,8770	47,6329	50,7377	50,4790	52,5621	48,6135	51,1923	51,3171
TiO2	0,3473	2,3003	0,3572	0,3579	0,6648	0,4552	0,6485	1,7995
Al2O3	23,2355	23,4642	12,7415	11,8616	17,3643	19,9529	5,3377	17,0357
Fe2O3	3,8676	8,2996	13,2079	14,0391	6,6289	5,5597	15,6640	10,6973
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,0625	0,0711	0,2382	0,2486	0,1369	0,0969	0,3193	0,1900
MgO	3,5369	5,2800	14,1109	15,0731	7,2058	8,9691	18,7070	7,6681
CaO	12,0830	7,9676	7,2936	7,0394	9,0146	10,7901	8,3009	8,9877
Na2O	3,0570	1,6901	1,3099	1,1136	2,8940	2,7605	0,5986	2,8793
K2O	0,1769	2,8113	0,0992	0,1094	1,4275	0,1259	0,0698	0,1900
P2O5	BDL	BDL	0,0099	0,0199	0,0587	0,0194	0,0200	0,0600
Cr2O3	NA	NA	0,0300	0,0400	0,0200	0,0700	0,0500	0,0100
NiO	NA	NA	0,0300	0,0300	0,0000	0,0200	0,0300	0,0100
LOI	0,6700	1,1434	0,7700	0,5800	2,2300	3,1600	0,2300	0,0254
Total	99,9138	100,6607	100,9361	100,9915	100,2076	100,5933	101,1680	100,8700
Si	0,8809	0,7876	0,8367	0,8319	0,8731	0,8044	0,8422	0,8468
Ti	0,0044	0,0286	0,0044	0,0044	0,0083	0,0057	0,0080	0,0223
Al	0,4562	0,4572	0,2476	0,2304	0,3399	0,3891	0,1035	0,3313
Fe3+	0,0485	0,1033	0,1639	0,1741	0,0829	0,0692	0,1939	0,1328
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0009	0,0010	0,0033	0,0035	0,0019	0,0014	0,0044	0,0027
Mg	0,0878	0,1302	0,3469	0,3704	0,1784	0,2212	0,4588	0,1886
Ca	0,2156	0,1411	0,1289	0,1243	0,1604	0,1913	0,1463	0,1589
Na	0,0987	0,0542	0,0419	0,0356	0,0932	0,0886	0,0191	0,0921
K	0,0038	0,0593	0,0021	0,0023	0,0302	0,0027	0,0015	0,0040
P	-	-	0,0001	0,0003	0,0008	0,0003	0,0003	0,0008
Cr	-	-	0,0004	0,0005	0,0003	0,0009	0,0007	0,0001
Ni	-	-	0,0004	0,0004	0,0000	0,0003	0,0004	0,0001
Mg#	0,6444	0,5576	0,6792	0,6802	0,6829	0,7617	0,7029	0,5868
SiO2/Al2O3	2,2757	2,0300	3,9821	4,2557	3,0270	2,4364	9,5907	3,0123
Na2O + K2O	3,2339	4,5014	1,4091	1,2229	4,3215	2,8864	0,6685	3,0428
ASI	1,4339	1,7958	1,4328	1,4206	1,1975	1,3774	0,6202	1,2992

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 4: Norite

Sample	BPA 018-21c	BPA 020-11e
	Norite	Norite
Wt%		
SiO2	49,9661	53,4464
TiO2	1,1933	1,9994
Al2O3	21,3532	23,0523
Fe2O3	7,4652	6,1766
FeO	NA	NA
MnO	0,1026	0,0707
MgO	4,8824	2,5648
CaO	10,5061	9,0851
Na2O	2,5994	3,2360
K2O	0,9692	0,4132
P2O5	0,2177	BDL
Cr2O3	NA	NA
NiO	NA	NA
LOI	0,8101	0,4633
Total	100,0654	100,5079
Si	0,8311	0,8851
Ti	0,0149	0,0249
Al	0,4186	0,4499
Fe3+	0,0934	0,0770
Fe2+		-
Mn	0,0014	0,0010
Mg	0,1211	0,0633
Ca	0,1872	0,1612
Na	0,0838	0,1039
K	0,0206	0,0087
P	0,0031	-
Cr	-	-
Ni	-	-
Mg#	0,5644	0,4514
SiO2/Al2O3	2,3400	2,3185
Na2O + K2O	3,5687	3,6492
ASI	1,4354	1,6431

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 5: Gabbro à amphibole

Sample	YM 60A	YM 67A	YM 58A	YM 44A	YM 72A	YM 17A	YM 9A	BPA 110-12f	YM 46A
	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro
Wt%									
SiO2	49,0014	50,0434	49,0146	50,6649	48,9656	49,2477	49,7543	50,9713	49,6727
TiO2	1,9565	2,4349	1,6166	1,6967	1,9990	2,7023	1,6420	2,7670	1,7057
Al2O3	17,6875	18,4891	21,9485	18,2711	17,2488	17,3199	21,8800	19,1201	19,6946
Fe2O3	10,0394	10,3630	8,1526	9,3562	11,0242	12,8161	6,7559	11,8786	9,3316
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MnO	0,1680	0,1683	0,1389	0,1471	0,1979	0,2350	0,0890	0,1981	0,1587
MgO	7,0553	6,8790	6,7343	5,2568	6,6204	5,2772	4,7974	3,7874	5,4145
CaO	10,0197	7,6807	10,4932	8,0420	8,9460	7,1081	10,7620	7,9433	9,4605
Na2O	3,0237	2,9792	1,8745	3,7464	3,5329	3,2603	3,2246	0,7828	3,6295
K2O	0,4743	0,3860	0,1389	0,8827	0,5146	0,1860	0,3165	0,2173	0,4760
P2O5	0,3063	0,0495	0,0298	0,2844	0,2771	0,5189	0,1187	0,0119	0,3074
Cr2O3	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	BDL	BDL	NA	BDL
NiO	BDL	0,0100	BDL	0,0100	BDL	BDL	BDL	NA	BDL
LOI	1,2000	1,0300	0,8300	1,9300	1,0400	2,1100	1,0900	2,5898	0,8400
Total	100,9421	100,5232	100,9817	100,2983	100,3765	100,7816	100,4304	100,2678	100,6912
Si	0,8080	0,8286	0,8079	0,8408	0,8119	0,8133	0,8246	0,8461	0,8211
Ti	0,0243	0,0303	0,0200	0,0212	0,0249	0,0336	0,0205	0,0345	0,0212
Al	0,3437	0,3608	0,4263	0,3573	0,3371	0,3371	0,4273	0,3741	0,3837
Fe3+	0,1246	0,1291	0,1011	0,1168	0,1376	0,1593	0,0843	0,1484	0,1161
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0023	0,0024	0,0019	0,0021	0,0028	0,0033	0,0012	0,0028	0,0022
Mg	0,1734	0,1698	0,1655	0,1301	0,1637	0,1299	0,1185	0,0937	0,1334
Ca	0,1770	0,1362	0,1853	0,1430	0,1589	0,1258	0,1911	0,1413	0,1675
Na	0,0967	0,0956	0,0599	0,1205	0,1136	0,1044	0,1036	0,0252	0,1163
K	0,0100	0,0082	0,0029	0,0187	0,0109	0,0039	0,0067	0,0046	0,0100
P	0,0043	0,0007	0,0004	0,0040	0,0039	0,0073	0,0017	0,0002	0,0043
Cr	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	-	-	-	-
Ni	-	0,0001	-	0,0001	-	-	-	-	-
Mg#	0,5820	0,5681	0,6207	0,5268	0,5433	0,4493	0,5845	0,3871	0,5348
SiO2/Al2O3	2,7704	2,7066	2,2332	2,7729	2,8388	2,8434	2,2740	2,6658	2,5222
Na2O + K2O	3,4980	3,3653	2,0133	4,6291	4,0475	3,4464	3,5412	1,0001	4,1055
ASI	1,2118	1,5030	1,7184	1,2663	1,1895	1,4401	1,4180	2,1867	1,3055

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 6: Gabbro à amphibole

Sample	BPA 110-12f	YM 46A	YM 51A	YM 65A	YM 68B	YM 18A	YM 37A	YM 35A	YM 55A	YM 45A
	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro
Wt%										
SiO2	50,9713	49,6727	44,7361	49,3070	49,8718	47,3662	52,2653	52,7644	52,0223	48,7699
TiO2	2,7670	1,7057	3,3939	1,0551	1,2036	2,2300	2,3874	3,1540	0,8530	1,8712
Al2O3	19,1201	19,6946	18,4383	18,0053	12,0166	18,5342	17,7368	16,0277	18,5078	17,7273
Fe2O3	11,8786	9,3316	13,8634	9,4862	11,5529	11,7350	10,7037	10,3149	7,6273	10,9417
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA
MnO	0,1981	0,1587	0,1985	0,1563	0,2170	0,1685	0,1791	0,1686	0,1389	0,1871
MgO	3,7874	5,4145	5,2893	7,6691	12,6875	6,0162	3,8995	4,9591	7,7662	6,7364
CaO	7,9433	9,4605	10,2016	7,8254	9,3923	10,1888	7,4807	7,7461	10,0176	9,3069
Na2O	0,7828	3,6295	3,0168	3,7124	2,0817	2,7752	3,8000	3,4118	2,7871	3,0038
K2O	0,2173	0,4760	0,3969	0,8109	0,2664	0,4064	1,0246	0,9621	0,2182	0,4826
P2O5	0,0119	0,3074	0,5160	0,1270	0,1381	0,2775	0,7560	0,1686	0,0099	0,2758
Cr2O3	NA	BDL	BDL	BDL	0,0400	BDL	BDL	BDL	0,0100	BDL
NiO	NA	BDL	BDL	0,0100	0,0200	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0098
LOI	2,5898	0,8400	0,7700	2,3200	1,3500	0,8900	0,5300	0,8200	0,8200	1,5275
Total	100,2678	100,6912	100,8209	100,4848	100,8378	100,5881	100,7631	100,4972	100,7783	100,8400
Si	0,8461	0,8211	0,7385	0,8167	0,8232	0,7838	0,8633	0,8739	0,8592	0,8050
Ti	0,0345	0,0212	0,0421	0,0131	0,0149	0,0278	0,0297	0,0393	0,0106	0,0232
Al	0,3741	0,3837	0,3587	0,3515	0,2338	0,3614	0,3453	0,3128	0,3602	0,3448
Fe3+	0,1484	0,1161	0,1722	0,1182	0,1435	0,1461	0,1330	0,1285	0,0948	0,1359
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0028	0,0022	0,0028	0,0022	0,0030	0,0024	0,0025	0,0024	0,0019	0,0026
Mg	0,0937	0,1334	0,1302	0,1894	0,3122	0,1484	0,0960	0,1224	0,1912	0,1658
Ca	0,1413	0,1675	0,1804	0,1389	0,1661	0,1806	0,1324	0,1374	0,1773	0,1646
Na	0,0252	0,1163	0,0966	0,1192	0,0666	0,0890	0,1217	0,1096	0,0892	0,0961
K	0,0046	0,0100	0,0084	0,0171	0,0056	0,0086	0,0216	0,0203	0,0046	0,0102
P	0,0002	0,0043	0,0072	0,0018	0,0019	0,0039	0,0106	0,0024	0,0001	0,0039
Cr	-	-	-	-	0,0005	-	-	-	0,0001	-
Ni	-	-	-	0,0001	0,0003	-	-	-	-	0,0001
Mg#	0,3871	0,5348	0,4305	0,6156	0,6851	0,5039	0,4192	0,4878	0,6686	0,5495
SiO2/Al2O3	2,6658	2,5222	2,4263	2,7385	4,1502	2,5556	2,9467	3,2921	2,8108	2,7511
Na2O + K2O	1,0001	4,1055	3,4138	4,5233	2,3481	3,1815	4,8246	4,3739	3,0053	3,4573
ASI	2,1867	1,3055	1,2572	1,2771	0,9809	1,2991	1,2525	1,1703	1,3288	1,2731

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 7: Norite à amphibole

Sample	YM 40A	YM 23A	YM 70A	BPA 019-21a	YM 38A	TS 25A
	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite
Wt%						
SiO2	54,4889	48,7000	48,5699	48,0644	50,2480	49,9375
TiO2	0,8635	2,7400	1,7539	2,0212	1,3137	2,4494
Al2O3	17,8950	18,4500	17,7678	17,2639	14,6096	15,7860
Fe2O3	7,2156	13,1800	10,5829	11,6562	9,8526	13,1767
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1390	0,2300	0,1794	0,1824	0,1891	0,1999
MgO	6,2528	5,3700	7,6731	6,2993	10,3999	9,6376
CaO	8,9525	8,0300	9,5964	10,9100	11,7434	7,2182
Na2O	3,4043	3,0000	3,5675	2,3937	1,6321	2,2894
K2O	0,8933	0,2300	0,4385	0,4651	0,2488	0,1600
P2O5	0,1290	0,4800	0,2192	0,0931	0,1194	0,0400
Cr2O3	0,0200	BDL	0,0100	NA	0,0400	0,0100
NiO	BDL	BDL	0,0100	NA	0,0100	0,0100
LOI	0,7600	-0,2200	0,3500	1,1533	0,4800	0,0300
Total	101,0138	100,1900	100,7186	100,5025	100,8867	100,9447
Si	0,8978	0,8090	0,8027	0,7960	0,8290	0,8234
Ti	0,0107	0,0342	0,0218	0,0252	0,0163	0,0304
Al	0,3475	0,3612	0,3460	0,3369	0,2841	0,3068
Fe3+	0,0895	0,1648	0,1316	0,1453	0,1223	0,1635
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0019	0,0032	0,0025	0,0026	0,0026	0,0028
Mg	0,1536	0,1330	0,1890	0,1555	0,2558	0,2369
Ca	0,1580	0,1429	0,1699	0,1936	0,2076	0,1275
Na	0,1088	0,0966	0,1143	0,0769	0,0522	0,0732
K	0,0188	0,0049	0,0092	0,0098	0,0052	0,0034
P	0,0018	0,0068	0,0031	0,0013	0,0017	0,0006
Cr	0,0003	-	0,0001	-	0,0005	0,0001
Ni	-	-	0,0001	-	0,0001	0,0001
Mg#	0,6319	0,4467	0,5896	0,5171	0,6765	0,5917
SiO2/Al2O3	3,0449	2,6396	2,7336	2,7841	3,4394	3,1634
Na2O + K2O	4,2976	3,2300	4,0060	2,8588	1,8809	2,4494
ASI	1,2169	1,4779	1,1792	1,2023	1,0719	1,5033

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 8: Gabbro à cordiérite et à grenat

Sample	BPA 020-11b	BPA 004-11a	BPA 016-11a
	Crd-grt-gabbro	Crd-grt-gabbro	Crd-grt-gabbro
Wt%			
SiO2	51,6341	48,3301	45,5896
TiO2	2,2748	1,7057	2,6223
Al2O3	23,5037	20,1371	24,1069
Fe2O3	6,7684	16,3922	12,1610
FeO	NA	NA	NA
MnO	0,0484	0,1783	0,2082
MgO	3,5455	5,9249	2,9933
CaO	7,5879	3,7708	7,2983
Na2O	2,4514	0,5755	1,8500
K2O	0,6586	0,6219	0,7975
P2O5	BDL	BDL	BDL
Cr2O3	NA	NA	NA
NiO	NA	NA	NA
LOI	2,1235	2,6567	2,9029
Total	100,5962	100,2933	100,5300
Si	0,8543	0,8021	0,7548
Ti	0,0283	0,0213	0,0327
Al	0,4583	0,3938	0,4704
Fe3+	0,0843	0,2047	0,1515
Fe2+	-	-	-
Mn	0,0007	0,0025	0,0029
Mg	0,0875	0,1466	0,0739
Ca	0,1345	0,0670	0,1295
Na	0,0786	0,0185	0,0594
K	0,0139	0,0132	0,0168
P	-	-	-
Cr	-	-	-
Ni	-	-	-
Mg#	0,5093	0,4173	0,3278
SiO2/Al2O3	2,1968	2,4001	1,8911
Na2O + K2O	3,1100	1,1975	2,6474
ASI	2,0186	3,9893	2,2869

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 9: Norite à grenat

Sample	BPA 004-21a	BPA 107-12a	BPA 006-21b	BPA 018-21a	BPA 019-21d	BPA 006-11a
	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite
Wt%						
SiO2	50,9593	50,8783	49,2429	47,5569	47,7343	50,4319
TiO2	2,0465	2,1407	2,1083	2,1204	2,9737	1,5656
Al2O3	21,2615	20,7274	22,7902	22,8557	21,1299	22,4782
Fe2O3	7,8111	13,0602	6,0371	7,3216	9,4174	7,6905
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,0812	0,2208	0,0188	0,0393	0,0696	0,0473
MgO	3,9729	3,1985	4,7654	5,5563	4,9481	3,9134
CaO	10,1875	7,6683	8,9807	9,6350	7,3228	8,4866
Na2O	2,7926	2,3321	2,6708	2,3793	2,3914	2,5693
K2O	0,4618	0,3640	2,8905	1,7716	2,9841	1,7892
P2O5	0,1270	0,2216	BDL	BDL	BDL	0,2646
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	0,3267	-0,4000	1,0669	1,7000	1,0767	1,3569
Total	100,0281	100,8119	100,5716	100,9361	100,0481	100,5935
Si	0,8480	0,8400	0,8150	0,7842	0,7941	0,8345
Ti	0,0256	0,0266	0,0262	0,0263	0,0372	0,0195
Al	0,4169	0,4033	0,4445	0,4442	0,4143	0,4383
Fe3+	0,0978	0,1623	0,0752	0,0908	0,1179	0,0957
Fe2+	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mn	0,0011	0,0031	0,0003	0,0005	0,0010	0,0007
Mg	0,0986	0,0787	0,1176	0,1366	0,1227	0,0965
Ca	0,1816	0,1356	0,1592	0,1702	0,1305	0,1504
Na	0,0901	0,0746	0,0857	0,0761	0,0771	0,0824
K	0,0098	0,0077	0,0610	0,0373	0,0633	0,0378
P	0,0018	0,0031	-	-	-	0,0037
Cr	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg#	0,5019	0,3267	0,6100	0,6006	0,5100	0,5020
SiO2/Al2O3	2,3968	2,4546	2,1607	2,0807	2,2591	2,2436
Na2O + K2O	3,2543	2,6961	5,5613	4,1510	5,3755	4,3584
ASI	1,4811	1,8504	1,4529	1,5665	1,5288	1,6197

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 10: Diorite

Sample	YM 48F	YM 26A	BPA 109-21b	YM 62A	YM 62B	BPA 002-21a	YM 64A
	Diorite	Diorite	Diorite	Diorite	Diorite	Diorite	Diorite
Wt%							
SiO2	52,9744	56,3151	56,0458	57,6402	57,6821	64,7933	57,3338
TiO2	0,8224	1,2860	1,3500	1,0085	1,0207	0,6793	1,1778
Al2O3	16,6236	16,2327	16,4021	16,8994	16,4988	18,8145	16,9042
Fe2O3	7,4699	7,6663	7,4066	7,0888	7,0275	2,3354	7,6999
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1469	0,1286	0,1320	0,1273	0,1276	0,0227	0,1386
MgO	7,4209	5,6780	4,3426	4,2885	4,4854	0,4883	4,1865
CaO	9,0950	7,3300	7,4744	6,8929	6,6054	4,6167	6,6112
Na2O	2,8881	3,5314	2,6925	4,0633	3,8769	5,3558	3,2957
K2O	1,0475	1,2958	1,9541	0,4993	1,1876	1,7240	1,8211
P2O5	0,0587	0,2275	0,0425	0,1664	0,1669	BDL	0,2375
Cr2O3	BDL	0,0300	NA	0,0100	0,0100	NA	0,0099
NiO	BDL	0,0100	NA	BDL	BDL	NA	BDL
LOI	2,1100	1,0900	2,0469	2,1100	1,8600	1,5835	1,0339
Total	100,6574	100,8214	99,8896	100,7947	100,5489	100,4135	100,4500
Si	0,8760	0,9297	0,9339	0,9518	0,9548	1,0740	0,9500
Ti	0,0102	0,0160	0,0169	0,0125	0,0127	0,0085	0,0147
Al	0,3240	0,3158	0,3221	0,3289	0,3219	0,3675	0,3301
Fe3+	0,0929	0,0952	0,0929	0,0881	0,0875	0,0291	0,0960
Fe2+	-	-	-	-	-	-	0,0000
Mn	0,0021	0,0018	0,0019	0,0018	0,0018	0,0003	0,0019
Mg	0,1829	0,1397	0,1079	0,1056	0,1107	0,0121	0,1034
Ca	0,1611	0,1296	0,1334	0,1219	0,1171	0,0820	0,1174
Na	0,0926	0,1130	0,0870	0,1301	0,1244	0,1721	0,1059
K	0,0221	0,0273	0,0415	0,0105	0,0251	0,0365	0,0385
P	0,0008	0,0032	0,0006	0,0023	0,0023	-	0,0033
Cr	-	0,0004	-	0,0001	0,0001	-	0,0001
Ni	-	0,0001	-	-	-	-	-
Mg#	0,6631	0,5947	0,5374	0,5452	0,5584	0,2929	0,5186
SiO2/Al2O3	3,1867	3,4692	3,4170	3,4108	3,4961	3,4438	3,3917
Na2O + K2O	3,9356	4,8273	4,6466	4,5627	5,0645	7,0798	5,0939
ASI	1,1746	1,1699	1,2296	1,2526	1,2071	1,2650	1,2612

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 11: Diorite à grenat

Sample	BPA 003-11d	BPA 119-12b	BPA 002-21b	BPA 003-21a	BPA 126-12b
	Grt-diorite	Grt-diorite	Grt-diorite	Grt-diorite	Grt-diorite
Wt%					
SiO2	56,8506	58,0882	52,7529	58,6456	47,3830
TiO2	1,0074	1,5024	1,6261	0,8690	2,0956
Al2O3	21,4928	19,1245	20,7496	21,3738	20,0625
Fe2O3	7,5753	7,5594	8,2908	5,3708	11,4688
FeO	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1092	0,1124	0,0724	0,0766	0,1712
MgO	1,3281	2,2091	3,0484	0,5298	2,6983
CaO	5,0624	5,1409	5,7494	5,9913	8,1407
Na2O	3,9591	2,6612	3,4122	4,1857	2,0456
K2O	1,8505	1,8698	2,8796	1,8023	2,0801
P2O5	BDL	BDL	BDL	BDL	0,9568
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	0,9866	2,2900	1,4299	1,7629	3,1300
Total	100,2220	100,5579	100,0114	100,6077	100,2326
Si	0,9442	0,9615	0,8779	0,9702	0,7868
Ti	0,0126	0,0187	0,0204	0,0108	0,0262
Al	0,4207	0,3731	0,4070	0,4167	0,3926
Fe3+	0,0947	0,0942	0,1038	0,0669	0,1433
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	0,0015	0,0016	0,0010	0,0011	0,0024
Mg	0,0329	0,0545	0,0756	0,0131	0,0668
Ca	0,0901	0,0912	0,1025	0,1062	0,1448
Na	0,1275	0,0854	0,1101	0,1343	0,0659
K	0,0392	0,0395	0,0611	0,0380	0,0441
P	-	-	-	-	0,0135
Cr	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-
Mg#	0,2578	0,3667	0,4215	0,1635	0,3179
SiO2/Al2O3	2,6451	3,0374	2,5424	2,7438	2,3618
Na2O + K2O	5,8096	4,5310	6,2918	5,9880	4,1257
ASI	1,6384	1,7268	1,4867	1,4964	1,5413

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 12: Granodiorite

Sample	BPA 073-21a	BPA 109-21a
	Granodiorite	Granodiorite
Wt%		
SiO2	69,3018	74,2086
TiO2	0,5481	0,3134
Al2O3	14,9991	13,2033
Fe2O3	4,6573	1,4562
FeO	NA	NA
MnO	0,0835	0,0296
MgO	0,4194	0,1287
CaO	3,2537	0,9936
Na2O	3,7572	2,8904
K2O	2,1240	6,7678
P2O5	BDL	BDL
Cr2O3	NA	NA
NiO	NA	NA
LOI	1,5100	0,8133
Total	100,6540	100,8048
Si	1,1460	1,2253
Ti	0,0068	0,0039
Al	0,2923	0,2569
Fe3+	0,0580	0,0181
Fe2+	-	-
Mn	0,0012	0,0004
Mg	0,0103	0,0032
Ca	0,0576	0,0176
Na	0,1205	0,0925
K	0,0448	0,1425
P	-	-
Cr	-	-
Ni	-	-
Mg#	0,1514	0,1490
SiO2/Al2O3	4,6204	5,6205
Na2O + K2O	5,8812	9,6582
ASI	1,3114	1,0169

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 13: Granodiorite à grenat

Sample	YM 29A	BPA 120-12b
	Grt-granodiorite	Grt-granodiorite
Wt%		
SiO2	66,4218	70,1506
TiO2	0,6556	0,5949
Al2O3	16,7867	14,3695
Fe2O3	4,7480	3,1989
FeO	NA	NA
MnO	0,0596	0,0391
MgO	1,1522	0,3135
CaO	3,0296	2,3236
Na2O	3,7050	2,5834
K2O	2,9104	5,2828
P2O5	0,2583	BDL
Cr2O3	0,0100	NA
NiO	BDL	NA
LOI	0,6700	1,2032
Total	100,4070	100,0595
Si	1,1011	1,1669
Ti	0,0082	0,0074
Al	0,3279	0,2817
Fe3+	0,0592	0,0400
Fe2+	-	-
Mn	0,0008	0,0006
Mg	0,0285	0,0078
Ca	0,0538	0,0414
Na	0,1191	0,0833
K	0,0615	0,1121
P	0,0036	-
Cr	0,0001	-
Ni	-	-
Mg#	0,3247	0,1626
SiO2/Al2O3	3,9568	4,8819
Na2O + K2O	6,6154	7,8661
ASI	1,3990	1,1895

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 14: Granite à grenat

Sample	YM 28A
	Grt-granite
Wt%	
SiO2	69,6765
TiO2	0,3453
Al2O3	15,5297
Fe2O3	3,3940
FeO	NA
MnO	0,0395
MgO	1,0261
CaO	0,7498
Na2O	5,0121
K2O	2,7922
P2O5	0,1579
Cr2O3	BDL
NiO	BDL
LOI	1,3400
Total	100,0632
Si	1,1590
Ti	0,0043
Al	0,3044
Fe3+	0,0425
Fe2+	-
Mn	0,0006
Mg	0,0254
Ca	0,0134
Na	0,1616
K	0,0592
P	0,0022
Cr	-
Ni	-
Mg#	0,3746
SiO2/Al2O3	4,4867
Na2O + K2O	7,8043
ASI	1,2996

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 15: Micaschiste

Sample	BPA 148-12a	BPA 056-12b	BPA 098-12f	BPA 099-12b	BPA 099-12a	BPA146-12a	BPA10-11c	BPA23-11b	BPA 122-12a
	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste
Wt%									
SiO2	50,6900	68,0200	70,0700	43,6800	46,6500	50,7200	78,3300	69,7900	75,9300
TiO2	1,2900	0,8300	0,7000	1,1700	1,1500	1,1300	0,5300	0,7300	0,8900
Al2O3	25,0800	16,3000	11,5800	30,8200	26,6400	25,8100	10,1500	15,5400	10,7000
Fe2O3	10,5500	6,4000	11,7400	9,8400	10,5300	9,4700	4,2200	5,1700	6,3900
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1800	0,0500	0,2700	0,1500	0,1600	0,2500	0,0600	0,1300	0,1300
MgO	3,0700	1,7600	1,5100	2,1900	2,9300	2,2500	1,3300	1,2800	1,3300
CaO	0,4000	0,3400	0,3500	0,1800	0,2200	0,9400	0,8500	0,1200	0,2100
Na2O	1,1000	0,8700	0,1600	1,0700	0,8100	1,2300	0,8400	0,5200	0,4300
K2O	5,2700	3,2200	1,8900	7,1300	6,8200	5,0500	2,2700	4,0500	2,3200
P2O5	0,1100	0,1500	0,0900	0,1000	0,1300	0,1800	0,2000	0,0900	0,0300
Cr2O3	0,0190	0,0120	0,0070	0,0210	0,0200	0,0200	0,0070	0,0110	0,0090
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	1,9000	1,8000	1,5000	3,3000	3,6000	2,7000	1,1000	2,4000	1,4000
Total	99,6590	99,7520	99,8670	99,6510	99,6400	99,7300	99,8870	99,8310	99,7690
Si	0,8466	1,1350	1,1678	0,7296	0,7791	0,8463	1,3052	1,1636	1,2667
Ti	0,0162	0,0104	0,0088	0,0147	0,0144	0,0142	0,0066	0,0092	0,0112
Al	0,4936	0,3205	0,2275	0,6067	0,5243	0,5075	0,1993	0,3053	0,2104
Fe3+	0,1326	0,0804	0,1472	0,1237	0,1323	0,1189	0,0529	0,0649	0,0802
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0025	0,0007	0,0038	0,0021	0,0023	0,0035	0,0008	0,0018	0,0018
Mg	0,0764	0,0438	0,0375	0,0545	0,0730	0,0560	0,0330	0,0318	0,0331
Ca	0,0072	0,0061	0,0062	0,0032	0,0039	0,0168	0,0152	0,0021	0,0038
Na	0,0356	0,0281	0,0052	0,0346	0,0262	0,0398	0,0271	0,0168	0,0139
K	0,1123	0,0685	0,0402	0,1519	0,1453	0,1075	0,0482	0,0861	0,0494
P	0,0016	0,0021	0,0013	0,0014	0,0018	0,0025	0,0028	0,0013	0,0004
Cr	0,0003	0,0002	0,0001	0,0003	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg#	0,3657	0,3527	0,2031	0,3060	0,3554	0,3201	0,3844	0,3291	0,2920
SiO2/Al2O3	2,0211	4,1730	6,0509	1,4173	1,7511	1,9651	7,7172	4,4910	7,0963
Na2O + K2O	6,3700	4,0900	2,0500	8,2000	7,6300	6,2800	3,1100	4,5700	2,7500
ASI	3,1838	3,1193	4,4079	3,1967	2,9884	3,0933	2,2010	2,9057	3,1384

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 16: Kinzigite

Sample	BPA 003-11a	BPA 002-11d	BPA 109-12b	BPA 147-12a	BPA03-11C	BPA03-11F	BPA14-11Q	BPA14-11U
	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite
Wt%								
SiO2	42,6100	50,6700	54,6400	56,7300	46,9300	44,0200	45,5500	57,1600
TiO2	1,5400	1,1400	1,0600	1,2800	1,3800	1,5600	1,8800	1,7400
Al2O3	30,2900	23,6700	21,4200	20,6300	25,9600	27,2100	29,4500	20,2600
Fe2O3	13,3800	12,8400	11,0400	10,0600	13,3100	15,7800	14,5600	12,5500
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,0700	0,1800	0,1500	0,1200	0,1700	0,1900	0,2900	0,1900
MgO	4,6700	3,8200	3,0600	3,2400	4,1900	5,4100	3,7400	4,1100
CaO	0,3300	0,6300	0,5000	1,2600	0,3400	0,3800	1,1200	0,6200
Na2O	0,5200	0,8100	1,0700	1,6500	0,4800	0,3500	0,5400	0,4600
K2O	4,5100	4,1600	5,0500	3,2300	3,7400	3,5100	1,7800	1,9300
P2O5	0,0500	0,1300	0,1000	0,2200	0,0900	0,0700	0,0600	0,0500
Cr2O3	BDL	0,0210	0,0150	0,0160	0,0240	0,0280	0,0300	0,0260
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	1,6000	1,6000	1,6000	1,2000	3,0000	1,1000	0,6000	0,5000
Total	99,5700	99,6710	99,7050	99,6360	99,6140	99,6080	99,6000	99,5960
Si	0,7123	0,8462	0,9121	0,9477	0,7842	0,7356	0,7612	0,9553
Ti	0,0194	0,0143	0,0133	0,0161	0,0173	0,0196	0,0236	0,0219
Al	0,5967	0,4658	0,4214	0,4061	0,5112	0,5358	0,5800	0,3990
Fe3+	0,1683	0,1613	0,1387	0,1265	0,1673	0,1984	0,1831	0,1578
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0010	0,0025	0,0021	0,0017	0,0024	0,0027	0,0041	0,0027
Mg	0,1164	0,0951	0,0762	0,0807	0,1044	0,1348	0,0932	0,1024
Ca	0,0059	0,0113	0,0089	0,0225	0,0061	0,0068	0,0201	0,0111
Na	0,0169	0,0262	0,0346	0,0534	0,0155	0,0113	0,0175	0,0149
K	0,0962	0,0886	0,1075	0,0688	0,0797	0,0748	0,0379	0,0411
P	0,0007	0,0018	0,0014	0,0031	0,0013	0,0010	0,0008	0,0007
Cr	-	0,0003	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0003
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg#	0,4088	0,3708	0,3545	0,3895	0,3841	0,4045	0,3373	0,3935
SiO2/Al2O3	1,4067	2,1407	2,5509	2,7499	1,8078	1,6178	1,5467	2,8213
Na2O + K2O	5,0300	4,9700	6,1200	4,8800	4,2200	3,8600	2,3200	2,3900
ASI	5,0174	3,6939	2,7888	2,8046	5,0439	5,7644	7,6830	5,9425

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 17: Granulite

Sample	BPA018-11a	BPA 167-13a	BPA 18-13a	BPA 35-11e	BPA 018-11a	BPA 015-11a
	granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite
Wt%						
SiO2	35,5900	50,7500	41,4700	39,2000	36,7166	47,9169
TiO2	2,1700	1,4800	2,1900	2,1400	2,1524	1,7624
Al2O3	35,6000	23,1900	30,7100	36,5500	33,6411	21,3033
Fe2O3	19,8500	12,2900	18,1700	15,6900	21,4033	15,7534
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,1200	0,1500	0,1800	0,2200	0,1384	0,1678
MgO	5,8600	4,7600	5,7100	3,8500	5,3052	6,1648
CaO	0,2000	3,0400	0,2000	0,4500	0,2463	3,4430
Na2O	0,0100	1,6400	0,0900	0,1400	BDL	0,3329
K2O	0,1500	0,9900	0,3800	0,9100	0,1806	0,6655
P2O5	0,0400	0,0800	0,0300	0,0500	BDL	BDL
Cr2O3	BDL	0,0300	0,0320	0,0340	0,0300	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	-0,1000	1,3000	0,5000	0,5000	0,0200	2,6533
Total	99,4900	99,7000	99,6620	99,7340	99,8340	100,1634
Si	0,5954	0,8472	0,6926	0,6542	0,6121	0,7963
Ti	0,0273	0,0186	0,0275	0,0269	0,0270	0,0220
Al	0,7019	0,4563	0,6044	0,7189	0,6610	0,4172
Fe3+	0,2499	0,1544	0,2283	0,1970	0,2685	0,1970
Fe2+	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mn	0,0017	0,0021	0,0025	0,0031	0,0020	0,0024
Mg	0,1462	0,1185	0,1422	0,0958	0,1319	0,1527
Ca	0,0036	0,0544	0,0036	0,0080	0,0044	0,0613
Na	0,0003	0,0531	0,0029	0,0045	0,0000	0,0107
K	0,0032	0,0211	0,0081	0,0194	0,0038	0,0141
P	0,0006	0,0011	0,0004	0,0007	-	-
Cr	-	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	-
Ni	-	-	-	-	-	
Mg#	0,3690	0,4342	0,3837	0,3271	0,3294	0,4367
SiO2/Al2O3	0,9997	2,1884	1,3504	1,0725	1,0914	2,2493
Na2O + K2O	0,1600	2,6300	0,4700	1,0500	0,1806	0,9984
ASI	98,7191	3,5497	41,4344	22,5013	80,2126	4,8440

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 18: Granite et Rhyolite de Bernina

Sample	BPA 027-21a	BPA 263-21a	BPA 262-21a	BPA 255-17a	BPA 244-17a	BPA 257-21a	BPA 266-21a
	Granite	Granite	Granite	Rhyolite	Rhyolite	Rhyolite	Rhyolite
Wt%							
SiO2	72,6708	73,8491	76,1660	75,8936	76,5755	75,5195	76,4390
TiO2	0,4336	0,2054	0,1429	0,0990	0,0671	0,0870	0,2495
Al2O3	13,6992	13,4610	12,8364	12,0150	12,0221	12,4927	13,0329
Fe2O3	2,9362	1,6922	0,8129	1,1168	0,5186	0,7852	1,4576
FeO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MnO	0,0428	0,0777	0,0178	0,0135	0,0018	0,0176	0,0291
MgO	0,3032	0,0471	0,1611	0,0234	0,0000	0,0572	0,1403
CaO	1,7897	1,7488	3,7563	0,0342	0,0231	0,4938	0,0598
Na2O	3,5132	3,6562	4,9002	3,9554	3,7008	3,7431	0,1667
K2O	3,3222	4,3941	0,7693	5,3491	5,7548	5,9597	5,5463
P2O5	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
LOI	1,7968	1,4100	1,0034	0,8001	0,9367	1,2498	2,6302
Total	100,5077	100,5415	100,5662	99,3000	99,6005	100,4055	99,7514
Si	1,2096	1,2292	1,2677	1,2632	1,2746	1,2570	1,2723
Ti	0,0054	0,0026	0,0018	0,0012	0,0008	0,0011	0,0031
Al	0,2687	0,2640	0,2518	0,2357	0,2358	0,2451	0,2556
Fe3+	0,0368	0,0212	0,0102	0,0140	0,0065	0,0098	0,0183
Fe2+	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0006	0,0011	0,0003	0,0002	0,00003	0,0002	0,0004
Mg	0,0075	0,0012	0,0040	0,0006	0,00000	0,0014	0,0035
Ca	0,0319	0,0312	0,0670	0,0006	0,0004	0,0088	0,0011
Na	0,1134	0,1180	0,1581	0,1276	0,1194	0,1208	0,0054
K	0,0705	0,0933	0,0163	0,1136	0,1222	0,1265	0,1178
P	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-
SiO2/Al2O3	5,3047	5,4861	5,9336	6,3166	6,3696	6,0451	5,8651
Na2O + K2O	6,8353	8,0503	5,6695	9,3045	9,4555	9,7028	5,7130
ASI	1,2451	1,0890	1,0429	0,9746	0,9744	0,9568	2,0584

Mg# : Mg/(FeT+Mg)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 19: Troctolite

Sample	BPA 260-21a	BPA 260-21b	BPA 260-21c	BPA 260-21d	BPA 260-21g	BPA 260-21i
	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite
ppm						
Cr	146,00	146,33	114,66	114,00	134,00	47,81
Ni	128,00	143,41	116,86	140,00	160,00	99,71
Cu	28,50	26,05	45,49	25,30	23,90	19,11
Zn	44,90	34,80	33,64	47,80	49,40	37,16
Rb	0,86	0,58	0,50	1,03	0,62	1,51
Sr	340,00	300,89	318,85	344,00	317,00	348,57
Y	4,06	0,96	0,00	3,77	3,31	0,00
Zr	7,32	1,32	0,21	6,37	5,38	10,62
Nb	0,17	BDL	5,52	0,19	0,07	5,71
Cd	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sn	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sb	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cs	0,29	NA	NA	0,20	0,04	NA
Ba	24,80	NA	NA	25,50	20,50	NA
La	1,13	NA	NA	1,18	1,02	NA
Ce	2,53	NA	NA	2,61	2,24	NA
Pr	0,35	NA	NA	0,36	0,32	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	1,66	NA	NA	1,63	1,57	NA
Sm	0,49	NA	NA	0,98	0,49	NA
Eu	0,60	NA	NA	0,60	0,56	NA
Gd	0,67	NA	NA	0,67	0,58	NA
Tb	0,12	NA	NA	0,12	0,10	NA
Dy	0,79	NA	NA	0,72	0,64	NA
Ho	0,17	NA	NA	0,16	0,14	NA
Er	0,50	NA	NA	0,45	0,41	NA
Tm	0,08	NA	NA	0,07	0,05	NA
Yb	0,47	NA	NA	0,43	0,37	NA
Lu	0,07	NA	NA	0,06	0,06	NA
Hf	0,28	NA	NA	0,27	0,20	NA
Ta	BDL	NA	NA	0,02	BDL	NA
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	0,83	NA	NA	0,81	0,82	NA
Th	0,05	NA	NA	0,08	0,03	NA
U	BDL	NA	NA	0,02	BDL	NA
Sc	NA	NA	NA	NA	NA	NA
S	NA	30,47	BDL	NA	NA	BDL
Co	46,90	NA	NA	50,30	49,30	NA
V	102,00	73,30	61,73	77,70	62,50	30,31
Ga	NA	0,85	10,55	NA	NA	13,06
(La/Sm)N	1,43	-	-	0,76	1,32	-
Eu/Eu*	3,18	-	-	2,25	3,18	-
(La/Yb)N	1,67	-	-	1,92	1,90	-
(Gd/Yb)N	1,18	-	-	1,31	1,29	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 20: Troctolite

Sample	BPA 260-21g	BPA 260-21i	BPA 260-21j	BPA 261-21a	BPA 261-21b	BPA 21-21a	BPA 182-21a
	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite	Troctolite
ppm							
Cr	134,00	47,81	132,06	97,37	34,50	36,70	392,71
Ni	160,00	99,71	104,42	130,32	126,00	91,80	117,95
Cu	23,90	19,11	31,39	29,65	31,00	46,50	48,14
Zn	49,40	37,16	33,52	29,60	42,90	60,50	67,80
Rb	0,62	1,51	5,71	0,49	0,74	9,99	3,50
Sr	317,00	348,57	303,74	335,56	362,00	337,00	257,07
Y	3,31	0,00	9,07	0,00	1,56	11,70	16,97
Zr	5,38	10,62	57,45	1,29	4,61	43,40	64,96
Nb	0,07	5,71	7,28	7,88	0,25	2,21	7,68
Cd	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sn	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sb	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cs	0,04	NA	NA	NA	0,57	1,21	NA
Ba	20,50	NA	NA	NA	19,90	66,00	NA
La	1,02	NA	NA	NA	0,95	6,10	NA
Ce	2,24	NA	NA	NA	2,07	13,70	NA
Pr	0,32	NA	NA	NA	0,25	1,67	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	1,57	NA	NA	NA	1,16	7,00	NA
Sm	0,49	NA	NA	NA	0,26	1,77	NA
Eu	0,56	NA	NA	NA	0,49	0,71	NA
Gd	0,58	NA	NA	NA	0,32	2,11	NA
Tb	0,10	NA	NA	NA	0,05	0,36	NA
Dy	0,64	NA	NA	NA	0,30	2,37	NA
Ho	0,14	NA	NA	NA	0,06	0,49	NA
Er	0,41	NA	NA	NA	0,19	1,33	NA
Tm	0,05	NA	NA	NA	0,03	0,21	NA
Yb	0,37	NA	NA	NA	0,17	1,28	NA
Lu	0,06	NA	NA	NA	0,03	0,19	NA
Hf	0,20	NA	NA	NA	0,14	1,36	NA
Ta	BDL	NA	NA	NA	0,02	0,18	NA
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	0,82	NA	NA	NA	1,40	3,63	NA
Th	0,03	NA	NA	NA	0,05	1,37	NA
U	BDL	NA	NA	NA	BDL	0,42	NA
Sc	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
S	NA	BDL	BDL	BDL	NA	NA	BDL
Co	49,30	NA	NA	NA	47,40	43,80	NA
V	62,50	30,31	69,67	30,17	26,20	78,20	149,48
Ga	NA	13,06	12,59	10,66	NA	NA	13,13
(La/Sm)N	1,32	-	-	-	2,30	2,16	-
Eu/Eu*	3,18	-	-	-	5,15	1,11	-
(La/Yb)N	1,90	-	-	-	3,76	3,30	-
(Gd/Yb)N	1,29	-	-	-	1,54	1,36	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 21: Gabbro

Sample	BPA 182-21b	BPA 018-11c	YM 74B	YM 74A	YM 41A	YM 49A	YM 56A	YM 56A
	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro
ppm								
Cr	85,00	7,45	225,20	258,90	152,10	483,00	350,30	39,90
Ni	65,41	6,60	194,10	241,00	29,00	133,30	207,10	43,30
Cu	36,78	9,41	175,50	227,70	19,20	45,80	113,40	49,90
Zn	29,35	57,21	98,00	114,50	47,50	32,20	124,20	67,10
Rb	0,93	126,07	2,20	2,50	59,00	3,60	1,20	2,10
Sr	474,78	411,97	193,10	172,90	347,10	411,60	48,70	320,00
Y	0,00	29,23	5,10	4,70	12,60	6,50	20,20	8,20
Zr	0,17	4,17	7,70	9,70	44,60	15,50	33,30	14,90
Nb	7,23	8,58	BDL	BDL	1,80	BDL	BDL	2,10
Cd	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Sn	NA	NA	BDL	BDL	3,90	5,20	BDL	BDL
Sb	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cs	NA	NA	BDL	BDL	BDL	3,40	BDL	2,80
Ba	NA	NA	22,40	14,90	224,90	25,10	11,20	34,50
La	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Ce	NA	NA	10,20	7,40	16,00	5,60	14,20	13,00
Pr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	NA	NA	3,10	BDL	6,50	3,10	8,90	5,40
Sm	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Eu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Gd	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tb	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Dy	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ho	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Er	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Yb	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	3,00	BDL
Lu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hf	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Ta	NA	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	NA	NA	BDL	BDL	3,50	BDL	BDL	BDL
Th	NA	NA	BDL	BDL	2,00	BDL	BDL	BDL
U	NA	NA	BDL	1,00	2,30	2,20	1,10	1,20
Sc	NA	NA	37,30	37,50	25,40	21,20	57,80	33,70
S	0,00	0,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Co	NA	NA	88,50	95,60	38,30	46,20	91,80	57,90
V	52,63	174,72	282,30	322,30	161,40	131,30	272,20	208,20
Ga	23,62	23,52	12,50	12,10	15,60	13,20	9,20	15,20
(La/Sm)N	-	-	-	-	-	-	-	-
Eu/Eu*	-	-	-	-	-	-	-	-
(La/Yb)N	-	-	-	-	-	-	-	-
(Gd/Yb)N	-	-	-	-	-	-	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 22: Norite

Sample	BPA 018-21c	BPA 020-11e
	Norite	Norite
ppm		
Cr	1,75	32,48
Ni	3,20	5,06
Cu	16,80	8,68
Zn	66,30	46,94
Rb	23,70	3,17
Sr	391,00	476,71
Y	9,04	0,00
Zr	2,48	6,08
Nb	3,26	8,96
Cd	NA	NA
Sn	NA	NA
Sb	NA	NA
Cs	0,51	NA
Ba	257,00	NA
La	7,95	NA
Ce	19,10	NA
Pr	2,63	NA
Pm	NA	NA
Nd	12,50	NA
Sm	3,15	NA
Eu	1,63	NA
Gd	3,18	NA
Tb	0,41	NA
Dy	2,28	NA
Ho	0,40	NA
Er	0,99	NA
Tm	0,12	NA
Yb	0,64	NA
Lu	0,10	NA
Hf	0,11	NA
Ta	0,19	NA
W	NA	NA
Pb	7,57	NA
Th	0,15	NA
U	0,07	NA
Sc	NA	NA
S	NA	BDL
Co	27,30	NA
V	113,00	96,60
Ga	NA	19,56
(La/Sm)N	1,58	-
Eu/Eu*	1,56	-
(La/Yb)N	8,56	-
(Gd/Yb)N	4,09	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 23: Gabbro à amphibole

Sample	YM 60A	YM 67A	YM 58A	YM 53F	YM 44A	YM 72A	YM 17A	YM 9A	BPA 110-12f
	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro
ppm									
Cr	49,20	47,60	81,70	20,50	67,50	30,30	19,40	BDL	37,81
Ni	18,10	38,60	20,30	118,60	57,40	33,10	15,90	4,30	5,84
Cu	31,20	60,60	32,20	46,20	49,00	36,30	72,60	32,40	13,68
Zn	79,80	74,80	53,10	60,80	93,00	75,10	106,80	37,50	92,36
Rb	5,00	9,10	3,90	8,80	30,00	5,60	4,30	3,60	4,87
Sr	309,00	315,90	347,80	333,50	306,40	320,20	309,90	482,30	326,36
Y	40,80	11,90	3,30	13,70	40,30	36,90	14,50	34,40	18,60
Zr	75,20	1094,90	14,40	56,90	246,30	173,50	191,30	16,80	256,58
Nb	6,30	4,80	1,50	1,80	6,20	7,40	10,10	4,20	16,25
Cd	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	NA
Sn	BDL	BDL	BDL	2,70	2,20	3,40	BDL	2,40	NA
Sb	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	NA
Cs	2,00	BDL	BDL	3,60	2,30	BDL	4,70	BDL	NA
Ba	91,80	175,30	36,90	40,10	134,30	108,70	88,40	80,00	NA
La	9,90	BDL	8,10	BDL	15,60	14,60	12,10	BDL	NA
Ce	38,90	24,30	13,00	7,30	43,50	45,20	39,00	25,80	NA
Pr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	28,00	7,90	4,20	4,40	29,00	27,40	19,70	25,40	NA
Sm	7,50	BDL	BDL	BDL	7,00	3,10	BDL	8,60	NA
Eu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Gd	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tb	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Dy	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ho	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Er	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Yb	4,00	BDL	BDL	BDL	3,90	2,70	BDL	3,00	NA
Lu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hf	BDL	21,30	BDL	BDL	4,50	4,50	3,90	BDL	NA
Ta	1,20	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	NA
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	2,50	BDL	BDL	1,20	3,80	4,10	2,10	1,50	NA
Th	BDL	4,80	1,30	1,70	2,30	2,10	1,30	1,20	NA
U	1,90	1,30	2,00	2,10	2,20	BDL	1,40	2,10	NA
Sc	40,00	23,10	21,20	16,90	27,80	34,20	26,40	33,30	NA
S	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,00
Co	48,40	54,30	43,50	52,90	39,40	49,50	42,00	38,10	NA
V	236,50	223,60	226,80	115,50	160,90	202,60	198,30	126,30	206,91
Ga	19,10	17,90	18,80	14,90	21,50	20,60	19,20	20,30	20,51
(La/Sm)N	0,83	-	-	-	1,40	2,95	-	-	-
Eu/Eu*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(La/Yb)N	1,71	-	-	-	2,77	3,74	-	-	-
(Gd/Yb)N	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 24: Gabbro à amphibole

Sample	YM 9A	BPA 110-12f	YM 46A	YM 51A	YM 65A	YM 68B	YM 18A	YM 37A	YM 35A	YM 55A	YM 45A
	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro	Amp-gabbro
ppm											
Cr	BDL	37,81	22,20	1,70	13,60	269,60	14,40	20,10	13,40	36,40	25,9
Ni	4,30	5,84	33,60	7,40	64,90	126,30	11,80	14,70	10,30	28,30	33,8
Cu	32,40	13,68	49,60	59,60	57,10	67,60	38,90	36,20	30,60	34,90	29,3
Zn	37,50	92,36	102,90	114,10	68,60	87,50	91,00	104,20	79,00	50,70	88,2
Rb	3,60	4,87	5,00	2,70	41,30	2,90	5,20	31,50	31,60	9,50	10
Sr	482,30	326,36	368,80	396,00	321,50	176,40	311,10	329,20	308,90	324,80	319
Y	34,40	18,60	32,60	52,00	19,60	24,70	49,10	32,30	22,80	8,10	36,2
Zr	16,80	256,58	108,10	68,00	87,90	81,80	52,20	116,30	108,50	12,00	157,1
Nb	4,20	16,25	6,00	9,50	3,10	2,40	9,00	9,30	7,70	BDL	6
Cd	BDL	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Sn	2,40	NA	BDL	BDL	3,90	BDL	BDL	BDL	3,50	BDL	2
Sb	BDL	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cs	BDL	NA	BDL	BDL	6,10	BDL	BDL	BDL	BDL	2,50	BDL
Ba	80,00	NA	82,40	81,40	91,10	29,70	83,30	186,20	138,90	49,90	85,1
La	BDL	NA	12,70	13,00	BDL	BDL	BDL	18,10	10,90	7,70	9,1
Ce	25,80	NA	35,70	42,60	21,50	21,00	37,30	49,80	34,60	5,50	35
Pr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	25,40	NA	27,10	33,40	11,40	17,30	35,20	30,90	16,80	3,10	20,8
Sm	8,60	NA	7,80	10,30	4,90	3,50	12,10	8,10	4,10	BDL	7,6
Eu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Gd	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tb	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Dy	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ho	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Er	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Yb	3,00	NA	BDL	4,50	3,20	4,30	3,70	2,50	BDL	BDL	3,2
Lu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hf	BDL	NA	2,70	BDL	2,50	BDL	BDL	3,10	BDL	BDL	4,5
Ta	BDL	NA	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	1,50	NA	5,00	2,20	1,40	1,80	BDL	10,10	6,20	BDL	4,6
Th	1,20	NA	1,20	BDL	2,40	BDL	BDL	2,70	2,70	BDL	1,2
U	2,10	NA	1,80	1,60	1,90	BDL	1,20	2,00	1,40	BDL	1,5
Sc	33,30	NA	22,80	41,60	18,60	43,80	55,90	23,20	29,30	32,20	28,6
S	NA	0,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Co	38,10	NA	43,60	53,50	48,20	58,00	53,40	42,00	46,00	55,90	47,6
V	126,30	206,91	152,40	321,60	114,20	257,20	243,10	173,70	262,20	206,50	187,2
Ga	20,30	20,51	22,20	22,90	15,20	13,20	21,30	22,50	18,90	15,30	20
(La/Sm)N	-	-	1,02	0,79	-	-	-	1,40	1,67	-	0,75
Eu/Eu*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(La/Yb)N	-	-	-	2,00	-	-	-	5,01	-	-	1,97
(Gd/Yb)N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 25: Norite à amphibole

Sample	YM 40A	YM 23A	YM 70A	BPA 019-21a	YM 38A	TS 25A
	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite	Amp-norite
ppm						
Cr	128,40	16,40	50,80	29,1	250,4	72,60
Ni	36,90	18,10	62,10	23	63	45,90
Cu	20,00	50,80	49,10	36,1	64,8	54,30
Zn	61,30	120,30	72,90	110	71,9	71,70
Rb	27,20	3,70	9,80	2,13	5,3	2,30
Sr	308,90	429,00	310,80	328	232,9	215,60
Y	21,50	15,90	30,20	34,2	25,7	6,10
Zr	75,50	38,40	171,10	76,3	37,3	32,80
Nb	3,40	11,30	3,20	6,41	2,4	2,20
Cd	BDL	BDL	BDL	NA	BDL	BDL
Sn	3,10	BDL	BDL	NA	BDL	BDL
Sb	BDL	BDL	BDL	NA	BDL	BDL
Cs	4,60	BDL	BDL	0,586	BDL	BDL
Ba	116,00	75,20	55,70	65,5	50,2	39,30
La	12,30	9,30	7,00	10,3	BDL	BDL
Ce	29,00	30,90	25,50	31,2	25,7	BDL
Pr	NA	NA	NA	4,86	NA	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	15,20	20,20	15,30	23,3	14,7	3,20
Sm	4,20	6,90	BDL	6,17	3,7	BDL
Eu	NA	NA	NA	1,9	NA	NA
Gd	NA	NA	NA	6,69	NA	NA
Tb	NA	NA	NA	1,14	NA	NA
Dy	NA	NA	NA	6,88	NA	NA
Ho	NA	NA	NA	1,5	NA	NA
Er	NA	NA	NA	3,85	NA	NA
Tm	NA	NA	NA	0,55	NA	NA
Yb	2,50	BDL	4,20	3,48	2,9	BDL
Lu	NA	NA	NA	0,508	NA	NA
Hf	BDL	BDL	2,60	2,62	2,3	BDL
Ta	BDL	BDL	1,30	0,388	BDL	BDL
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	5,00	BDL	BDL	3,27	1,3	BDL
Th	2,30	1,90	1,30	0,184	1,2	BDL
U	2,20	BDL	2,20	0,114	BDL	BDL
Sc	23,50	18,50	33,10	NA	51,3	42,20
S	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Co	36,80	44,10	54,40	38,5	52,6	68,40
V	132,30	167,20	197,20	207	241,5	244,10
Ga	18,40	21,10	18,50	NA	15,1	15,20
(La/Sm)N	1,84	0,84	-	1,05	-	-
Eu/Eu*	-	-	-	0,90	-	-
(La/Yb)N	3,41	-	1,15	2,05	-	-
(Gd/Yb)N	-	-	-	1,59	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 26: Gabbro à cordiérite et à grenat

Sample	BPA 020-11b	BPA 004-11a	BPA 016-11a
	Crd-Grt-gabbro	Crd-Grt-gabbro	Crd-Grt-gabbro
ppm			
Cr	13,03	177,02	88,71
Ni	8,83	80,10	66,76
Cu	9,21	76,21	33,32
Zn	52,62	246,37	434,66
Rb	21,86	14,01	25,57
Sr	497,03	404,93	410,99
Y	13,28	87,84	27,33
Zr	24,18	281,28	562,30
Nb	11,59	14,10	17,79
Cd	NA	NA	NA
Sn	NA	NA	NA
Sb	NA	NA	NA
Cs	NA	NA	NA
Ba	NA	NA	NA
La	NA	NA	NA
Ce	NA	NA	NA
Pr	NA	NA	NA
Pm	NA	NA	NA
Nd	NA	NA	NA
Sm	NA	NA	NA
Eu	NA	NA	NA
Gd	NA	NA	NA
Tb	NA	NA	NA
Dy	NA	NA	NA
Ho	NA	NA	NA
Er	NA	NA	NA
Tm	NA	NA	NA
Yb	NA	NA	NA
Lu	NA	NA	NA
Hf	NA	NA	NA
Ta	NA	NA	NA
W	NA	NA	NA
Pb	NA	NA	NA
Th	NA	NA	NA
U	NA	NA	NA
Sc	NA	NA	NA
S	BDL	BDL	BDL
Co	NA	NA	NA
V	184,62	327,65	284,60
Ga	23,80	22,44	32,39
(La/Sm)N	-	-	-
Eu/Eu*	-	-	-
(La/Yb)N	-	-	-
(Gd/Yb)N	-	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 27: Norite à grenat

Sample	BPA 004-21a	BPA 107-12a	BPA 006-21b	BPA 018-21a	BPA 019-21d	BPA 006-11a
	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-norite
ppm						
Cr	10,42	27,17	3,56	2,75	14,20	0,38
Ni	16,85	13,43	3,90	6,40	11,60	6,96
Cu	19,87	11,29	14,40	17,30	16,30	9,53
Zn	88,66	95,73	78,60	159,00	66,70	61,65
Rb	3,96	1,31	85,60	40,20	51,90	76,39
Sr	438,45	353,11	478,00	298,00	196,00	470,35
Y	0,07	34,81	3,55	9,02	23,60	10,53
Zr	13,79	578,33	6,28	6,37	11,40	2,46
Nb	15,43	13,04	9,82	8,53	16,40	8,83
Cd	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sn	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sb	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cs	NA	NA	1,19	1,23	1,57	NA
Ba	NA	NA	1060,00	614,00	1230,00	NA
La	NA	NA	8,50	6,76	7,12	NA
Ce	NA	NA	14,90	11,70	10,70	NA
Pr	NA	NA	1,50	1,30	1,20	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	NA	NA	5,17	4,93	4,51	NA
Sm	NA	NA	0,81	0,98	1,02	NA
Eu	NA	NA	2,00	1,91	2,45	NA
Gd	NA	NA	0,93	1,81	2,37	NA
Tb	NA	NA	0,14	0,39	0,58	NA
Dy	NA	NA	0,82	2,30	4,20	NA
Ho	NA	NA	0,14	0,34	0,93	NA
Er	NA	NA	0,37	0,58	2,55	NA
Tm	NA	NA	0,05	0,05	0,35	NA
Yb	NA	NA	0,32	0,22	2,06	NA
Lu	NA	NA	0,05	0,02	0,28	NA
Hf	NA	NA	0,19	0,21	0,29	NA
Ta	NA	NA	0,35	0,34	0,68	NA
W	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	NA	NA	10,30	8,80	4,70	NA
Th	NA	NA	0,13	0,09	0,04	NA
U	NA	NA	0,04	0,02	BDL	NA
Sc	NA	NA	NA	NA	NA	NA
S	0,00	NA	NA	NA	NA	0,00
Co	NA	NA	18,50	24,30	30,70	NA
V	136,36	180,84	114,00	96,40	162,00	159,64
Ga	22,09	18,89	NA	NA	NA	23,10
(La/Sm)N	-	-	6,59	4,35	4,38	-
Eu/Eu*	-	-	7,00	4,37	4,79	-
(La/Yb)N	-	-	18,57	20,99	2,39	-
(Gd/Yb)N	-	-	2,42	6,71	0,95	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 28: Diorite

Sample	YM 48F	YM 26A	BPA 109-21b	YM 62A	YM 62B	BPA 002-21a	YM64A
	diorite	diorite	diorite	diorite	diorite	diorite	diorite
ppm							
Cr	179,20	175,60	48,39	70,30	71,10	BDL	75,7
Ni	32,90	65,40	35,10	25,90	26,30	25,75	22,4
Cu	34,20	20,10	38,20	31,20	16,40	5,43	21,7
Zn	49,50	68,30	90,70	53,40	67,90	21,15	79,5
Rb	45,50	52,10	79,36	13,10	43,80	52,11	73,8
Sr	294,70	253,20	255,00	337,70	251,20	305,84	257,6
Y	12,40	27,50	33,80	22,90	24,50	8,24	27,8
Zr	52,30	169,20	228,00	118,40	123,30	330,79	168,8
Nb	2,20	6,80	9,13	5,60	6,00	9,53	7,6
Cd	NA	BDL	NA	BDL	BDL	NA	BDL
Sn	3,00	2,10	NA	3,80	4,10	NA	6,1
Sb	NA	BDL	NA	BDL	BDL	NA	BDL
Cs	3,70	BDL	3,27	BDL	2,40	NA	3,1
Ba	124,10	185,90	215,00	94,80	180,20	NA	272,1
La	9,00	18,80	17,30	14,90	14,10	NA	16,2
Ce	18,20	44,50	42,90	32,80	32,70	NA	40
Pr	NA	NA	5,88	NA	NA	NA	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	8,40	22,50	26,70	16,50	18,00	NA	23,2
Sm	BDL	4,00	6,86	BDL	3,70	NA	5
Eu	NA	NA	1,58	NA	NA	NA	NA
Gd	NA	NA	6,88	NA	NA	NA	NA
Tb	NA	NA	1,05	NA	NA	NA	NA
Dy	NA	NA	6,42	NA	NA	NA	NA
Ho	NA	NA	1,26	NA	NA	NA	NA
Er	NA	NA	3,63	NA	NA	NA	NA
Tm	NA	NA	0,51	NA	NA	NA	NA
Yb	BDL	4,70	3,22	BDL	2,80	NA	2,5
Lu	NA	NA	0,46	NA	NA	NA	NA
Hf	BDL	3,10	5,38	2,80	3,00	NA	3,4
Ta	BDL	BDL	0,58	BDL	1,00	NA	BDL
W	BDL	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	3,50	8,10	10,32	5,80	9,50	NA	10,9
Th	2,10	4,10	3,15	4,80	4,90	NA	3,1
U	1,90	2,80	1,24	3,40	2,60	NA	2,5
Sc	30,00	23,30	NA	20,00	19,70	NA	22,3
S	NA	NA	NA	NA	NA	BDL	NA
Co	45,70	36,90	23,09	30,10	31,60	NA	35,3
V	187,10	133,70	161,00	108,50	112,50	76,29	120,6
Ga	15,40	18,10	NA	18,70	17,70	22,08	19,9
(La/Sm)N	-	2,95	1,58	-	2,39	-	2,03
Eu/Eu*	-	-	0,70	-	-	-	-
(La/Yb)N	-	2,77	3,72	-	3,49	-	4,49
(Gd/Yb)N	-	-	1,77	-	-	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 29: Diorite à grenat

Sample	BPA 003-11d	BPA 119-12b	BPA 002-21b	BPA 003-21a	BPA 126-12b
	Grt-diorite	Grt-diorite	Grt-diorite	Grt-diorite	Grt-diorite
ppm					
Cr	9,48	67,20	19,57	13,67	0,20
Ni	10,16	44,00	31,20	9,90	13,73
Cu	6,44	12,80	13,40	14,60	6,67
Zn	33,10	78,90	53,19	58,00	68,45
Rb	65,79	74,91	141,23	53,96	96,89
Sr	406,42	309,00	303,15	307,00	345,59
Y	101,37	35,40	48,52	40,00	69,08
Zr	727,63	424,00	735,69	736,00	279,75
Nb	8,53	12,74	20,41	10,27	15,10
Cd	NA	NA	NA	NA	NA
Sn	NA	NA	NA	NA	NA
Sb	NA	NA	NA	NA	NA
Cs	NA	2,50	NA	1,50	NA
Ba	NA	591,00	NA	286,00	NA
La	NA	62,00	NA	46,90	NA
Ce	NA	117,00	NA	117,00	NA
Pr	NA	12,50	NA	10,50	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	NA	45,70	NA	40,20	NA
Sm	NA	7,50	NA	7,19	NA
Eu	NA	2,81	NA	3,00	NA
Gd	NA	7,12	NA	6,91	NA
Tb	NA	1,08	NA	1,06	NA
Dy	NA	6,86	NA	6,62	NA
Ho	NA	1,36	NA	1,41	NA
Er	NA	3,81	NA	4,38	NA
Tm	NA	0,53	NA	0,65	NA
Yb	NA	3,45	NA	4,32	NA
Lu	NA	0,51	NA	0,68	NA
Hf	NA	10,10	NA	17,60	NA
Ta	NA	0,72	NA	0,45	NA
W	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	NA	18,86	NA	18,00	NA
Th	NA	16,50	NA	17,00	NA
U	NA	1,11	NA	2,36	NA
Sc	NA	NA	NA	NA	NA
S	NA	NA	NA	NA	NA
Co	NA	30,98	NA	8,91	NA
V	123,49	247,00	140,80	58,00	154,96
Ga	23,28	NA	28,98	NA	22,54
(La/Sm)N	-	5,18	-	4,09	-
Eu/Eu*	-	1,17	-	1,29	-
(La/Yb)N	-	12,46	-	7,51	-
(Gd/Yb)N	-	1,71	-	1,32	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 30: Granitoïde

Sample	BPA 073-21a	BPA 109-21a	YM 29A	BPA 120-12b	YM 28A
	Granodiorite	Granodiorite	Grt-granodiorite	Grt-granodiorite	Grt-granite
ppm					
Cr	3,04	5,57	9,60	48,21	3,40
Ni	19,68	3,30	8,90	40,30	4,30
Cu	3,19	5,20	11,50	183,80	7,90
Zn	54,33	35,00	56,90	112,00	16,20
Rb	76,76	134,00	129,80	81,45	74,90
Sr	200,64	119,00	215,70	193,00	125,60
Y	34,29	8,67	28,60	20,10	21,90
Zr	263,86	89,38	275,60	186,00	182,40
Nb	9,57	5,13	13,20	8,10	8,50
Cd	NA	NA	BDL	NA	BDL
Sn	NA	NA	8,40	NA	5,40
Sb	NA	NA	BDL	NA	BDL
Cs	NA	5,13	7,20	2,02	2,20
Ba	NA	805,00	449,50	1000,00	409,30
La	NA	18,60	42,50	25,00	31,30
Ce	NA	44,10	77,00	68,50	63,80
Pr	NA	4,26	NA	6,39	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	NA	16,00	33,90	25,20	26,70
Sm	NA	3,08	5,70	5,49	8,90
Eu	NA	1,26	NA	1,61	NA
Gd	NA	2,44	NA	5,09	NA
Tb	NA	0,31	NA	0,70	NA
Dy	NA	1,63	NA	4,06	NA
Ho	NA	0,34	NA	0,75	NA
Er	NA	1,11	NA	2,08	NA
Tm	NA	0,17	NA	0,28	NA
Yb	NA	1,17	2,40	1,78	2,20
Lu	NA	0,17	NA	0,26	NA
Hf	NA	2,46	4,00	4,67	2,30
Ta	NA	0,61	2,00	0,40	BDL
W	NA	NA	NA	NA	NA
Pb	NA	24,02	10,30	38,95	10,90
Th	NA	7,84	14,80	9,76	11,10
U	NA	1,19	3,70	1,28	1,90
Sc	NA	NA	11,60	NA	7,10
S	BDL	NA	NA	NA	NA
Co	NA	2,35	28,80	19,66	21,80
V	78,89	17,80	42,70	39,00	20,80
Ga	19,13	NA	21,40	NA	16,70
(La/Sm)N	-	3,78	4,67	2,85	2,20
Eu/Eu*	-	1,40	-	0,92	-
(La/Yb)N	-	11,04	12,26	9,72	9,85
(Gd/Yb)N	-	1,73	-	2,36	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 31: Micaschiste

Sample	BPA 148-12a	BPA 56-12b	BPA 98-12f	BPA 99-12b	BPA099-12a	BPA146-12a	BPA10-11c	BPA23-11b	BPA 122-12a
	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste	Micaschiste
ppm									
Cr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ni	52,00	43,00	BDL	56,00	53,00	34,00	28,00	30,00	BDL
Cu	18,40	22,70	3,50	36,20	3,20	11,50	32,30	46,60	10,80
Zn	95,00	57,00	18,00	87,00	98,00	52,00	49,00	64,00	48,00
Rb	174,40	151,80	100,90	280,80	274,10	97,50	204,80	164,80	79,50
Sr	146,70	111,30	18,30	107,20	85,20	101,70	130,50	41,30	42,70
Y	37,00	22,80	34,00	27,20	22,40	23,10	35,90	25,00	40,30
Zr	213,20	210,80	441,60	140,70	159,10	215,80	188,00	184,40	462,50
Nb	21,10	13,30	11,10	22,70	20,40	9,80	21,50	14,70	12,40
Cd	BDL	BDL	BDL	0,10	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Sn	3,00	2,00	8,00	24,00	36,00	2,00	5,00	5,00	1,00
Sb	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cs	5,80	5,30	6,20	11,70	15,80	5,50	12,10	9,70	2,40
Ba	1249,00	440,00	293,00	1450,00	1131,00	323,00	620,00	761,00	715,00
La	65,90	40,10	21,50	67,70	54,40	31,10	53,80	49,10	38,50
Ce	126,10	77,10	45,90	134,70	110,70	63,20	116,30	96,90	79,50
Pr	14,57	9,50	5,26	15,52	13,02	7,05	13,09	10,42	8,46
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	50,40	33,00	20,10	57,50	43,00	27,70	44,80	37,30	29,20
Sm	10,32	5,89	4,16	9,50	8,81	5,05	8,98	6,93	5,85
Eu	1,70	1,17	0,89	2,05	1,33	1,17	1,78	1,37	0,85
Gd	9,03	5,23	3,83	8,19	6,50	4,80	6,96	5,89	5,26
Tb	1,36	0,84	0,82	0,99	0,97	0,79	1,13	0,91	1,02
Dy	7,91	4,39	5,21	5,40	4,89	3,94	6,39	4,65	6,39
Ho	1,39	0,90	1,13	1,09	0,89	0,80	1,10	0,91	1,19
Er	4,29	2,58	3,64	2,64	2,74	2,50	3,54	2,56	4,02
Tm	0,54	0,35	0,53	0,44	0,41	0,36	0,49	0,39	0,69
Yb	3,71	2,31	3,57	2,45	2,78	2,33	3,81	2,30	3,98
Lu	0,59	0,34	0,50	0,44	0,44	0,37	0,59	0,36	0,59
Hf	5,90	4,80	10,90	3,30	4,00	5,90	4,60	5,00	11,70
Ta	1,50	1,10	0,70	1,60	1,70	0,60	1,40	1,20	0,70
W	0,70	1,50	1,00	2,70	3,90	1,40	3,70	2,40	BDL
Pb	7,20	5,50	4,40	9,40	6,20	5,50	6,00	3,40	4,90
Th	20,20	13,50	13,30	21,20	17,20	10,30	19,70	15,30	13,20
U	2,90	2,80	2,60	4,00	3,10	2,30	3,70	3,20	2,00
Sc	26,00	14,00	9,00	24,00	20,00	9,00	24,00	13,00	13,00
S	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Co	24,30	16,60	11,50	23,40	24,60	11,50	17,70	13,80	7,60
V	154,00	100,00	50,00	173,00	160,00	62,00	167,00	96,00	85,00
Ga	30,40	19,50	14,60	35,40	33,30	12,50	29,70	20,20	10,50
(La/Sm)N	4,00	4,27	3,24	4,47	3,87	3,86	3,75	4,44	4,12
Eu/Eu*	0,53	0,64	0,68	0,71	0,53	0,72	0,68	0,65	0,47
(La/Yb)N	12,30	12,02	4,17	19,13	13,55	9,24	9,78	14,78	6,70
(Gd/Yb)N	2,01	1,87	0,89	2,76	1,93	1,70	1,51	2,12	1,09

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 32: Kinzigite

Sample	BPA 02-11d	BPA 109-12b	BPA 147-12a	BPA003-11a	BPA03-11C	BPA03-11F	BPA14-11Q	BPA14-11U
	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite	Kinzigite
ppm								
Cr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ni	50,00	63,00	30,00	87,00	101,00	88,00	61,00	81,00
Cu	44,30	50,00	34,60	13,30	20,70	5,30	12,10	28,10
Zn	54,00	74,00	103,00	42,00	62,00	44,00	72,00	93,00
Rb	130,20	202,00	128,80	145,40	106,20	104,50	46,20	63,70
Sr	114,40	81,60	153,40	114,10	105,20	68,90	208,20	70,00
Y	87,20	40,40	53,80	43,30	57,30	92,10	84,70	60,80
Zr	156,80	172,90	342,20	159,60	139,80	202,70	481,60	555,20
Nb	16,40	16,40	18,80	31,20	19,60	19,90	20,90	19,50
Cd	0,10	0,10	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Sn	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00
Sb	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cs	8,00	6,00	6,30	3,60	4,50	4,30	5,80	22,50
Ba	1446,00	1162,00	1189,00	1314,00	1985,00	1057,00	1496,00	1171,00
La	53,20	51,60	64,70	93,30	70,60	85,80	55,20	34,30
Ce	109,00	103,30	125,00	194,10	136,10	168,40	108,00	69,50
Pr	12,55	11,81	14,81	22,07	15,59	19,39	11,54	7,40
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	42,20	39,10	59,10	80,20	58,70	72,50	43,10	30,50
Sm	9,58	8,21	11,70	14,85	10,07	12,59	8,45	5,53
Eu	1,94	1,79	1,87	2,59	2,69	2,15	2,68	1,11
Gd	9,88	6,26	9,95	12,72	10,52	13,11	11,26	7,82
Tb	1,89	1,20	1,84	1,76	1,89	2,53	2,37	1,69
Dy	13,18	7,55	9,95	8,11	11,06	16,49	15,00	11,19
Ho	3,22	1,46	1,79	1,64	2,16	3,49	3,10	2,45
Er	9,62	3,87	5,15	5,07	5,96	9,67	9,02	6,88
Tm	1,60	0,63	0,72	0,73	0,89	1,37	1,41	1,06
Yb	10,74	3,72	4,10	4,70	5,68	8,26	9,42	6,67
Lu	1,57	0,56	0,73	0,73	0,84	1,24	1,50	1,06
Hf	4,40	4,50	9,20	4,60	3,60	5,70	13,00	13,90
Ta	0,90	0,80	0,90	5,00	1,00	1,00	1,50	1,20
W	BDL	0,80	0,70	3,00	2,70	0,60	1,00	0,60
Pb	6,60	6,80	6,60	8,40	10,30	7,50	4,80	3,90
Th	16,80	18,50	23,10	29,20	21,50	26,70	16,60	10,40
U	2,30	2,80	4,00	3,40	2,00	2,40	2,50	2,00
Sc	39,00	23,00	21,00	29,00	32,00	41,00	41,00	32,00
S	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Co	23,50	25,20	14,30	36,80	35,20	33,10	30,70	34,50
V	172,00	150,00	154,00	199,00	206,00	217,00	236,00	217,00
Ga	26,30	25,70	23,70	42,00	34,70	36,70	36,10	25,70
(La/Sm)N	3,48	3,94	3,47	3,94	4,39	4,27	4,09	3,89
Eu/Eu*	0,61	0,76	0,53	0,57	0,79	0,51	0,83	0,51
(La/Yb)N	3,43	9,60	10,93	13,74	8,61	7,19	4,06	3,56
(Gd/Yb)N	0,76	1,39	2,01	2,24	1,53	1,31	0,99	0,97

NA : Non analysé

BDL : sous la limite de détection

Table 33: Granulite

Sample	BPA018-11a	BPA 167-13a	BPA 18-13a	BPA 35-11e	BPA 018-11a	BPA 015-11a
	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite
ppm						
Cr	NA	NA	NA	NA	186,94	207,25
Ni	101,00	80,00	83,00	77,00	63,97	75,46
Cu	30,60	68,10	34,70	23,90	6,11	70,41
Zn	39,00	52,00	44,00	28,00	1318,22	319,03
Rb	14,00	29,70	21,90	41,10	11,47	15,57
Sr	2,60	267,70	4,40	22,90	0,62	366,36
Y	52,10	54,40	70,40	53,90	74,22	84,42
Zr	538,70	231,40	546,10	344,50	423,99	297,62
Nb	32,50	14,00	25,20	29,70	30,40	15,36
Cd	BDL	0,20	0,20	BDL	NA	NA
Sn	BDL	BDL	BDL	BDL	NA	NA
Sb	BDL	BDL	BDL	BDL	NA	NA
Cs	1,20	7,10	1,10	3,50	NA	NA
Ba	189,00	404,00	251,00	439,00	NA	NA
La	98,60	45,50	49,10	96,10	NA	NA
Ce	197,00	80,10	95,00	184,50	NA	NA
Pr	21,94	9,17	11,11	21,41	NA	NA
Pm	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nd	83,80	30,40	35,80	76,00	NA	NA
Sm	14,58	5,74	8,00	13,74	NA	NA
Eu	0,95	2,57	0,42	1,21	NA	NA
Gd	13,11	8,30	10,47	11,20	NA	NA
Tb	1,99	1,57	1,88	1,79	NA	NA
Dy	10,52	11,67	11,59	11,60	NA	NA
Ho	2,01	2,13	2,84	2,04	NA	NA
Er	5,42	5,89	7,89	5,24	NA	NA
Tm	0,84	0,72	1,28	0,91	NA	NA
Yb	5,42	5,26	7,14	5,27	NA	NA
Lu	0,85	0,84	1,11	0,91	NA	NA
Hf	13,70	7,60	12,70	7,10	NA	NA
Ta	1,90	0,80	1,40	1,90	NA	NA
W	0,60	BDL	BDL	BDL	NA	NA
Pb	1,40	4,60	5,50	3,50	NA	NA
Th	29,70	8,20	13,40	30,50	NA	NA
U	2,70	1,40	2,00	2,90	NA	NA
Sc	34,00	32,00	37,00	37,00	NA	NA
S	NA	NA	NA	NA	BDL	BDL
Co	44,70	33,10	39,40	37,30	503,65	NA
V	276,00	230,00	277,00	286,00	264,68	336,96
Ga	54,50	27,20	41,80	43,10	49,88	26,42
(La/Sm)N	4,24	4,97	3,85	4,38	-	-
Eu/Eu*	0,21	1,13	0,14	0,30	-	-
(La/Yb)N	12,60	5,99	4,76	12,63	-	-
(Gd/Yb)N	2,00	1,30	1,21	1,76	-	-

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

Table 34: Granite et Rhyolite de Bernina

Sample	BPA 027-21a	BPA 255-17a	BPA 244-17a
	Granite	Rhyolite	Rhyolite
ppm			
Cr	13,02	3,16	33,24
Ni	12,80	2,60	40,20
Cu	9,30	3,00	48,70
Zn	63,00	25,00	43,00
Rb	75,69	242,00	128,00
Sr	62,52	3,57	11,88
Y	11,00	3,52	6,88
Zr	196,00	146,00	176,00
Nb	9,33	15,24	13,82
Cd	0,17	0,09	0,10
Sn	6,10	13,30	11,60
Sb	0,11	0,83	2,42
Cs	5,51	3,70	2,52
Ba	206,00	14,63	71,07
La	9,09	8,43	22,00
Ce	29,50	37,40	56,70
Pr	2,62	2,61	4,98
Pm	NA	NA	NA
Nd	10,50	9,94	18,10
Sm	2,50	1,84	3,11
Eu	0,58	0,02	0,09
Gd	2,55	1,33	2,39
Tb	0,39	0,15	0,31
Dy	2,19	0,81	1,65
Ho	0,42	0,15	0,29
Er	1,19	0,46	0,81
Tm	0,16	0,07	0,10
Yb	1,00	0,43	0,64
Lu	0,16	0,07	0,09
Hf	5,63	6,44	6,26
Ta	0,93	0,33	0,26
W	NA	NA	NA
Pb	11,59	4,40	12,81
Th	6,92	7,84	14,20
U	2,09	6,13	6,30
Sc	NA	NA	NA
S	NA	NA	NA
Co	5,33	12,52	21,20
V	36,60	12,60	12,60
Ga	NA	NA	NA
(La/Sm)N	2,28	2,88	4,43
Eu/Eu*	0,70	0,03	0,10
(La/Yb)N	6,30	13,58	23,87
(Gd/Yb)N	2,11	2,55	3,10

NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

ANNEXE N°3 :

Données éléments majeurs et traces sur minéraux

Sample		BPA261-21b Troctolite Pargasite core	BPA0261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA0261-21b Troctolite Pargasite rim
Li	ppm	2,9657	3,0183	1,3999
B	ppm	3,1665	5,6181	2,4733
Al2O3	wt%	13,9592	12,4549	12,8971
CaO	wt%	11,6200	11,5100	11,7600
Sc	ppm	114,6269	109,9290	112,6226
TiO2	wt%	2,4882	2,6887	2,5903
V	ppm	810,3156	637,7589	688,7361
Cr	ppm	1032,3411	495,9446	833,5490
Co	ppm	62,9290	127,0517	50,6175
Ni	ppm	168,4321	357,3256	141,1172
Zn	ppm	73,2828	67,1203	61,8829
Rb	ppm	11,1314	8,5674	8,4116
Sr	ppm	75,1989	77,1445	93,3780
Y	ppm	44,5199	44,2514	45,5173
Zr	ppm	96,3323	103,9197	95,0881
Nb	ppm	2,7958	4,9677	5,5509
Ba	ppm	26,3070	35,0898	35,6134
La	ppm	2,0988	2,1022	1,9874
Ce	ppm	9,7104	9,7844	9,5411
Pr	ppm	1,9767	2,0266	1,9993
Nd	ppm	13,1184	13,7418	14,0257
Sm	ppm	5,1396	5,3141	5,5886
Eu	ppm	1,8979	1,9832	1,8841
Gd	ppm	7,2790	7,3771	7,5441
Tb	ppm	1,2220	1,2291	1,2533
Dy	ppm	8,2843	8,4057	8,7331
Ho	ppm	1,7095	1,7304	1,7448
Er	ppm	4,9240	4,8655	4,9100
Tm	ppm	0,6469	0,6418	0,6416
Yb	ppm	4,1337	4,2679	4,1466
Lu	ppm	0,5691	0,5864	0,5660
Hf	ppm	2,8649	3,2220	3,2879
Ta	ppm	0,1331	0,3022	0,2338
Pb	ppm	0,6386	1,3135	0,8037
Th	ppm	0,4192	0,3940	0,4398
U	ppm	0,1350	0,1088	0,1321
(La/Yb)N		0,3515	0,3410	0,3318
(La/Sm)N		0,2559	0,2479	0,2229
(Gd/Yb)N		1,4555	1,4287	1,5038
Eu/Eu*		0,9423	0,9619	0,8812
Zr/Y		2,1638	2,3484	2,0891
La/Nb		0,7507	0,4232	0,3580
Ba/Nb		9,4095	7,0636	6,4158

1.2 BPA021-21a2

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Pargasite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermackite core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermackite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermackite core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermackite core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Pargasite rim
Li	ppm	4,8659	5,0503	4,4449	3,9715	5,8642	4,9762
B	ppm	11,2366	10,8234	9,8348	7,9248	56,7535	16,9725
Al2O3	wt%	12,4756	12,8799	11,5843	12,2718	12,1472	11,8248
CaO	wt%	11,2900	11,3000	10,9400	11,2700	11,3300	11,2900
Sc	ppm	90,1096	87,9769	77,1811	87,3817	74,3008	75,5700
TiO2	wt%	4,4221	5,0530	2,9812	4,4512	3,8279	2,8803
V	ppm	346,1805	381,1034	281,4767	362,8348	255,4982	259,2813
Cr	ppm	77,6039	108,2202	88,7159	91,8991	95,5341	121,9332
Co	ppm	85,6612	84,9208	78,9831	83,6021	84,7410	76,9689
Ni	ppm	183,4541	176,3870	160,0214	175,6192	189,5275	169,8970
Zn	ppm	123,1770	129,2910	113,5629	115,1095	119,6803	109,4343
Rb	ppm	8,7406	9,2155	8,4952	11,1806	10,4306	9,1048
Sr	ppm	118,5159	135,6892	67,2758	130,5941	83,7056	66,3942
Y	ppm	98,2843	83,5307	76,2191	82,8323	61,2032	64,8367
Zr	ppm	222,7346	174,3736	382,7554	214,8827	304,4024	339,3642
Nb	ppm	21,2528	19,8114	21,0166	18,7263	20,0070	17,8685
Ba	ppm	169,2088	178,2836	86,6349	185,1412	121,6176	115,4830
La	ppm	19,2409	16,9728	22,4704	18,8707	27,2678	22,0103
Ce	ppm	67,4231	59,2330	69,2403	62,9648	79,5678	67,1014
Pr	ppm	10,9186	9,3830	9,8064	9,5303	9,9194	8,8306
Nd	ppm	58,2966	48,2230	46,2073	48,2866	41,7939	39,4725
Sm	ppm	17,0377	13,5451	12,5010	13,5334	9,7516	9,9179
Eu	ppm	1,7369	1,7578	1,4834	1,7527	1,5459	1,4619
Gd	ppm	19,1138	15,4960	13,8989	15,1163	10,2112	10,7311
Tb	ppm	3,0404	2,5250	2,3032	2,4718	1,6780	1,7861
Dy	ppm	19,4114	16,2149	14,9637	15,9213	11,2831	12,0861
Ho	ppm	3,7599	3,1891	2,9487	3,1277	2,2721	2,4073
Er	ppm	10,4084	9,0445	8,3431	8,8015	6,7877	7,1698
Tm	ppm	1,3042	1,1345	1,0482	1,1070	0,9202	0,9583
Yb	ppm	8,1950	7,3151	7,0153	7,4029	6,4397	6,5510
Lu	ppm	1,0875	0,9550	0,9347	0,9737	0,8971	0,8879
Hf	ppm	7,2188	6,2452	11,7341	6,3260	8,2601	9,8237
Ta	ppm	1,1933	1,1805	1,5294	1,1284	1,4018	1,2780
Pb	ppm	2,5997	3,0005	2,1498	2,6859	2,6685	1,9150
Th	ppm	1,3023	0,7064	2,9740	2,2224	4,1487	3,2678
U	ppm	0,6325	0,4018	0,9097	1,0104	1,6241	1,1052
(La/Yb)N		1,6256	1,6065	2,2177	1,7649	2,9317	2,3263
(La/Sm)N		0,7078	0,7854	1,1266	0,8739	1,7526	1,3909
(Gd/Yb)N		1,9278	1,7509	1,6376	1,6878	1,3106	1,3540
Eu/Eu*		0,2923	0,3685	0,3417	0,3721	0,4705	0,4303
Zr/Y		2,2662	2,0875	5,0218	2,5942	4,9736	5,2341
La/Nb		0,9053	0,8567	1,0692	1,0077	1,3629	1,2318
Ba/Nb		7,9617	8,9990	4,1222	9,8867	6,0788	6,4629

1.2.1 BPA021-21a2 continu

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Tschermackite core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Pargasite rim
Li	ppm	3,8709	3,7226
B	ppm	9,7471	9,6986
Al2O3	wt%	11,5277	11,2252
CaO	wt%	11,3300	11,2900
Sc	ppm	64,9908	78,3498
TiO2	wt%	4,1272	3,5109
V	ppm	218,7896	255,8915
Cr	ppm	49,4536	66,2911
Co	ppm	79,2373	80,4840
Ni	ppm	168,5852	175,3776
Zn	ppm	113,0782	107,7151
Rb	ppm	10,9923	9,7011
Sr	ppm	103,0109	72,7459
Y	ppm	49,4437	75,8416
Zr	ppm	221,3539	357,5215
Nb	ppm	19,1936	23,2329
Ba	ppm	154,2904	83,3021
La	ppm	20,2314	23,0766
Ce	ppm	60,2816	72,9252
Pr	ppm	7,7467	9,9185
Nd	ppm	33,9706	46,0744
Sm	ppm	7,9471	12,2012
Eu	ppm	1,3146	1,4220
Gd	ppm	8,4565	13,6649
Tb	ppm	1,3893	2,2365
Dy	ppm	9,5244	14,8127
Ho	ppm	1,8778	2,9360
Er	ppm	5,6393	8,5448
Tm	ppm	0,7694	1,0993
Yb	ppm	5,3245	7,2646
Lu	ppm	0,7470	0,9850
Hf	ppm	7,0070	11,4920
Ta	ppm	1,3800	1,6380
Pb	ppm	2,4490	2,0840
Th	ppm	1,1510	2,2330
U	ppm	0,6290	0,9150
(La/Yb)N		2,6308	2,1994
(La/Sm)N		1,5956	1,1854
(Gd/Yb)N		1,3127	1,5548
Eu/Eu*		0,4870	0,3344
Zr/Y		4,4769	4,7141
La/Nb		1,0541	0,9933
Ba/Nb		8,0386	3,5855

1.3 YM38a

Sample		YM38a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	YM38a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	YM38a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	YM38a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	YM38a Amp-norite Tschermackitic Hbl core
Li	ppm	3,1708	2,6773	1,5091	4,0837	3,2269
B	ppm	4,2354	4,1897	3,8835	4,0849	6,3957
Al2O3	wt%	11,5813	11,9982	11,5831	8,9595	10,2970
CaO	wt%	11,3500	11,4900	11,3500	11,3500	11,3500
Sc	ppm	158,0789	167,1911	158,7727	138,6661	161,7735
TiO2	wt%	3,4530	3,9064	3,7838	2,3745	3,2069
V	ppm	1107,9051	1214,4278	1226,7728	839,8362	1055,5217
Cr	ppm	738,8320	835,4831	810,0383	574,1986	895,7791
Co	ppm	67,6234	67,9957	69,1812	65,3593	63,8422
Ni	ppm	92,0928	91,9153	94,7133	93,8316	91,7577
Zn	ppm	121,9547	123,1778	122,8763	115,9596	111,1392
Rb	ppm	4,1703	4,3577	4,1897	3,2931	4,2814
Sr	ppm	105,4571	113,3204	126,4459	50,1931	86,4702
Y	ppm	136,1647	146,4982	142,8055	117,6116	136,0062
Zr	ppm	135,8654	126,9764	125,3748	130,2370	131,0675
Nb	ppm	11,2788	12,3589	11,7921	7,4831	9,8975
Ba	ppm	99,2491	98,3632	94,6660	49,3219	91,5904
La	ppm	12,2679	11,7963	10,8851	11,7527	12,8584
Ce	ppm	50,6682	50,0772	45,9858	48,0977	51,6840
Pr	ppm	9,4277	9,6399	8,9014	8,5160	9,2639
Nd	ppm	54,9932	57,5836	53,6978	47,2014	53,3466
Sm	ppm	18,5238	19,8718	18,7547	15,1869	17,6574
Eu	ppm	3,2463	3,4109	3,2447	2,6839	3,0810
Gd	ppm	23,6845	25,6866	24,6898	18,8419	22,3703
Tb	ppm	4,1364	4,4495	4,2770	3,3153	3,8593
Dy	ppm	26,9307	28,9247	27,8184	22,2482	25,6789
Ho	ppm	5,3024	5,6386	5,5032	4,4400	5,0827
Er	ppm	14,0109	14,7650	14,5442	12,1934	13,9035
Tm	ppm	1,7372	1,8113	1,7940	1,5530	1,7373
Yb	ppm	10,4680	10,8289	10,7934	9,6086	11,0419
Lu	ppm	1,3396	1,3837	1,4014	1,2663	1,4261
Hf	ppm	5,0437	4,9185	4,6753	4,7577	4,9413
Ta	ppm	0,5440	0,6010	0,5500	0,3796	0,4842
Pb	ppm	2,6429	2,3664	8,1091	1,9826	3,0537
Th	ppm	0,3392	0,2259	0,1703	0,2733	0,7007
U	ppm	0,1313	0,1026	0,0706	0,1138	0,3151
(La/Yb)N		0,8114	0,7542	0,6983	0,8469	0,8063
(La/Sm)N		0,4151	0,3721	0,3638	0,4850	0,4564
(Gd/Yb)N		1,8701	1,9606	1,8907	1,6208	1,6745
Eu/Eu*		0,4707	0,4585	0,4579	0,4818	0,4708
Zr/Y		0,9978	0,8667	0,8779	1,1073	0,9637
La/Nb		1,0877	0,9545	0,9231	1,5706	1,2992
Ba/Nb		8,7996	7,9589	8,0279	6,5911	9,2539

1.3.1 YM38a continu

Sample		YM38a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	YM38a Amp-norite Magnesio-Hbl core	YM38a Amp-norite Magnesio-Hbl rim
Li	ppm	2,0228	6,5810	3,5615
B	ppm	7,9382	3,6868	4,9190
Al2O3	wt%	10,5377	7,4951	9,0246
CaO	wt%	11,3500	11,3000	11,4900
Sc	ppm	156,5540	119,2835	140,4374
TiO2	wt%	2,9546	1,6010	2,2193
V	ppm	1052,4304	640,8149	862,1389
Cr	ppm	949,5639	438,5661	651,0991
Co	ppm	65,7417	65,1612	68,1896
Ni	ppm	88,1754	94,0450	92,5462
Zn	ppm	118,0647	118,0046	121,7535
Rb	ppm	5,1336	2,4055	3,4319
Sr	ppm	74,9416	36,4104	45,5330
Y	ppm	134,1301	88,9656	112,7348
Zr	ppm	139,3982	63,8790	102,3229
Nb	ppm	9,6557	5,1482	7,2599
Ba	ppm	89,1226	35,5242	50,0434
La	ppm	13,4748	9,4640	11,8333
Ce	ppm	51,8586	37,3617	46,6647
Pr	ppm	9,3194	6,5153	8,3339
Nd	ppm	54,0747	35,8587	46,7770
Sm	ppm	18,3810	11,3444	15,0287
Eu	ppm	3,1472	2,2316	2,7314
Gd	ppm	22,9672	13,6968	18,6905
Tb	ppm	3,9938	2,4242	3,2460
Dy	ppm	26,9070	16,5230	22,0942
Ho	ppm	5,2751	3,3018	4,3428
Er	ppm	14,3924	9,3262	12,1021
Tm	ppm	1,7718	1,2102	1,5068
Yb	ppm	11,4471	7,8532	9,7977
Lu	ppm	1,5077	1,0149	1,2633
Hf	ppm	5,1991	2,6590	3,9871
Ta	ppm	0,4747	0,2728	0,3659
Pb	ppm	1,9845	2,4525	1,3263
Th	ppm	0,6519	0,2233	0,2882
U	ppm	0,2741	0,0740	0,1188
(La/Yb)N		0,8150	0,8344	0,8362
(La/Sm)N		0,4595	0,5229	0,4935
(Gd/Yb)N		1,6584	1,4416	1,5768
Eu/Eu*		0,4652	0,5437	0,4949
Zr/Y		1,0393	0,7180	0,9076
La/Nb		1,3955	1,8383	1,6300
Ba/Nb		9,2301	6,9003	6,8931

1.4 BPA019-21a

Sample		BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim
Li	ppm	5,4827	5,7739	7,3261	7,3830	23,2404
B	ppm	2,8675	2,7774	4,0381	3,6656	4,7196
Al2O3	wt%	12,2288	11,4291	11,4524	12,8791	13,1933
CaO	wt%	10,7100	10,7300	10,5600	11,1300	10,5600
Sc	ppm	78,2996	76,3117	77,3626	85,3695	93,6553
TiO2	wt%	2,9297	2,7632	2,6892	3,3219	2,2662
V	ppm	497,4245	484,7191	494,8081	577,7539	567,5892
Cr	ppm	61,1186	62,4227	67,4601	64,2811	98,7457
Co	ppm	65,1665	66,5134	109,3904	76,4000	71,5706
Ni	ppm	34,3071	37,3566	53,4197	43,5799	53,1809
Zn	ppm	172,5767	177,0725	381,4690	201,0786	291,4080
Rb	ppm	3,8350	3,9943	3,9709	4,5530	4,1388
Sr	ppm	96,2422	78,2613	67,0963	78,0057	71,7358
Y	ppm	84,4583	78,3207	73,2748	90,5133	83,6280
Zr	ppm	187,5150	172,4372	165,9338	195,3142	189,1862
Nb	ppm	11,9119	12,2973	10,4143	12,0638	11,4124
Ba	ppm	83,2575	78,0544	79,6973	93,3171	70,6008
La	ppm	14,1317	13,6815	13,0690	14,9423	13,4927
Ce	ppm	54,4003	53,8859	51,7796	59,0562	51,6854
Pr	ppm	9,2021	9,2667	8,5175	9,9055	8,7884
Nd	ppm	49,4688	49,8870	45,2739	53,2063	47,2930
Sm	ppm	14,4846	14,1745	12,8741	15,2837	13,5826
Eu	ppm	2,7508	2,4415	2,5933	3,0058	2,7178
Gd	ppm	15,8772	14,9744	13,5376	16,8443	14,7115
Tb	ppm	2,4980	2,3585	2,1862	2,6829	2,3726
Dy	ppm	16,3781	15,2709	14,1413	17,2991	15,8318
Ho	ppm	3,2274	3,0173	2,7616	3,4159	3,1782
Er	ppm	9,4996	8,7777	8,1415	9,9461	9,2881
Tm	ppm	1,2433	1,1446	1,0725	1,2834	1,2609
Yb	ppm	8,5587	7,9113	7,4187	8,7715	8,5010
Lu	ppm	1,1683	1,0936	1,0462	1,2113	1,1922
Hf	ppm	6,0015	5,6806	5,2550	5,7371	6,0354
Ta	ppm	0,5776	0,5782	0,4958	0,5680	0,5309
Pb	ppm	2,0218	1,9481	1,6704	1,8497	1,6761
Th	ppm	0,1622	0,1488	0,1556	0,1409	0,1607
U	ppm	0,0624	0,0536	0,0528	0,0476	0,0583
(La/Yb)N		1,1432	1,1974	1,2197	1,1795	1,0989
(La/Sm)N		0,6115	0,6050	0,6362	0,6128	0,6226
(Gd/Yb)N		1,5333	1,5645	1,5083	1,5873	1,4304
Eu/Eu*		0,5508	0,5089	0,5965	0,5689	0,5839
Zr/Y		2,2202	2,2017	2,2645	2,1579	2,2622
La/Nb		1,1864	1,1126	1,2549	1,2386	1,1823
Ba/Nb		6,9894	6,3473	7,6527	7,7353	6,1863

1.4.1 BPA019-21a continu

Sample		BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core
Li	ppm	20,7007	6,6077	6,1930	7,7255	6,7316
B	ppm	3,9467	3,1778	3,1745	3,2517	3,2926
Al2O3	wt%	12,3204	12,3193	11,7239	12,5865	11,3538
CaO	wt%	10,7900	10,7100	10,7300	10,9200	10,9200
Sc	ppm	83,1879	81,7922	78,9266	83,2194	77,5444
TiO2	wt%	2,3450	3,1925	3,0287	3,3152	3,0357
V	ppm	551,5618	523,4205	504,0361	554,6565	503,3805
Cr	ppm	71,0932	55,8438	51,5063	39,4762	40,8122
Co	ppm	66,4301	71,2808	67,4336	71,2812	67,1633
Ni	ppm	50,6688	39,8762	38,6667	39,3528	37,7818
Zn	ppm	245,9963	184,7221	177,5150	185,3229	174,1460
Rb	ppm	4,0660	4,1302	4,0747	4,1022	3,8972
Sr	ppm	87,1511	90,7906	84,4391	99,7345	77,0116
Y	ppm	83,8259	85,8862	82,7210	91,0484	80,9134
Zr	ppm	199,9677	192,5973	182,8745	198,2418	177,8280
Nb	ppm	10,6296	12,5050	10,6241	11,4380	11,2414
Ba	ppm	72,2887	82,7360	85,8264	87,2727	72,2836
La	ppm	13,9014	14,5040	14,2603	14,2484	13,8590
Ce	ppm	52,4189	54,9111	53,9516	52,8302	52,5858
Pr	ppm	8,7707	9,2312	8,9137	8,6410	8,7901
Nd	ppm	48,0050	49,5740	47,9742	48,0101	47,5740
Sm	ppm	14,0228	14,4876	14,1122	15,0802	13,9524
Eu	ppm	2,7052	2,7136	2,7686	2,8871	2,5986
Gd	ppm	15,7301	15,6131	15,9268	17,8367	15,7044
Tb	ppm	2,5482	2,5083	2,5448	2,8159	2,4999
Dy	ppm	16,8186	16,3013	16,3985	18,1155	16,2844
Ho	ppm	3,3704	3,2667	3,2295	3,5763	3,1798
Er	ppm	9,8824	9,4726	9,3131	10,1110	9,1817
Tm	ppm	1,3268	1,2402	1,2200	1,3300	1,1708
Yb	ppm	8,8253	8,4716	8,3105	8,8878	8,0174
Lu	ppm	1,2245	1,1855	1,1600	1,2171	1,1250
Hf	ppm	6,4436	5,8382	5,3364	6,1424	5,5327
Ta	ppm	0,5171	0,5980	0,4850	0,5435	0,5497
Pb	ppm	1,7978	2,0727	2,0414	2,2292	1,8565
Th	ppm	0,1721	0,1854	0,1806	0,1715	0,1517
U	ppm	0,0648	0,0567	0,0611	0,0635	0,0482
(La/Yb)N		1,0906	1,1854	1,1881	1,1100	1,1968
(La/Sm)N		0,6213	0,6275	0,6333	0,5922	0,6226
(Gd/Yb)N		1,4732	1,5233	1,5841	1,6588	1,6190
Eu/Eu*		0,5531	0,5479	0,5608	0,5346	0,5331
Zr/Y		2,3855	2,2425	2,2107	2,1773	2,1978
La/Nb		1,3078	1,1599	1,3423	1,2457	1,2329
Ba/Nb		6,8007	6,6162	8,0785	7,6301	6,4301

1.4.2 BPA019-21a continu

Sample		BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim
Li	ppm	7,7079	5,8820	6,5294	6,4202	5,0339
B	ppm	3,2331	2,8992	2,6865	2,6607	3,0298
Al2O3	wt%	12,5161	11,9102	11,3559	11,4627	11,2782
CaO	wt%	10,8900	10,9900	10,7100	10,9200	10,8900
Sc	ppm	83,4430	79,2099	77,8379	79,2375	80,9611
TiO2	wt%	3,1633	2,9325	2,9927	3,1335	2,6472
V	ppm	538,7008	522,0526	526,1077	535,6675	528,1626
Cr	ppm	66,0748	58,6847	57,8634	54,1101	58,6430
Co	ppm	72,2515	66,6772	66,3847	66,5952	65,5885
Ni	ppm	39,9583	36,9027	37,9540	38,0590	37,3058
Zn	ppm	191,2749	179,4151	174,6408	179,1383	184,3737
Rb	ppm	4,3106	4,0353	3,7509	4,2141	3,7488
Sr	ppm	88,3008	69,1029	85,2746	85,0471	70,0491
Y	ppm	86,4884	80,0307	80,8694	77,7961	77,0204
Zr	ppm	195,4260	177,8177	173,6598	148,7835	170,3949
Nb	ppm	13,8174	11,1921	11,5009	9,4960	12,0640
Ba	ppm	87,8546	88,0107	82,8883	84,4309	78,4305
La	ppm	14,9516	14,3620	14,1089	14,1382	14,8992
Ce	ppm	58,8755	56,3605	55,5776	52,2354	56,5763
Pr	ppm	10,0032	9,3096	9,1523	8,2704	9,7185
Nd	ppm	54,5618	50,5404	50,0379	44,2723	51,7060
Sm	ppm	15,4725	14,4104	14,7830	13,3408	14,6660
Eu	ppm	2,6518	2,8491	2,6150	2,7927	2,6559
Gd	ppm	16,1347	15,2130	15,9071	14,7272	14,7919
Tb	ppm	2,5498	2,4418	2,5168	2,3873	2,3638
Dy	ppm	16,5576	15,7044	16,1575	15,4544	15,2490
Ho	ppm	3,3242	3,1101	3,2116	3,0825	3,0274
Er	ppm	9,5350	8,8711	9,0556	8,7465	8,7373
Tm	ppm	1,2501	1,1820	1,2024	1,1551	1,1698
Yb	ppm	8,3482	7,9165	8,0530	7,9042	7,7712
Lu	ppm	1,1707	1,0829	1,1145	1,1005	1,0706
Hf	ppm	6,3408	5,6543	5,5342	4,3921	5,5977
Ta	ppm	0,6579	0,5557	0,5240	0,4567	0,6223
Pb	ppm	2,0442	1,6846	1,9669	1,9668	1,7060
Th	ppm	0,1578	0,1437	0,1561	0,1701	0,1419
U	ppm	0,0605	0,0483	0,0505	0,0573	0,0462
(La/Yb)N		1,2400	1,2561	1,2130	1,2384	1,3274
(La/Sm)N		0,6057	0,6247	0,5982	0,6642	0,6367
(Gd/Yb)N		1,5975	1,5884	1,6327	1,5400	1,5733
Eu/Eu*		0,5097	0,5843	0,5179	0,6050	0,5476
Zr/Y		2,2596	2,2219	2,1474	1,9125	2,2123
La/Nb		1,0821	1,2832	1,2268	1,4889	1,2350
Ba/Nb		6,3583	7,8636	7,2071	8,8912	6,5012

1.4.3 BPA019-21a continu

Sample		BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermackitic Hbl rim
Li	ppm	6,9073	6,1737
B	ppm	3,1710	3,2898
Al2O3	wt%	12,5831	13,0166
CaO	wt%	10,8900	10,9800
Sc	ppm	83,8587	84,6973
TiO2	wt%	3,3724	3,3571
V	ppm	548,1455	547,0017
Cr	ppm	54,0033	59,8545
Co	ppm	70,9201	73,4258
Ni	ppm	39,2391	40,9423
Zn	ppm	191,7697	192,7486
Rb	ppm	4,2793	4,1865
Sr	ppm	98,1654	93,5594
Y	ppm	91,1680	90,2315
Zr	ppm	187,4881	191,4926
Nb	ppm	10,9657	12,6365
Ba	ppm	80,0851	85,6530
La	ppm	14,7062	14,8316
Ce	ppm	54,9182	56,4714
Pr	ppm	8,9425	9,4473
Nd	ppm	49,1275	51,4988
Sm	ppm	15,4333	15,2211
Eu	ppm	2,9110	2,8758
Gd	ppm	17,2483	16,8071
Tb	ppm	2,7786	2,6674
Dy	ppm	18,0284	17,2952
Ho	ppm	3,5572	3,4432
Er	ppm	10,0776	9,7734
Tm	ppm	1,3275	1,2961
Yb	ppm	9,0499	8,5973
Lu	ppm	1,2422	1,2208
Hf	ppm	5,4906	5,7626
Ta	ppm	0,4827	0,6322
Pb	ppm	2,2428	2,1149
Th	ppm	0,1871	0,1587
U	ppm	0,0650	0,0619
(La/Yb)N		1,1251	1,1944
(La/Sm)N		0,5972	0,6107
(Gd/Yb)N		1,5753	1,6158
Eu/Eu*		0,5418	0,5460
Zr/Y		2,0565	2,1222
La/Nb		1,3411	1,1737
Ba/Nb		7,3032	6,7782

2 Elements majeurs Amphiboles

2.1 BPA261-21b

Sample	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite core
Wt%						
SiO2	42,618	42,255	42,261	42,251	42,630	42,662
TiO2	2,349	2,502	2,433	2,073	1,398	2,506
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	14,292	14,052	13,946	13,806	14,210	13,735
FeO	7,370	7,760	7,644	7,245	6,949	7,022
MnO	0,011	0,151	0,081	0,072	0,085	0,149
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,718	14,375	14,849	15,812	15,926	15,466
CaO	11,492	11,292	11,425	11,541	11,501	11,523
Na2O	2,273	1,969	2,219	2,113	2,141	2,144
K2O	0,978	0,952	0,932	0,860	0,948	0,833
H2O	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,009	0,015	0,003	0,005	0,005	0,018
Total	98,109	97,323	97,793	97,778	97,792	98,057
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,592	4,607	4,571	4,552	4,577	4,594
Ti	0,190	0,205	0,198	0,168	0,113	0,203
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,815	1,806	1,778	1,753	1,798	1,743
Fe3+	0,108	0,033	0,165	0,244	0,264	0,104
Fe2+	0,556	0,675	0,526	0,409	0,360	0,529
Mn	0,001	0,014	0,007	0,007	0,008	0,014
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	2,363	2,336	2,394	2,539	2,549	2,482
Ca	1,326	1,319	1,324	1,332	1,323	1,329
Na	0,475	0,416	0,465	0,441	0,446	0,448
K	0,134	0,132	0,129	0,118	0,130	0,114
H	1,437	1,454	1,443	1,437	1,432	1,437
F	-	-	-	-	-	-
Cl	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003
Total	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Mg#	0,781	0,768	0,776	0,795	0,803	0,797
AlIV	1,815	1,806	1,778	1,753	1,798	1,743
AlVI	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.1.1 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite Hbl rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite core
Wt%						
SiO2	42,643	42,874	43,737	43,634	42,992	42,843
TiO2	2,311	2,328	1,711	1,446	2,423	2,664
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	14,369	13,105	15,694	15,745	15,232	14,764
FeO	7,320	7,834	7,639	7,055	8,027	7,667
MnO	0,077	0,150	0,112	0,092	0,103	0,098
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,620	14,187	14,985	15,371	14,520	15,008
CaO	11,344	11,565	11,565	11,505	11,594	11,436
Na2O	2,057	2,033	2,098	2,148	2,039	2,290
K2O	0,985	0,931	1,047	1,023	1,041	0,870
H2O	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,016	0,007	BDL	BDL	BDL	0,003
Total	97,741	97,014	100,588	100,019	99,969	99,642
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,617	4,693	4,605	4,600	4,572	4,556
Ti	0,188	0,192	0,135	0,115	0,194	0,213
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,834	1,691	1,948	1,957	1,909	1,851
Fe3+	0,017	0,024	0,000	0,003	0,000	0,040
Fe2+	0,645	0,693	0,672	0,619	0,714	0,642
Mn	0,007	0,014	0,010	0,008	0,009	0,009
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	2,359	2,315	2,352	2,415	2,301	2,378
Ca	1,316	1,356	1,304	1,300	1,321	1,303
Na	0,432	0,431	0,428	0,439	0,420	0,472
K	0,136	0,130	0,141	0,138	0,141	0,118
H	1,444	1,460	1,405	1,406	1,419	1,418
F	-	-	-	-	-	-
Cl	0,003	0,001	-	-	-	0,0005
Total	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Mg#	0,781	0,763	0,778	0,795	0,763	0,777
AlIV	1,834	1,691	1,948	1,957	1,909	1,851
AlVI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.1.2 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Pargasite rim	BPA261-21b Troctolite Actinolite	BPA261-21b Troctolite Actinolite
Wt%						
SiO2	43,098	43,308	43,063	42,624	54,280	55,745
TiO2	2,452	2,029	2,924	2,912	0,427	0,292
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,086	14,950	14,884	14,955	3,827	2,270
FeO	8,089	8,284	8,013	7,763	6,658	7,005
MnO	0,157	0,099	0,078	0,130	0,136	0,090
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,304	14,653	14,418	14,266	18,317	18,709
CaO	11,617	11,506	11,763	11,573	12,479	12,640
Na2O	2,070	2,160	2,235	2,012	0,496	0,211
K2O	0,958	0,985	0,975	0,941	0,156	0,085
H2O	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,008	BDL	BDL	0,001	BDL	0,080
Total	99,839	99,973	100,352	99,176	98,773	99,127
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,593	4,599	4,567	4,574	5,882	6,039
Ti	0,197	0,162	0,233	0,235	0,035	0,024
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,895	1,871	1,861	1,892	0,489	0,290
Fe3+	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe2+	0,721	0,718	0,711	0,697	0,603	0,635
Mn	0,014	0,009	0,007	0,012	0,012	0,008
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	2,272	2,319	2,279	2,282	2,958	3,021
Ca	1,326	1,309	1,337	1,330	1,449	1,467
Na	0,428	0,445	0,459	0,419	0,104	0,044
K	0,130	0,133	0,132	0,129	0,022	0,012
H	1,422	1,417	1,415	1,431	1,446	1,445
F	-	-	-	-	-	-
Cl	0,001	-	-	0,0001	-	0,015
Total	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Mg#	0,759	0,759	0,762	0,766	0,831	0,826
AlIV	1,895	1,871	1,861	1,892	0,489	0,290
AlVI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.1.3 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Actinolite	BPA261-21b Troctolite Taramite core	BPA261-21b Troctolite Magnesio-Katophyrite core	BPA261-21b Troctolite Actinolite Hbl rim	BPA261-21b Troctolite Actinolite rim
Wt%					
SiO2	54,755	42,385	45,363	49,059	50,672
TiO2	0,327	0,072	0,083	0,122	0,174
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	3,046	11,916	9,766	7,538	5,865
FeO	6,820	17,801	15,593	12,725	11,931
MnO	0,119	0,204	0,192	0,183	0,215
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	18,546	9,115	10,568	12,703	13,389
CaO	12,868	11,363	11,957	12,102	12,057
Na2O	0,292	3,310	2,540	1,682	1,374
K2O	0,095	1,341	1,055	0,235	0,231
H2O	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,018	0,016	BDL	BDL	BDL
Total	98,884	99,523	99,118	98,348	97,906
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	5,938	4,638	4,985	5,422	5,628
Ti	0,027	0,006	0,007	0,010	0,015
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,389	1,537	1,265	0,982	0,768
Fe3+	0,000	0,989	0,373	0,000	0,000
Fe2+	0,618	0,640	1,060	1,176	1,108
Mn	0,011	0,019	0,018	0,017	0,020
Ni	-	-	-	-	-
Mg	2,998	1,487	1,731	2,092	2,216
Ca	1,495	1,332	1,408	1,433	1,435
Na	0,061	0,702	0,541	0,360	0,296
K	0,013	0,187	0,148	0,033	0,033
H	1,447	1,460	1,466	1,474	1,482
F	-	-	-	-	-
Cl	0,003	0,003	-	-	-
Total	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
Mg#	0,829	0,477	0,547	0,640	0,667
AlIV	0,389	1,537	1,265	0,982	0,768
AlVI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2 BPA021-21a2

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferr. Paragasitic Hbl core
Wt%				
SiO2	42,5548	42,3930	42,5256	42,0723
TiO2	4,1636	4,0327	4,4285	4,3000
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	11,9540	11,7734	12,0195	11,9090
FeO	10,4099	10,8462	11,0395	10,8036
MnO	0,1483	0,1405	0,1137	0,1331
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	12,0533	12,0684	12,1976	12,2744
CaO	11,3490	11,4870	11,1502	11,1784
Na2O	1,7069	1,5348	1,5827	1,7906
K2O	1,1247	1,1713	1,1418	1,1058
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0065	0,0036	BDL	0,0064
Total	97,4710	97,4509	98,1991	97,5736
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7354	4,7265	4,7114	4,6750
Ti	0,3484	0,3381	0,3689	0,3593
Cr	-	-	-	-
Al	1,5680	1,5472	1,5696	1,5598
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+ 0,9686	1,0112	1,0227	1,0038	
Mn	0,0140	0,0133	0,0107	0,0125
Ni	-	-	-	-
Mg	1,9991	2,0054	2,0141	2,0328
Ca	1,3530	1,3721	1,3234	1,3307
Na	0,3682	0,3317	0,3399	0,3857
K	0,1596	0,1666	0,1614	0,1567
H	1,4844	1,4873	1,4779	1,4823
F	-	-	-	-
Cl	0,0012	0,0007	-	0,0012
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6736	0,6648	0,6632	0,6694
AlIV	1,5680	1,5472	1,5696	1,5598
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.1 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core
Wt%			
SiO2	42,2234	43,0062	42,7441
TiO2	4,2074	3,8978	4,0946
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	12,2650	11,6717	11,7802
FeO	10,7584	10,5245	10,4438
MnO	0,0663	0,1117	0,1320
NiO	NA	NA	NA
MgO	11,9952	12,5391	12,4073
CaO	11,3061	11,4441	11,2372
Na2O	1,8255	1,6991	1,8803
K2O	1,1850	1,1357	1,1595
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0062	0,0026	0,0015
Total	97,8385	98,0325	97,8805
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	4,6800	4,7530	4,7271
Ti	0,3507	0,3239	0,3405
Cr	-	-	-
Al	1,6024	1,5205	1,5356
Fe3+	-	-	-
Fe2+	0,9971	0,9726	0,9658
Mn	0,0062	0,0105	0,0124
Ni	-	-	-
Mg	1,9816	2,0655	2,0451
Ca	1,3425	1,3550	1,3314
Na	0,3923	0,3640	0,4031
K	0,1675	0,1601	0,1636
H	1,4786	1,4743	1,4752
F	-	-	-
Cl	0,0012	0,0005	0,0003
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6653	0,6799	0,6792
AlIV	1,6024	1,5205	1,5356
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.2 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl rim
Wt%			
SiO2	42,3251	42,7248	42,4924
TiO2	4,1760	4,1765	3,4231
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	11,6174	12,1936	12,1605
FeO	10,6790	10,8605	9,9629
MnO	0,1053	0,1286	0,1356
NiO	NA	NA	NA
MgO	12,5182	12,2713	12,4992
CaO	11,4658	11,3551	11,2676
Na2O	1,7366	1,7328	1,8478
K2O	1,2044	1,2017	1,1931
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0034	0,0032	0,0020
Total	97,8312	98,6481	96,9842
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	4,6881	4,7022	4,7216
Ti	0,3478	0,3456	0,2860
Cr	-	-	-
Al	1,5168	1,5818	1,5927
Fe3+	-	-	-
Fe2+	0,9891	0,9995	0,9257
Mn	0,0099	0,0120	0,0128
Ni	-	-	-
Mg	2,0666	2,0129	2,0700
Ca	1,3606	1,3388	1,3413
Na	0,3729	0,3697	0,3980
K	0,1702	0,1687	0,1691
H	1,4776	1,4681	1,4823
F	-	-	-
Cl	0,0006	0,0006	0,0004
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg #	0,6763	0,6682	0,6910
AlIV	1,5168	1,5818	1,5927
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.3 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core
Wt%			
SiO2	42,3533	43,2642	42,6004
TiO2	4,1382	3,9062	3,9409
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	11,8795	11,2994	11,9051
FeO	10,2030	10,0921	10,1524
MnO	0,1438	0,0822	0,1574
NiO	NA	NA	NA
MgO	12,3443	12,7189	12,4792
CaO	11,1805	11,2761	11,2269
Na2O	1,5516	1,7315	1,8618
K2O	1,1607	1,1982	1,1655
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0079	0,0093	0,0037
Total	96,9628	97,5781	97,4933
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	4,7326	4,7946	4,7217
Ti	0,3477	0,3255	0,3284
Cr	-	-	-
Al	1,5647	1,4760	1,5554
Fe3+	-	-	-
Fe2+	0,9533	0,9352	0,9409
Mn	0,0136	0,0077	0,0148
Ni	-	-	-
Mg	2,0559	2,1008	2,0615
Ca	1,3384	1,3388	1,3331
Na	0,3361	0,3720	0,4001
K	0,1654	0,1694	0,1648
H	1,4906	1,4783	1,4785
F	-	-	-
Cl	0,0015	0,0017	0,0007
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6832	0,6920	0,6866
AlIV	1,5647	1,4760	1,5554
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.4 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasite core
Wt%				
SiO2	42,4314	43,0610	44,3072	42,8925
TiO2	4,1146	4,2200	3,4191	3,7950
Cr2O3	Na	NA	NA	NA
Al2O3	11,9040	13,0219	12,2616	13,0306
FeO	10,7409	11,5057	11,8885	11,5340
MnO	0,0798	0,1749	0,0949	0,1332
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	12,2120	12,1003	12,7256	12,3276
CaO	11,2242	11,2016	11,3750	11,2863
Na2O	1,9592	1,8484	1,5830	1,8220
K2O	1,1671	1,1956	1,1882	1,2057
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	BDL	0,0057	0,0044	0,0022
Total	97,8332	100,3351	100,8475	100,0291
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,6962	4,6709	4,7825	4,6567
Ti	0,3424	0,3442	0,2775	0,3098
Cr	-	-	-	-
Al	1,5530	1,6650	1,5601	1,6675
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,9940	1,0436	1,0730	1,0471
Mn	0,0075	0,0161	0,0087	0,0122
Ni	-	-	-	-
Mg	2,0145	1,9563	2,0473	1,9948
Ca	1,3309	1,3017	1,3154	1,3127
Na	0,4204	0,3887	0,3313	0,3835
K	0,1648	0,1654	0,1636	0,1670
H	1,4764	1,4470	1,4399	1,4483
F	-	-	-	-
Cl	-	0,0010	0,0008	0,0004
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6696	0,6521	0,6561	0,6558
AlIV	1,5530	1,6650	1,5601	1,6675
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.5 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasitic Hbl core
Wt%				
SiO2	43,0454	42,4701	42,8359	42,8946
TiO2	4,1945	4,4294	4,2058	4,2268
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,1393	13,0219	13,2299	13,2949
FeO	11,3556	12,3663	11,3348	11,3211
MnO	0,1250	0,1256	0,1370	0,1794
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	12,0923	11,9890	12,1118	11,8055
CaO	11,2674	10,9441	11,2718	11,4421
Na2O	1,8273	1,4953	1,7932	1,7831
K2O	1,2076	1,1258	1,1780	1,1778
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0035	0,0386	0,0024	0,0086
Total	100,2579	100,0061	100,1006	100,1339
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,6706	4,6423	4,6546	4,6652
Ti	0,3422	0,3641	0,3436	0,3457
Cr	-	-	-	-
Al	1,6805	1,6778	1,6945	1,7044
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,0303	1,1303	1,0299	1,0296
Mn	0,0115	0,0116	0,0126	0,0165
Ni	-	-	-	-
Mg	1,9556	1,9532	1,9616	1,9137
Ca	1,3098	1,2816	1,3122	1,3332
Na	0,3844	0,3169	0,3777	0,3760
K	0,1671	0,1570	0,1633	0,1634
H	1,4474	1,4581	1,4495	1,4508
F	-	-	-	-
Cl	0,0006	0,0072	0,0004	0,0016
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6549	0,6334	0,6557	0,6502
AlIV	1,6805	1,6778	1,6945	1,7044
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.6 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite core	BPA021-21a2 Troctolite Ferroan Paragasite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	43,2015	43,0874	42,8763	42,9967
TiO2	4,4732	4,4181	4,1407	3,8431
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	12,9194	12,6495	13,2324	13,0645
FeO	11,6296	11,6476	11,4705	10,9959
MnO	0,1591	0,1134	0,1347	0,1406
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	12,1736	12,5708	12,0384	12,4182
CaO	11,2066	11,3307	11,2926	11,3152
Na2O	1,7651	1,8424	1,8718	1,7381
K2O	1,1608	1,2087	1,1999	1,1884
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	BDL	0,0035	0,0065	BDL
Total	100,6889	100,8721	100,2638	99,7007
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,6784	4,6488	4,6510	4,6792
Ti	0,3643	0,3584	0,3377	0,3145
Cr	-	-	-	-
Al	1,6491	1,6087	1,6919	1,6759
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,0531	1,0508	1,0404	1,0006
Mn	0,0146	0,0104	0,0124	0,0130
Ni	-	-	-	-
Mg	1,9649	2,0215	1,9463	2,0142
Ca	1,3002	1,3097	1,3123	1,3192
Na	0,3706	0,3854	0,3936	0,3667
K	0,1603	0,1663	0,1660	0,1650
H	1,4446	1,4393	1,4470	1,4517
F	-	-	-	-
Cl	-	0,0006	0,0012	-
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6511	0,6580	0,6517	0,6681
AlIV	1,6491	1,6087	1,6919	1,6759
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.7 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite core
Wt%					
SiO2	43,4832	42,9374	43,6888	42,4388	43,0011
TiO2	2,9241	0,5613	0,6202	0,6562	0,7447
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,3973	16,5696	16,7730	16,8209	16,5623
FeO	10,6168	9,5326	9,3806	8,8357	9,2702
MnO	0,1362	0,1335	0,1371	0,1325	0,1073
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	12,5085	13,7527	13,9850	13,5257	13,5668
CaO	11,6719	11,4290	11,4746	11,7721	11,5409
Na2O	1,3186	1,9012	1,7965	1,6847	1,7448
K2O	1,1748	0,8964	0,9480	0,8601	0,8923
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0041	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	99,2355	99,7137	100,8038	98,7267	99,4304
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7496	4,5796	4,6155	4,5696	4,6058
Ti	0,2402	0,0450	0,0493	0,0531	0,0600
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,7249	2,0831	2,0887	2,1349	2,0910
Fe3+	-	0,0283	-	-	-
Fe2+	0,9697	0,8219	0,8287	0,7955	0,8303
Mn	0,0126	0,0121	0,0123	0,0121	0,0097
Ni	-	-	-	-	-
Mg	2,0364	2,1862	2,2020	2,1707	2,1658
Ca	1,3658	1,3059	1,2987	1,3580	1,3243
Na	0,2792	0,3931	0,3679	0,3517	0,3623
K	0,1637	0,1220	0,1278	0,1181	0,1219
H	1,4571	1,4228	1,4093	1,4364	1,4288
F	-	-	-	-	-
Cl	0,0008	-	-	-	-
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6774	0,7200	0,7266	0,7318	0,7229
AlIV	1,7249	2,0831	2,0887	2,1349	2,0910
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.8 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim
Wt%				
SiO2	45,9792	43,7098	44,7374	43,5616
TiO2	1,5045	1,9322	1,5090	1,1920
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	11,8630	14,4277	13,3401	15,8966
FeO	8,1082	10,5799	9,9839	9,5121
MnO	0,1001	0,0987	0,1163	0,1101
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	15,6443	12,4666	14,0329	13,2203
CaO	12,2262	11,7578	11,6308	11,6989
Na2O	1,6180	1,5649	1,5042	1,5141
K2O	0,7209	1,1133	0,8860	1,0853
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0092	0,0039	0,0032	0,0044
Total	99,7736	99,6548	99,7438	99,7954
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,9081	4,7322	4,8140	4,6745
Ti	0,1208	0,1573	0,1221	0,0962
Cr	-	-	-	-
Al	1,4926	1,8412	1,6920	2,0107
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,7237	0,9578	0,8983	0,8535
Mn	0,0090	0,0091	0,0106	0,0100
Ni	-	-	-	-
Mg	2,4890	2,0116	2,2506	2,1144
Ca	1,3982	1,3637	1,3408	1,3449
Na	0,3348	0,3284	0,3138	0,3150
K	0,0982	0,1537	0,1216	0,1486
H	1,4240	1,4442	1,4354	1,4315
F	-	-	-	-
Cl	0,0017	0,0007	0,0006	0,0008
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7747	0,6775	0,7147	0,7124
AlIV	1,4926	1,8412	1,6920	2,0107
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.9 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	43,4985	44,8819	44,4368	43,7174
TiO2	3,9915	3,6676	3,4786	1,5618
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	11,9979	10,6723	11,0647	13,2618
FeO	9,9053	8,7274	9,0561	8,9448
MnO	0,0760	0,0862	0,0871	0,1366
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	12,8032	13,5972	13,3255	13,4906
CaO	11,7822	11,9972	11,7958	11,7597
Na2O	2,0494	1,9410	1,5265	1,6365
K2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,8437
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	0,0509
Cl	BDL	BDL	BDL	0,0046
Total	98,1040	97,5708	96,7711	97,4084
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7919	4,9525	4,9570	4,7927
Ti	0,3306	0,3043	0,2918	0,1287
Cr	-	-	-	-
Al	1,5580	1,3881	1,4549	1,7137
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,9124	0,8053	0,8447	0,8200
Mn	0,0071	0,0081	0,0082	0,0127
Ni	-	-	-	-
Mg	2,1022	2,2363	2,2155	2,2043
Ca	1,3905	1,4183	1,4097	1,3812
Na	0,4377	0,4152	0,3301	0,3478
K	0,0000	0,0000	0,0000	0,1180
H	1,4695	1,4720	1,4881	1,4624
F	-	-	-	0,0176
Cl	-	-	-	0,0009
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6973	0,7352	0,7240	0,7289
AlIV	1,5580	1,3881	1,4549	1,7137
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.10 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	44,9462	44,4624	42,6895	43,2607
TiO2	1,6931	1,7069	1,0352	1,1321
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	11,1579	11,9241	14,4762	14,9508
FeO	7,5859	7,6958	8,5975	8,4526
MnO	0,0851	0,0929	0,1393	0,0898
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	15,9297	15,5379	14,0386	13,5150
CaO	12,0221	11,7188	11,3773	11,7119
Na2O	1,9325	1,9695	1,7873	1,6372
K2O	0,4461	0,5351	0,9771	0,8963
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	BDL	0,0011	0,0069	0,0040
Total	97,7986	97,6445	97,1249	97,6504
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,8666	4,8220	4,6630	4,7167
Ti	0,1378	0,1392	0,0850	0,0928
Cr	-	-	-	-
Al	1,4241	1,5243	1,8639	1,9214
Fe3+	-	-	0,0714	-
Fe2+	0,6868	0,6979	0,7138	0,7706
Mn	0,0078	0,0085	0,0129	0,0083
Ni	-	-	-	-
Mg	2,5707	2,5115	2,2855	2,1962
Ca	1,3945	1,3616	1,3314	1,3680
Na	0,4056	0,4141	0,3785	0,3461
K	0,0616	0,0740	0,1361	0,1247
H	1,4444	1,4467	1,4571	1,4544
F	-	-	-	-
Cl	-	0,0002	0,0013	0,0007
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7892	0,7825	0,7443	0,7403
AlIV	1,4241	1,5243	1,8639	1,9214
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.11 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl rim
Wt%				
SiO2	43,2057	43,0801	42,7584	44,4798
TiO2	1,2114	1,2924	1,3170	1,3489
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	14,4089	13,9775	13,8516	12,0474
FeO	8,7832	8,6899	8,6821	8,1560
MnO	0,0851	0,1063	0,0945	0,0997
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	13,2918	13,4666	13,5197	14,5023
CaO	11,6649	11,5020	11,4536	11,7601
Na2O	1,6152	1,5529	1,6538	1,4783
K2O	0,9381	0,9152	0,9333	0,7741
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0012	BDL	0,0048	0,0053
Total	97,2055	96,5829	96,2688	96,6519
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7401	4,7544	4,7274	4,8997
Ti	0,0999	0,1072	0,1095	0,1117
Cr	-	-	-	-
Al	1,8633	1,8183	1,8052	1,5643
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,8058	0,8019	0,8027	0,7513
Mn	0,0079	0,0099	0,0088	0,0093
Ni	-	-	-	-
Mg	2,1734	2,2151	2,2279	2,3810
Ca	1,3710	1,3599	1,3567	1,3878
Na	0,3435	0,3322	0,3545	0,3157
K	0,1313	0,1288	0,1316	0,1088
H	1,4635	1,4722	1,4749	1,4694
F	-	-	-	-
Cl	0,0002	-	0,0009	0,0010
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7295	0,7342	0,7351	0,7602
AlIV	1,8633	1,8183	1,8052	1,5643
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.12 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Edenitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl core	BPA021-21a2 Troctolite Magnesio-Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim
Wt%					
SiO2	43,0447	43,4302	44,4474	43,7075	43,3642
TiO2	3,5663	2,9867	2,5707	2,6498	3,0463
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	10,9330	11,4828	11,1479	11,7981	11,7271
FeO	10,6343	10,0690	10,0770	10,1161	10,3331
MnO	0,1512	0,0891	0,1060	0,0824	0,1554
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	12,2440	12,9109	12,9996	12,7071	12,7771
CaO	11,1064	11,7035	11,4398	11,5623	11,4252
Na2O	1,8800	1,4136	1,1456	1,4241	1,5159
K2O	1,1753	1,0913	0,9327	0,9655	1,0682
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0048	0,0046	0,0077	0,0002	0,0083
Total	96,7400	97,1817	96,8744	97,0131	97,4208
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,8126	4,8269	4,9627	4,8649	4,8105
Ti	0,2998	0,2496	0,2158	0,2218	0,2541
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,4409	1,5043	1,4672	1,5479	1,5334
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,9942	0,9358	0,9408	0,9415	0,9585
Mn	0,0143	0,0084	0,0100	0,0078	0,0146
Ni	-	-	-	-	-
Mg	2,0403	2,1387	2,1633	2,1081	2,1125
Ca	1,3303	1,3935	1,3684	1,3788	1,3578
Na	0,4075	0,3046	0,2480	0,3073	0,3260
K	0,1676	0,1547	0,1328	0,1371	0,1512
H	1,4915	1,4826	1,4894	1,4848	1,4798
F	-	-	-	-	-
Cl	0,0009	0,0009	0,0015	0,00004	0,0016
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6724	0,6956	0,6969	0,6913	0,6879
AlIV	1,4409	1,5043	1,4672	1,5479	1,5334
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.13 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakite rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim	BPA021-21a2 Troctolite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	43,8326	43,9803	44,1581	44,4525
TiO2	0,8048	1,9729	1,9754	1,6937
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,5533	12,5390	13,0430	12,6841
FeO	9,8051	12,0587	10,8078	11,2978
MnO	0,1940	0,1909	0,0156	0,0875
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	14,0150	13,1447	13,3607	13,4297
CaO	11,4678	11,8672	11,9106	11,8628
Na2O	1,6671	1,4782	1,4267	1,3797
K2O	0,9218	1,0427	1,0769	1,0091
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0194	BDL	BDL	0,0375
Total	100,2809	100,2746	99,7748	99,9344
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,6673	4,7515	4,7750	4,8041
Ti	0,0644	0,1603	0,1606	0,1376
Cr	-	-	-	-
Al	1,9521	1,5968	1,6625	1,6158
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,8730	1,0894	0,9772	1,0210
Mn	0,0175	0,0175	0,0014	0,0080
Ni	-	-	-	-
Mg	2,2242	2,1166	2,1533	2,1632
Ca	1,3082	1,3735	1,3798	1,3735
Na	0,3441	0,3096	0,2991	0,2891
K	0,1252	0,1437	0,1485	0,1391
H	1,4204	1,4412	1,4425	1,4417
F	-	-	-	-
Cl	0,0035	-	-	0,0069
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7181	0,6602	0,6878	0,6794
AlIV	1,9521	1,5968	1,6625	1,6158
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3 BPA260-21a1

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Tschermakite rim	BPA260-21a1 Troctolite Gedrite rim	BPA260-21a1 Troctolite Gedrite rim	BPA260-21a1 Troctolite Pargasite rim	BPA260-21a1 Troctolite Pargasite
Wt%					
SiO2	42,9377	40,9008	40,2904	42,2490	42,3241
TiO2	3,3983	0,0087	0,0049	3,2421	3,4455
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,7497	21,2419	22,0942	13,5056	14,2003
FeO	8,6236	11,8963	11,8817	8,5025	9,3704
MnO	0,1422	0,3534	0,3424	0,1548	0,1409
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,2345	19,0717	19,0759	14,1803	12,5180
CaO	11,2830	0,4443	0,5586	11,6241	11,4090
Na2O	1,8876	2,9292	2,7547	2,2017	1,8467
K2O	0,8731	0,0000	0,0102	0,9511	1,1494
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0172	BDL	BDL	0,0070	0,0086
Total	99,1469	98,8463	99,0130	98,6182	98,4129
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,6332	4,2841	4,2143	4,5668	4,6280
Ti	0,2757	0,0007	0,0004	0,2635	0,2833
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,7488	2,6226	2,7241	1,7208	1,8303
Fe3+	0,0000	0,1971	0,1972	0,0976	0,0000
Fe2+	0,7781	0,8448	0,8420	0,6709	0,8568
Mn	0,0130	0,0314	0,0303	0,0142	0,0130
Ni	-	-	-	-	-
Mg	2,2893	2,9774	2,9739	2,2845	2,0401
Ca	1,3043	0,0499	0,0626	1,3461	1,3365
Na	0,3949	0,5948	0,5586	0,4614	0,3915
K	0,1202	0,0000	0,0014	0,1311	0,1603
H	1,4394	1,3973	1,3953	1,4419	1,4586
F	-	-	-	-	-
Cl	0,0031	-	-	0,0013	0,0016
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7463	0,7408	0,7410	0,7483	0,7042
AlIV	1,7488	2,6226	2,7241	1,7208	1,8303
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3.1 BPA260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Pargasite rim	BPA260-21a1 Troctolite Pargasite rim	BPA260-21a1 Troctolite Tshermakite rim	BPA260-21a1 Troctolite Pargasite core
Wt%				
SiO2	42,0400	42,1842	43,6670	42,4182
TiO2	2,2358	2,3234	0,8296	3,8464
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,9646	14,8769	14,9374	13,2035
FeO	8,4115	7,8170	7,2844	8,9422
MnO	0,1125	0,1357	0,0620	0,1265
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	15,1757	14,4727	15,3482	14,1150
CaO	11,3051	11,7136	11,4734	11,4665
Na2O	2,0856	1,8700	1,7666	2,0791
K2O	0,9700	1,2108	1,1726	0,8689
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0158	BDL	0,0075	0,0056
Total	98,3166	98,6043	98,5487	99,0719
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,5284	4,5416	4,6729	4,5850
Ti	0,1811	0,1881	0,0668	0,3126
Cr	-	-	-	-
Al	1,7731	1,8880	1,8842	1,6823
Fe3+	0,2564	0,0815	0,0208	0,0000
Fe2+	0,5013	0,6222	0,6310	0,8082
Mn	0,0103	0,0124	0,0056	0,0116
Ni	-	-	-	-
Mg	2,4364	2,3224	2,4480	2,2740
Ca	1,3046	1,3511	1,3154	1,3278
Na	0,4355	0,3903	0,3665	0,4357
K	0,1333	0,1663	0,1601	0,1198
H	1,4369	1,4362	1,4275	1,4419
F	-	-	-	-
Cl	0,0029	-	0,0014	0,0010
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7628	0,7674	0,7897	0,7378
AlIV	1,7731	1,8880	1,8842	1,6823
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4 BPA260-21g

Sample	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim
Wt%						
SiO2	41,1922	41,2001	41,4594	41,6055	40,2974	40,9232
TiO2	2,8401	2,8934	2,6310	2,8724	2,3532	2,9502
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	14,4614	14,3857	14,9572	14,2200	15,3496	14,1587
FeO	7,4227	7,7313	7,8210	8,1638	7,9600	7,8566
MnO	0,0807	0,0659	0,1799	0,1475	0,1055	0,0747
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,2492	13,9957	13,8242	13,9052	13,2929	14,0573
CaO	11,5796	11,4383	11,4422	11,5704	11,6206	11,4491
Na2O	1,9239	2,1232	1,9778	2,0796	1,7532	2,0106
K2O	1,1015	1,0831	1,2374	1,0828	1,4172	1,0912
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	BDL	0,0052	0,0086	0,0059	BDL	0,00332
Total	96,8513	96,9219	97,5387	97,6531	96,1496	96,5748
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,5088	4,5079	4,5144	4,5314	4,4503	4,4964
Ti	0,2338	0,2381	0,2154	0,2352	0,1954	0,2437
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,8658	1,8553	1,9197	1,8256	1,9982	1,8337
Fe3+	0,1313	0,1753	0,1182	0,1387	0,2317	0,1997
Fe2+	0,5481	0,5320	0,5938	0,6048	0,5033	0,5221
Mn	0,0075	0,0061	0,0166	0,0136	0,0099	0,0070
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	2,3246	2,2824	2,2435	2,2572	2,1880	2,3021
Ca	1,3579	1,3408	1,3348	1,3500	1,3749	1,3477
Na	0,4082	0,4504	0,4175	0,4391	0,3754	0,4283
K	0,1538	0,1512	0,1719	0,1504	0,1996	0,1529
H	1,4601	1,4596	1,4525	1,4529	1,4732	1,4657
F	-	-	-	-	-	-
Cl	-	0,0010	0,0016	0,0011	-	0,0006
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7738	0,7634	0,7591	0,7522	0,7485	0,7613
AlIV	1,8658	1,8553	1,9197	1,8256	1,9982	1,8337
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4.1 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim
Wt%						
SiO2	41,0904	40,5268	41,3663	42,2238	42,1311	41,5829
TiO2	2,9439	2,5265	1,8103	2,5497	2,7414	3,0179
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	14,2703	14,3278	14,5598	13,8377	13,5702	13,8357
FeO	7,9768	8,0290	8,3164	8,1830	8,1647	8,9606
MnO	0,0998	0,1221	0,1265	0,0896	0,1315	0,0699
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	13,9876	14,4947	14,2004	14,3508	14,1256	13,5341
CaO	11,4582	11,2983	11,2912	11,5327	11,4684	11,4036
Na2O	1,9016	1,9955	1,9510	2,2399	2,0609	2,0463
K2O	1,1470	1,0150	1,1439	0,9124	0,8370	0,8981
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	BDL	0,0068	0,0033	0,0053	BDL	0,0079
Total	96,8756	96,3425	96,7691	97,9249	97,2308	97,3570
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,5081	4,4514	4,5266	4,5754	4,6076	4,5592
Ti	0,2429	0,2087	0,1490	0,2078	0,2254	0,2488
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,8454	1,8550	1,8780	1,7675	1,7493	1,7881
Fe3+	0,1446	0,3249	0,2650	0,1558	0,0560	0,0845
Fe2+	0,5871	0,4126	0,4959	0,5856	0,6906	0,7370
Mn	0,0093	0,0114	0,0117	0,0082	0,0122	0,0065
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	2,2873	2,3729	2,3160	2,3177	2,3025	2,2117
Ca	1,3468	1,3295	1,3237	1,3388	1,3437	1,3395
Na	0,4045	0,4249	0,4139	0,4705	0,4369	0,4350
K	0,1605	0,1422	0,1597	0,1261	0,1168	0,1256
H	1,4635	1,4652	1,4597	1,4455	1,4589	1,4626
F	-	-	-	-	-	-
Cl	-	0,0013	0,0006	0,0010	-	0,0015
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7576	0,7629	0,7527	0,7576	0,7551	0,7292
AlIV	1,8454	1,8550	1,8780	1,7675	1,7493	1,7881
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4.2 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim	BPA260-21g Troctolite Pargasite rim
Wt%						
SiO2	41,7435	41,6938	41,8473	41,6162	42,3348	43,0622
TiO2	3,0691	2,9934	2,9831	2,5669	1,6988	0,0314
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
FeO	8,0477	8,3913	8,3541	7,7065	7,3259	7,2795
MnO	0,1063	0,1622	0,1517	0,1127	0,0822	0,1541
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	13,7564	13,5195	13,5632	14,4970	15,0668	14,9427
CaO	11,5267	11,6139	11,4715	11,5216	11,3863	11,4676
Na2O	1,9721	2,2094	2,0994	2,0369	2,0532	2,0908
K2O	0,9967	1,0259	1,0341	0,9252	1,0425	0,5834
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0041	0,0099	BDL	0,0001	0,0125	0,0052
Total	97,2629	98,0057	97,7583	96,9514	97,1823	97,6958
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,5712	4,5320	4,5624	4,5475	4,5921	4,6281
Ti	0,2527	0,2447	0,2446	0,2109	0,1386	0,0025
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,8123	1,8433	1,8318	1,7991	1,8130	2,0369
Fe3+	0,0208	0,1148	0,0506	0,1599	0,2002	0,0867
Fe2+	0,7161	0,6479	0,7110	0,5442	0,4642	0,5675
Mn	0,0099	0,0149	0,0140	0,0104	0,0076	0,0140
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	2,2452	2,1903	2,2039	2,3610	2,4359	2,3936
Ca	1,3523	1,3525	1,3399	1,3488	1,3232	1,3204
Na	0,4187	0,4656	0,4437	0,4315	0,4318	0,4356
K	0,1392	0,1422	0,1438	0,1290	0,1442	0,0800
H	1,4608	1,4500	1,4544	1,4576	1,4470	,4337
F	-	-	-	-	-	-
Cl	0,0008	0,0018	-	0,00002	0,0023	0,0009
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,7529	0,7417	0,7432	0,7703	0,7857	0,7854
AlIV	1,8123	1,8433	1,8318	1,7991	1,8130	2,0369
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5 BPA018-21a

Sample	BPA018-21a Grt-norite Silicic edenite rim	BPA018-21a Grt-norite gedrite-Cummingtonite rim
Wt%		
SiO2	52,0519	55,3663
TiO2	1,0683	0,0894
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	24,0815	1,5970
FeO	3,1818	20,4295
MnO	BDL	0,3658
NiO	NA	NA
MgO	2,5345	19,3767
CaO	6,3877	0,1271
Na2O	4,8392	0,0423
K2O	2,2855	0,0401
H2O	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL
Cl	0,0280	0,0018
Total	98,4584	99,4360
Cations/Charges	13/34	13/34
Si	5,6293	6,1413
Ti	0,0869	0,0075
Cr	-	-
Al	3,0698	0,2088
Fe3+	-	-
Fe2+	0,2877	1,8948
Mn	-	0,0344
Ni	-	-
Mg	0,4085	3,2034
Ca	0,7401	0,0151
Na	1,0146	0,0091
K	0,3153	0,0057
H	1,4427	1,4797
F	-	-
Cl	0,0051	0,0003
Total	13,0000	13,0000
Mg#	0,5867	0,6283
AlIV	2,3707	0,2088
AlVI	0,6991	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.6 BPA006-21b2

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Cummingtonite rim	BPA006-21b2 Grt-norite Cummingtonite rim	BPA006-21b2 Grt-norite Cummingtonite rim	BPA006-21b2 Grt-norite Cummingtonite core	BPA006-21b2 Grt-norite Cummingtonite rim
Wt%					
SiO2	50,5025	50,3979	50,4841	50,4187	49,9672
TiO2	0,1586	0,1657	0,1436	0,2048	0,1275
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,4460	4,6280	4,2070	4,6354	4,5898
FeO	22,4306	22,3670	22,5640	22,6089	22,9935
MnO	0,1961	0,1511	0,2473	0,2046	0,2514
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,2874	18,9858	19,4447	19,3437	18,8034
CaO	0,1543	0,1827	0,2466	0,1754	0,1237
Na2O	BDL	0,0014	BDL	0,0091	0,0168
K2O	0,0017	0,0004	0,0063	0,0094	0,0281
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000;
F	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0064	BDL	BDL	0,0001	BDL
Total	99,1836	98,8800	99,3436	99,6101	98,9014
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	5,6090	5,6168	5,5987	5,5781	5,5767
Ti	0,0132	0,0139	0,0120	0,0170	0,0107
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,5820	0,6080	0,5500	0,6045	0,6038
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	2,0831	2,0844	2,0925	2,0916	2,1459
Mn	0,0184	0,0143	0,0232	0,0192	0,0238
Ni	-	-	-	-	-
Mg	3,1927	3,1537	3,2141	3,1897	3,1279
Ca	0,0184	0,0218	0,0293	0,0208	0,0148
Na	-	0,0003	-	0,0020	0,0036
K	0,0002	0,0001	0,0009	0,0013	0,0040
H	1,4816	1,4867	1,4794	1,4758	1,4888
F	-	-	-	-	-
Cl	0,0012	-	-	0,00002	-
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6052	0,6021	0,6057	0,6040	0,5931
AlIV	0,5820	0,6080	0,5500	0,6045	0,6038
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7 BPA019-21a

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core
Wt%				
SiO2	42,8686	43,4527	43,3629	43,6120
TiO2	3,0621	2,5691	2,8296	2,8476
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,2336	13,1294	13,3767	12,9563
FeO	14,9709	14,9543	14,3025	14,8018
MnO	0,2692	0,2606	0,2036	0,2111
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,4770	10,6256	10,4755	10,7810
CaO	10,7112	10,9884	11,2244	10,9888
Na2O	1,9365	1,6817	1,7690	1,8171
K2O	0,8343	0,8292	0,9289	0,8289
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0116	0,0150	0,0084	0,0049
Total	100,3750	100,5060	100,4815	100,8495
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,6916	4,7518	4,7373	4,7504
Ti	0,2520	0,2113	0,2324	0,2332
Cr	-	-	-	-
Al	1,7072	1,6924	1,7226	1,6635
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3700	1,3674	1,3065	1,3481
Mn	0,0250	0,0241	0,0188	0,0195
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7090	1,7319	1,7057	1,7502
Ca	1,2559	1,2874	1,3137	1,2823
Na	0,4109	0,3565	0,3747	0,3837
K	0,1165	0,1157	0,1294	0,1152
H	1,4599	1,4588	1,4573	1,4530
F	-	-	-	-
Cl	0,0022	0,0028	0,0016	0,0009
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5550	0,5588	0,5663	0,5649
AlIV	1,7072	1,6924	1,7226	1,6635
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.1 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core
Wt%				
SiO2	43,0221	43,4712	43,8077	43,1847
TiO2	2,9740	3,0296	2,8075	2,7942
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	12,9304	13,2446	12,7333	13,2318
FeO	14,5416	14,9061	14,2505	14,8860
MnO	0,2190	0,2335	0,1948	0,2798
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,5835	10,5124	10,5926	10,3819
CaO	11,0004	11,0056	10,9321	10,8857
Na2O	1,9018	1,9741	1,8382	1,8962
K2O	0,8441	0,8697	0,8273	0,8681
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0162	0,0065	0,0037	0,0137
Total	100,0331	101,2533	99,9877	100,4221
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7183	4,7185	4,8070	4,7236
Ti	0,2453	0,2473	0,2316	0,2298
Cr	-	-	-	-
Al	1,6716	1,6945	1,6469	1,7060
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3336	1,3529	1,3075	1,3615
Mn	0,0203	0,0215	0,0181	0,0259
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7300	1,7007	1,7324	1,6925
Ca	1,2925	1,2798	1,2851	1,2756
Na	0,4043	0,4154	0,3910	0,4021
K	0,1181	0,1204	0,1158	0,1211
H	1,4630	1,4479	1,4638	1,4591
F	-	-	-	-
Cl	0,0030	0,0012	0,0007	0,0025
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5647	0,5569	0,5699	0,5542
AlIV	1,6716	1,6945	1,6469	1,7060
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.2 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core
Wt%				
SiO2	43,5958	43,5394	43,9401	43,3395
TiO2	2,4707	2,8942	2,7552	3,0381
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,0612	12,6340	12,6618	12,8446
FeO	14,9717	14,9038	14,4075	15,1025
MnO	0,2415	0,1727	0,1841	0,2586
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,5840	10,5586	10,6231	10,6692
CaO	10,9807	10,8275	10,7160	10,9184
Na2O	1,6893	1,8601	1,7565	1,8846
K2O	0,8834	0,8762	0,9007	0,8377
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0037	0,0022	0,0073	0,0019
Total	100,4820	100,2687	99,9523	100,8951
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7682	4,7716	4,8261	4,7236
Ti	0,2032	0,2385	0,2275	0,2490
Cr	-	-	-	-
Al	1,6839	1,6321	1,6393	1,6502
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3693	1,3658	1,3232	1,3764
Mn	0,0224	0,0160	0,0171	0,0239
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7253	1,7247	1,7390	1,7332
Ca	1,2867	1,2713	1,2609	1,2749
Na	0,3582	0,3952	0,3740	0,3982
K	0,1232	0,1225	0,1262	0,1165
H	1,4590	1,4619	1,4652	1,4539
F	-	-	-	-
Cl	0,0007	0,0004	0,0014	0,0004
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5575	0,5581	0,5679	0,5574
AlIV	1,6839	1,6321	1,6393	1,6502
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.3 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	44,1266	44,3029	43,6711	43,8403
TiO2	2,6820	1,9364	2,8815	2,9316
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,1891	13,1907	12,4816	12,4477
FeO	14,4811	14,7857	14,8973	14,8432
MnO	0,1911	0,2134	0,2060	0,2026
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,5894	10,6803	10,3668	10,4831
CaO	10,9238	10,8933	10,5765	10,8170
Na2O	1,8141	1,6564	1,6725	1,7446
K2O	0,8409	0,8375	0,8494	0,8582
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0053	BDL	0,0088	0,0066
Total	100,8434	100,4966	99,6115	100,1749
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,8050	4,8374	4,8258	4,8159
Ti	0,2196	0,1590	0,2394	0,2422
Cr	-	-	-	-
Al	1,6929	1,6977	1,6258	1,6118
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3186	1,3500	1,3765	1,3634
Mn	0,0176	0,0197	0,0193	0,0188
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7186	1,7381	1,7074	1,7164
Ca	1,2744	1,2743	1,2521	1,2730
Na	0,3830	0,3506	0,3583	0,3715
K	0,1168	0,1166	0,1197	0,1203
H	1,4526	1,4566	1,4741	1,4654
F	-	-	-	-
Cl	0,0010	-	0,0016	0,0012
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5659	0,5628	0,5536	0,5573
AlIV	1,6929	1,6977	1,6258	1,6118
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.4 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	44,2996	43,9240	44,3149	44,0356
TiO2	2,7587	2,6667	2,6482	2,2660
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	12,5319	12,8993	12,6935	12,8837
FeO	14,5677	14,2680	14,7120	14,0827
MnO	0,1633	0,2135	0,2061	0,2284
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,6345	10,4125	10,5813	10,4303
CaO	11,2077	11,0849	11,2241	11,0972
Na2O	1,6007	1,6936	1,6856	1,5856
K2O	0,7451	0,8192	0,8360	0,8107
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0087	0,0093	0,0067	0,0033
Total	100,5179	99,9910	100,9084	99,4235
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,8504	4,8258	4,8320	4,8603
Ti	0,2271	0,2203	0,2171	0,1881
Cr	-	-	-	-
Al	1,6174	1,6705	1,6314	1,6762
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3337	1,3108	1,3414	1,2997
Mn	0,0151	0,0199	0,0190	0,0214
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7355	1,7051	1,7196	1,7158
Ca	1,3147	1,3047	1,3111	1,3122
Na	0,3398	0,3607	0,3563	0,3393
K	0,1041	0,1148	0,1163	0,1141
H	1,4606	1,4656	1,4545	1,4723
F	-	-	-	-
Cl	0,0016	0,0017	0,0012	0,0006
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5654	0,5654	0,5618	0,5690
AlIV	1,6174	1,6705	1,6314	1,6762
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.5 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim (inc.Opx)
Wt%				
SiO2	43,3319	43,5283	43,5061	44,4935
TiO2	2,9526	2,8333	2,7949	2,6716
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,2346	12,7227	13,0796	12,8154
FeO	14,9126	14,3551	14,2425	14,0232
MnO	0,2794	0,1872	0,1428	0,2217
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,1421	10,3132	10,2840	11,0409
CaO	10,9498	11,0302	10,9911	10,9718
Na2O	1,8896	1,7708	1,7005	1,8547
K2O	0,8996	0,8416	0,8850	0,7928
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0107	BDL	0,0156	0,0078
Total	100,6029	99,5824	99,6421	100,8934
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7387	4,8015	4,7951	4,8325
Ti	0,2428	0,2350	0,2316	0,2182
Cr	-	-	-	-
Al	1,7060	1,6542	1,6992	1,6407
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3637	1,3241	1,3126	1,2736
Mn	0,0259	0,0175	0,0133	0,0204
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,6531	1,6956	1,6894	1,7873
Ca	1,2829	1,3035	1,2978	1,2767
Na	0,4006	0,3787	0,3633	0,3905
K	0,1255	0,1184	0,1244	0,1098
H	1,4588	1,4715	1,4703	1,4489
F	-	-	-	-
Cl	0,0020	-	0,0029	0,0014
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5480	0,5615	0,5628	0,5839
AlIV	1,7060	1,6542	1,6992	1,6407
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.6 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim (inc.Opx)	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim (inc.Opx)	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim (inc.Opx)	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	44,7243	44,6461	46,8637	43,3564
TiO2	2,1388	2,5771	1,8547	2,8838
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	12,7440	12,3657	10,6230	13,1483
FeO	14,1437	13,6559	14,8297	14,7672
MnO	0,1634	0,1529	0,2884	0,2237
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	11,1693	11,5834	12,2773	10,3799
CaO	11,0534	11,0739	9,9045	11,0200
Na2O	1,6421	1,8517	1,2302	1,8868
K2O	0,7985	0,7334	0,6247	0,8514
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0053	0,0030	0,0114	0,0123
Total	100,5828	100,6431	100,5076	100,5298
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,8711	4,8485	5,1249	4,7387
Ti	0,1752	0,2104	0,1525	0,2370
Cr	-	-	-	-
Al	1,6361	1,5829	1,3694	1,6939
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,2881	1,2401	1,3561	1,3496
Mn	0,0151	0,0141	0,0267	0,0207
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,8131	1,8749	2,0011	1,6909
Ca	1,2897	1,2884	1,1604	1,2904
Na	0,3467	0,3898	0,2608	0,3998
K	0,1109	0,1016	0,0871	0,1187
H	1,4529	1,4487	1,4588	1,4580
F	-	-	-	-
Cl	0,0010	0,0006	0,0021	0,0023
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5846	0,6019	0,5961	0,5561
AlIV	1,6361	1,5829	1,3694	1,6939
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.7 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core
Wt%				
SiO2	43,3103	43,3873	43,0876	42,8444
TiO2	2,9101	2,5532	2,4250	2,7873
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,0753	13,2244	13,3539	12,7290
FeO	14,8933	14,0526	14,5254	14,4772
MnO	0,2260	0,1685	0,1981	0,2184
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,4499	10,5673	10,3813	10,4653
CaO	10,5809	11,2892	11,0551	10,7438
Na2O	1,9152	1,7921	1,8138	1,7893
K2O	0,8674	0,8888	0,8878	0,7914
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0062	0,0042	0,0057	0,0113
Total	100,2346	99,9276	99,7337	98,8574
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7459	4,7563	4,7357	4,7532
Ti	0,2398	0,2105	0,2004	0,2325
Cr	-	-	-	-
Al	1,6889	1,7088	1,7300	1,6646
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3646	1,2881	1,3349	1,3430
Mn	0,0210	0,0156	0,0184	0,0205
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7067	1,7266	1,7006	1,7304
Ca	1,2421	1,3258	1,3017	1,2769
Na	0,4069	0,3809	0,3865	0,3848
K	0,1212	0,1243	0,1245	0,1120
H	1,4618	1,4623	1,4662	1,4799
F	-	-	-	-
Cl	0,0012	0,0008	0,0011	0,0021
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5557	0,5727	0,5602	0,5630
AlIV	1,6889	1,7088	1,7300	1,6646
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.8 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core
Wt%				
SiO2	43,1892	43,4170	42,8050	42,9270
TiO2	2,9690	2,8289	2,9855	2,8211
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	12,7213	12,7795	12,6755	12,2579
FeO	15,1685	14,2725	14,9579	15,0326
MnO	0,2280	0,2482	0,2338	0,2122
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,4341	10,5270	10,2793	10,2517
CaO	10,7307	10,9526	10,7107	10,5563
Na2O	2,0300	1,8813	1,8036	1,4562
K2O	0,8124	0,8501	0,8618	0,7395
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0158	0,0019	0,0124	0,0214
Total	100,2990	99,7590	99,3255	98,2759
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,7309	4,7731	4,7379	4,8117
Ti	0,2445	0,2339	0,2485	0,2378
Cr	-	-	-	-
Al	1,6425	1,6560	1,6538	1,6196
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3894	1,3120	1,3844	1,4090
Mn	0,0212	0,0231	0,0219	0,0201
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,7035	1,7249	1,6958	1,7127
Ca	1,2593	1,2900	1,2701	1,2677
Na	0,4311	0,4010	0,3870	0,3164
K	0,1135	0,1192	0,1217	0,1057
H	1,4612	1,4665	1,4765	1,4953
F	-	-	-	-
Cl	0,0029	0,0004	0,0023	0,0041
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5508	0,5680	0,5505	0,5486
AlIV	1,6425	1,6560	1,6538	1,6196
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.9 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl core	BPA019-21a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim
Wt%				
SiO2	43,2137	44,2288	44,2766	44,4504
TiO2	2,6023	1,4273	2,7563	2,7043
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	12,8777	12,3689	12,5249	12,5720
FeO	14,2890	14,1090	14,7929	14,4984
MnO	0,1936	0,2483	0,2209	0,1945
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	10,1841	10,8610	10,9683	10,8458
CaO	10,7905	11,1267	11,1006	11,2889
Na2O	1,7519	1,3125	1,7026	1,6007
K2O	0,8531	0,6693	0,8448	0,8462
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0026	0,0054	0,0041	0,0049
Total	98,7585	98,3572	101,1920	101,0061
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,8003	4,9250	4,8113	4,8404
Ti	0,2174	0,1195	0,2252	0,2214
Cr	-	-	-	-
Al	1,6862	1,6235	1,6043	1,6137
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,3272	1,3137	1,3441	1,3202
Mn	0,0182	0,0234	0,0203	0,0179
Ni	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,6861	1,8026	1,7764	1,7603
Ca	1,2841	1,3274	1,2923	1,3170
Na	0,3773	0,2833	0,3587	0,3379
K	0,1209	0,0951	0,1171	0,1175
H	1,4818	1,4854	1,4496	1,4526
F	-	-	-	-
Cl	0,0005	0,0010	0,0008	0,0009
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5595	0,5784	0,5693	0,5714
AlIV	1,6862	1,6235	1,6043	1,6137
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.10 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Ferroan pargasite hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Ferroan pargasite hbl rim	BPA019-21a Amp-norite Gedrite/Cummingtonite
Wt%			
SiO2	43,8997	55,9571	53,5244
TiO2	1,9736	0,0770	0,2934
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	11,9967	0,3547	3,0685
FeO	16,2894	21,9801	20,2066
MnO	0,2302	0,5956	0,4851
NiO	NA	NA	NA
MgO	10,3932	18,4148	17,1092
CaO	11,5907	0,6303	2,8969
Na2O	2,4322	0,0182	0,2571
K2O	0,8266	0,0115	0,0957
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0084	0,0014	0,0035
Total	101,6407	100,0407	99,9404
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	4,7411	6,2265	5,9350
Ti	0,1603	0,0064	0,0245
Cr	-	-	-
Al	1,5272	0,0465	0,4011
Fe3+	0,1776	-	-
Fe2+	1,2935	2,0451	1,8736
Mn	0,0211	0,0561	0,0456
Ni	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	1,6730	3,0540	2,8276
Ca	1,3411	0,0751	0,3441
Na	0,5092	0,0039	0,0553
K	0,1139	0,0016	0,0135
H	1,4407	1,4843	1,4792
F	-	-	-
Cl	0,0015	0,0003	0,0007
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5321	0,5989	0,6015
AlIV	1,5272	0,0465	0,4011
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8 TS 25a

Sample	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende core	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende rim	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende core
Wt%			
SiO2	44,8755	49,0036	45,6652
TiO2	2,7574	1,7293	2,8291
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	11,9127	9,5134	11,1140
FeO	11,3859	9,8637	11,2657
MnO	0,1335	0,1193	0,0911
NiO	NA	NA	NA
MgO	12,4790	14,5696	13,1181
CaO	11,7042	11,8728	11,5246
Na2O	0,8963	0,4389	1,2303
K2O	1,1472	0,6281	1,0651
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0276	0,0118	0,0098
Total	99,3193	99,7505	99,9130
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	4,9293	5,3393	4,9724
Ti	0,2277	0,1417	0,2316
Cr	-	-	-
Al	1,5424	1,2218	1,4265
Fe3+	-	-	-
Fe2+	1,0458	0,8987	1,0257
Mn	0,0124	0,0110	0,0084
Ni	-	-	-
Mg	2,0430	2,3660	2,1290
Ca	1,3773	1,3859	1,3444
Na	0,1909	0,0927	0,2597
K	0,1607	0,0873	0,1479
H	1,4653	1,4535	1,4525
F	-	-	-
Cl	0,0051	0,0022	0,0018
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6614	0,7247	0,6749
AlIV	1,5424	1,2218	1,4265
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.1 TS 25a continu

Sample	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende core	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende core
Wt%			
SiO2	45,7864	46,3506	47,0890
TiO2	2,6615	2,6086	2,1160
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	10,8465	11,5201	11,0789
FeO	11,8172	10,4311	9,7607
MnO	0,1573	0,0916	0,0868
NiO	NA	NA	NA
MgO	12,7789	13,6004	14,2223
CaO	11,2513	11,5337	11,6841
Na2O	1,2125	1,3959	1,4841
K2O	0,9800	0,8580	0,8868
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0170	0,0076	BDL
Total	99,5086	100,3976	100,4087
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	5,0163	5,0017	5,0576
Ti	0,2193	0,2117	0,1709
Cr	-	-	-
Al	1,4007	1,4653	1,4026
Fe3+	-	-	-
Fe2+	1,0826	0,9412	0,8766
Mn	0,0146	0,0084	0,0079
Ni	-	-	-
Mg	2,0867	2,1874	2,2767
Ca	1,3206	1,3334	1,3444
Na	0,2575	0,2920	0,3090
K	0,1370	0,1181	0,1215
H	1,4615	1,4395	1,4328
F	-	-	-
Cl	0,0032	0,0014	-
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6584	0,6992	0,7220
AlIV	1,4007	1,4653	1,4026
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.2 TS 25a continu

Sample	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende core	TS 25a Amp-norite Magnésio-hornblende rim	TS 25a Amp-norite Tschermakitic Hbl	TS 25a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim
Wt% SiO2	45,2202	45,9197	43,7626	44,8819
TiO2	3,0843	2,8422	3,8850	3,2861
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	11,4464	11,4276	12,5169	11,9875
FeO	11,9865	11,4415	11,9856	11,8194
MnO	0,0927	0,0799	0,0742	0,2007
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	12,5068	12,9671	11,8294	12,4816
CaO	11,2732	11,4804	11,2565	11,2760
Na2O	1,2890	1,1659	1,4439	1,4653
K2O	1,0812	1,0474	1,1270	1,0758
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,1453	0,0071	0,0226	0,0105
Total	100,1256	100,3788	99,9037	100,4848
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,9270	4,9856	4,7877	4,8707
Ti	0,2527	0,2320	0,3196	0,2682
Cr	-	-	-	-
Al	1,4700	1,4625	1,6141	1,5334
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	1,0921	1,0387	1,0964	1,0726
Mn	0,0086	0,0073	0,0069	0,0184
Ni	-	-	-	-
Mg	2,0310	2,0984	1,9289	2,0189
Ca	1,3159	1,3354	1,3193	1,3110
Na	0,2723	0,2454	0,3062	0,3083
K	0,1503	0,1451	0,1573	0,1489
H	1,4534	1,4483	1,4594	1,4477
F	-	-	-	-
Cl	0,0268	0,0013	0,0042	0,0019
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6503	0,6689	0,6376	0,6531
AlIV	1,4700	1,4625	1,6141	1,5334
AlVI	-	-	-	

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.9 YM38a

Sample	YM38a Amp-norite Magnesio-Hornblende core	YM38a Amp-norite Magnesio-Hornblende core	YM38a Amp-norite Actinolitic Hbl rim	YM38a Amp-norite Magnesio-Hornblende rim
Wt% SiO2	45,0625	47,2611	50,8369	45,2264
TiO2	3,1573	2,2134	0,9991	2,9776
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	11,3526	9,2157	7,3042	11,1518
FeO	10,7775	10,5916	9,8478	10,6769
MnO	0,1470	0,1219	0,1291	0,1884
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	13,2325	14,3533	15,8172	13,1701
CaO	11,2974	11,2953	11,6557	11,4881
Na2O	1,4789	1,2938	0,5090	1,4947
K2O	0,7712	0,6181	0,5362	0,9069
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0014	0,0040	0,0257	0,0043
Total	99,2783	98,9682	99,6609	99,2852
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34	13/34
Si	4,9239	5,1680	5,5231	4,9392
Ti	0,2594	0,1820	0,0816	0,2445
Cr	-	-	-	-
Al	1,4622	1,1878	0,9354	1,4356
Fe3+	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Fe2+	0,9847	0,9685	0,8946	0,9750
Mn	0,0136	0,0113	0,0119	0,0174
Ni	-	-	-	-
Mg	2,1550	2,3393	2,5612	2,1437
Ca	1,3225	1,3232	1,3566	1,3441
Na	0,3133	0,2743	0,1072	0,3165
K	0,1075	0,0862	0,0743	0,1263
H	1,4576	1,4587	1,4493	1,4568
F	-	-	-	-
Cl	0,0003	0,0007	0,0047	0,0008
Total	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6864	0,7072	0,7411	0,6874
AlIV	1,4622	1,1878	0,9354	1,4356
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.9.1 YM38a continu

Sample	YM38a Amp-norite Tschermakitic Hbl core	YM38a Amp-norite Tschermakitic Hbl rim	YM38a Amp-norite Tschermakitic Hbl core
Wt% SiO2	44,1678	43,9165	44,4688
TiO2	3,7711	3,7710	3,5364
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	12,4442	12,2483	11,9641
FeO	11,0502	11,2133	10,7245
MnO	0,2020	0,1813	0,2035
NiO	NA	NA	NA
MgO	12,7452	13,0544	12,8538
CaO	11,3503	11,3465	11,4877
Na2O	1,6307	1,7056	1,5903
K2O	0,7870	0,8095	0,8332
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0076	0,0071	0,0108
Total	100,1561	100,2535	99,6731
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	4,7946	4,7567	4,8441
Ti	0,3078	0,3071	0,2897
Cr	-	-	-
Al	1,5923	1,5638	1,5362
Fe3+	0,0000	0,0000	0,0000
Fe2+	1,0030	1,0156	0,9769
Mn	0,0186	0,0166	0,0188
Ni	-	-	-
Mg	2,0621	2,1074	2,0869
Ca	1,3200	1,3166	1,3406
Na	0,3432	0,3581	0,3358
K	0,1090	0,1118	0,1158
H	1,4481	1,4449	1,4531
F	-	-	-
Cl	0,0014	0,0013	0,0020
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,6728	0,6748	0,6812
AlIV	1,5923	1,5638	1,5362
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.9.2 YM38a continu

Sample	BPA19-21d Grt-norite Actinolite core	BPA19-21d Grt-norite Actinolite core	BPA19-21d Grt-norite Cummingtonite inc.Grt
Wt% SiO2	52,8706	51,0718	53,5212
TiO2	0,1203	0,2028	0,0000
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	9,4108	3,9423	22,5510
FeO	13,1637	17,3828	11,8561
MnO	0,0711	0,0242	0,0933
NiO	NA	NA	NA
MgO	8,2803	10,7469	3,6473
CaO	10,7606	12,3262	2,6880
Na2O	1,9251	0,2344	2,9604
K2O	0,2079	0,2296	1,6936
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	BDL	0,0693	BDL
Cl	0,0536	0,0574	0,0346
Total	98,8640	98,2877	101,0455
Cations/Charges	13/34	13/34	13/34
Si	5,9038	5,8212	5,8122
Ti	0,0101	0,0174	0,0000
Cr	-	-	-
Al	1,2387	0,5297	2,8867
Fe3+	0,0000	0,0000	0,0000
Fe2+	1,2291	1,6568	1,0766
Mn	0,0067	0,0023	0,0086
Ni	-	-	-
Mg	1,3781	1,8257	0,5903
Ca	1,2873	1,5052	0,3127
Na	0,4167	0,0518	0,6232
K	0,0296	0,0334	0,2346
H	1,4896	1,5205	1,4486
F	-	0,0250	-
Cl	0,0101	0,0111	0,0064
Total	13,0000	13,0000	13,0000
Mg#	0,5286	0,5243	0,3541
AlIV	1,2387	0,5297	2,1878
AlVI	-	-	0,6989

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1 Analyses in-situ Biotites

1.1 BPA021-21a2

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Bt rim	BPA021-21a2 Troctolite Bt core	BPA021-21a2 Troctolite Bt core	BPA021-21a2 Troctolite Bt rim
Li	ppm	55,7370	44,6335	42,8399	42,3040
B	ppm	3,6926	3,7694	5,1062	6,9943
Al2O3	wt%	14,8500	14,7900	17,5800	17,6900
CaO	wt%	0,0365	0,0262	0,0368	0,0644
Sc	ppm	9,2582	9,0379	7,1244	7,8871
V	ppm	246,0102	245,3429	58,4307	87,6960
Cr	ppm	87,4747	94,5766	7,3695	14,1600
Co	ppm	120,0823	121,7509	152,0232	162,2140
Ni	ppm	341,7388	351,7260	361,0882	387,6722
Zn	ppm	192,4838	198,8011	186,9864	203,7311
Rb	ppm	679,0887	716,9405	462,9806	470,2889
Sr	ppm	10,8634	4,5722	1,3153	2,1715
Y	ppm	0,0850	0,0978	0,0837	0,0850
Zr	ppm	3,1773	2,2995	7,5906	6,5441
Nb	ppm	17,4382	17,4083	6,5278	10,7038
Cs	ppm	12,8768	15,8569	27,6609	18,7839
Ba	ppm	1590,2282	1915,9357	787,6458	788,8426
La	ppm	0,0106	0,0088	0,0596	0,0327
Ce	ppm	0,0652	0,0278	0,0847	0,0742
Pr	ppm	0,0070	0,0028	0,0058	0,0045
Nd	ppm	0,0268	0,0118	0,0128	0,0191
Sm	ppm	0,0148	0,0039	0,0022	BDL
Eu	ppm	0,0217	0,0124	0,0027	0,0093
Gd	ppm	0,0049	0,0044	0,0038	0,0037
Tb	ppm	0,0009	0,0009	0,0007	0,0006
Dy	ppm	0,0066	0,0037	0,0061	0,0083
Ho	ppm	0,0009	0,0007	0,0013	0,0018
Er	ppm	0,0029	0,0026	0,0075	0,0084
Tm	ppm	0,0003	0,0003	0,0014	0,0018
Yb	ppm	0,0040	0,0024	0,0172	0,0156
Lu	ppm	0,0006	0,0005	0,0043	0,0024
Hf	ppm	0,2964	0,2495	0,2265	0,2547
Ta	ppm	1,1238	1,2905	0,3555	0,6363
Pb	ppm	2,6142	1,9248	0,7600	0,7018
Th	ppm	0,0026	0,0010	0,1129	0,1328
U	ppm	0,0032	0,0081	0,0196	0,0175
Eu/Eu*		7,7382	9,0902	2,8358	-

BDL : sous la limite détection

1.1.1 BPA021-21a2 continu

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Bt core	BPA021-21a2 Troctolite Bt rim	BPA021-21a2 Troctolite Bt core	BPA021-21a2 Troctolite Bt rim
Li	ppm	37,0301	36,1276	42,0574	29,1850
B	ppm	4,0995	3,4027	3,0558	3,1449
Al2O3	wt%	17,4700	17,2200	14,8500	14,7900
CaO	wt%	BDL	0,1270	0,0133	0,2703
Sc	ppm	5,8125	5,1922	7,7216	7,7712
V	ppm	48,8831	46,2654	181,9211	191,3294
Cr	ppm	3,3743	3,4424	51,5661	54,8726
Co	ppm	155,5021	161,1919	121,2395	127,1301
Ni	ppm	385,0171	405,1125	342,5328	366,5050
Zn	ppm	178,9846	188,4618	194,0585	196,8589
Rb	ppm	471,0301	475,6084	685,2550	666,6109
Sr	ppm	2,1914	2,1227	9,7718	7,2796
Y	ppm	0,0598	0,0533	0,0942	0,2099
Zr	ppm	8,1227	8,0041	1,9630	2,1269
Nb	ppm	7,7903	7,7158	17,3621	16,6366
Cs	ppm	9,4831	12,2525	16,4706	19,7065
Ba	ppm	892,1733	936,0738	1815,1369	1866,2472
La	ppm	0,0123	0,0509	0,0070	0,3654
Ce	ppm	0,0138	0,0582	0,0213	0,5695
Pr	ppm	0,0018	0,0049	0,0031	0,0449
Nd	ppm	0,0028	0,0112	0,0066	0,1108
Sm	ppm	BDL	BDL	0,0053	0,0211
Eu	ppm	0,0046	0,0051	0,0183	0,0201
Gd	ppm	BDL	0,0039	0,0034	0,0234
Tb	ppm	0,0005	0,0005	0,0002	0,0037
Dy	ppm	0,0019	0,0009	0,0048	0,0280
Ho	ppm	0,0004	0,0004	0,0004	0,0055
Er	ppm	0,0018	0,0018	0,0008	0,0159
Tm	ppm	BDL	0,0001	0,0003	0,0024
Yb	ppm	0,0030	0,0021	0,0017	0,0118
Lu	ppm	0,0009	0,0008	0,0005	0,0027
Hf	ppm	0,2018	0,2056	0,1826	0,1870
Ta	ppm	0,4453	0,4493	1,2538	1,1988
Pb	ppm	0,9046	0,8526	1,8963	1,6292
Th	ppm	0,0056	0,0101	0,0042	0,0308
U	ppm	0,0023	0,0051	0,0013	0,0285
Eu/Eu*		-	-	13,0913	2,7470

BDL : sous la limite détection

1.2 BPA019-21a

Sample		BPA019-21a Amp-norite Bt rim
Li	ppm	172,7140
B	ppm	1,8875
Al2O3	wt%	14,9700
CaO	wt%	0,0254
Sc	ppm	6,7373
V	ppm	464,0224
Cr	ppm	54,8495
Co	ppm	112,2768
Ni	ppm	74,7634
Zn	ppm	272,9783
Rb	ppm	11,0689
Sr	ppm	0,8680
Y	ppm	0,0469
Zr	ppm	0,3022
Nb	ppm	9,3877
Cs	ppm	0,8896
Ba	ppm	393,9136
La	ppm	0,0277
Ce	ppm	0,0628
Pr	ppm	0,0080
Nd	ppm	0,0317
Sm	ppm	0,0061
Eu	ppm	0,0067
Gd	ppm	0,0048
Tb	ppm	0,0011
Dy	ppm	0,0068
Ho	ppm	0,0012
Er	ppm	0,0038
Tm	ppm	0,0008
Yb	ppm	0,0050
Lu	ppm	0,0011
Hf	ppm	0,0208
Ta	ppm	0,4090
Pb	ppm	0,5294
Th	ppm	0,0092
U	ppm	0,0014
Eu/Eu*		3,7601

BDL : sous la limite détection

1.3 BPA018-21a

Sample		BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Li	ppm	34,5684	32,9442	31,2285	30,3928	32,3122
B	ppm	1,9570	1,8403	2,1104	2,0668	2,1643
Al2O3	wt%	17,1700	17,3400	16,6500	16,8300	17,5900
CaO	wt%	0,0356	0,0044	0,0178	BDL	0,0075
Sc	ppm	16,1555	16,5933	13,7322	12,9264	16,9654
V	ppm	331,3942	345,5650	345,7427	343,3490	365,5029
Cr	ppm	15,1216	14,3464	16,8634	17,2110	15,6170
Co	ppm	74,9735	76,2638	74,6665	72,4942	78,3577
Ni	ppm	18,7733	18,3619	19,0460	17,9473	18,6049
Zn	ppm	335,7477	341,3150	335,1809	332,1479	340,2006
Rb	ppm	464,0375	463,9536	447,6484	451,7149	481,8272
Sr	ppm	6,2985	4,0204	3,5370	2,4344	4,2184
Y	ppm	0,1198	0,1103	0,1223	0,1104	0,1185
Zr	ppm	1,0642	0,4256	0,8378	0,5902	1,9490
Nb	ppm	18,2805	19,3804	18,1581	17,7345	18,5442
Cs	ppm	4,2979	4,3428	4,3984	4,2289	4,4683
Ba	ppm	2659,0540	2741,3339	2493,6972	2566,2030	2736,4209
La	ppm	0,0086	0,0101	0,0162	0,0066	0,0092
Ce	ppm	0,0180	0,0098	0,0241	0,0089	0,0183
Pr	ppm	0,0018	0,0013	0,0029	0,0013	0,0020
Nd	ppm	0,0066	0,0054	0,0079	0,0043	0,0052
Sm	ppm	0,0009	0,0015	0,0027	BDL	0,0013
Eu	ppm	0,0343	0,0289	0,0249	0,0229	0,0264
Gd	ppm	0,0016	BDL	0,0014	BDL	0,0022
Tb	ppm	0,0001	BDL	0,0002	0,0002	0,0001
Dy	ppm	BDL	BDL	0,0023	BDL	0,0012
Ho	ppm	0,0001	BDL	0,0005	0,0003	0,0002
Er	ppm	BDL	0,0002	0,0013	0,0005	0,0008
Tm	ppm	0,0019	BDL	0,0002	BDL	0,0002
Yb	ppm	0,0009	BDL	0,0017	BDL	0,0012
Lu	ppm	0,0006	0,0006	0,0004	BDL	0,0004
Hf	ppm	0,1572	0,0697	0,0806	0,0556	0,1655
Ta	ppm	0,7682	0,7838	0,7605	0,7575	0,7605
Pb	ppm	5,5936	5,6184	3,9555	3,5730	4,4367
Th	ppm	0,0024	0,0046	0,0027	0,0028	0,0018
U	ppm	0,0059	0,0021	0,0043	0,0018	0,0031
Eu/Eu*		86,8006	-	38,8923	-	47,4057

BDL : sous la limite détection

1.3.1 BPA018-21a continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Li	ppm	33,2979	31,8372	30,6015	22,8788	28,9322
B	ppm	2,5657	2,1088	2,7825	2,1540	2,3016
Al2O3	wt%	17,8100	17,3800	16,9500	16,6500	16,8300
CaO	wt%	0,0260	0,0319	0,0731	BDL	0,2608
Sc	ppm	16,2913	7,2858	19,1843	18,8666	18,3827
V	ppm	314,5895	413,0267	444,9762	319,8495	343,3171
Cr	ppm	14,1838	73,7010	314,5022	9,9227	10,7474
Co	ppm	78,2943	78,1059	72,2015	74,8470	76,6402
Ni	ppm	19,4421	21,4911	18,7186	20,0097	25,2438
Zn	ppm	352,2396	386,9390	373,7730	351,8863	369,4853
Rb	ppm	498,3612	477,8407	476,8259	446,6399	462,9193
Sr	ppm	4,4473	3,5863	7,9953	4,2048	3,8995
Y	ppm	0,1341	1,7410	1,5520	0,1424	0,8278
Zr	ppm	1,3756	1,3468	1,2210	1,4203	0,6553
Nb	ppm	19,0263	21,6406	25,5404	17,9821	18,1315
Cs	ppm	4,7867	4,5549	4,1712	4,6855	4,6411
Ba	ppm	2778,5281	2963,6875	2706,0479	2516,0495	2688,2051
La	ppm	0,0246	0,0419	6,3792	0,0373	0,1316
Ce	ppm	0,0409	0,0708	11,5264	0,0407	0,3258
Pr	ppm	0,0061	0,0170	1,1464	0,0056	0,0639
Nd	ppm	0,0207	0,1176	4,3687	0,0286	0,2560
Sm	ppm	0,0044	0,1524	0,5826	0,0035	0,0806
Eu	ppm	0,0315	0,0466	0,3546	0,0216	0,1389
Gd	ppm	BDL	0,2727	0,4317	0,0119	0,1074
Tb	ppm	0,0007	0,0644	0,0499	0,0009	0,0204
Dy	ppm	0,0050	0,3105	0,2623	0,0055	0,1346
Ho	ppm	0,0007	0,0386	0,0453	0,0013	0,0244
Er	ppm	0,0025	0,0733	0,0898	0,0037	0,0610
Tm	ppm	0,0003	0,0073	0,0064	0,0004	0,0070
Yb	ppm	0,0017	0,0362	0,0222	0,0019	0,0378
Lu	ppm	0,0005	0,0031	0,0015	0,0008	0,0048
Hf	ppm	0,1546	0,2553	0,1931	0,1256	0,0750
Ta	ppm	0,8305	0,9265	1,1147	0,6330	0,6881
Pb	ppm	4,6185	4,6930	3,8437	3,2192	4,6112
Th	ppm	0,0042	0,0062	0,0159	0,0039	0,0149
U	ppm	0,0019	0,0138	0,0593	0,0098	0,0226
Eu/Eu*		-	0,6942	2,1472	10,1638	4,5336

BDL : sous la limite détection

1.3.2 BPA018-21a continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Li	ppm	35,7574	32,4607
B	ppm	2,0361	2,1615
Al2O3	wt%	17,5900	17,8100
CaO	wt%	0,0086	BDL
Sc	ppm	16,3243	14,9681
V	ppm	316,5999	316,9976
Cr	ppm	6,8934	7,3921
Co	ppm	79,7027	78,8666
Ni	ppm	21,2304	22,5905
Zn	ppm	361,2330	351,0162
Rb	ppm	489,6541	489,2995
Sr	ppm	3,7727	3,3008
Y	ppm	0,0998	0,1538
Zr	ppm	1,4055	2,3799
Nb	ppm	20,9948	19,4884
Cs	ppm	4,5646	4,6241
Ba	ppm	2747,8944	2766,2936
La	ppm	0,0080	0,0544
Ce	ppm	0,0120	0,0579
Pr	ppm	0,0016	0,0091
Nd	ppm	0,0078	0,0428
Sm	ppm	BDL	0,0075
Eu	ppm	0,0290	0,0323
Gd	ppm	0,0032	0,0082
Tb	ppm	BDL	0,0014
Dy	ppm	BDL	0,0046
Ho	ppm	BDL	0,0004
Er	ppm	BDL	0,0015
Tm	ppm	BDL	0,0004
Yb	ppm	BDL	0,0023
Lu	ppm	0,0002	0,0007
Hf	ppm	0,1473	0,2259
Ta	ppm	0,8256	0,7751
Pb	ppm	4,4304	3,5870
Th	ppm	0,0012	0,0015
U	ppm	0,0018	0,0038
Eu/Eu*		-	12,5076

BDL : sous la limite détection

1.4 BPA019-21d

Sample		BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim
Li	ppm	36,7254	35,5993	53,9706	33,9548	34,8683
B	ppm	1,9349	2,0954	2,6667	2,3553	2,5987
Al2O3	wt%	16,2400	15,9200	16,3500	16,7500	16,2100
CaO	wt%	0,0391	0,0022	0,1891	0,0095	0,0432
Sc	ppm	18,4819	17,7677	17,4039	18,0703	17,5620
V	ppm	541,5702	485,8453	492,6693	573,8002	563,6979
Cr	ppm	21,2774	19,0392	22,1132	23,9374	24,2635
Co	ppm	89,1253	85,0178	87,3580	85,6269	84,6142
Ni	ppm	32,2335	30,9399	33,8562	46,6998	48,1006
Zn	ppm	382,8130	380,5581	353,8393	360,1815	384,4059
Rb	ppm	446,1304	424,4881	401,6774	473,3532	453,0408
Sr	ppm	69,7947	2,8612	4,7585	3,0428	1,9546
Y	ppm	0,2631	0,2150	0,3898	0,1518	0,2013
Zr	ppm	5,5491	2,6669	0,7078	0,5080	0,2967
Nb	ppm	41,2123	37,6328	38,0094	40,3797	41,6181
Cs	ppm	4,9188	4,2671	4,5986	4,9441	4,8980
Ba	ppm	4463,0408	4637,5937	3973,4233	3771,1729	4452,7409
La	ppm	0,0098	0,0064	0,0368	0,0109	0,0480
Ce	ppm	0,0213	0,0124	0,1082	0,0171	0,0909
Pr	ppm	0,0021	0,0012	0,0119	0,0017	0,0105
Nd	ppm	0,0081	0,0055	0,0576	0,0101	0,0284
Sm	ppm	0,0035	0,0019	0,0353	0,0014	0,0085
Eu	ppm	0,0413	0,0350	0,0974	0,0334	0,0405
Gd	ppm	0,0073	0,0012	0,0376	0,0021	0,0033
Tb	ppm	0,0015	0,0006	0,0063	0,0001	0,0004
Dy	ppm	0,0134	0,0081	0,0423	0,0023	0,0064
Ho	ppm	0,0032	0,0013	0,0092	0,0002	0,0011
Er	ppm	0,0097	0,0046	0,0327	0,0013	0,0034
Tm	ppm	0,0017	0,0011	0,0043	0,0001	0,0005
Yb	ppm	0,0149	0,0082	0,0387	0,0030	0,0065
Lu	ppm	0,0018	0,0023	0,0070	0,0008	0,0011
Hf	ppm	0,2866	0,1829	0,1197	0,0618	0,0451
Ta	ppm	1,4328	1,3121	1,3005	1,2804	1,2963
Pb	ppm	3,2170	2,8097	3,6986	2,6820	2,4874
Th	ppm	0,0161	0,0129	0,0125	0,0011	0,0052
U	ppm	0,0050	0,0041	0,0081	BDL	0,0024
Eu/Eu*		24,8122	70,3900	8,1187	59,1538	23,2219

BDL : sous la limite détection

1.4.1 BPA019-21d continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim
Li	ppm	35,7025	41,4002	34,8380	33,6516	33,8479
B	ppm	2,1854	2,5930	2,0472	2,0993	2,4217
Al2O3	wt%	15,9800	16,3300	16,0600	15,9700	15,9700
CaO	wt%	0,0220	0,4337	0,0150	0,0306	0,0060
Sc	ppm	21,8786	21,1123	16,2787	15,4628	15,9473
V	ppm	484,8657	503,8130	640,9153	636,2961	572,2106
Cr	ppm	22,2483	21,7787	27,5001	27,3297	25,7002
Co	ppm	88,2138	90,0562	89,3838	86,9109	91,0104
Ni	ppm	47,5696	50,8191	25,3613	24,3495	25,1554
Zn	ppm	405,4963	370,7172	364,3189	359,4362	364,4907
Rb	ppm	444,3858	425,1152	443,4719	424,0892	462,0189
Sr	ppm	7,7869	4,8062	6,5658	6,3502	5,8672
Y	ppm	0,2179	0,3483	0,1761	0,1877	0,1695
Zr	ppm	9,1322	5,4620	4,7940	3,5787	2,4379
Nb	ppm	42,1223	42,2893	38,1866	36,7822	39,1208
Cs	ppm	4,6211	5,0982	4,6107	4,7031	4,8144
Ba	ppm	5456,7922	4203,8135	4372,4136	4571,8578	3804,4646
La	ppm	0,0077	0,1119	0,0087	0,0293	0,0138
Ce	ppm	0,0103	0,2464	0,0156	0,0570	0,0313
Pr	ppm	0,0010	0,0270	0,0015	0,0064	0,0029
Nd	ppm	0,0052	0,1174	0,0071	0,0164	0,0074
Sm	ppm	0,0009	0,0339	0,0024	0,0024	0,0021
Eu	ppm	0,0780	0,0916	0,0607	0,0563	0,0487
Gd	ppm	0,0025	0,0328	0,0045	0,0037	0,0038
Tb	ppm	0,0005	0,0060	0,0004	0,0004	BDL
Dy	ppm	0,0040	0,0448	0,0012	0,0022	BDL
Ho	ppm	0,0006	0,0108	0,0003	0,0004	0,0002
Er	ppm	0,0028	0,0399	0,0006	0,0010	0,0006
Tm	ppm	0,0006	0,0065	0,0002	0,0002	BDL
Yb	ppm	0,0020	0,0534	0,0024	0,0015	0,0014
Lu	ppm	0,0010	0,0092	0,0010	0,0007	0,0003
Hf	ppm	0,4118	0,2492	0,3459	0,2551	0,1959
Ta	ppm	1,5093	1,5068	1,3431	1,2119	1,2852
Pb	ppm	4,2863	3,8484	4,3207	3,6466	3,5524
Th	ppm	0,0059	0,0352	0,0016	0,0021	0,0009
U	ppm	0,0072	0,0249	0,0081	0,0063	0,0100
Eu/Eu*		157,9114	8,3420	56,0902	57,3736	52,3525

BDL : sous la limite détection

1.4.2 BPA019-21d continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core
Li	ppm	40,7324	38,8520	40,3547
B	ppm	2,3816	2,1894	19,5979
Al2O3	wt%	16,0600	16,0600	15,9700
CaO	wt%	0,0147	0,0131	0,0127
Sc	ppm	16,6352	15,0541	15,3429
V	ppm	604,2148	576,7159	616,3388
Cr	ppm	27,4746	26,9568	28,6651
Co	ppm	90,6866	87,7507	88,0310
Ni	ppm	26,8377	25,8073	26,0403
Zn	ppm	377,0223	370,4283	384,6290
Rb	ppm	478,8266	442,7174	448,7844
Sr	ppm	3,3542	3,5178	3,1057
Y	ppm	0,1587	0,1840	0,1966
Zr	ppm	2,5379	4,7086	2,8840
Nb	ppm	39,6420	37,3740	39,1547
Cs	ppm	4,7284	4,2687	4,7873
Ba	ppm	4373,4969	4407,6743	4611,8028
La	ppm	0,0079	0,0108	0,0044
Ce	ppm	0,0120	0,0122	0,0097
Pr	ppm	0,0010	0,0009	0,0008
Nd	ppm	0,0036	0,0033	0,0039
Sm	ppm	BDL	0,0014	BDL
Eu	ppm	0,0392	0,0400	0,0442
Gd	ppm	BDL	0,0020	0,0031
Tb	ppm	BDL	0,0001	0,0005
Dy	ppm	0,0008	0,0003	0,0021
Ho	ppm	BDL	0,0001	0,0003
Er	ppm	BDL	0,0004	0,0011
Tm	ppm	0,0002	0,0003	0,0002
Yb	ppm	0,0023	0,0013	0,0031
Lu	ppm	0,0013	0,0008	0,0015
Hf	ppm	0,2410	0,2610	0,1921
Ta	ppm	1,2972	1,1765	1,1984
Pb	ppm	3,2090	3,0277	3,2365
Th	ppm	0,0008	0,0003	0,0007
U	ppm	0,0009	0,0142	0,0005
Eu/Eu*		-	72,5924	-

BDL : sous la limite détection

1.5 BPA003-21a

Sample		BPA003-21a Grt-norite Bt rim	BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt rim	BPA003-21a Grt-norite Bt core
Li	ppm	83,0150	74,9810	86,0640	87,8310	89,5870
B	ppm	2,4664	2,0691	2,3171	2,4596	2,4581
Al2O3	wt%	18,7800	18,4300	18,6200	19,0000	19,1100
CaO	wt%	0,0095	0,0108	0,0067	0,0212	0,0302
Sc	ppm	46,9735	46,5383	45,8150	48,0733	48,9339
V	ppm	500,6717	474,9538	507,5961	511,0891	532,0842
Cr	ppm	274,6667	267,9899	295,2747	306,8836	307,8143
Co	ppm	56,9405	50,6807	56,4156	58,3299	59,7615
Ni	ppm	104,3646	97,0298	104,2910	111,9868	115,4842
Zn	ppm	477,4472	444,0909	457,3385	489,6717	488,4641
Rb	ppm	427,0404	419,3663	460,8529	465,1068	523,4403
Sr	ppm	1,5455	2,0365	1,3230	2,3067	2,7592
Y	ppm	0,4391	0,8600	0,2140	1,1305	1,4360
Zr	ppm	0,0639	0,1023	0,0667	0,0937	0,0949
Nb	ppm	45,4558	47,2029	45,5313	56,0656	48,9840
Cs	ppm	11,2761	9,0724	9,2552	10,9596	8,6444
Ba	ppm	1858,8327	2168,9983	1988,3764	2020,6275	2222,0349
La	ppm	0,1095	0,3210	0,3581	0,6321	0,8008
Ce	ppm	0,1199	0,3317	1,5240	0,2918	0,4263
Pr	ppm	0,0262	0,0634	0,1383	0,1099	0,1510
Nd	ppm	0,1129	0,2635	0,3940	0,4432	0,5616
Sm	ppm	0,0278	0,0682	0,0513	0,0932	0,1113
Eu	ppm	0,0344	0,0635	0,0262	0,1241	0,1496
Gd	ppm	0,0417	0,1258	0,0368	0,1162	0,1568
Tb	ppm	0,0100	0,0247	0,0051	0,0202	0,0291
Dy	ppm	0,0684	0,2184	0,0241	0,1377	0,2080
Ho	ppm	0,0132	0,0407	0,0046	0,0304	0,0458
Er	ppm	0,0323	0,1312	0,0104	0,0752	0,1243
Tm	ppm	0,0044	0,0179	0,0011	0,0106	0,0173
Yb	ppm	0,0209	0,0892	0,0075	0,0734	0,1040
Lu	ppm	0,0039	0,0109	0,0014	0,0113	0,0153
Hf	ppm	0,0186	0,0232	0,0182	0,0169	0,0166
Ta	ppm	1,4625	1,8030	1,3619	1,7934	1,6213
Pb	ppm	6,0231	7,3280	5,9874	5,9367	6,4356
Th	ppm	0,0035	0,0938	0,0390	0,0158	0,0088
U	ppm	0,0044	0,0174	0,0130	0,0298	0,0207
Eu/Eu*		3,0682	2,0819	1,8312	3,6214	3,4389

BDL : sous la limite détection

1.5.1 BPA003-21a continu

Sample		BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt rim	BPA003-21a Grt-norite Bt core
Li	ppm	82,7760	87,7330	93,9740	89,5550	105,8940
B	ppm	2,3458	2,0845	2,0384	2,0917	2,3808
Al2O3	wt%	18,5400	18,6600	18,6600	18,5400	18,6600
CaO	wt %	0,0063	0,0054	0,0089	0,0060	0,1333
Sc	ppm	45,0983	45,1405	54,7801	57,4042	53,8080
V	ppm	532,3161	533,8050	313,3533	309,8125	364,0113
Cr	ppm	207,6513	212,2354	55,4503	55,3143	57,0356
Co	ppm	49,9005	49,5039	51,1632	51,8086	61,0777
Ni	ppm	93,5250	92,4335	61,3895	60,0103	73,5152
Zn	ppm	459,5085	467,4068	372,0874	370,8063	387,8619
Rb	ppm	467,3987	468,5488	453,4856	415,4312	522,3163
Sr	ppm	1,3025	1,1977	1,4875	1,2029	1,6514
Y	ppm	0,1905	0,1951	0,1360	0,1582	3,8992
Zr	ppm	0,0788	0,0897	0,0965	0,0846	0,1532
Nb	ppm	44,0788	44,2161	40,3238	41,0432	48,2444
Cs	ppm	8,0384	7,6224	10,2243	9,4913	11,8423
Ba	ppm	2318,8146	2565,0713	1763,4312	1830,8644	1624,0398
La	ppm	0,0406	0,0222	0,0553	0,0209	0,1320
Ce	ppm	0,0145	0,0118	0,0297	0,0292	0,1607
Pr	ppm	0,0040	0,0034	0,0113	0,0060	0,0460
Nd	ppm	0,0184	0,0205	0,0352	0,0512	0,2676
Sm	ppm	0,0046	0,0040	0,0060	0,0143	0,1607
Eu	ppm	0,0207	0,0218	0,0164	0,0179	0,0869
Gd	ppm	0,0070	0,0118	0,0096	0,0196	0,2847
Tb	ppm	0,0005	0,0007	0,0011	0,0040	0,0648
Dy	ppm	0,0048	0,0061	0,0050	0,0228	0,5902
Ho	ppm	0,0011	0,0012	0,0017	0,0059	0,1508
Er	ppm	0,0037	0,0031	0,0027	0,0158	0,4875
Tm	ppm	0,0004	0,0003	0,0007	0,0021	0,0782
Yb	ppm	0,0042	0,0039	0,0066	0,0167	0,5032
Lu	ppm	0,0012	0,0004	0,0016	0,0024	0,0581
Hf	ppm	0,0172	0,0212	0,0169	0,0139	0,0185
Ta	ppm	1,6711	1,5935	1,5470	1,4845	1,9519
Pb	ppm	5,8360	5,5269	4,4153	4,2173	7,7193
Th	ppm	0,0030	0,0031	0,1622	0,0198	0,0213
U	ppm	0,0015	0,0014	0,0046	0,0133	0,0208
Eu/Eu*		11,0778	9,6360	6,5621	3,2469	1,2338

L : sous la limite détection

1.5.2 BPA003-21a continu

Sample		BPA003-21a Grt-norite Bt rim	BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt rim	BPA003-21a Grt-norite Bt core	BPA003-21a Grt-norite Bt rim
Li	ppm	105,2330	77,2580	75,6900	86,8060	76,5710
B	ppm	2,3245	2,1894	2,0577	2,1714	2,4957
Al2O3	wt%	18,5400	18,6600	18,5400	18,6600	18,5400
CaO	wt%	0,0077	0,0019	0,0067	0,0357	0,0203
Sc	ppm	41,4567	26,0107	25,5782	28,3858	28,5137
V	ppm	393,9045	486,2328	498,2876	469,1482	469,7894
Cr	ppm	56,2354	68,5153	70,9422	76,1899	79,5115
Co	ppm	58,1604	55,7880	57,6771	58,3187	56,2237
Ni	ppm	66,5201	81,9622	85,4050	88,6067	85,3313
Zn	ppm	395,5956	388,6048	387,7605	385,0942	357,1771
Rb	ppm	458,4919	486,2393	451,2125	494,2124	427,1704
Sr	ppm	1,2034	1,0909	1,2340	3,3154	1,9483
Y	ppm	0,1677	0,1511	0,1838	0,8557	0,3830
Zr	ppm	0,1422	0,1392	0,1320	0,1318	0,0992
Nb	ppm	47,1864	60,0267	61,3490	54,9257	59,0115
Cs	ppm	9,1447	8,7868	9,8619	45,5972	12,1113
Ba	ppm	1956,3952	2422,3127	2236,2787	1685,2350	1762,8479
La	ppm	0,0471	0,0051	0,0693	0,7225	0,1633
Ce	ppm	0,0613	0,0081	0,0208	0,2802	0,2536
Pr	ppm	0,0114	0,0008	0,0114	0,1458	0,0446
Nd	ppm	0,0387	0,0038	0,0468	0,6122	0,1882
Sm	ppm	0,0067	0,0017	0,0059	0,0954	0,0490
Eu	ppm	0,0300	0,0211	0,0295	0,1507	0,0589
Gd	ppm	0,0108	0,0028	0,0103	0,0956	0,0489
Tb	ppm	0,0012	0,0008	0,0011	0,0153	0,0060
Dy	ppm	0,0100	0,0028	0,0070	0,0910	0,0413
Ho	ppm	0,0018	0,0010	0,0018	0,0203	0,0090
Er	ppm	0,0047	0,0035	0,0047	0,0582	0,0249
Tm	ppm	0,0007	0,0007	0,0009	0,0079	0,0028
Yb	ppm	0,0070	0,0083	0,0086	0,0657	0,0212
Lu	ppm	0,0014	0,0029	0,0021	0,0127	0,0050
Hf	ppm	0,0275	0,0303	0,0260	0,0193	0,0212
Ta	ppm	1,7194	2,3522	2,0700	2,0834	2,2297
Pb	ppm	5,7655	3,6709	4,3608	10,8957	7,1127
Th	ppm	0,0023	0,0051	0,0181	0,4712	0,1794
U	ppm	0,0019	0,0057	0,0023	0,0085	0,0739
Eu/Eu*		10,7098	29,3690	11,4918	4,7920	3,6540

BDL : sous la limite détection

2 Elements majeurs Biotites

2.1 BPA261-21b

Sample	BPA261-21b Troctolite Bt rim	BPA261-21b Troctolite Bt core	BPA261-21b Troctolite Bt rim	BPA261-21b Troctolite Bt rim
Wt%				
SiO2	38,2763	38,3331	38,1924	37,7786
TiO2	2,8268	2,4001	2,8800	1,8123
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,8727	17,0144	16,8537	17,5253
FeO	7,0216	7,5417	6,9291	6,5438
MnO	0,0289	0,0558	0,0261	0,0177
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0197	0,0854	BDL	BDL
MgO	21,0446	20,4657	20,3301	21,1464
CaO	0,0398	0,0314	0,1323	0,0512
Na2O	0,7037	0,8420	0,6025	0,9063
K2O	8,9449	8,7039	9,2566	8,8468
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA
Cl	0,0009	0,0038	BDL	BDL
Total	96,7799	97,4773	97,2028	96,6284
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4990	2,4899	2,4881	2,4524
Ti	0,1388	0,1172	0,1411	0,0885
Cr	-	-	-	-
Al	1,2215	1,3027	1,2942	1,3410
Fe3+	0,0790	0,0441	0,0308	0,1559
Fe2+	0,3044	0,3655	0,3467	0,1993
Mn	0,0016	0,0031	0,0014	0,0010
Ni	-	-	-	-
Ba	0,0006	0,0024	-	-
Mg	2,0479	1,9813	1,9740	2,0459
Ca	0,0028	0,0022	0,0092	0,0036
Na	0,0891	0,1060	0,0761	0,1141
K	0,7449	0,7212	0,7692	0,7325
H	0,8710	0,8665	0,8691	0,8660
F	-	-	-	-
Cl	0,0001	0,0004	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,8423	0,8287	0,8395	0,8521
AlIV	1,2215	1,3027	1,2942	1,3410
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2 BPA120-12b

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim
Wt%				
SiO2	33,7891	33,9949	33,5076	34,1476
TiO2	3,3352	3,2751	3,2907	3,2606
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,7210	17,6482	18,1536	17,5896
FeO	23,7656	23,3606	24,1955	23,6975
MnO	0,2029	0,1962	0,1882	0,1661
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0532	0,0834	0,0773	0,0572
MgO	5,6349	5,9365	5,6132	5,9836
CaO	BDL	0,0106	0,0122	0,0068
Na2O	0,1420	0,1205	0,1069	0,1347
K2O	10,0420	9,9330	10,0151	10,0839
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,2474	0,2584	0,2362	0,2672
Cl	0,0218	0,0264	0,0197	0,0236
Total	96,9551	96,8438	97,4162	97,4184
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,3949	2,4083	2,3669	2,4055
Ti	0,1777	0,1745	0,1748	0,1727
Cr	-	-	-	-
Al	1,4805	1,4737	1,5115	1,4606
Fe3+	0,3088	0,2871	0,3170	0,3116
Fe2+	1,0997	1,0967	1,1122	1,0843
Mn	0,0122	0,0118	0,0113	0,0099
Ni	-	-	-	-
Ba	0,0016	0,0026	0,0024	0,0018
Mg	0,5953	0,6268	0,5910	0,6282
Ca	-	0,0008	0,0009	0,0005
Na	0,0195	0,0165	0,0146	0,0184
K	0,9079	0,8976	0,9024	0,9061
H	0,9455	0,9450	0,9423	0,9397
F	0,0555	0,0579	0,0528	0,0595
Cl	0,0026	0,0032	0,0024	0,0028
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,2971	0,3118	0,2925	0,3104
AlIV	1,4805	1,4737	1,5115	1,4606
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.1 BPA120-12b continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt core
Wt%				
SiO2	33,6825	33,6340	34,0361	33,9907
TiO2	3,2094	2,8410	2,8787	2,8128
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,2532	18,1015	18,6923	18,4842
FeO	24,8329	24,1450	23,8722	23,5780
MnO	0,1390	0,1934	0,2202	0,1757
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1322	0,0804	0,0427	0,1319
MgO	5,8800	5,8559	5,5342	5,9011
CaO	0,0085	0,0620	0,0154	0,0905
Na2O	0,0417	0,1194	0,0775	0,2129
K2O	9,8109	9,6570	9,3835	9,9219
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,2977	0,2973	0,1697	0,2455
Cl	0,0145	0,0206	0,0102	0,0251
Total	98,3025	97,0075	96,9327	97,5703
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,3602	2,3786	2,4169	2,3879
Ti	0,1691	0,1511	0,1537	0,1486
Cr	-	-	-	-
Al	1,5076	1,5090	1,5646	1,5306
Fe3+	0,3212	0,3439	0,1280	0,3039
Fe2+	1,1338	1,0840	1,2894	1,0811
Mn	0,0082	0,0116	0,0132	0,0105
Ni	-	-	-	-
Ba	0,0041	0,0025	0,0013	0,0041
Mg	0,6141	0,6173	0,5857	0,6179
Ca	0,0006	0,0047	0,0012	0,0068
Na	0,0057	0,0164	0,0107	0,0290
K	0,8769	0,8712	0,8499	0,8891
H	0,9348	0,9434	0,9473	0,9371
F	0,0660	0,0665	0,0381	0,0545
Cl	0,0017	0,0025	0,0012	0,0030
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,2968	0,3018	0,2924	0,3085
AlIV	1,5076	1,5090	1,5646	1,5306
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.2 BPA120-12b continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt core
Wt%				
SiO2	33,7173	33,9925	33,3006	32,4966
TiO2	3,5087	2,7773	2,9043	2,4181
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,0796	17,5775	17,4769	18,5478
FeO	24,2370	24,3901	24,3672	24,3562
MnO	0,1690	0,1725	0,1046	0,1488
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1161	0,0862	0,0768	0,1067
MgO	5,5197	5,4691	5,3324	5,5762
CaO	0,0622	0,0308	0,0042	0,0089
Na2O	0,0506	0,0995	0,0667	0,0558
K2O	9,8834	9,7256	9,4689	10,0683
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,2957	0,2843	0,1253	0,2433
Cl	0,0223	0,0125	0,0602	0,0101
Total	97,6616	96,6179	95,2881	96,0368
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,3789	2,4197	2,4099	2,3198
Ti	0,1861	0,1487	0,1580	0,1298
Cr	-	-	-	-
Al	1,5036	1,4749	1,4908	1,5607
Fe3+	0,2824	0,3154	0,2597	0,4815
Fe2+	1,1475	1,1364	1,2148	0,9723
Mn	0,0101	0,0104	0,0064	0,0090
Ni	-	-	-	-
Ba	0,0036	0,0027	0,0024	0,0033
Mg	0,5804	0,5803	0,5752	0,5933
Ca	0,0047	0,0023	0,0003	0,0007
Na	0,0069	0,0137	0,0094	0,0077
K	0,8895	0,8831	0,8741	0,9168
H	0,9412	0,9496	0,9654	0,9523
F	0,0660	0,0640	0,0287	0,0549
Cl	0,0027	0,0015	0,0074	0,0012
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,2887	0,2856	0,2806	0,2898
AlIV	1,5036	1,4749	1,4908	1,5607
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.3 BPA120-12b continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim
Wt%				
SiO2	33,0352	33,9690	33,7330	34,3113
TiO2	2,5354	3,1103	2,6458	2,4507
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,7276	18,2913	18,9961	18,7758
FeO	23,6385	24,2944	24,2209	24,7907
MnO	0,2291	0,1825	0,0910	0,1610
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1937	0,0437	0,0683	0,1009
MgO	5,7866	5,5793	5,5464	5,3506
CaO	BDL	0,0180	BDL	0,0053
Na2O	0,1276	0,2100	0,1243	0,1283
K2O	10,0423	9,8640	10,0799	10,0094
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,1825	0,3125	0,2507	0,2591
Cl	0,0203	0,0222	0,0181	0,0115
Total	96,5188	97,8972	97,7745	98,3546
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,3469	2,3832	2,3678	2,4009
Ti	0,1354	0,1641	0,1396	0,1289
Cr	-	-	-	-
Al	1,5682	1,5127	1,5717	1,5486
Fe3+	0,3770	0,3199	0,3212	0,2868
Fe2+	1,0272	1,1054	1,1004	1,1638
Mn	0,0138	0,0108	0,0054	0,0095
Ni	-	-	-	-
Ba	0,0060	0,0013	0,0021	0,0031
Mg	0,6127	0,5834	0,5803	0,5580
Ca	-	0,0014	-	0,0004
Na	0,0176	0,0286	0,0169	0,0174
K	0,9100	0,8828	0,9025	0,8934
H	0,9477	0,9359	0,9364	0,9335
F	0,0410	0,0693	0,0556	0,0573
Cl	0,0024	0,0026	0,0022	0,0014
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,3038	0,2904	0,2899	0,2778
AlIV	1,5682	1,5127	1,5717	1,5486
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.4 BPA120-12b continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Bt rim
Wt%				
SiO2	34,5587	34,0501	34,1132	37,0949
TiO2	2,5169	2,2467	2,4249	BDL
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,7783	19,3729	18,5555	18,8023
FeO	24,4759	24,4745	24,1080	22,7736
MnO	0,1706	0,1447	0,1381	0,0541
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1146	0,0866	0,1300	0,0524
MgO	5,2825	5,0867	5,4258	5,6410
CaO	BDL	0,0434	BDL	0,8280
Na2O	0,0894	0,1480	0,0830	1,1768
K2O	10,0225	9,9201	10,0301	8,7399
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,2864	0,1516	0,2671	BDL
Cl	0,0162	0,0076	0,0170	0,0976
Total	98,3120	97,7329	97,2927	97,2606
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4188	2,3987	2,4079	2,5901
Ti	0,1325	0,1190	0,1287	-
Cr	-	-	-	-
Al	1,5492	1,6086	1,5438	1,5475
Fe3+	0,2532	0,2165	0,3040	0,0961
Fe2+	1,1793	1,2252	1,1189	1,2335
Mn	0,0101	0,0086	0,0083	0,0032
Ni	-	-	-	-
Ba	0,0035	0,0027	0,0040	0,0016
Mg	0,5511	0,5341	0,5708	0,5870
Ca	-	0,0033	-	0,0619
Na	0,0121	0,0202	0,0114	0,1593
K	0,8948	0,8914	0,9031	0,7784
H	0,9337	0,9397	0,9416	0,9314
F	0,0634	0,0338	0,0596	-
Cl	0,0019	0,0009	0,0020	0,0115
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,2778	0,2703	0,2863	0,3063
AlIV	1,5492	1,6086	1,5438	1,5475
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3 BPA109-21a

Sample	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt core	BPA109-21a Granodiorite Bt core	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt core
Wt%					
SiO2	33,30950	33,69910	33,57120	33,79730	34,02370
TiO2	3,71170	3,77400	5,85830	3,77710	3,88170
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,05720	17,60270	17,51170	17,87600	17,79390
FeO	25,31200	24,56110	23,10100	25,03110	24,43890
MnO	0,19780	0,17340	0,12960	0,13140	0,19950
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	BDL	0,05350	0,08200	0,06860	0,08230
MgO	5,07360	5,19710	4,75890	5,02360	4,98780
CaO	0,06970	0,00310	0,02370	0,01690	BDL
Na2O	0,08520	0,14330	0,13260	0,10420	0,11840
K2O	9,44770	10,02520	9,67110	10,03820	9,99860
H2O	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
F	0,10740	0,10760	0,04210	0,14820	0,10930
Cl	0,02170	0,00980	0,02490	0,01410	0,00720
Total	96,39350	97,34990	96,90710	98,02670	97,64130
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,39833	2,39676	2,41364	2,39072	2,41653
Ti	0,20095	0,20183	0,31671	0,20090	0,20731
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,44765	1,47571	1,48406	1,49050	1,48969
Fe3+	0,20859	0,20469	0,00000	0,20325	0,13057
Fe2+	1,31536	1,25600	1,38880	1,27732	1,32086
Mn	0,01206	0,01045	0,00789	0,00787	0,01200
Ni	-	-	-	-	-
Ba	-	0,00166	0,00258	0,00212	0,00256
Mg	0,54447	0,55091	0,50995	0,52964	0,52800
Ca	0,00538	0,00024	0,00183	0,00128	-
Na	0,01189	0,01976	0,01848	0,01429	0,01630
K	0,86771	0,90951	0,88693	0,90576	0,90585
H	0,96050	0,94877	0,95910	0,94363	0,94747
F	0,02445	0,02420	0,00957	0,03315	0,02455
Cl	0,00265	0,00118	0,00303	0,00169	0,00087
Total	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000
Mg#	0,26323	0,27387	0,26857	0,26347	0,26675
AlIV	1,44765	1,47571	1,48406	1,49050	1,48969
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3.1 BPA109-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt core	BPA109-21a Granodiorite Bt core	BPA109-21a Granodiorite Bt rim
Wt%					
SiO2	34,02370	33,46950	34,00250	34,10860	33,67150
TiO2	3,88170	3,43280	3,59900	3,86470	3,97470
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,79390	17,54900	17,63830	17,73190	17,43910
FeO	24,43890	25,74290	25,03250	25,05460	24,89830
MnO	0,19950	0,13320	0,10000	0,14470	0,16760
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,08230	0,01960	0,02560	0,12190	0,07480
MgO	4,98780	4,93150	5,09030	4,94920	5,08160
CaO	BDL	0,02290	BDL	0,01320	0,02560
Na2O	0,11840	0,04280	0,08410	0,13490	0,12840
K2O	9,99860	9,50920	10,14610	10,06510	10,04730
H2O	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
F	0,10930	0,10670	0,06170	0,12630	0,06660
Cl	0,00720	0,01930	0,01780	0,00300	0,00910
Total	97,64130	96,97940	97,79790	98,31810	97,58460
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,41653	2,39769	2,41209	2,40999	2,39633
Ti	0,20731	0,18492	0,19198	0,20533	0,21270
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,48969	1,48187	1,47487	1,47680	1,46293
Fe3+	0,13057	0,19215	0,17126	0,16047	0,17975
Fe2+	1,32086	1,34992	1,31362	1,31981	1,30193
Mn	0,01200	0,00808	0,00601	0,00866	0,01010
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,00256	0,00061	0,00079	0,00377	0,00233
Mg	0,52800	0,52655	0,53820	0,52120	0,53902
Ca	-	0,00176	-	0,00100	0,00195
Na	0,01630	0,00594	0,01157	0,01848	0,01772
K	0,90585	0,86895	0,91810	0,90715	0,91210
H	0,94747	0,95565	0,94632	0,94255	0,94938
F	0,02455	0,02417	0,01384	0,02822	0,01499
Cl	0,00087	0,00234	0,00214	0,00036	0,00110
Total	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000
Mg#	0,26675	0,25454	0,26603	0,26041	0,26675
AlIV	1,48969	1,48187	1,47487	1,47680	1,46293
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3.2 BPA109-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt core	BPA109-21a Granodiorite Bt core
Wt%					
SiO2	33,42380	33,44580	33,25790	33,64060	34,00410
TiO2	3,86740	3,68790	3,49420	3,82470	3,48550
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,97900	17,28180	17,41110	17,18200	17,92030
FeO	23,10820	26,56850	25,55390	26,34570	25,12280
MnO	0,18560	0,13380	0,17210	0,20850	0,16430
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,05740	0,05610	0,05340	0,03620	0,07590
MgO	4,95950	5,11850	4,94610	5,06310	4,97200
CaO	0,11280	0,04720	0,10860	0,07820	0,00620
Na2O	0,14290	0,12900	0,10630	0,10160	0,12360
K2O	9,58980	8,97870	9,53090	9,48190	10,02960
H2O	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
F	0,11860	0,11910	0,20110	0,14800	0,04210
Cl	0,01540	0,02190	0,01150	0,02450	0,01300
Total	95,56040	97,58830	96,84710	98,13500	97,95940
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,41397	2,38780	2,38047	2,38697	2,41078
Ti	0,21003	0,19798	0,18806	0,20406	0,18581
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,53059	1,45433	1,46896	1,43705	1,49757
Fe3+	0,10975	0,17348	0,28239	0,21845	0,14679
Fe2+	1,28580	1,41260	1,24704	1,34468	1,34256
Mn	0,01135	0,00809	0,01043	0,01253	0,00987
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,00181	0,00175	0,00167	0,00112	0,00235
Mg	0,53387	0,54465	0,52765	0,53545	0,52538
Ca	0,00873	0,00361	0,00833	0,00594	0,00047
Na	0,02001	0,01785	0,01475	0,01398	0,01699
K	0,88348	0,81767	0,87018	0,85820	0,90702
H	0,96346	0,95239	0,95482	0,94654	0,94576
F	0,02709	0,02689	0,04552	0,03321	0,00944
Cl	0,00188	0,00265	0,00139	0,00295	0,00156
Total	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000
Mg#	0,27670	0,25562	0,25651	0,25515	0,26077
AlIV	1,53059	1,45433	1,46896	1,43705	1,49757
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3.3 BPA109-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt rim	BPA109-21a Granodiorite Bt rim
Wt%				
SiO2	33,65850	34,06110	33,65640	32,80600
TiO2	3,48590	3,68440	3,97400	3,91020
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,35540	17,42300	17,55980	17,46690
FeO	24,97020	25,80290	25,76390	26,08640
MnO	0,17650	0,12180	0,17490	0,18510
NiO	NA	NA	NA	NA
BaO	0,07340	0,07800	0,08640	0,04530
MgO	5,10760	4,97600	4,89490	5,04620
CaO	0,01840	0,00910	0,06290	0,11520
Na2O	0,04480	0,11640	0,11510	0,13090
K2O	10,12040	9,93800	9,62840	8,87420
H2O	2,00000	2,00000	2,00000	2,00000
F	0,12110	0,10980	0,07130	0,07880
Cl	0,01080	0,02810	0,02920	0,01400
Total	97,14300	98,34860	98,01720	96,75920
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,40126	2,40903	2,39297	2,36151
Ti	0,18700	0,19594	0,21246	0,21165
Cr	-	-	-	-
Al	1,45947	1,45252	1,47165	1,48206
Fe3+	0,25184	0,19291	0,14263	0,16456
Fe2+	1,23775	1,33309	1,38911	1,40563
Mn	0,01066	0,00730	0,01053	0,01128
Ni	-	-	-	-
Ba	0,00229	0,00241	0,00269	0,00143
Mg	0,54310	0,52454	0,51872	0,54140
Ca	0,00141	0,00069	0,00479	0,00888
Na	0,00620	0,01596	0,01586	0,01827
K	0,92098	0,89659	0,87324	0,81484
H	0,95170	0,94350	0,94848	0,96027
F	0,02732	0,02456	0,01603	0,01794
Cl	0,00131	0,00337	0,00352	0,00171
Total	8,00000	8,00000	8,00000	8,00000
Mg#	0,26718	0,25581	0,25298	0,25639
AlIV	1,45947	1,45252	1,47165	1,48206
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4 BPA003-21a

Sample	BPA003-21a Grt-diorite Bt core	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim
Wt%					
SiO2	35,6813	35,8544	35,1299	35,5407	35,8743
TiO2	1,9839	1,9871	1,9098	1,8774	2,2676
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,6181	18,7757	18,4311	19,2828	18,4469
FeO	18,7412	18,3485	19,8763	18,3539	19,1251
MnO	0,0218	0,0375	0,0369	BDL	0,0341
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1585	0,1483	0,1603	0,1112	0,1448
MgO	9,1888	9,2609	9,0309	9,0842	9,1918
CaO	0,0283	0,0153	0,0623	0,0253	0,0188
Na2O	0,2004	0,1161	0,1397	0,2033	0,1416
K2O	9,5178	9,6199	9,0694	9,4037	9,5795
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	1,0293	0,7192	0,8892	0,8118	0,8664
Cl	0,0124	BDL	0,0074	0,0056	0,0050
Total	97,1818	96,8829	96,7432	96,6999	97,6959
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4257	2,4561	2,4129	2,4322	2,4395
Ti	0,1014	0,1024	0,0986	0,0966	0,1159
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,4919	1,5161	1,4922	1,5554	1,4786
Fe3+	0,5649	0,3623	0,5185	0,4133	0,4482
Fe2+	0,5005	0,6888	0,6231	0,6370	0,6393
Mn	0,0013	0,0022	0,0021	-	0,0020
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0047	0,0044	0,0048	0,0033	0,0043
Mg	0,9310	0,9455	0,9245	0,9266	0,9316
Ca	0,0021	0,0011	0,0046	0,0019	0,0014
Na	0,0264	0,0154	0,0186	0,0270	0,0187
K	0,8253	0,8406	0,7946	0,8209	0,8309
H	0,9069	0,9138	0,9163	0,9129	0,9071
F	0,2213	0,1558	0,1931	0,1757	0,1863
Cl	0,0014	-	0,0009	0,0006	0,0006
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,4664	0,4736	0,4475	0,4687	0,4614
AlIV	1,4919	1,5161	1,4922	1,5554	1,4786
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4.1 BPA003-21a continu

Sample	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt core	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim (inc.Grt)
Wt%					
SiO2	35,2825	34,4003	35,6039	35,5092	37,7122
TiO2	2,0424	1,9560	1,9135	1,9362	0,2713
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	19,0201	18,0820	19,1059	18,9995	19,1561
FeO	18,7018	19,9868	17,9837	18,9292	13,2272
MnO	0,0436	0,0145	0,0118	0,0201	0,0383
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1399	0,0022	0,0844	0,0859	0,0638
MgO	9,1114	9,6666	9,4774	9,3318	14,6819
CaO	0,0124	0,0094	0,0018	0,0388	0,0297
Na2O	0,1719	0,1584	0,1680	0,2351	0,2054
K2O	9,5517	8,6396	9,6298	9,3916	9,5864
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,6081	0,8498	0,5498	1,0543	1,5957
Cl	0,0095	0,0015	0,0056	0,0005	0,0097
Total	96,6953	95,7671	96,5356	97,5322	98,5777
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4269	2,3789	2,4462	2,4020	2,4226
Ti	0,1056	0,1017	0,0989	0,0985	0,0131
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,5422	1,4739	1,5473	1,5149	1,4505
Fe3+	0,3557	0,5653	0,3021	0,5813	0,7105
Fe2+	0,7200	0,5905	0,7311	0,4894	-
Mn	0,0025	0,0008	0,0007	0,0012	0,0021
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0042	0,0001	0,0025	0,0025	0,0018
Mg	0,9341	0,9963	0,9705	0,9408	1,4057
Ca	0,0009	0,0007	0,0001	0,0028	0,0020
Na	0,0229	0,0212	0,0224	0,0308	0,0256
K	0,8381	0,7621	0,8440	0,8104	0,7855
H	0,9176	0,9225	0,9166	0,9024	0,8570
F	0,1323	0,1858	0,1195	0,2255	0,3242
Cl	0,0011	0,0002	0,0007	0,0001	0,0011
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,4648	0,4630	0,4844	0,4677	0,6643
AlIV	1,5422	1,4739	1,5473	1,5149	1,4505
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4.2 BPA003-21a continu

Sample	BPA003-21a Grt-diorite Bt core	BPA003-21a Grt-diorite Bt core	BPA003-21a Grt-diorite Bt rim	BPA003-21a Grt-diorite Bt core	BPA003-21a Grt-diorite Bt core	BPA003-21a Grt-diorite Bt core
Wt%						
SiO2	35,0126	34,8982	35,2503	35,2434	35,0959	35,3118
TiO2	2,0612	2,2918	2,2746	2,0403	2,0238	2,2013
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,2497	18,2784	18,7043	18,6571	18,5384	18,6634
FeO	19,2105	19,2355	18,4892	19,1090	19,8861	18,9754
MnO	0,0407	0,0697	BDL	BDL	0,0239	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0450	0,1850	BDL	0,1103	0,0998	0,1223
MgO	8,4726	8,7190	8,4656	8,5398	8,3052	8,6787
CaO	0,0176	0,0293	0,0065	0,0996	BDL	0,0304
Na2O	0,2322	0,1026	0,1998	0,1790	0,1967	0,1626
K2O	9,4201	9,4994	9,6472	9,4243	9,4043	9,3983
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,8900	0,6717	0,6954	0,9642	0,5550	0,8166
Cl	0,0267	0,0080	0,0063	BDL	0,0143	0,0125
Total	95,6789	95,9886	95,7392	96,3670	96,1434	96,3733
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4254	2,4249	2,4451	2,4235	2,4416	2,4343
Ti	0,1074	0,1197	0,1186	0,1055	0,1059	0,1141
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,4902	1,4971	1,5293	1,5122	1,5202	1,5166
Fe3+	0,5522	0,4203	0,3809	0,5343	0,3496	0,4330
Fe2+	0,5605	0,6973	0,6914	0,5644	0,8072	0,6608
Mn	0,0024	0,0041	-	-	0,0014	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Ba	0,0014	0,0056	-	0,0033	0,0030	0,0037
Mg	0,8748	0,9030	0,8752	0,8752	0,8612	0,8917
Ca	0,0013	0,0022	0,0005	0,0073	-	0,0022
Na	0,0312	0,0138	0,0269	0,0239	0,0265	0,0217
K	0,8324	0,8420	0,8536	0,8266	0,8346	0,8264
H	0,9241	0,9269	0,9253	0,9173	0,9281	0,9196
F	0,1950	0,1476	0,1525	0,2097	0,1221	0,1780
Cl	0,0031	0,0009	0,0007	-	0,0017	0,0015
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,4401	0,4469	0,4494	0,4434	0,4267	0,4491
AlIV	1,4902	1,4971	1,5293	1,5122	1,5202	1,5166
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5 BPA002-21a2

Sample	BPA002-21a2 Diorite Bt rim	BPA002-21a2 Diorite Bt rim	BPA002-21a2 Diorite Bt rim	BPA002-21a2 Diorite Bt rim	BPA002-21a2 Diorite Bt core
Wt%					
SiO2	35,7248	35,4211	35,9937	35,3548	35,1785
TiO2	3,3327	2,9474	2,9483	3,3454	3,4637
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,0167	17,7787	17,9665	18,2518	17,9081
FeO	18,6702	19,0458	18,8555	18,9372	19,9689
MnO	0,1172	0,0655	0,1311	0,1594	0,0583
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	1,0215	0,1212	0,1378	1,0993	1,0292
MgO	8,3297	8,9891	8,9568	8,3431	8,0487
CaO	0,0201	0,0280	0,0145	0,0277	BDL
Na2O	0,1731	0,1444	0,1011	0,2122	0,1822
K2O	9,7858	9,8068	10,1625	9,8569	9,8604
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,4210	0,3906	0,3820	0,3265	0,3668
Cl	0,0087	0,0127	0,0085	0,0225	0,0083
Total	97,6215	96,7513	97,6583	97,9368	98,0731
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4826	2,4558	2,4748	2,4549	2,4455
Ti	0,1741	0,1537	0,1524	0,1747	0,1811
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,4758	1,4529	1,4561	1,4938	1,4674
Fe3+	0,1426	0,2389	0,1967	0,1499	0,1963
Fe2+	0,9423	0,8652	0,8873	0,9496	0,9644
Mn	0,0069	0,0038	0,0076	0,0094	0,0034
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0309	0,0037	0,0041	0,0333	0,0312
Mg	0,8628	0,9289	0,9179	0,8634	0,8339
Ca	0,0015	0,0021	0,0011	0,0021	-
Na	0,0233	0,0194	0,0135	0,0286	0,0246
K	0,8675	0,8673	0,8913	0,8730	0,8744
H	0,9270	0,9249	0,9172	0,9263	0,9274
F	0,0925	0,0856	0,0831	0,0717	0,0806
Cl	0,0010	0,0015	0,0010	0,0026	0,0010
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,4430	0,4569	0,4585	0,4399	0,4181
AlIV	1,4758	1,4529	1,4561	1,4938	1,4674
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5.1 BPA002-21a2 continu

Sample	BPA002-21a2 Diorite Bt rim	BPA002-21a2 Diorite Bt core	BPA002-21a2 Diorite Bt rim	BPA002-21a2 Diorite Bt core	BPA002-21a2 Diorite Bt core	BPA002-21a2 Diorite Bt core
Wt%						
SiO2	34,6772	35,2649	35,6004	35,5053	35,4995	35,8063
TiO2	2,6664	3,1358	2,3580	3,2934	2,8505	3,0178
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,7955	17,4566	17,2316	17,7103	18,0845	18,1174
FeO	20,9701	20,3751	20,5615	19,4770	18,9815	18,7405
MnO	0,1341	0,1241	0,0987	0,0802	0,1586	0,1159
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,6041	0,8242	0,0751	0,3370	0,0897	0,6067
MgO	8,6261	8,1757	8,8159	8,5823	8,6253	8,7126
CaO	0,0222	0,0112	0,0301	BDL	BDL	BDL
Na2O	0,1141	0,1344	0,1388	0,1416	0,1632	0,2075
K2O	9,1962	9,7733	9,9430	9,9948	10,2052	9,9582
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,3712	0,3796	0,4092	0,3047	0,3154	0,4285
Cl	0,0498	0,0179	0,0302	0,0122	0,0072	0,0197
Total	97,2270	97,6728	97,2925	97,4388	96,9806	97,7311
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4178	2,4567	2,4601	2,4624	2,4587	2,4690
Ti	0,1398	0,1643	0,1225	0,1717	0,1485	0,1565
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,4626	1,4334	1,4036	1,4478	1,4764	1,4726
Fe3+	0,2912	0,2414	0,3559	0,1740	0,2205	0,2113
Fe2+	0,9314	0,9455	0,8322	0,9555	0,8788	0,8692
Mn	0,0079	0,0073	0,0058	0,0047	0,0093	0,0068
Ni	-	-	-	-	-	-
Ba	0,0184	0,0250	0,0023	0,0102	0,0027	0,0183
Mg	0,8964	0,8489	0,9080	0,8871	0,8904	0,8954
Ca	0,0017	0,0008	0,0022	-	-	-
Na	0,0154	0,0182	0,0186	0,0190	0,0219	0,0277
K	0,8179	0,8685	0,8764	0,8842	0,9016	0,8759
H	0,9301	0,9293	0,9218	0,9252	0,9239	0,9199
F	0,0818	0,0836	0,0894	0,0668	0,0691	0,0934
Cl	0,0059	0,0021	0,0035	0,0014	0,0008	0,0023
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,4230	0,4170	0,4332	0,4399	0,4475	0,4532
AlIV	1,4626	1,4334	1,4036	1,4478	1,4764	1,4726
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.6 YM38a

Sample	YM38a Amp-norite Bt core	YM38a Amp-norite Bt core	YM38a Amp-norite Bt rim	YM38a Amp-norite Bt rim	YM38a Amp-norite Bt core
Wt%					
SiO2	37,4603	37,1129	37,1602	37,5017	37,2152
TiO2	4,8154	4,7539	4,3644	3,8309	4,3311
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	13,9146	14,4353	14,3328	14,7384	14,2249
FeO	17,2768	17,5592	17,1385	16,2988	17,5524
MnO	0,0212	0,1116	0,0368	0,0275	0,1024
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1126	0,1355	0,1368	0,1245	0,1047
MgO	13,0135	12,7952	13,1042	13,4066	12,8434
CaO	0,0135	0,0277	0,0869	0,0494	0,1147
Na2O	0,1059	0,2277	0,1735	0,2231	0,1654
K2O	8,8864	9,1020	9,0073	8,7940	8,8441
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA	NA
Cl	0,0378	0,0181	0,0293	0,0099	0,1251
Total	97,6580	98,2791	97,5707	97,0048	97,6234
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,5767	2,5376	2,5509	2,5764	2,5573
Ti	0,2491	0,2444	0,2253	0,1979	0,2238
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,1282	1,1634	1,1598	1,1935	1,1522
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,9937	1,0039	0,9838	0,9363	1,0085
Mn	0,0012	0,0065	0,0021	0,0016	0,0060
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0034	0,0041	0,0041	0,0037	0,0031
Mg	1,3342	1,3039	1,3408	1,3728	1,3154
Ca	0,0010	0,0020	0,0064	0,0036	0,0084
Na	0,0141	0,0302	0,0231	0,0297	0,0220
K	0,7797	0,7939	0,7887	0,7706	0,7752
H	0,9176	0,9121	0,9157	0,9165	0,9167
F	-	-	-	-	-
Cl	0,0044	0,0021	0,0034	0,0012	0,0146
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5731	0,5650	0,5768	0,5945	0,5660
AlIV	1,1282	1,1634	1,1598	1,1935	1,1522
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7 TS25a

Sample	TS25a Amp-norite Bt rim	TS25a Amp-norite Bt rim	TS25a Amp-norite Bt core	TS25a Amp-norite Bt core	TS25a Amp-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	37,2767	37,5337	36,7155	37,9452	37,3869
TiO2	3,4079	3,4732	2,9033	3,4420	3,4376
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,2358	15,0381	15,1665	15,3320	15,1583
FeO	16,3887	17,8415	18,5202	15,7410	16,3809
MnO	0,0290	0,0508	0,0257	0,0352	0,0446
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0561	BDL	0,0198	0,0141	BDL
MgO	13,8359	12,9825	12,8693	14,1890	13,3413
CaO	0,0584	0,1059	0,1751	0,0579	0,1142
Na2O	0,1958	0,1083	0,1774	0,2759	0,1161
K2O	8,7078	9,0230	7,8757	9,1235	8,7489
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,0016	BDL	BDL	BDL	BDL
Cl	0,0118	0,0030	0,0250	0,0109	0,0061
Total	97,2055	98,1600	96,4735	98,1667	96,7349
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,5475	2,5585	2,5447	2,5609	2,5714
Ti	0,1751	0,1780	0,1513	0,1747	0,1778
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2273	1,2083	1,2391	1,2197	1,2289
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,9365	1,0170	1,0733	0,8883	0,9421
Mn	0,0017	0,0029	0,0015	0,0020	0,0026
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0017	-	0,0006	0,0004	-
Mg	1,4093	1,3190	1,3294	1,4272	1,3676
Ca	0,0043	0,0077	0,0130	0,0042	0,0084
Na	0,0259	0,0143	0,0238	0,0361	0,0155
K	0,7591	0,7846	0,6963	0,7854	0,7676
H	0,9116	0,9093	0,9246	0,9003	0,9175
F	0,0003	-	-	-	-
Cl	0,0014	0,0003	0,0029	0,0012	0,0007
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6008	0,5647	0,5533	0,6164	0,5921
AlIV	1,2273	1,2083	1,2391	1,2197	1,2289
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.1 TS25a continu

Sample	TS25a Amp-norite Bt core	TS25a Amp-norite Bt core
Wt%		
SiO2	38,4880	37,9660
TiO2	1,9942	1,9024
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	15,7852	15,9584
FeO	14,0396	13,8376
MnO	BDL	BDL
NiO	NA	NA
BaO	0,0921	0,1003
MgO	15,9872	15,8913
CaO	0,0220	0,0738
Na2O	0,2938	0,2253
K2O	8,5609	8,7699
H2O	2,0000	2,0000
F	BDL	BDL
Cl	0,0004	0,0068
Total	97,2634	96,7318
Cations/Charges	8/20	8/20
Si	2,5871	2,5627
Ti	0,1008	0,0966
Cr	-	-
Al	1,2507	1,2697
Fe3+	-	-
Fe2+	0,7891	0,7810
Mn	-	-
Ni	-	-
Ba	0,0027	0,0030
Mg	1,6017	1,5988
Ca	0,0016	0,0053
Na	0,0383	0,0295
K	0,7340	0,7551
H	0,8967	0,9005
F	-	-
Cl	0,0000	0,0008
Total	8,0000	8,0000
Mg#	0,6699	0,6718
AlIV	1,2507	1,2697
AlVI	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8 BPA019-21d

Sample	BPA019-21d Grt-norite Bt	BPA019-21d Grt-norite Bt	BPA019-21d Grt-norite Bt	BPA019-21d Grt-norite Bt	BPA019-21d Grt-norite Bt core
Wt%					
SiO2	36,0843	36,0128	35,7175	36,1505	36,1346
TiO2	4,9497	5,6549	5,0353	4,9834	5,7105
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,0412	16,2341	16,2085	16,0974	15,9779
FeO	15,1782	15,2715	16,0884	15,3491	14,8427
MnO	0,0208	0,0539	0,0555	BDL	0,0617
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,2277	0,1861	0,3362	0,2709	0,1492
MgO	11,9534	11,3843	11,4834	12,0223	11,5067
CaO	0,0347	0,5415	0,1139	0,0453	0,2444
Na2O	0,0327	0,0195	0,0741	0,0182	0,0434
K2O	9,7105	8,9467	9,5985	9,8259	9,5938
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	1,2500	1,0821	1,2191	1,4716	1,1595
Cl	0,0009	BDL	0,0113	0,0038	0,0068
Total	97,4841	97,3874	97,9417	98,2384	97,4312
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4254	2,4420	2,4022	2,4052	2,4399
Ti	0,2502	0,2883	0,2546	0,2493	0,2899
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2709	1,2976	1,2850	1,2624	1,2717
Fe3+	0,5397	0,2913	0,5500	0,6601	0,3988
Fe2+	0,3134	0,5746	0,3548	0,1938	0,4392
Mn	0,0012	0,0031	0,0032	-	0,0035
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0067	0,0055	0,0099	0,0079	0,0044
Mg	1,1975	1,1506	1,1511	1,1922	1,1580
Ca	0,0025	0,0393	0,0082	0,0032	0,0177
Na	0,0043	0,0026	0,0097	0,0023	0,0057
K	0,8326	0,7739	0,8235	0,8339	0,8263
H	0,8966	0,9046	0,8972	0,8875	0,9008
F	0,2657	0,2320	0,2593	0,3096	0,2476
Cl	0,0001	-	0,0013	0,0004	0,0008
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5840	0,5706	0,5599	0,5827	0,5802
AlIV	1,2709	1,2976	1,2850	1,2624	1,2717
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.1 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	36,4241	36,3873	35,6352	36,2681	36,3577
TiO2	4,9377	5,3224	5,2073	5,6635	5,3679
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,3189	15,9430	16,1102	16,1188	16,2483
FeO	15,7270	15,8419	16,5952	16,3327	15,9805
MnO	0,0163	0,0465	0,0577	0,0538	0,0471
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,3615	0,2151	0,1648	0,2220	0,2625
MgO	11,7643	11,5930	11,4788	11,2581	11,6548
CaO	0,0441	0,0170	0,0551	0,0211	0,0229
Na2O	0,0523	0,0366	0,0412	0,0192	0,0650
K2O	9,6328	9,9082	8,8806	9,8072	9,9065
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	1,1220	1,1495	0,9319	1,0126	1,0986
Cl	0,0144	0,0089	0,0054	0,0123	0,0058
Total	98,4154	98,4694	97,1634	98,7894	99,0176
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4401	2,4367	2,4296	2,4353	2,4252
Ti	0,2487	0,2680	0,2670	0,2860	0,2692
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2886	1,2584	1,2947	1,2758	1,2776
Fe3+	0,4297	0,4588	0,3121	0,3486	0,4293
Fe2+	0,4513	0,4283	0,6340	0,5685	0,4621
Mn	0,0009	0,0026	0,0033	0,0031	0,0027
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0106	0,0063	0,0049	0,0065	0,0077
Mg	1,1746	1,1571	1,1665	1,1267	1,1587
Ca	0,0032	0,0012	0,0040	0,0015	0,0016
Na	0,0068	0,0048	0,0054	0,0025	0,0084
K	0,8231	0,8464	0,7723	0,8400	0,8429
H	0,8937	0,8933	0,9095	0,8957	0,8898
F	0,2377	0,2434	0,2009	0,2150	0,2317
Cl	0,0016	0,0010	0,0006	0,0014	0,0007
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5714	0,5660	0,5522	0,5513	0,5652
AlIV	1,2886	1,2584	1,2947	1,2758	1,2776
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.2 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core
Wt%					
SiO2	36,8615	36,0055	35,8039	36,2142	35,7426
TiO2	5,6836	5,7306	5,8940	5,6057	5,4262
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,3574	15,9203	15,8925	15,6264	15,5716
FeO	16,7455	16,2064	16,5665	15,8402	15,6767
MnO	0,0661	0,0717	0,0739	0,0224	0,0471
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1700	0,1429	0,1647	0,2425	0,1523
MgO	11,2469	11,1995	10,8080	11,4133	11,1751
CaO	0,0358	0,0622	0,0991	0,0423	0,0411
Na2O	0,0282	0,0376	0,0479	0,0385	0,0277
K2O	9,6301	9,7671	9,6104	9,8789	9,6877
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,8137	1,2323	0,8405	0,7788	1,2615
Cl	0,0083	0,0169	0,0188	0,0111	0,0128
Total	99,6471	98,3930	97,8202	97,7143	96,8224
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4669	2,4155	2,4381	2,4621	2,4276
Ti	0,2860	0,2891	0,3018	0,2866	0,2771
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2903	1,2589	1,2756	1,2523	1,2466
Fe3+	0,1615	0,4892	0,2688	0,2634	0,5438
Fe2+	0,7756	0,4199	0,6745	0,6371	0,3465
Mn	0,0037	0,0041	0,0043	0,0013	0,0027
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0050	0,0042	0,0049	0,0072	0,0045
Mg	1,1218	1,1198	1,0969	1,1565	1,1312
Ca	0,0026	0,0045	0,0072	0,0031	0,0030
Na	0,0037	0,0049	0,0063	0,0051	0,0036
K	0,8221	0,8358	0,8348	0,8567	0,8393
H	0,8927	0,8949	0,9084	0,9070	0,9060
F	0,1722	0,2614	0,1810	0,1674	0,2709
Cl	0,0009	0,0019	0,0022	0,0013	0,0015
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5449	0,5519	0,5376	0,5622	0,5596
AlIV	1,2903	1,2589	1,2756	1,2523	1,2466
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.3 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	36,2137	36,1060	36,0480	35,8562	37,0120
TiO2	5,2750	5,9331	5,7194	5,9845	5,2117
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,4119	16,3156	16,1280	16,1791	16,2254
FeO	16,0075	16,2752	15,9702	16,1354	15,5117
MnO	0,0286	0,0286	0,0073	0,0067	0,0297
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,2132	0,2715	0,2685	0,2860	0,2583
MgO	11,3223	10,6468	10,9983	10,9016	11,5378
CaO	0,0282	0,0528	0,0229	0,0258	0,0610
Na2O	0,0335	0,0353	0,0761	0,0295	0,0272
K2O	9,8563	9,6712	9,5438	9,7795	9,7371
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,9982	0,8407	0,9775	0,9445	1,3340
Cl	0,0072	BDL	0,0118	0,0036	0,0040
Total	98,3956	98,1768	97,7718	98,1324	98,9499
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4348	2,4528	2,4458	2,4296	2,4602
Ti	0,2667	0,3031	0,2918	0,3049	0,2605
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,3007	1,3065	1,2898	1,2922	1,2713
Fe3+	0,3660	0,1981	0,3033	0,3013	0,4515
Fe2+	0,5340	0,7264	0,6027	0,6129	0,4106
Mn	0,0016	0,0016	0,0004	0,0004	0,0017
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0063	0,0081	0,0080	0,0085	0,0075
Mg	1,1346	1,0780	1,1122	1,1010	1,1431
Ca	0,0020	0,0038	0,0017	0,0019	0,0043
Na	0,0044	0,0046	0,0100	0,0039	0,0035
K	0,8453	0,8381	0,8260	0,8453	0,8256
H	0,8969	0,9062	0,9051	0,9039	0,8867
F	0,2122	0,1806	0,2097	0,2024	0,2804
Cl	0,0008	-	0,0014	0,0004	0,0005
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5577	0,5383	0,5511	0,5463	0,5700
AlIV	1,3007	1,3065	1,2898	1,2922	1,2713
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.4 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core	BPA019-21d Grt-norite Bt core
Wt%					
SiO2	35,7538	36,5070	35,9192	35,7040	35,8782
TiO2	5,4278	5,7199	5,5979	5,4342	5,5495
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,9680	16,0631	16,0146	16,0956	16,2768
FeO	15,8930	15,6749	15,9345	16,3119	15,7838
MnO	0,0302	0,0297	0,0631	0,0123	0,0263
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,2608	0,1463	0,1612	0,1822	0,2542
MgO	11,0666	11,2513	11,0237	10,9294	11,3114
CaO	0,0357	0,0023	0,0123	0,0322	0,0170
Na2O	0,0139	0,0631	0,0451	0,0308	0,0392
K2O	9,7190	9,7835	9,8834	9,5550	9,8339
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	1,0360	1,1790	0,9314	0,8852	0,9972
Cl	0,0051	0,0121	0,0045	BDL	0,0022
Total	97,2099	98,4322	97,5909	97,1728	97,9697
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4332	2,4473	2,4390	2,4387	2,4231
Ti	0,2778	0,2883	0,2858	0,2791	0,2818
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2809	1,2693	1,2818	1,2959	1,2958
Fe3+	0,4055	0,3954	0,3432	0,3098	0,3750
Fe2+	0,4989	0,4833	0,5616	0,6218	0,5164
Mn	0,0017	0,0017	0,0036	0,0007	0,0015
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0078	0,0043	0,0048	0,0054	0,0075
Mg	1,1225	1,1242	1,1157	1,1126	1,1386
Ca	0,0026	0,0002	0,0009	0,0024	0,0012
Na	0,0018	0,0082	0,0059	0,0041	0,0051
K	0,8437	0,8366	0,8561	0,8325	0,8472
H	0,9078	0,8943	0,9058	0,9112	0,9010
F	0,2230	0,2499	0,2000	0,1912	0,2130
Cl	0,0006	0,0014	0,0005	-	0,0003
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5538	0,5613	0,5522	0,5443	0,5609
AlIV	1,2809	1,2693	1,2818	1,2959	1,2958
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.9 BPA019-21a

Sample	BPA019-21a Amp-norite Bt core	BPA019-21a Amp-norite Bt rim	BPA019-21a Amp-norite Bt rim	BPA019-21a Amp-norite Bt core	BPA019-21a Amp-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	37,2688	37,7418	37,1166	37,5055	37,1839
TiO2	2,9260	2,8550	2,6533	2,6656	2,6855
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,4202	15,0569	15,6921	15,2824	15,0004
FeO	17,3976	18,3963	18,1524	18,5451	18,1832
MnO	0,0451	0,0500	0,0949	0,0079	0,0208
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0054	0,0134	0,0568	0,0577	0,0778
MgO	13,0363	13,4257	12,9102	13,4317	13,0111
CaO	0,0565	0,0666	0,0328	0,0978	0,0214
Na2O	0,1901	0,1313	0,1362	0,0785	0,0794
K2O	9,3691	9,2658	9,2069	8,9614	8,8922
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,0791	0,1132	BDL	0,0245	0,1021
Cl	0,0075	0,0020	0,0107	0,0085	0,0153
Total	97,8017	99,1180	98,0629	98,6666	97,2731
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,5343	2,5390	2,5268	2,5389	2,5489
Ti	0,1496	0,1444	0,1358	0,1357	0,1384
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2360	1,1940	1,2592	1,2195	1,2120
Fe3+	0,0839	0,0949	0,0517	0,0340	0,0782
Fe2+	0,9054	0,9399	0,9816	1,0158	0,9641
Mn	0,0026	0,0028	0,0055	0,0005	0,0012
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0002	0,0004	0,0017	0,0017	0,0023
Mg	1,3213	1,3462	1,3100	1,3552	1,3293
Ca	0,0041	0,0048	0,0024	0,0071	0,0016
Na	0,0251	0,0171	0,0180	0,0103	0,0106
K	0,8127	0,7951	0,7995	0,7738	0,7775
H	0,9071	0,8974	0,9082	0,9031	0,9144
F	0,0170	0,0241	-	0,0052	0,0221
Cl	0,0009	0,0002	0,0012	0,0010	0,0018
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5718	0,5654	0,5590	0,5635	0,5605
AlIV	1,2360	1,1940	1,2592	1,2195	1,2120
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.9.1 BPA019-21a continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Bt core	BPA019-21a Amp-norite Bt rim	BPA019-21a Amp-norite Bt rim	BPA019-21a Amp-norite Bt rim	BPA019-21a Amp-norite Bt core
Wt%					
SiO2	37,5232	37,0242	37,4396	37,3480	36,6440
TiO2	2,8022	1,9247	2,7165	2,5364	2,7830
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	15,1799	16,2572	14,8524	14,9651	15,1410
FeO	18,4450	19,0114	18,8340	18,3787	18,9060
MnO	BDL	0,0012	0,0385	0,0926	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0887	0,0709	0,1162	0,0761	0,1312
MgO	12,8178	12,5075	12,6987	13,0968	12,6531
CaO	0,0302	0,0353	0,0718	0,0541	0,0386
Na2O	0,1242	0,1878	0,1797	0,1353	0,0937
K2O	9,0824	8,5952	9,0647	9,1724	9,0320
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,0389	BDL	0,0483	0,1210	0,0549
Cl	0,0103	0,0151	0,0147	0,0103	0,0205
Total	98,1428	97,6305	98,0751	97,9868	97,4980
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,5572	2,5336	2,5555	2,5402	2,5154
Ti	0,1436	0,0990	0,1394	0,1297	0,1436
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,2194	1,3113	1,1950	1,1998	1,2251
Fe3+	0,0224	0,0278	0,0735	0,1431	0,1202
Fe2+	1,0287	1,0601	1,0015	0,9022	0,9650
Mn	-	0,0001	0,0022	0,0053	-
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0026	0,0021	0,0035	0,0023	0,0039
Mg	1,3019	1,2757	1,2919	1,3276	1,2945
Ca	0,0022	0,0026	0,0053	0,0039	0,0028
Na	0,0164	0,0249	0,0238	0,0178	0,0125
K	0,7895	0,7503	0,7892	0,7958	0,7908
H	0,9091	0,9129	0,9106	0,9073	0,9157
F	0,0084	-	0,0104	0,0260	0,0119
Cl	0,0012	0,0018	0,0017	0,0012	0,0024
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,5533	0,5397	0,5458	0,5595	0,5440
AlIV	1,2194	1,3113	1,1950	1,1998	1,2251
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10 BPA018-21a

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	35,3659	35,6474	36,3330	36,4610	37,1458
TiO2	4,6569	4,5312	4,4065	4,6835	3,4851
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,8805	16,8581	16,8089	16,2363	16,5504
FeO	14,2763	13,9701	14,1214	14,2853	13,1552
MnO	0,0498	0,0410	0,0705	0,0178	0,0128
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0817	0,0730	0,1170	0,1032	0,1729
MgO	12,5264	12,7169	12,6539	12,4981	13,8263
CaO	0,0564	0,0221	0,0513	0,0320	0,0204
Na2O	0,1108	0,1162	0,1227	0,1002	0,0847
K2O	9,7210	9,7187	9,6557	9,7038	9,4205
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,2795	0,4849	0,4578	0,4811	0,7372
Cl	0,0290	0,0174	0,0145	0,0140	0,0198
Total	96,0342	96,1970	96,8132	96,6163	96,6311
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4314	2,4344	2,4714	2,4888	2,5014
Ti	0,2407	0,2327	0,2254	0,2404	0,1765
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,3680	1,3570	1,3477	1,3064	1,3137
Fe3+	0,1175	0,2063	0,1277	0,1255	0,2660
Fe2+	0,7032	0,5915	0,6755	0,6898	0,4748
Mn	0,0029	0,0024	0,0041	0,0010	0,0007
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0025	0,0022	0,0035	0,0031	0,0051
Mg	1,2836	1,2944	1,2829	1,2715	1,3877
Ca	0,0042	0,0016	0,0037	0,0023	0,0015
Na	0,0148	0,0154	0,0162	0,0133	0,0111
K	0,8525	0,8466	0,8378	0,8449	0,8092
H	0,9171	0,9110	0,9074	0,9106	0,8983
F	0,0608	0,1047	0,0985	0,1039	0,1570
Cl	0,0034	0,0020	0,0017	0,0016	0,0023
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6100	0,6187	0,6150	0,6093	0,6520
AlIV	1,3680	1,3570	1,3477	1,3064	1,3137
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.1 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	36,6023	36,0076	36,6102	36,3356	36,1116
TiO2	3,3524	4,0615	4,2983	4,3513	4,5084
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,3326	16,6499	17,1839	16,6924	16,9391
FeO	12,6866	13,2478	13,6455	13,3959	14,1306
MnO	0,0283	0,0232	0,0050	0,0249	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0912	0,0130	0,1196	0,1024	0,0350
MgO	14,0926	12,9669	12,9123	13,0837	12,6328
CaO	BDL	0,0343	0,0313	0,0186	0,0870
Na2O	0,1651	0,0830	0,1518	0,1111	0,0706
K2O	9,4159	9,4194	9,5367	9,5676	9,5247
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,4498	0,6946	0,4942	0,4362	0,4102
Cl	0,0183	0,0170	0,0208	0,0122	0,0146
Total	96,2351	95,2182	97,0096	96,1319	96,4646
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4749	2,4644	2,4781	2,4805	2,4659
Ti	0,1704	0,2090	0,2188	0,2234	0,2315
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,3814	1,3432	1,3711	1,3432	1,3634
Fe3+	0,1622	0,2739	0,1008	0,1094	0,0831
Fe2+	0,5551	0,4842	0,6715	0,6553	0,7237
Mn	0,0016	0,0013	0,0003	0,0014	-
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0027	0,0004	0,0035	0,0031	0,0010
Mg	1,4202	1,3227	1,3027	1,3313	1,2857
Ca	-	0,0025	0,0023	0,0014	0,0064
Na	0,0216	0,0110	0,0199	0,0147	0,0093
K	0,8121	0,8223	0,8234	0,8332	0,8296
H	0,9020	0,9130	0,9030	0,9107	0,9109
F	0,0962	0,1503	0,1058	0,0942	0,0886
Cl	0,0021	0,0020	0,0024	0,0014	0,0017
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6644	0,6357	0,6278	0,6352	0,6144
AlIV	1,3814	1,3432	1,3711	1,3432	1,3634
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.2 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	36,8115	36,7469	35,5183	36,5113	36,6199
TiO2	4,5046	3,9644	4,0809	4,2686	4,3052
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,9475	16,6231	17,1873	17,0158	16,9921
FeO	13,6363	13,9411	14,6905	13,9857	14,0519
MnO	0,0481	0,0210	0,0437	0,0039	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0880	0,0542	0,0632	0,0813	0,0942
MgO	13,0068	13,3029	12,8783	12,5389	12,9877
CaO	0,3170	0,0372	0,0690	0,1139	0,0186
Na2O	0,1212	0,1048	0,0819	0,1451	0,1040
K2O	9,5065	9,7261	8,8950	9,4952	9,7138
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,5526	0,5756	0,4090	0,4482	0,3706
Cl	0,0181	0,0117	0,0183	0,0088	0,0080
Total	97,5582	97,1090	95,9354	96,6167	97,2660
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4784	2,4776	2,4368	2,4869	2,4799
Ti	0,2280	0,2010	0,2105	0,2186	0,2192
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,3450	1,3211	1,3899	1,3661	1,3564
Fe3+	0,1101	0,2189	0,1169	0,0793	0,0654
Fe2+	0,6576	0,5671	0,7259	0,7172	0,7303
Mn	0,0027	0,0012	0,0025	0,0002	-
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0026	0,0016	0,0019	0,0024	0,0028
Mg	0,0026	0,0016	0,0019	0,0024	0,0028
Ca	0,0229	0,0027	0,0051	0,0083	0,0013
Na	0,0158	0,0137	0,0109	0,0192	0,0137
K	0,8164	0,8365	0,7784	0,8250	0,8391
H	0,8981	0,8994	0,9152	0,9086	0,9034
F	0,1177	0,1227	0,0887	0,0965	0,0794
Cl	0,0021	0,0013	0,0021	0,0010	0,0009
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6297	0,6297	0,6098	0,6151	0,6223
AlIV	1,3450	1,3211	1,3899	1,3661	1,3564
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.3 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core
Wt%					
SiO2	36,3074	36,4996	36,8971	36,8866	37,4260
TiO2	4,6439	2,8793	3,8962	3,3325	3,1943
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,5660	17,5403	17,3777	17,7077	17,0440
FeO	13,7246	13,0854	13,5822	13,1561	12,9794
MnO	0,0663	0,0326	0,0309	0,0767	0,0144
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1271	0,1572	0,0691	0,1104	0,0975
MgO	12,8973	14,0265	13,2166	13,7914	14,3921
CaO	0,0180	0,0541	0,0017	BDL	0,0290
Na2O	0,0966	0,0853	0,0650	0,0794	0,1748
K2O	9,5024	9,6522	9,6932	9,7100	9,3450
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,2183	0,4141	0,3281	0,3105	0,4585
Cl	0,0160	0,0160	0,0171	0,0212	0,0213
Total	96,1839	96,4426	97,1749	97,1825	97,1763
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4939	2,4656	2,4953	2,4843	2,5086
Ti	0,2399	0,1463	0,1981	0,1688	0,1610
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,3413	1,3967	1,3853	1,4058	1,3466
Fe3+	0,0000	0,2054	0,0211	0,0667	0,1234
Fe2+	0,7883	0,5338	0,7470	0,6742	0,6041
Mn	0,0039	0,0019	0,0018	0,0044	0,0008
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0038	0,0046	0,0020	0,0033	0,0029
Mg	1,3204	1,4122	1,3322	1,3844	1,4378
Ca	0,0013	0,0039	0,0001	-	0,0021
Na	0,0129	0,0112	0,0085	0,0104	0,0227
K	0,8326	0,8317	0,8362	0,8342	0,7990
H	0,9163	0,9011	0,9022	0,8984	0,8942
F	0,0474	0,0885	0,0702	0,0661	0,0972
Cl	0,0019	0,0018	0,0020	0,0024	0,0024
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6262	0,6564	0,6343	0,6514	0,6640
AlIV	1,3413	1,3967	1,3853	1,4058	1,3466
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.4 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Wt%					
SiO2	37,0077	37,6321	36,5702	37,2073	37,7494
TiO2	3,3426	2,8323	3,2883	2,7606	2,9401
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,4097	17,1264	17,1657	17,5479	17,5211
FeO	13,4937	13,4254	13,2858	12,8891	13,1348
MnO	0,0673	0,0397	0,0814	0,0534	0,0408
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1166	0,1395	0,0881	0,1361	0,1648
MgO	14,1182	14,6431	13,9735	14,4228	14,5215
CaO	0,0081	BDL	BDL	0,0203	0,0168
Na2O	0,1960	0,1436	0,1997	0,1437	0,2094
K2O	9,3913	9,2815	9,3823	9,1981	9,2590
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,5302	0,6355	0,5931	0,5333	0,5374
Cl	0,0128	0,0160	0,0139	0,0154	0,0173
Total	97,6942	97,9151	96,6420	96,9280	98,1124
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4706	2,4978	2,4611	2,4935	2,5046
Ti	0,1678	0,1414	0,1664	0,1391	0,1467
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,3700	1,3399	1,3617	1,3862	1,3703
Fe3+	0,1861	0,2273	0,2660	0,1711	0,1373
Fe2+	0,5671	0,5178	0,4817	0,5512	0,5914
Mn	0,0038	0,0022	0,0046	0,0030	0,0023
Ni	-	-	-	-	-
Ba	0,0034	0,0040	0,0026	0,0040	0,0048
Mg	1,4048	1,4486	1,4016	1,4406	1,4360
Ca	0,0006	-	-	0,0015	0,0012
Na	0,0254	0,0185	0,0261	0,0187	0,0269
K	0,7997	0,7858	0,8054	0,7863	0,7836
H	0,8906	0,8854	0,8977	0,8940	0,8851
F	0,1119	0,1334	0,1262	0,1130	0,1128
Cl	0,0014	0,0018	0,0016	0,0017	0,0019
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6510	0,6603	0,6521	0,6661	0,6634
AlIV	1,3700	1,3399	1,3617	1,3862	1,3703
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.5 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt core
Wt%						
SiO2	36,9307	36,9487	36,6400	36,9399	36,9173	36,5292
TiO2	4,5992	2,9243	3,7954	3,0397	3,5944	2,7936
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	16,5653	17,7542	17,2494	17,3430	16,4826	17,8135
FeO	13,7552	13,1154	13,5708	13,2101	13,3958	13,2166
MnO	0,0291	0,0083	0,0264	0,0314	0,0357	0,0763
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,0502	0,1272	0,1081	0,1388	0,0432	0,1514
MgO	12,9514	14,3347	13,4079	14,2704	14,1190	14,4323
CaO	0,0341	0,0208	0,0301	0,0527	0,0138	0,0503
Na2O	0,1414	0,1711	0,1806	0,1478	0,1480	0,1126
K2O	9,5953	9,3767	9,4760	8,8196	9,4945	9,5335
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,5324	0,5316	0,2566	0,5537	0,4708	0,7089
Cl	0,0132	0,0114	0,0124	0,0131	0,0140	0,0128
Total	97,1975	97,3244	96,7537	96,5602	96,7291	97,4310
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4966	2,4680	2,4878	2,4893	2,4904	2,4294
Ti	0,2338	0,1469	0,1938	0,1540	0,1823	0,1397
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,3200	1,3979	1,3805	1,3776	1,3106	1,3964
Fe3+	0,0995	0,2027	0,0254	0,1501	0,1841	0,3641
Fe2+	0,6780	0,5298	0,7451	0,5943	0,5715	0,3709
Mn	0,0017	0,0005	0,0015	0,0018	0,0020	0,0043
Ni	-	-	-	-	-	-
Ba	0,0015	0,0037	0,0032	0,0041	0,0013	0,0044
Mg	1,3049	1,4271	1,3569	1,4333	1,4196	1,4306
Ca	0,0025	0,0015	0,0022	0,0038	0,0010	0,0036
Na	0,0185	0,0222	0,0238	0,0193	0,0194	0,0145
K	0,8274	0,7989	0,8207	0,7581	0,8170	0,8088
H	0,9018	0,8910	0,9058	0,8989	0,8999	0,8872
F	0,1138	0,1123	0,0551	0,1180	0,1004	0,1491
Cl	0,0015	0,0013	0,0014	0,0015	0,0016	0,0014
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6266	0,6608	0,6378	0,6582	0,6526	0,6606
AlIV	1,3200	1,3979	1,3805	1,3776	1,3106	1,3964
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.6 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Bt core	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim	BPA018-21a Grt-norite Bt rim
Wt%						
SiO2	36,4151	37,3599	36,8207	36,7020	36,7725	36,4381
TiO2	2,6247	2,6004	3,6579	4,6157	4,6510	4,2613
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,5864	17,1271	16,8057	16,5770	16,6532	16,8300
FeO	13,0493	12,6698	13,5862	14,1819	14,3663	14,2821
MnO	0,0236	0,0198	BDL	0,0516	0,0515	0,0066
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BaO	0,1912	0,1519	0,1010	BDL	0,0719	0,1146
MgO	14,5855	14,8615	14,1126	12,8720	13,1207	13,1109
CaO	0,0220	0,0641	0,0306	0,0357	0,0132	0,0017
Na2O	0,1622	0,1285	0,1321	0,1185	0,1283	0,1489
K2O	9,4839	9,2679	9,6700	9,7209	9,6731	9,8075
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	0,5725	0,9377	0,4327	0,6038	0,4737	0,6724
Cl	0,0152	0,0208	0,0212	0,0153	0,0165	0,0085
Total	96,7316	97,2094	97,3707	97,4944	97,9919	97,6826
Cations/Charges	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20	8/20
Si	2,4399	2,4753	2,4724	2,4727	2,4725	2,4445
Ti	0,1322	0,1296	0,1847	0,2338	0,2352	0,2150
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,3889	1,3376	1,3301	1,3164	1,3199	1,3308
Fe3+	0,3322	0,4178	0,1813	0,1797	0,1103	0,2860
Fe2+	0,3989	0,2841	0,5816	0,6193	0,6975	0,5152
Mn	0,0013	0,0011	-	0,0029	0,0029	0,0004
Ni	-	-	-	-	-	-
Ba	0,0056	0,0044	0,0030	-	0,0021	0,0034
Mg	1,4565	1,4676	1,4124	1,2925	1,3149	1,3109
Ca	0,0016	0,0045	0,0022	0,0026	0,0010	0,0001
Na	0,0211	0,0165	0,0172	0,0155	0,0167	0,0194
K	0,8105	0,7833	0,8282	0,8354	0,8296	0,8393
H	0,8938	0,8838	0,8957	0,8987	0,8970	0,8949
F	0,1213	0,1965	0,0919	0,1286	0,1007	0,1426
Cl	0,0017	0,0023	0,0024	0,0017	0,0019	0,0010
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,6658	0,6765	0,6493	0,6180	0,6195	0,6207
AlIV	1,3889	1,3376	1,3301	1,3164	1,3199	1,3308
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

Annexes tableaux de composition des chlorites

1 Eléments majeurs des chlorites

1.1 BPA019-21d

Sample	BPA019-21d Grt-norite Chl rim
wt%	
SiO2	30,7756
TiO2	2,2151
Cr2O3	NA
Al2O3	17,6117
FeO	21,4896
MnO	0,0367
NiO	NA
MgO	13,2310
CaO	0,1181
Na2O	BDL
K2O	3,3672
H2O	8,0000
F	0,0851
Cl	BDL
Total	96,9301
Cations/Charges	10/18
Si	2,0659
Ti	0,1118
Cr	-
Al	1,3935
Fe3+	-
Fe2+	1,2062
Mn	0,0021
Ni	-
Mg	1,3238
Ca	0,0085
Na	-
K	0,2883
H	3,5818
F	0,0181
Cl	-
Total	10,0000
Mg#	0,5232

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

Annexes tableaux de composition des clinopyroxenes

1 Analyse in-situ des clinopyroxènes

1.1 BPA261-21b

Sample		BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core
Li	ppm	4,5633	4,6618	3,4800	3,7191	3,6792	3,7259	4,5591
B	ppm	2,3323	2,7447	2,0393	2,0822	2,5940	2,6237	2,4743
Al2O3	wt%	4,5650	4,6177	4,6113	4,5770	5,2299	5,2918	4,8456
CaO	wt%	19,4700	22,2900	20,1600	17,9300	22,0500	21,6200	21,9300
Sc	ppm	127,5544	132,3635	134,1705	126,2918	148,5685	147,1532	143,0385
TiO2	wt%	1,1340	1,0281	0,9681	0,9637	1,3332	1,2073	1,0116
V	ppm	664,8012	651,2516	685,6020	655,4043	759,6969	748,8320	752,1612
Cr	ppm	1282,3327	1177,9341	1595,5126	1490,6473	1389,3125	1102,5313	1557,8975
Co	ppm	37,1681	38,6833	38,7724	36,7662	41,1437	42,3490	48,7134
Ni	ppm	72,6913	93,6213	75,1375	70,3968	76,7309	80,9061	92,4353
Zn	ppm	41,9371	40,1024	41,3509	41,6679	46,7987	48,3125	53,7615
Rb	ppm	0,0539	0,1233	0,0266	0,0190	BDL	BDL	0,0202
Sr	ppm	18,4131	19,2071	22,5375	18,9293	20,5160	22,6463	23,3463
Y	ppm	31,1152	30,3842	26,3732	26,4526	36,9244	30,7837	28,9469
Zr	ppm	65,2032	71,6552	35,0121	37,3383	85,6490	46,2132	38,7138
Nb	ppm	0,1037	0,0575	0,0864	0,1519	0,0797	0,1242	0,1100
Ba	ppm	0,1015	0,2381	0,0511	0,0409	0,0946	0,0364	0,0371
La	ppm	1,0430	1,0707	1,0201	0,9601	1,1562	1,1136	1,0332
Ce	ppm	5,3168	5,3585	4,5859	4,4394	5,9427	5,3408	5,0900
Pr	ppm	1,1604	1,1709	0,9967	0,9415	1,3164	1,1348	1,0685
Nd	ppm	8,0177	8,0176	6,9816	6,5450	9,2900	7,9271	7,2888
Sm	ppm	3,4069	3,3906	2,9993	2,8543	3,9821	3,4469	3,0797
Eu	ppm	0,9710	1,0196	0,9545	0,8740	1,1198	1,0344	0,9549
Gd	ppm	4,7677	4,8651	4,3610	4,1242	5,7852	4,8513	4,4188
Tb	ppm	0,8436	0,8472	0,7485	0,7104	1,0002	0,8336	0,7735
Dy	ppm	5,9134	5,9408	5,2744	5,0546	7,0904	5,9561	5,4468
Ho	ppm	1,2098	1,2201	1,0639	1,0278	1,4490	1,1951	1,1080
Er	ppm	3,4872	3,5240	3,0330	2,9506	4,1690	3,4472	3,2594
Tm	ppm	0,4662	0,4697	0,3923	0,3972	0,5656	0,4610	0,4220
Yb	ppm	3,1101	3,0900	2,5935	2,6564	3,7596	3,1299	2,7915
Lu	ppm	0,4309	0,4307	0,3544	0,3642	0,5185	0,4323	0,3891
Hf	ppm	1,8009	2,3730	1,6937	1,5311	2,3996	1,8494	1,4482
Ta	ppm	0,0386	0,0209	0,0067	0,0167	0,0360	0,0151	0,0153
Pb	ppm	0,1055	0,4810	0,0773	0,1005	0,1045	0,0961	0,1491
Th	ppm	0,3610	0,3281	0,1706	0,3131	0,3382	0,3685	0,2714
U	ppm	0,1088	0,1134	0,0807	0,1088	0,1067	0,1166	0,0998
(La/Yb)N		0,2322	0,2399	0,2723	0,2502	0,2129	0,2463	0,2563
(La/Sm)N		0,1919	0,1979	0,2132	0,2108	0,1820	0,2025	0,2103
(Gd/Yb)N		1,2671	1,3014	1,3899	1,2833	1,2719	1,2811	1,3084
Eu/Eu*		0,7316	0,7624	0,8015	0,7736	0,7085	0,7682	0,7861
Zr/Y		2,0955	2,3583	1,3276	1,4115	2,3196	1,5012	1,3374

1.2 BPA021-21a2

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim	BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim
Li	ppm	18,0442	11,9360	20,9510	19,5710	11,7494	16,0966
B	ppm	4,8363	8,8514	13,0920	6,9998	7,2879	6,3580
Al2O3	wt%	1,9525	4,0532	2,6034	3,6809	4,5568	2,2746
CaO	wt%	19,9200	22,6800	21,7000	21,9500	21,9600	19,9200
Sc	ppm	86,9205	116,6751	74,7394	124,2230	131,5008	71,5627
TiO2	wt%	0,3512	1,2193	0,4845	1,0064	0,9154	0,4805
V	ppm	125,7603	567,4904	144,3907	448,9655	609,4885	121,6735
Cr	ppm	40,5315	281,2796	27,6809	182,1606	221,4995	27,8719
Co	ppm	50,9883	60,4456	52,5281	55,0923	51,4178	47,1422
Ni	ppm	78,4506	115,7327	84,2269	91,1114	83,9495	73,3127
Zn	ppm	66,0299	66,4559	68,3376	75,2046	62,6874	65,7707
Rb	ppm	0,0233	0,2761	6,3243	0,6484	0,7660	1,3590
Sr	ppm	16,8530	17,6186	19,7940	20,7123	25,1869	17,3014
Y	ppm	38,6552	28,4617	35,6713	43,5922	26,9744	31,0498
Zr	ppm	136,0389	82,6816	146,4087	92,8709	64,2588	117,4282
Nb	ppm	0,0500	0,2868	0,0575	0,2527	0,2664	0,4365
Ba	ppm	0,8009	1,9486	6,1544	3,6438	7,4036	5,0591
La	ppm	7,1321	5,8984	6,8254	5,5569	4,8376	5,9380
Ce	ppm	24,0481	17,9431	22,6175	17,7933	13,5455	18,6409
Pr	ppm	3,6646	2,4343	3,3901	2,8725	1,8822	2,7146
Nd	ppm	17,9223	11,3554	16,4055	16,1314	9,6940	13,5146
Sm	ppm	5,2832	3,6518	4,8637	5,7468	3,3843	4,2004
Eu	ppm	0,5514	0,7471	0,5893	0,8330	0,6911	0,5396
Gd	ppm	6,2559	4,6444	5,6754	7,3323	4,5435	4,8818
Tb	ppm	1,0854	0,8185	0,9968	1,2637	0,7944	0,8480
Dy	ppm	7,3395	5,7352	6,8421	8,5995	5,5448	6,0938
Ho	ppm	1,4877	1,1416	1,3753	1,7183	1,0780	1,2032
Er	ppm	4,3153	3,2994	4,1494	4,9954	3,1194	3,4731
Tm	ppm	0,5823	0,4355	0,5666	0,6526	0,4035	0,4716
Yb	ppm	4,0356	2,9552	3,9758	4,3133	2,6656	3,3243
Lu	ppm	0,5722	0,4032	0,5660	0,5970	0,3630	0,4660
Hf	ppm	4,4628	2,2100	4,3440	3,4650	2,3050	3,7850
Ta	ppm	0,0135	0,0293	0,0270	0,0250	0,0240	0,0490
Pb	ppm	0,4440	0,7923	0,7970	0,4720	0,5250	0,5510
Th	ppm	0,6521	2,2558	1,0330	1,2480	1,5160	1,0100
U	ppm	0,4310	0,6164	0,3740	0,3730	0,4210	0,3010
(La/Yb)N		1,2236	1,3819	1,1886	0,8920	1,2565	1,2367
(La/Sm)N		0,8461	1,0123	0,8796	0,6060	0,8959	0,8860
(Gd/Yb)N		1,2813	1,2990	1,1799	1,4051	1,4089	1,2138
Eu/Eu*		0,2913	0,5509	0,3406	0,3897	0,5352	0,3619
Zr/Y		3,5193	2,9050	4,1044	2,1304	2,3822	3,7819

1.3 YM38a

Sample		YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx rim
Li	ppm	18,0197	20,9951	25,8777	21,6310	20,4099	19,4450
B	ppm	3,5744	4,7068	5,9011	4,5660	5,1546	3,5760
Al2O3	wt%	2,4969	2,3517	3,1682	2,0280	2,5206	1,7450
CaO	wt%	22,0100	22,0400	21,8300	22,0400	22,0100	22,0100
Sc	ppm	156,8817	139,7113	133,1485	133,7370	141,1314	138,8560
TiO2	wt%	0,6402	0,5204	0,6995	0,4290	0,5968	0,3760
V	ppm	601,5785	501,5539	531,8751	466,2940	533,1370	503,9450
Cr	ppm	388,7880	398,0912	897,9546	697,0270	466,3394	347,5770
Co	ppm	46,1870	41,3206	45,8940	39,7630	47,6136	42,3690
Ni	ppm	48,3381	42,8976	50,4234	39,9050	50,3507	43,7000
Zn	ppm	76,6164	71,4738	89,8840	64,0900	81,3141	67,4250
Rb	ppm	0,2676	0,0858	0,7250	1,3510	1,3806	0,1590
Sr	ppm	32,2023	18,0947	52,6675	23,8260	37,7793	21,5110
Y	ppm	64,3295	50,9154	62,1966	38,9430	57,1436	44,0000
Zr	ppm	58,3254	64,8954	74,5632	61,7120	64,3785	46,2170
Nb	ppm	0,0502	0,0375	0,1946	0,0450	0,2219	0,0150
Ba	ppm	7,1264	1,4724	23,7215	5,4830	21,1112	5,4850
La	ppm	4,1188	3,7627	4,6572	3,4910	4,5051	3,4650
Ce	ppm	18,3218	15,8788	18,7601	13,8430	18,9274	14,4660
Pr	ppm	3,6295	2,9817	3,5152	2,5240	3,5399	2,7000
Nd	ppm	21,9621	17,6229	20,8475	14,0600	20,2172	15,5630
Sm	ppm	8,1460	6,3201	7,4042	4,9300	7,2002	5,4640
Eu	ppm	1,3044	1,0764	1,2316	0,9060	1,1948	0,9740
Gd	ppm	10,6714	8,2140	9,9877	6,3080	9,1893	7,2590
Tb	ppm	1,9301	1,4958	1,8129	1,1480	1,6513	1,3120
Dy	ppm	12,9955	10,4894	12,5352	7,8860	11,1810	8,9520
Ho	ppm	2,6170	2,0885	2,4793	1,5660	2,2588	1,7800
Er	ppm	6,9990	5,7174	6,8096	4,4100	6,2953	4,9230
Tm	ppm	0,9140	0,7445	0,8721	0,5690	0,7954	0,6450
Yb	ppm	5,7284	4,7578	5,6255	3,7730	5,1592	4,1160
Lu	ppm	0,7660	0,6547	0,7549	0,5220	0,7070	0,5520
Hf	ppm	2,4123	2,2630	2,1482	2,1200	2,3927	1,7320
Ta	ppm	0,0099	0,0088	0,0216	0,0120	0,0248	0,0050
Pb	ppm	5,3622	1,1464	16,6048	2,6000	10,5655	3,6210
Th	ppm	0,2095	0,3842	0,5302	0,7430	0,7255	0,2180
U	ppm	0,0601	0,0771	0,1065	0,1400	0,1649	0,0830
(La/Yb)N		0,4978	0,5476	0,5732	0,6406	0,6046	0,5829
(La/Sm)N		0,3169	0,3731	0,3942	0,4438	0,3922	0,3975
(Gd/Yb)N		1,5398	1,4270	1,4675	1,3819	1,4722	1,4577
Eu/Eu*		0,4249	0,4537	0,4349	0,4934	0,4461	0,4697
Zr/Y		0,9067	1,2746	1,1988	1,5847	1,1266	1,0504

1.3.1 YM38a continu

Sample		YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx rim
Li	ppm	17,0430	19,2640	22,1444	19,3037	21,0250	18,7216
B	ppm	4,1590	3,9940	4,8803	5,4718	6,1852	7,1309
Al2O3	wt%	2,2430	1,8610	1,9994	2,4340	2,9674	2,5010
CaO	wt%	21,8300	22,0400	22,0400	22,5000	22,1000	22,0100
Sc	ppm	134,9040	136,6990	126,6858	157,3689	126,1715	136,6465
TiO2	wt%	0,5320	0,4270	0,4616	0,5670	0,6757	0,5859
V	ppm	508,1110	474,6510	505,0619	581,6307	486,5001	506,4741
Cr	ppm	396,9390	416,3230	622,8380	340,4458	1263,0595	732,0357
Co	ppm	46,0230	42,2950	42,0001	45,5713	44,7444	44,2678
Ni	ppm	46,6980	43,6120	45,0809	46,3160	47,3629	47,2038
Zn	ppm	72,9640	68,2120	69,7392	71,5306	78,0204	74,1756
Rb	ppm	1,6470	0,7050	0,1975	3,0262	1,3971	0,7507
Sr	ppm	16,3060	19,4420	26,7273	17,4950	15,9270	26,1986
Y	ppm	53,7200	44,9390	44,9872	56,5464	54,5572	51,3168
Zr	ppm	57,4100	55,8000	53,0999	56,0461	72,2492	61,4589
Nb	ppm	0,1150	0,0280	0,0367	0,0684	0,0618	0,0543
Ba	ppm	3,2340	3,0290	6,3979	4,5430	3,0638	9,6109
La	ppm	3,9010	3,5610	3,5549	3,9528	4,2716	3,8218
Ce	ppm	16,8230	15,2040	14,9806	16,2796	18,0707	16,3329
Pr	ppm	3,2420	2,8550	2,8343	3,2002	3,4458	3,0435
Nd	ppm	19,2990	16,0770	16,0390	19,4875	19,7217	17,9899
Sm	ppm	6,8430	5,6740	5,5986	7,3431	6,8581	6,4934
Eu	ppm	1,1370	0,9860	0,9769	1,2116	1,2424	1,1626
Gd	ppm	9,0040	7,3300	7,1628	9,8501	8,7112	8,1718
Tb	ppm	1,6250	1,3090	1,2954	1,7649	1,5822	1,4961
Dy	ppm	10,7640	9,1740	9,0029	12,0785	11,1766	10,2000
Ho	ppm	2,1250	1,8260	1,8042	2,3899	2,2273	2,0549
Er	ppm	5,9290	5,0900	5,0705	6,5283	6,0609	5,7734
Tm	ppm	0,7580	0,6520	0,6625	0,8131	0,7921	0,7375
Yb	ppm	4,8470	4,2500	4,3384	5,2928	5,1145	5,0705
Lu	ppm	0,6450	0,5770	0,5966	0,7084	0,7290	0,6870
Hf	ppm	2,2120	2,0670	1,7305	2,2236	1,6946	1,9557
Ta	ppm	0,0150	0,0080	0,0078	0,0121	0,0147	0,0121
Pb	ppm	0,6960	2,7030	6,3873	0,5236	0,3807	3,9212
Th	ppm	0,4140	0,4260	0,4158	0,7062	0,6538	0,6863
U	ppm	0,1150	0,1790	0,1539	0,3068	0,2152	0,2235
(La/Yb)N		0,5572	0,5801	0,5673	0,5171	0,5783	0,5219
(La/Sm)N		0,3573	0,3934	0,3980	0,3374	0,3904	0,3689
(Gd/Yb)N		1,5354	1,4256	1,3647	1,5382	1,4078	1,3321
Eu/Eu*		0,4399	0,4643	0,4685	0,4326	0,4881	0,4847
Zr/Y		1,0687	1,2417	1,1803	0,9912	1,3243	1,1976

1.3.2 YM38a continu

Sample		YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx rim
Li	ppm	20,2079	18,3998	15,7575	16,0340	17,1759
B	ppm	4,7660	5,5725	4,0182	5,3332	4,1982
Al2O3	wt%	2,1902	5,2927	1,3185	1,1144	1,3462
CaO	wt%	22,0100	22,1000	22,0100	22,1000	22,0400
Sc	ppm	132,3172	141,5759	109,7234	99,2787	110,7665
TiO2	wt%	0,5029	1,1356	0,2522	0,1726	0,2731
V	ppm	515,0999	609,0537	303,1197	243,8026	341,9851
Cr	ppm	383,8150	2092,7622	225,3647	239,9436	260,6724
Co	ppm	42,9532	66,0035	41,4669	40,9699	45,3591
Ni	ppm	49,7819	82,7495	41,9686	40,1257	45,6607
Zn	ppm	73,0488	121,6645	66,6109	64,3368	72,1411
Rb	ppm	0,2248	2,7049	0,8263	2,2765	0,1304
Sr	ppm	20,7774	31,5043	18,7935	13,6324	21,1713
Y	ppm	51,9023	65,9412	29,8056	26,0310	34,8164
Zr	ppm	59,9164	61,0279	29,8252	24,9572	35,0772
Nb	ppm	0,0311	1,1514	0,0203	0,0150	0,0155
Ba	ppm	2,6996	18,2211	4,3093	1,3717	3,3375
La	ppm	3,8765	6,4103	2,8636	2,7583	3,0525
Ce	ppm	16,1969	25,1195	11,8142	10,7635	13,2712
Pr	ppm	3,1248	4,4369	2,1556	1,8865	2,4200
Nd	ppm	18,4379	25,0645	12,0584	10,3810	13,7927
Sm	ppm	6,5773	8,4580	3,9781	3,3467	4,5781
Eu	ppm	1,0853	1,6469	0,7484	0,6389	0,8255
Gd	ppm	8,6362	10,5023	4,8452	3,9726	5,6184
Tb	ppm	1,5124	1,8770	0,8641	0,7319	1,0050
Dy	ppm	10,5150	12,8710	6,0369	5,1100	6,9866
Ho	ppm	2,0767	2,5552	1,1832	1,0088	1,3859
Er	ppm	5,8238	7,2479	3,3741	2,9181	3,9412
Tm	ppm	0,7343	0,9531	0,4465	0,3753	0,5055
Yb	ppm	4,8963	6,2572	3,0268	2,7082	3,4518
Lu	ppm	0,6548	0,8475	0,4224	0,3752	0,4814
Hf	ppm	2,2555	1,9611	1,1651	1,0223	1,3469
Ta	ppm	0,0084	0,0662	0,0049	0,0036	0,0031
Pb	ppm	3,2976	3,2682	1,5154	0,4655	2,5490
Th	ppm	0,3559	0,7043	0,2372	0,2089	0,1005
U	ppm	0,1005	0,1700	0,0815	0,0893	0,0367
(La/Yb)N		0,5482	0,7093	0,6550	0,7052	0,6123
(La/Sm)N		0,3694	0,4750	0,4512	0,5166	0,4179
(Gd/Yb)N		1,4579	1,3873	1,3231	1,2125	1,3454
Eu/Eu*		0,4373	0,5306	0,5177	0,5321	0,4943
Zr/Y		1,1544	0,9255	1,0007	0,9587	1,0075

2 Elements majeurs clinopyroxènes

2.1 BPA261-21b

Sample	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx rim
Wt%					
SiO2	50,9436	51,7675	51,7993	51,6170	50,9216
TiO2	1,1175	0,9981	0,5820	0,5959	0,9876
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,4567	4,2164	3,8809	3,9492	4,7784
FeO	5,7452	6,8053	4,8519	4,8688	5,1058
MnO	0,1200	0,2067	0,1184	0,1105	0,1206
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	15,7802	16,9800	15,3660	15,3076	14,6001
CaO	20,1627	17,9343	22,0506	21,9285	21,8868
Na2O	0,5153	0,4632	0,4091	0,4462	0,4997
K2O	0,0024	0,0066	0,0073	0,0059	0,0068
Total	98,8436	99,3781	99,0655	98,8296	98,9074
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8857	1,9035	1,9132	1,9106	1,8885
Ti	0,0311	0,0276	0,0162	0,0166	0,0275
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,1944	0,1828	0,1690	0,1723	0,2089
Fe3+	0,0091	-	0,0019	0,0056	-
Fe2+	0,1687	0,2092	0,1480	0,1450	0,1583
Mn	0,0038	0,0064	0,0037	0,0035	0,0038
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,8706	0,9306	0,8459	0,8445	0,8070
Ca	0,7995	0,7065	0,8725	0,8696	0,8696
Na	0,0370	0,0330	0,0293	0,0320	0,0359
K	0,0001	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8304	0,8164	0,8495	0,8486	0,8360
Wo%	43,2670	38,2649	46,7025	46,6317	47,3906
En%	47,1103	50,4021	45,2768	45,2871	43,9806
Fs%	9,6227	11,3330	8,0207	8,0812	8,6289
AlIV	0,1143	0,0965	0,0868	0,0894	0,1115
AlVI	0,0801	0,0863	0,0822	0,0829	0,0974

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.1 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core
Wt%					
SiO2	50,7908	51,0500	51,7346	52,1289	49,8801
TiO2	1,0140	1,0220	0,9942	0,8795	1,0829
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,5847	4,8273	4,2381	4,0090	4,6960
FeO	4,9715	5,1029	5,8609	7,1280	5,8474
MnO	0,2177	0,1957	0,1748	0,1972	0,2195
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,9959	14,8991	15,6777	17,1083	14,5363
CaO	22,0604	21,9058	20,2572	16,8698	21,9272
Na2O	0,5229	0,5479	0,4042	0,4353	0,5885
K2O	0,0018	BDL	BDL	0,0012	0,0079
Total	99,1597	99,5507	99,3417	98,7572	98,7858
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8759	1,8789	1,9094	1,9296	1,8541
Ti	0,0282	0,0283	0,0276	0,0245	0,0303
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,1996	0,2094	0,1844	0,1749	0,2057
Fe3+	0,0297	0,0152	-	-	0,0684
Fe2+	0,1238	0,1418	0,1809	0,2206	0,1134
Mn	0,0068	0,0061	0,0055	0,0062	0,0069
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,8255	0,8173	0,8624	0,9439	0,8053
Ca	0,8729	0,8638	0,8010	0,6690	0,8732
Na	0,0374	0,0391	0,0289	0,0312	0,0424
K	0,0001	-	-	0,0001	0,0004
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8432	0,8388	0,8266	0,8105	0,8159
Wo%	47,1343	46,9914	43,4305	36,4873	46,9389
En%	44,5750	44,4646	46,7620	51,4795	43,2911
Fs%	8,2907	8,5439	9,8076	12,0332	9,7700
AlIV	0,1241	0,1211	0,0906	0,0704	0,1459
AlVI	0,0755	0,0884	0,0938	0,1045	0,0598

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.2 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx rim	BPA261-21b Troctolite Cpx rim
Wt%					
SiO2	50,5770	51,7918	52,8396	51,2983	53,3739
TiO2	1,3421	1,0558	0,6374	0,5204	0,3159
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	5,1139	4,7034	4,4033	5,2215	2,9811
FeO	5,2492	6,3568	5,2420	5,6376	4,7819
MnO	0,1663	0,1576	0,1805	0,1661	0,1880
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,3730	15,9245	15,0879	17,6412	15,6776
CaO	22,2927	19,4657	22,0743	18,2960	22,8947
Na2O	0,6052	0,4775	0,4907	0,4694	0,4038
K2O	BDL	BDL	BDL	0,0266	0,0058
Total	99,7194	99,9331	100,9557	99,2771	100,6227
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8625	1,8990	1,9191	1,8733	1,9414
Ti	0,0372	0,0291	0,0174	0,0143	0,0086
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,2220	0,2033	0,1885	0,2248	0,1278
Fe3+	0,0219	-	-	0,0346	0,0008
Fe2+	0,1397	0,1949	0,1592	0,1376	0,1447
Mn	0,0052	0,0049	0,0056	0,0051	0,0058
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,7889	0,8703	0,8167	0,9602	0,8499
Ca	0,8795	0,7646	0,8589	0,7158	0,8922
Na	0,0432	0,0339	0,0346	0,0332	0,0285
K	-	-	-	0,0012	0,0003
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8299	0,8170	0,8369	0,8480	0,8539
Wo%	48,0594	41,7883	46,8109	38,7307	47,2660
En%	43,1080	47,5604	44,5127	51,9545	45,0286
Fs%	8,8326	10,6513	8,6764	9,3148	7,7054
AlIV	0,1375	0,1010	0,0809	0,1267	0,0586
AlVI	0,0845	0,1023	0,1076	0,0980	0,0693

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.3 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core	BPA261-21b Troctolite Cpx core
Wt%					
SiO2	51,6181	51,3437	51,9827	51,3643	51,6097
TiO2	1,1366	1,1341	0,9603	0,9578	0,8075
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	5,2653	5,2033	4,8602	4,6741	4,5307
FeO	5,6181	6,3429	6,1519	5,5671	5,4287
MnO	0,1956	0,2092	0,2525	0,2454	0,2075
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,5617	15,1077	15,3748	14,7571	14,6811
CaO	21,3910	20,6484	20,2104	21,6230	21,8392
Na2O	0,4524	0,4817	0,5317	0,4675	0,5265
K2O	0,0091	BDL	0,0005	0,0163	BDL
Total	100,2479	100,4710	100,3250	99,6726	99,6309
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8933	1,8776	1,9008	1,8928	1,9014
Ti	0,0313	0,0312	0,0264	0,0265	0,0224
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,2276	0,2243	0,2095	0,2030	0,1968
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,1723	0,1940	0,1881	0,1715	0,1672
Mn	0,0061	0,0065	0,0078	0,0077	0,0065
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,7961	0,8234	0,8379	0,8105	0,8062
Ca	0,8406	0,8089	0,7917	0,8537	0,8620
Na	0,0322	0,0341	0,0377	0,0334	0,0376
K	0,0004	-	0,00002	0,0008	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8221	0,8094	0,8167	0,8253	0,8282
Wo%	46,4673	44,2935	43,5553	46,5025	46,9650
En%	44,0072	45,0866	46,0968	44,1527	43,9230
Fs%	9,5255	10,6200	10,3480	9,3448	9,1120
AlIV	0,1067	0,1224	0,0992	0,1072	0,0986
AlVI	0,1210	0,1019	0,1103	0,0959	0,0982

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2 YM38a

Sample	YM38a Amp-norite Cpx core	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx
Wt%					
SiO2	53,8606	53,6737	53,0933	54,2344	53,8668
TiO2	0,4236	0,4906	0,4141	0,4555	0,4469
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,0583	2,4974	2,0936	2,1499	2,1903
FeO	7,1380	7,6332	7,4004	7,3313	7,1799
MnO	0,1849	0,2519	0,2722	0,2063	0,2581
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	13,9737	13,9412	14,2128	14,5933	14,4332
CaO	22,4964	22,0990	22,0140	21,8305	21,8330
Na2O	0,3056	0,3136	0,3405	0,2757	0,2917
K2O	0,0120	0,0126	0,0075	0,0178	0,0087
Total	100,4531	100,9132	99,8484	101,0947	100,5086
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9899	1,9758	1,9714	1,9882	1,9861
Ti	0,0118	0,0136	0,0116	0,0126	0,0124
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,0896	0,1084	0,0916	0,0929	0,0952
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,2205	0,2350	0,2298	0,2247	0,2214
Mn	0,0058	0,0079	0,0086	0,0064	0,0081
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,7695	0,7649	0,7866	0,7974	0,7932
Ca	0,8904	0,8715	0,8757	0,8574	0,8624
Na	0,0219	0,0224	0,0245	0,0196	0,0209
K	0,0006	0,0006	0,0004	0,0008	0,0004
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7773	0,7650	0,7739	0,7801	0,7818
Wo%	47,3527	46,5712	46,2837	45,6179	45,9480
En%	40,9202	40,8733	41,5723	42,4248	42,2582
Fs%	11,7271	12,5555	12,1441	11,9573	11,7938
AlIV	0,0101	0,0242	0,0286	0,0118	0,0139
AlVI	0,0796	0,0842	0,0630	0,0811	0,0813

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.1 YM38a continu

Sample	YM38a Amp-norite Cpx rim	YM38a Amp-norite Cpx
Wt%		
SiO2	53,4915	54,4298
TiO2	0,5576	0,1106
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	2,6263	1,0529
FeO	7,6040	7,1287
MnO	0,2614	0,2297
NiO	NA	NA
MgO	14,1882	14,9176
CaO	22,0361	22,3116
Na2O	0,3326	0,2358
K2O	0,0176	0,0112
Total	101,1153	100,4279
Cations/Charges	4/12	4/12
Si	1,9628	2,0063
Ti	0,0154	0,0031
Cr	-	-
Al	0,1136	0,0457
Fe3+	-	-
Fe2+	0,2333	0,2197
Mn	0,0081	0,0072
Ni	-	-
Mg	0,7760	0,8195
Ca	0,8663	0,8811
Na	0,0237	0,0168
K	0,0008	0,0005
Total	4,0000	4,0000
Mg#	0,7688	0,7886
Wo%	46,1876	45,8810
En%	41,3726	42,6772
Fs%	12,4398	11,4418
AlIV	0,0372	-
AlVI	0,0764	0,0457

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.3 TS25a

Sample	TS25a Amp-norite Cpx core	TS25a Amp-norite Cpx core
Wt%		
SiO2	52,2795	52,6149
TiO2	0,7105	0,7223
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	3,2333	3,3279
FeO	8,7046	9,1179
MnO	0,1963	0,2333
NiO	NA	NA
MgO	13,4914	13,2544
CaO	21,3360	20,9286
Na2O	0,3540	0,3951
K2O	0,0172	BDL
Total	100,3228	100,5944
Cations/Charges	4/12	4/12
Si	1,9409	1,9515
Ti	0,0198	0,0201
Cr	-	-
Al	0,1415	0,1455
Fe3+	-	-
Fe2+	0,2702	0,2828
Mn	0,0062	0,0073
Ni	-	-
Mg	0,7465	0,7327
Ca	0,8486	0,8316
Na	0,0255	0,0284
K	0,0008	-
Total	4,0000	4,0000
Mg#	0,7342	0,7215
Wo%	45,4930	45,0222
En%	40,0206	39,6682
Fs%	14,4864	15,3096
AlIV	0,0591	0,0485
AlVI	0,0824	0,0970

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.4 BPA021-21a2

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim	BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core
Wt%						
SiO2	52,1042	51,9210	52,6278	52,8831	53,1077	52,4338
TiO2	0,5250	0,4101	0,3171	0,3786	0,2725	0,3827
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	3,3106	3,0254	1,6535	1,9289	1,6423	1,8360
FeO	5,9116	6,4861	6,7333	7,1070	6,9449	6,7684
MnO	0,2116	0,1703	0,2113	0,1573	0,1821	0,2275
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,6033	14,8680	13,6679	13,8854	14,1346	13,4123
CaO	21,7003	21,1675	21,9583	21,7215	21,9474	22,4601
Na2O	0,2855	0,2441	0,3920	0,4236	0,3692	0,3328
K2O	BDL	0,0002	BDL	0,0262	BDL	BDL
Total	98,6521	98,2927	97,5612	98,5116	98,6007	97,8536
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9462	1,9469	1,9995	1,9892	1,9946	1,9892
Ti	0,0147	0,0116	0,0091	0,0107	0,0077	0,0109
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1458	0,1337	0,0741	0,0855	0,0727	0,0821
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,1846	0,2034	0,2139	0,2235	0,2181	0,2147
Mn	0,0067	0,0054	0,0068	0,0050	0,0058	0,0073
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,8130	0,8309	0,7740	0,7785	0,7912	0,7584
Ca	0,8684	0,8503	0,8938	0,8753	0,8831	0,9129
Na	0,0207	0,0177	0,0289	0,0309	0,0269	0,0245
K	-	0,00001	-	0,0013	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8149	0,8034	0,7835	0,7769	0,7839	0,7794
Wo%	46,5364	45,1192	47,4992	46,6264	46,6645	48,4029
En%	43,5686	44,0899	41,1325	41,4664	41,8102	40,2122
Fs%	9,8950	10,7909	11,3683	11,9072	11,5253	11,3848
AlIV	0,0538	0,0531	0,0005	0,0108	0,0054	0,0108
AlVI	0,0919	0,0806	0,0736	0,0748	0,0673	0,0713

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.4.1 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Cpx rim	BPA021-21a2 Troctolite Cpx	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core	BPA021-21a2 Troctolite Cpx core
Wt%						
SiO2	52,0276	51,7240	51,7212	52,2862	50,5567	53,0651
TiO2	0,4036	0,5595	0,8803	0,7921	1,0108	0,4489
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,0646	2,4668	5,0296	3,8090	5,9854	3,3221
FeO	6,9896	6,4554	7,0818	5,8717	6,5987	6,1657
MnO	0,1988	0,2048	0,1758	0,1864	0,1564	0,1869
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	13,9812	13,4086	15,2069	14,6997	15,1196	14,9316
CaO	21,4432	21,7143	19,9191	22,7200	19,1587	22,6829
Na2O	0,3493	0,4105	0,5058	0,2880	0,7710	0,2125
K2O	0,0034	0,0054	0,0517	0,0071	0,0763	BDL
Total	97,4613	96,9493	100,5722	100,6602	99,4336	101,0157
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9769	1,9766	1,8905	1,9143	1,8609	1,9367
Ti	0,0115	0,0161	0,0242	0,0218	0,0280	0,0123
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0925	0,1111	0,2167	0,1644	0,2597	0,1429
Fe3+	-	-	-	-	0,0213	-
Fe2+	0,2221	0,2063	0,2164	0,1798	0,1818	0,1882
Mn	0,0064	0,0066	0,0054	0,0058	0,0049	0,0058
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,7918	0,7637	0,8285	0,8021	0,8295	0,8122
Ca	0,8729	0,8890	0,7800	0,8911	0,7555	0,8869
Na	0,0257	0,0304	0,0358	0,0204	0,0550	0,0150
K	0,0002	0,0003	0,0024	0,0003	0,0036	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7810	0,7873	0,7929	0,8169	0,8033	0,8119
Wo%	46,2641	47,8214	42,7424	47,5777	42,2521	46,9932
En%	41,9656	41,0823	45,3968	42,8252	46,3893	43,0366
Fs%	11,7703	11,0964	11,8608	9,5971	11,3585	9,9701
AlIV	0,0231	0,0234	0,1095	0,0857	0,1391	0,0633
AlVI	0,0694	0,0877	0,1072	0,0786	0,1205	0,0796

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.5 BP260-21a1

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim	BPA260-21a1 Troctolite Cpx core	BPA260-21a1 Troctolite Cpx core	BPA260-21a1 Troctolite Cpx core
Wt%						
SiO2	51,4905	51,3762	50,7668	51,6424	51,1443	51,6069
TiO2	1,2807	1,0001	1,4431	1,2824	1,1266	0,9295
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,2781	4,2387	4,8021	4,3483	4,4224	3,8341
FeO	7,1319	6,7091	6,8697	7,1485	6,2245	7,1051
MnO	0,1684	0,2023	0,1620	0,2092	0,2013	0,1750
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	15,9581	15,4887	15,1116	15,3927	13,6086	15,5776
CaO	18,9963	19,8457	20,1311	19,5481	21,2879	19,9960
Na2O	0,5480	0,4400	0,4158	0,4929	0,6043	0,4522
K2O	0,0128	0,0020	0,0030	0,0046	BDL	0,0098
Total	99,8648	99,3028	99,7052	100,0691	98,6199	99,6862
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8927	1,9009	1,8752	1,8998	1,9148	1,9035
Ti	0,0354	0,0278	0,0401	0,0355	0,0317	0,0258
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1854	0,1849	0,2091	0,1886	0,1952	0,1667
Fe3+	-	-	-	-	-	0,0074
Fe2+	0,2192	0,2076	0,2122	0,2199	0,1949	0,2117
Mn	0,0052	0,0063	0,0051	0,0065	0,0064	0,0055
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,8743	0,8542	0,8319	0,8440	0,7594	0,8564
Ca	0,7481	0,7867	0,7966	0,7704	0,8538	0,7902
Na	0,0391	0,0316	0,0298	0,0352	0,0439	0,0323
K	0,0006	0,0001	0,0001	0,0002	-	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7995	0,8045	0,7968	0,7933	0,7958	0,7962
Wo%	40,6216	42,5596	43,2773	42,0008	47,2238	42,3523
En%	47,4749	46,2105	45,1958	46,0111	41,9988	45,9018
Fs%	11,9035	11,2299	11,5269	11,9881	10,7774	11,7459
AlIV	0,1073	0,0991	0,1248	0,1002	0,0852	0,0965
AlVI	0,0781	0,0858	0,0842	0,0883	0,1100	0,0702

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.5.1 BP260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim	BPA260-21a1 Troctolite Cpx core	BPA260-21a1 Troctolite Cpx rim
Wt%					
SiO2	51,5794	51,8367	51,7947	53,5934	51,1955
TiO2	0,8111	1,1434	1,1812	1,0416	1,3706
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,0224	4,1472	4,0034	4,2913	4,6648
FeO	8,9942	7,8750	7,9443	7,4018	6,3144
MnO	0,2270	0,3041	0,2608	0,2599	0,2098
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	17,3033	16,0489	16,0250	16,2229	14,2233
CaO	16,5403	18,8059	18,5525	18,6413	21,6055
Na2O	0,3439	0,4251	0,4105	0,4220	0,4935
K2O	0,0110	0,0049	0,0101	0,0038	BDL
Total	99,8326	100,5912	100,1825	101,8780	100,0774
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8957	1,8966	1,9036	1,9345	1,8877
Ti	0,0224	0,0315	0,0326	0,0283	0,0380
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,1743	0,1789	0,1734	0,1826	0,2027
Fe3+	0,0145	-	-	-	-
Fe2+	0,2619	0,2409	0,2441	0,2234	0,1947
Mn	0,0071	0,0094	0,0081	0,0079	0,0066
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,9479	0,8752	0,8778	0,8728	0,7816
Ca	0,6513	0,7372	0,7305	0,7209	0,8534
Na	0,0245	0,0302	0,0292	0,0295	0,0353
K	0,0005	0,0002	0,0005	0,0002	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7742	0,7841	0,7824	0,7962	0,8006
Wo%	34,7244	39,7756	39,4336	39,6724	46,6423
En%	50,5377	47,2241	47,3868	48,0326	42,7180
Fs%	14,7379	13,0003	13,1796	12,2951	10,6397
AlIV	0,1043	0,1034	0,0964	0,0655	0,1123
AlVI	0,0700	0,0755	0,0770	0,1171	0,0904

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6 BP260-21g

Sample	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx	BPA260-21g Troctolite Cpx
Wt%						
SiO2	50,8107	50,4481	51,4056	51,4472	51,4677	50,9788
TiO2	0,9822	1,0106	0,8713	0,8688	0,8798	0,8376
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,6870	4,6856	3,7703	3,8099	3,6965	3,7453
FeO	5,7397	6,2418	6,8074	6,7657	6,9310	6,5916
MnO	0,2453	0,1983	0,2185	0,2018	0,2271	0,2843
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,1130	14,3285	14,6878	14,7599	14,5760	14,6885
CaO	21,5582	21,3475	20,3200	20,5195	20,4081	20,4406
Na2O	0,5721	0,5475	0,5497	0,5333	0,5527	0,5825
K2O	0,0083	0,0209	0,0091	0,0048	0,0087	0,0128
Total	98,7165	98,8288	98,6397	98,9109	98,7476	98,1620
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8936	1,8783	1,9195	1,9154	1,9214	1,9109
Ti	0,0275	0,0283	0,0245	0,0243	0,0247	0,0236
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2059	0,2056	0,1660	0,1672	0,1627	0,1655
Fe3+	-	0,0216	-	-	-	0,0085
Fe2+	0,1789	0,1727	0,2126	0,2106	0,2164	0,1981
Mn	0,0077	0,0063	0,0069	0,0064	0,0072	0,0090
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,7839	0,7951	0,8175	0,8190	0,8110	0,8206
Ca	0,8607	0,8515	0,8129	0,8184	0,8162	0,8208
Na	0,0413	0,0395	0,0398	0,0385	0,0400	0,0423
K	0,0004	0,0010	0,0004	0,0002	0,0004	0,0006
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8142	0,8036	0,7936	0,7954	0,7894	0,7989
Wo%	47,2018	46,2534	44,1095	44,2856	44,2728	44,4164
En%	42,9894	43,1909	44,3568	44,3174	43,9914	44,4041
Fs%	9,8088	10,5557	11,5338	11,3970	11,7358	11,1795
AlIV	0,1064	0,1217	0,0805	0,0846	0,0786	0,0891
AlVI	0,0995	0,0840	0,0855	0,0825	0,0841	0,0764

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.1 BP260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx core
Wt%						
SiO2	50,2449	51,4244	50,7427	51,1665	51,2929	51,1836
TiO2	1,2100	0,8255	0,9225	0,8865	0,9022	0,9307
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,7843	4,0769	4,4289	4,5454	4,5410	4,0983
FeO	5,6321	7,0137	5,8734	5,9644	5,9373	6,2739
MnO	0,2427	0,1932	0,2310	0,1648	0,2061	0,2383
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	13,7585	15,4074	14,0669	14,1780	14,1217	14,7697
CaO	21,5594	19,4434	21,3259	21,3540	21,5629	20,4684
Na2O	0,7002	0,3941	0,4711	0,6198	0,6385	0,4965
K2O	0,0158	0,0095	0,0084	0,0075	-	0,0100
Total	98,1479	98,7881	98,0708	98,8869	99,2026	98,4694
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8838	1,9144	1,9058	1,9032	1,9024	1,9120
Ti	0,0341	0,0231	0,0261	0,0248	0,0252	0,0261
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2114	0,1789	0,1961	0,1993	0,1985	0,1805
Fe3+	0,0045	-	-	-	-	-
Fe2+	0,1721	0,2183	0,1845	0,1855	0,1841	0,1960
Mn	0,0077	0,0061	0,0073	0,0052	0,0065	0,0075
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,7688	0,8549	0,7874	0,7860	0,7806	0,8223
Ca	0,8660	0,7754	0,8581	0,8509	0,8568	0,8191
Na	0,0509	0,0284	0,0343	0,0447	0,0459	0,0360
K	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	-	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8132	0,7966	0,8102	0,8091	0,8091	0,8075
Wo%	47,8074	41,9466	46,8904	46,6917	47,0360	44,5807
En%	42,4448	46,2433	43,0299	43,1292	42,8554	44,7538
Fs%	9,7479	11,8101	10,0797	10,1791	10,1087	10,6655
AlIV	0,1162	0,0856	0,0942	0,0968	0,0976	0,0880
AlVI	0,0952	0,0933	0,1019	0,1025	0,1009	0,0924

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.2 BP260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Cpx core	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx rim	BPA260-21g Troctolite Cpx rim
Wt%						
SiO2	50,9578	50,8666	51,6418	50,5087	51,3309	50,7456
TiO2	1,1309	0,9892	0,7716	0,9218	0,6404	0,7895
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,5850	4,5748	3,6467	4,4676	3,6811	4,1959
FeO	6,1927	6,3163	7,4688	5,9734	5,9043	5,9070
MnO	0,2054	0,2211	0,2199	0,1994	0,1397	0,2741
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	14,3399	14,3620	15,9716	14,0068	14,3316	14,0489
CaO	20,7109	21,0634	18,8178	21,4089	21,8770	21,4527
Na2O	0,6229	0,5055	0,4589	0,6042	0,4614	0,5358
K2O	0,0113	0,0014	0,0157	0,0333	0,0138	0,0100
Total	98,7568	98,9003	99,0128	98,1241	98,3802	97,9595
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,8988	1,8940	1,9157	1,8942	1,9204	1,9072
Ti	0,0317	0,0277	0,0215	0,0260	0,0180	0,0223
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2014	0,2008	0,1595	0,1975	0,1623	0,1859
Fe3+	-	-	-	0,0076	-	-
Fe2+	0,1930	0,1967	0,2317	0,1798	0,1847	0,1856
Mn	0,0065	0,0070	0,0069	0,0063	0,0044	0,0087
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,7964	0,7971	0,8831	0,7829	0,7991	0,7870
Ca	0,8268	0,8402	0,7479	0,8602	0,8768	0,8638
Na	0,0450	0,0365	0,0330	0,0439	0,0335	0,0390
K	0,0005	0,0001	0,0007	0,0016	0,0007	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,8050	0,8021	0,7922	0,8069	0,8123	0,8091
Wo%	45,5241	45,8159	40,1512	46,9929	47,1246	47,0368
En%	43,8515	43,4608	47,4104	42,7732	42,9486	42,8542
Fs%	10,6244	10,7234	12,4383	10,2339	9,9268	10,1089
AlIV	0,1012	0,1060	0,0843	0,1058	0,0796	0,0928
AlVI	0,1002	0,0948	0,0752	0,0917	0,0827	0,0931

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

1 Elements majeurs des épidotes

1.1 BPA027-21a

Sample	BPA027-21a Granite Ep rim	BPA027-21a Granite Ep rim	BPA027-21a Granite Ep rim
Wt%			
SiO2	40,7122	39,7482	39,5711
TiO2	0,0165	BDL	BDL
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	27,8944	30,2127	30,1701
FeO	5,8035	0,0489	0,2607
MnO	0,1173	0,0035	0,0409
NiO	NA	NA	NA
MgO	0,0068	BDL	BDL
CaO	23,4956	25,2994	25,3212
Na2O	0,5791	0,0298	0,0409
K2O	BDL	0,0211	0,0163
H2O	1,0000	1,0000	1,0000
F	NA	NA	NA
Cl	0,0024	0,0077	BDL
Total	99,6278	96,3713	96,4212
Cations/Charges	8/23	8/23	8/23
Si	2,9201	2,9099	2,8968
Ti	0,0009	0,0000	0,0000
Cr	-	-	-
Al	2,3584	2,6072	2,6033
Fe3+	-	-	-
Fe2+	0,3481	0,0030	0,0160
Mn	0,0071	0,0002	0,0025
Ni	-	-	-
Mg	0,0007	-	-
Ca	1,8055	1,9842	1,9858
Na	0,0805	0,0042	0,0058
K	-	0,0020	0,0015
H	0,4784	0,4883	0,4883
F	-	-	-
Cl	0,0003	0,0010	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000
Mg#	0,0021	0,0000	0,0000

Mg# : Mg/(Mg/FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

1 Analyses in-situ des grenats

1.1 BPA019-21d

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	4,8357	5,5180	6,2532	7,6577	4,8093
B	ppm	1,8116	1,2856	1,8282	1,9425	1,4280
Al2O3	wt%	23,5117	22,8752	25,9884	27,7158	25,8047
CaO	wt%	1,9400	1,9400	2,1200	2,1200	2,1200
Sc	ppm	111,6873	125,8318	132,3734	132,3470	159,2630
TiO2	wt%	0,1556	0,1513	0,1626	0,1919	0,1540
V	ppm	76,3804	71,2648	88,6662	98,4180	78,2584
Cr	ppm	9,1924	6,0574	8,0930	7,7917	7,1905
Co	ppm	56,2316	46,5381	60,5391	70,2297	52,3926
Ni	ppm	2,0019	BDL	0,6238	1,2441	BDL
Zn	ppm	136,6527	101,7262	137,8806	163,6738	113,5667
Rb	ppm	BDL	0,0747	0,1433	0,1184	0,0776
Sr	ppm	0,0332	0,0612	0,0853	0,0874	0,0381
Y	ppm	454,8613	575,5980	658,6684	649,3029	653,8662
Zr	ppm	97,1578	88,1394	100,6414	101,1120	103,1767
Nb	ppm	0,0080	0,0029	0,0080	0,0075	0,0044
Ba	ppm	0,0162	0,0314	0,0319	0,0369	0,0134
La	ppm	0,0053	0,0049	0,0028	0,0075	0,0067
Ce	ppm	0,1695	0,1379	0,1054	0,2022	0,2104
Pr	ppm	0,1473	0,1193	0,0891	0,1705	0,1689
Nd	ppm	2,9498	2,6476	2,2652	3,2996	3,3722
Sm	ppm	7,2671	7,0860	7,5235	8,6475	8,6198
Eu	ppm	0,7064	0,6564	0,6563	0,7913	0,7856
Gd	ppm	32,8023	33,2461	37,3755	38,2653	38,8015
Tb	ppm	9,0214	9,8748	10,9783	11,0905	11,2704
Dy	ppm	72,2393	86,2180	96,8618	95,2627	98,2340
Ho	ppm	15,9045	21,0513	24,1486	23,1361	23,3966
Er	ppm	43,2445	61,9449	73,9490	68,5177	67,7107
Tm	ppm	5,7126	8,5791	10,4484	9,4768	9,3594
Yb	ppm	34,7656	55,4368	69,4330	61,7798	58,9463
Lu	ppm	4,4098	7,2253	9,4316	8,2330	7,4011
Hf	ppm	1,5952	1,2769	1,5056	1,4766	1,6141
Ta	ppm	0,0027	0,0023	0,0049	0,0041	0,0038
Pb	ppm	0,0190	0,0630	0,0470	0,0689	0,0115
Th	ppm	0,0031	0,0072	0,0036	0,0041	0,0035
U	ppm	0,0241	0,0172	0,0169	0,0228	0,0234
Eu/Eu*		0,1189	0,1321	0,1304	0,1189	0,1403
(Gd/Yb)N		0,7799	0,4957	0,4449	0,5120	0,5441

BDL : sous la limite de détection

1.1.1 BPA019-21d continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	5,4352	6,5306	5,6534	8,6842
B	ppm	1,6188	1,3814	1,6088	1,7520
Al2O3	wt%	23,5156	24,5387	22,5328	24,1582
CaO	wt%	1,9400	1,9400	1,9400	2,1400
Sc	ppm	102,9006	98,4694	110,4903	107,1322
TiO2	wt%	0,1377	0,1610	0,1727	0,2059
V	ppm	79,3846	80,6533	69,8212	78,6126
Cr	ppm	8,6049	11,0246	3,6843	11,4231
Co	ppm	47,9118	58,2652	50,6698	50,3515
Ni	ppm	1,0173	1,1419	1,4178	1,1959
Zn	ppm	134,0243	136,8983	129,8560	136,3283
Rb	ppm	BDL	0,0939	0,0633	0,2639
Sr	ppm	0,1440	0,0705	0,0341	2,3042
Y	ppm	417,4286	439,8953	332,5184	613,9299
Zr	ppm	76,7064	90,9513	96,6168	124,4226
Nb	ppm	0,0129	0,0103	0,0250	0,0289
Ba	ppm	0,0204	0,0487	0,0641	2,2246
La	ppm	0,0140	0,0059	0,0075	0,0251
Ce	ppm	0,2078	0,1599	0,2127	0,2603
Pr	ppm	0,1009	0,1205	0,1531	0,1740
Nd	ppm	2,2710	2,8043	3,2777	3,5964
Sm	ppm	6,8476	7,5945	9,0566	9,0647
Eu	ppm	0,5647	0,7310	0,7803	0,8093
Gd	ppm	30,4028	32,9447	35,6403	39,9092
Tb	ppm	8,4386	8,9345	8,7348	11,0915
Dy	ppm	68,2347	71,2635	60,1052	96,0438
Ho	ppm	15,3217	15,6146	11,4348	23,1094
Er	ppm	42,5239	42,5079	27,0389	70,5303
Tm	ppm	5,5754	5,5479	3,1923	10,1201
Yb	ppm	34,7351	34,3483	18,0615	68,6800
Lu	ppm	4,5432	4,2664	2,1066	9,5478
Hf	ppm	1,1324	1,3793	1,3291	1,8843
Ta	ppm	0,0024	0,0031	0,0040	0,0048
Pb	ppm	0,0418	0,0932	0,0374	0,0984
Th	ppm	0,0055	0,0049	0,0054	0,0037
U	ppm	0,0458	0,0336	0,0409	0,0402
Eu/Eu*		0,1319	0,1292	0,1389	0,1299
(Gd/Yb)N		0,7235	0,7928	1,6310	0,4803

BDL : sous la limite de détection

1.2 BPA018-21a

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt rim
Li	ppm	3,6187	8,7982	2,4964	2,8756	4,0495
B	ppm	1,9290	1,3810	1,4982	1,3559	2,0412
Al2O3	wt%	26,0354	22,1249	25,0935	27,8919	26,2747
CaO	wt%	2,0500	2,0500	2,0500	2,0500	2,0500
Sc	ppm	158,1749	106,3538	144,9458	178,5992	172,2686
TiO2	wt%	0,0885	0,1021	0,1080	0,0832	0,0834
V	ppm	65,6985	71,3763	69,1676	59,3685	57,7388
Cr	ppm	5,1988	34,7382	3,9201	5,5801	5,5707
Co	ppm	59,9473	24,6295	51,1560	51,2480	55,8834
Ni	ppm	1,2549	2,3524	BDL	1,4771	BDL
Zn	ppm	165,3039	86,6391	142,5388	141,8328	145,8357
Rb	ppm	0,1289	0,5703	0,1839	0,1026	0,0645
Sr	ppm	0,5553	0,1260	0,1939	0,3914	0,1783
Y	ppm	541,3715	175,7730	599,2236	641,3333	488,8126
Zr	ppm	57,2465	38,8278	72,1831	67,3805	42,0264
Nb	ppm	0,0055	0,0183	0,0155	0,0023	0,0029
Ba	ppm	0,8350	1,1323	0,1535	0,4427	0,1642
La	ppm	0,0145	0,1761	0,0152	0,0122	0,0233
Ce	ppm	0,1691	1,0897	0,1216	0,1324	0,1621
Pr	ppm	0,0749	0,1453	0,0743	0,0901	0,0726
Nd	ppm	1,5117	2,3542	1,4387	1,7399	1,2777
Sm	ppm	4,1175	8,0095	3,8869	4,7311	3,2798
Eu	ppm	0,3082	0,8847	0,3489	0,3139	0,2805
Gd	ppm	21,5734	32,7854	21,7482	24,4333	17,9884
Tb	ppm	7,5531	7,3832	7,6545	8,4004	6,2889
Dy	ppm	74,5129	41,1764	78,9188	86,6374	63,9690
Ho	ppm	19,9603	5,8454	21,4327	23,6056	17,7908
Er	ppm	57,3169	11,4573	63,9697	71,6179	53,6542
Tm	ppm	7,0654	1,2991	8,1725	9,0101	7,0777
Yb	ppm	39,5594	7,6378	46,3694	52,3482	41,6406
Lu	ppm	4,0987	0,8721	5,1484	5,8407	4,5335
Hf	ppm	0,9520	0,5295	1,1229	1,1957	0,7454
Ta	ppm	0,0011	0,0011	0,0025	0,0035	0,0026
Pb	ppm	0,0787	0,1708	0,1029	0,0366	0,1294
Th	ppm	0,0147	0,1950	0,0060	0,0097	0,0189
U	ppm	0,0160	0,0240	0,0121	0,0186	0,0149
Eu/Eu*		0,1658	0,1152	0,0887	0,1109	0,0924
(Gd/Yb)N		0,4508	3,5480	0,3877	0,3858	0,3571

BDL : sous la limite de détection

1.2.1 BPA018-21a continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt rim
Li	ppm	2,9922	2,6836	3,7542	3,1736
B	ppm	1,7848	1,4473	1,6421	1,5140
Al2O3	wt%	26,7076	25,7089	26,2642	26,9564
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	170,8177	176,0306	172,5120	209,6492
TiO2	wt%	0,0847	0,0809	0,0836	0,0759
V	ppm	81,5936	76,8111	70,3019	65,0286
Cr	ppm	6,0565	4,6670	5,0452	6,3627
Co	ppm	58,3763	55,1069	51,7813	52,8625
Ni	ppm	0,4978	1,7403	BDL	BDL
Zn	ppm	163,4869	149,8253	142,5454	143,1868
Rb	ppm	0,1288	0,1157	0,1450	0,0824
Sr	ppm	0,4777	0,2491	0,2493	0,0671
Y	ppm	580,2669	551,5741	626,0458	557,2902
Zr	ppm	63,9906	63,5154	66,8202	52,4699
Nb	ppm	0,0028	0,0026	0,0031	0,0031
Ba	ppm	0,0746	0,3161	0,3490	0,0599
La	ppm	0,0127	0,0073	0,0104	0,0134
Ce	ppm	0,1442	0,1181	0,1202	0,1142
Pr	ppm	0,0789	0,0833	0,0812	0,0852
Nd	ppm	1,5876	1,6001	1,7519	1,4371
Sm	ppm	4,3990	4,2515	4,6122	3,7848
Eu	ppm	0,3046	0,2848	0,3200	0,2612
Gd	ppm	22,7904	22,1612	25,0181	19,9201
Tb	ppm	7,8992	7,5535	8,5160	7,0666
Dy	ppm	80,7066	78,2380	87,0047	73,6230
Ho	ppm	21,9275	21,2177	23,6752	20,4957
Er	ppm	65,5208	64,9984	69,3344	63,9612
Tm	ppm	8,1744	8,3696	8,8293	8,5329
Yb	ppm	46,4432	47,4999	48,5490	50,4963
Lu	ppm	5,1670	5,2688	5,2759	5,9926
Hf	ppm	1,1680	1,1611	1,1669	0,9170
Ta	ppm	0,0018	0,0020	0,0016	0,0016
Pb	ppm	0,1080	0,0547	0,1668	0,0374
Th	ppm	0,0077	0,0049	0,0151	0,0130
U	ppm	0,0145	0,0085	0,0146	0,0132
Eu/Eu*		0,0891	0,0905	0,0914	0,0993
(Gd/Yb)N		0,4056	0,3856	0,4259	0,3261

BDL : sous la limite de détection

1.3 BPA003-21a

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core
Li	ppm	38,2582	25,8744	11,2968	29,0981	15,6157
B	ppm	2,6194	2,7645	1,3229	3,2696	2,2247
Al2O3	wt%	40,4607	31,5880	23,6423	37,3813	29,6471
CaO	wt%	3,0100	3,6200	2,2100	3,6200	3,6200
Sc	ppm	320,6731	176,3100	142,0162	224,0115	170,4171
TiO2	wt%	0,4022	0,1463	0,1515	0,1468	0,0937
V	ppm	247,7694	106,1193	158,0291	140,5918	66,2189
Cr	ppm	361,4450	153,6522	180,8714	146,4427	96,2223
Co	ppm	54,8747	43,3910	28,8973	59,4567	27,6133
Ni	ppm	20,2702	9,2775	2,6421	12,2945	3,8629
Zn	ppm	188,5013	137,1753	96,5454	184,8815	97,0982
Rb	ppm	53,4259	17,9486	4,9436	21,8865	0,3886
Sr	ppm	0,3116	0,3007	0,1012	0,6218	0,2577
Y	ppm	1731,3268	1626,1177	440,5964	1716,1730	1381,0593
Zr	ppm	117,7141	5,1756	62,2488	19,3093	2,6918
Nb	ppm	7,0909	2,0117	1,7722	2,0946	0,7138
Ba	ppm	180,8875	51,5345	18,4488	76,2080	0,4680
La	ppm	8,4897	5,4257	0,9588	0,7134	0,0439
Ce	ppm	54,6480	30,5495	2,9145	2,2542	0,1187
Pr	ppm	3,4893	2,0359	0,3007	0,1788	0,0246
Nd	ppm	8,9141	5,6838	2,0452	0,9472	0,5022
Sm	ppm	9,3559	7,3183	9,4824	5,8160	2,3112
Eu	ppm	1,0417	0,8963	0,9766	0,5264	0,3431
Gd	ppm	56,8958	28,9719	56,0938	33,3832	14,5781
Tb	ppm	21,2444	10,9313	14,7126	13,1323	8,3913
Dy	ppm	226,6712	158,5691	93,2142	175,1673	137,8976
Ho	ppm	66,9582	56,9788	14,3242	60,4156	50,3672
Er	ppm	238,8772	202,4802	28,0703	212,0203	175,6008
Tm	ppm	38,1253	31,5029	2,7459	31,7966	25,5342
Yb	ppm	259,0773	214,3577	13,8229	206,1785	161,6714
Lu	ppm	37,8861	29,8120	1,3772	27,6611	21,2598
Hf	ppm	1,6941	0,0584	1,0086	0,3088	0,0571
Ta	ppm	0,1641	0,0689	0,0456	0,0593	0,1373
Pb	ppm	1,0570	0,6296	0,2335	0,5065	0,2321
Th	ppm	1,9543	1,3826	0,1694	0,0827	0,0341
U	ppm	0,6293	0,5535	0,3272	0,0574	0,0200
Eu/Eu*		0,1371	0,1869	0,1286	0,1147	0,1795
(Gd/Yb)N		0,1815	0,1117	3,3542	0,1338	0,0745

BDL : sous la limite de détection

1.3.1 BPA003-21a continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Li	ppm	28,2574	15,0459	18,7506	13,8049	7,8638
B	ppm	10,4451	2,4816	1,3290	1,9280	1,3585
Al2O3	wt%	42,5243	22,7280	21,2168	33,7496	19,8124
CaO	wt%	3,0100	3,6200	2,2100	2,0200	2,0200
Sc	ppm	280,6477	136,9905	70,4251	171,6955	101,0678
TiO2	wt%	0,3323	0,1527	0,0150	0,0585	0,1018
V	ppm	142,3441	57,0127	34,1230	91,5241	66,8492
Cr	ppm	169,4272	66,5533	70,1021	52,4725	27,1372
Co	ppm	30,6331	21,1352	19,2907	38,6922	21,8620
Ni	ppm	19,0436	3,2299	1,8033	BDL	0,9869
Zn	ppm	159,9596	79,1205	66,8354	126,4997	85,1306
Rb	ppm	11,4036	8,0399	0,7946	0,4081	0,1155
Sr	ppm	51,1754	4,1926	0,1185	0,1164	0,0566
Y	ppm	864,7969	978,3400	1294,0171	561,2210	175,3843
Zr	ppm	103,8474	6,8433	6,5312	36,7724	34,3443
Nb	ppm	2,2398	1,3225	0,0675	0,0281	0,0137
Ba	ppm	54,3690	15,8785	1,1949	0,4630	0,2397
La	ppm	0,2418	0,0602	0,0143	0,1996	0,2050
Ce	ppm	0,3984	0,1726	0,0322	1,2232	0,8565
Pr	ppm	0,0606	0,0329	0,0083	0,1385	0,1715
Nd	ppm	0,8788	0,5239	0,1987	1,4046	2,5443
Sm	ppm	4,9604	2,6336	1,1441	4,7271	7,4115
Eu	ppm	0,9350	0,3539	0,1967	0,4944	0,8609
Gd	ppm	41,7538	15,6916	11,3773	23,8599	30,1268
Tb	ppm	15,4210	7,2285	8,2524	7,9012	6,7575
Dy	ppm	141,6697	95,9805	141,2318	75,9741	39,4328
Ho	ppm	31,3924	32,8123	47,6254	21,5019	6,1709
Er	ppm	85,3760	141,4417	151,3284	71,0109	13,4125
Tm	ppm	11,0292	28,3008	20,3620	10,4569	1,6539
Yb	ppm	64,4980	245,1564	115,4859	69,3701	10,7750
Lu	ppm	7,8358	,1711	12,6668	9,0490	1,1428
Hf	ppm	1,7188	0,1294	0,0854	0,5988	0,5511
Ta	ppm	0,1122	0,1659	0,0118	0,0022	0,0041
Pb	ppm	4,2111	0,3601	0,0542	0,0585	0,0772
Th	ppm	0,0701	0,0697	0,0110	0,0081	0,0086
U	ppm	0,0375	0,0676	0,0067	0,0140	0,0182
Eu/Eu*		0,1973	0,1672	0,1656	0,1414	0,1750
(Gd/Yb)N		0,5351	0,0529	0,0814	0,2843	2,3110

BDL : sous la limite de détection

1.3.2 BPA003-21a continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Li	ppm	8,6438	8,7574	8,8859	7,6609	13,6296
B	ppm	1,2568	1,6258	1,5786	1,4083	1,9546
Al2O3	wt%	22,4816	23,9749	22,4859	22,8288	30,8452
CaO	wt%	2,0200	1,9900	1,9900	1,9900	1,9900
Sc	ppm	111,0145	106,8241	101,2316	106,3130	140,9663
TiO2	wt%	0,0961	0,0860	0,0829	0,0726	0,0539
V	ppm	72,4052	68,6327	62,1003	61,6328	91,6967
Cr	ppm	33,8143	23,8604	23,8542	25,9884	45,7705
Co	ppm	23,9587	27,2807	25,1829	24,0504	35,8337
Ni	ppm	0,6766	1,4835	1,2301	1,5425	BDL
Zn	ppm	86,0794	109,8735	96,4992	86,3462	124,8436
Rb	ppm	0,0780	0,0594	BDL	0,0781	0,0813
Sr	ppm	0,0502	0,1014	0,2311	0,1341	0,1212
Y	ppm	155,6720	110,8134	94,0831	98,0309	460,0057
Zr	ppm	37,0095	35,2467	32,7592	34,7718	37,6795
Nb	ppm	0,0159	0,0064	0,0054	0,0053	0,0102
Ba	ppm	0,1654	0,1876	0,1947	0,1693	0,1569
La	ppm	0,1450	0,0248	0,0465	0,0592	0,0123
Ce	ppm	0,7262	0,2527	0,7505	0,4445	0,1626
Pr	ppm	0,1299	0,0903	0,1621	0,1292	0,0599
Nd	ppm	2,0938	2,0458	2,3583	2,2458	1,1339
Sm	ppm	7,0743	7,0486	7,6400	7,3542	4,4929
Eu	ppm	0,8044	0,8113	0,8762	0,7924	0,4835
Gd	ppm	28,9589	27,7009	28,3003	27,9499	24,6362
Tb	ppm	6,3188	5,6666	5,6007	5,5255	7,5388
Dy	ppm	35,4054	28,4672	25,6667	26,0048	67,4889
Ho	ppm	5,4800	3,7533	3,0369	3,3345	17,4505
Er	ppm	12,1072	7,4126	5,2510	6,6242	53,9964
Tm	ppm	1,4434	0,8302	0,5415	0,7471	7,5157
Yb	ppm	8,5053	4,7745	3,3496	4,3222	46,3620
Lu	ppm	0,9426	0,5495	0,3748	0,4794	5,5459
Hf	ppm	0,5805	0,5907	0,5562	0,5975	0,6630
Ta	ppm	0,0032	0,0004	0,0010	BDL	0,0028
Pb	ppm	0,0425	0,1601	0,1482	0,1338	0,3809
Th	ppm	0,0091	0,0146	0,0095	0,2901	0,0090
U	ppm	0,0130	0,0123	0,0166	0,0149	0,0169
Eu/Eu*		0,1707	0,1763	0,1810	0,1678	0,1396
(Gd/Yb)N		2,8142	4,7955	6,9834	5,3450	0,4392

BDL : sous la limite de détection

1.3.3 BPA003-21a continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core
Li	ppm	14,0344	12,2186	26,1173	9,3153
B	ppm	1,9135	1,7299	11,3943	2,7279
Al2O3	wt%	30,8843	30,1890	36,0068	18,5631
CaO	wt%	1,9900	2,0200	2,2100	3,6200
Sc	ppm	133,3066	143,2086	228,8900	133,6164
TiO2	wt%	0,0508	0,0653	0,1823	0,0898
V	ppm	85,9676	81,7625	91,5832	51,2279
Cr	ppm	47,9432	40,6456	153,3930	59,4308
Co	ppm	33,8583	30,5085	26,0650	21,6297
Ni	ppm	1,4920	BDL	1,2326	2,6818
Zn	ppm	120,7198	109,2809	108,3285	80,8189
Rb	ppm	0,1504	0,1478	0,4226	0,8210
Sr	ppm	0,0605	0,0707	1,7669	0,1272
Y	ppm	411,6924	270,1606	745,0633	572,9887
Zr	ppm	37,2049	38,8340	100,3672	2,2849
Nb	ppm	0,0066	0,0109	1,4225	0,7390
Ba	ppm	0,0329	0,4692	7,7546	1,1404
La	ppm	0,0049	0,0311	0,1854	0,2058
Ce	ppm	0,0952	0,1494	0,6124	0,8013
Pr	ppm	0,0330	0,0580	0,0904	0,0856
Nd	ppm	0,8892	1,4056	0,9546	0,7915
Sm	ppm	4,7795	6,1198	4,6210	2,8179
Eu	ppm	0,4593	0,6359	0,4976	0,4452
Gd	ppm	24,0830	26,7055	41,8431	10,7553
Tb	ppm	7,1263	6,6488	14,6185	4,7280
Dy	ppm	60,7062	45,3206	124,5138	65,9968
Ho	ppm	15,3590	9,9937	26,3970	19,7337
Er	ppm	47,5009	29,2978	67,5511	63,2548
Tm	ppm	6,4667	4,0818	8,0978	9,1901
Yb	ppm	39,7149	26,1111	44,0695	65,9117
Lu	ppm	4,5942	3,2230	5,0418	10,3861
Hf	ppm	0,6635	0,6503	1,5373	0,0389
Ta	ppm	0,0015	0,0024	0,0992	0,1499
Pb	ppm	0,0602	0,0787	0,4734	0,0660
Th	ppm	0,0029	0,0073	0,1273	0,0940
U	ppm	0,0097	0,0078	0,0709	0,0290
Eu/Eu*		0,1300	0,1511	0,1087	0,2456
(Gd/Yb)N		0,5012	0,8454	0,7848	0,1349

BDL : sous la limite de détection

1.4 BPA019-21d-profil

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	4,8777	4,6478	4,4460	8,5997	7,1527
B	ppm	1,9064	2,0093	1,6746	1,8564	1,5190
Al2O3	wt%	23,3074	23,0910	21,6161	22,7231	23,4302
CaO	wt%	1,9400	1,9400	1,9400	1,9400	1,9400
Sc	ppm	127,2369	91,4448	105,2032	107,9529	138,0687
TiO2	wt%	0,1239	0,1423	0,1382	0,1648	0,1593
V	ppm	53,4355	48,2674	54,2941	98,0766	118,9067
Cr	ppm	3,3668	2,5364	3,9588	7,2519	7,7686
Co	ppm	43,4487	42,4971	36,9116	49,1668	43,2753
Ni	ppm	BDL	BDL	BDL	3,0837	0,9709
Zn	ppm	114,9695	119,4941	113,0811	144,9365	136,8647
Rb	ppm	0,0741	BDL	0,0513	0,1309	BDL
Sr	ppm	0,0394	0,0160	0,0263	0,2452	0,0479
Y	ppm	391,3882	411,0159	321,6142	327,9116	361,1864
Zr	ppm	80,7755	94,4044	97,1204	111,5368	122,4706
Nb	ppm	0,1141	0,0041	0,0066	0,0755	0,0735
Ba	ppm	0,0581	0,0091	BDL	0,3938	0,0737
La	ppm	0,1592	0,0055	0,0034	0,0242	0,0203
Ce	ppm	0,4354	0,2155	0,1021	0,2056	0,2146
Pr	ppm	0,1342	0,1819	0,1075	0,1478	0,1064
Nd	ppm	2,8318	3,8168	3,0367	3,7781	3,0077
Sm	ppm	8,3840	10,0143	9,7495	10,4676	11,1070
Eu	ppm	0,6222	0,7690	0,8122	0,9223	0,8979
Gd	ppm	38,5093	40,1426	38,8645	40,7027	44,3036
Tb	ppm	9,8465	9,9457	9,1630	9,3459	10,2581
Dy	ppm	70,2352	71,8407	60,8537	61,1138	65,9358
Ho	ppm	13,4509	14,1378	10,8194	10,8401	11,5260
Er	ppm	32,0579	34,5173	24,4042	25,4286	27,3649
Tm	ppm	3,6987	4,2497	2,8703	3,0888	3,4090
Yb	ppm	21,1247	24,6915	16,0511	18,3506	20,6844
Lu	ppm	2,4649	3,1360	1,7795	2,1691	2,6208
Hf	ppm	1,2785	1,3692	1,3981	1,5464	1,8241
Ta	ppm	0,0069	0,0019	0,0034	0,0066	0,0137
Pb	ppm	0,0180	0,0057	0,0369	0,1645	0,0599
Th	ppm	0,0096	0,0017	0,0021	0,0532	0,0109
U	ppm	0,0295	0,0186	0,0164	0,0425	0,0515
Eu/Eu*		0,1052	0,1165	0,1267	0,1357	0,1229
(Gd/Yb)N		1,5068	1,3438	2,0013	1,8333	1,7704

BDL : sous la limite de détection

1.4.1 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	7,4587	7,4522	7,9844	7,4953	11,0426
B	ppm	1,7438	1,9524	1,7748	2,1617	1,6431
Al2O3	wt%	21,8093	24,0471	22,9471	23,0331	22,6162
CaO	wt%	1,9400	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	129,0267	163,5860	127,5818	130,2129	143,1089
TiO2	wt%	0,1485	0,1507	0,1638	0,1456	0,1366
V	ppm	126,9726	136,2935	144,0912	138,3823	181,8925
Cr	ppm	8,5792	7,3809	10,4350	7,1195	12,1228
Co	ppm	42,4026	46,3576	43,2467	41,9211	46,9907
Ni	ppm	0,5630	0,8514	0,8028	1,2485	2,3678
Zn	ppm	132,4835	143,3470	134,0347	130,7813	144,1755
Rb	ppm	0,0557	0,0646	1,1472	0,5398	0,6152
Sr	ppm	0,0304	0,2741	1,0357	1,0316	1,2632
Y	ppm	351,8918	338,3674	390,8835	386,5880	479,8030
Zr	ppm	118,8505	111,4074	116,4118	112,8839	108,9067
Nb	ppm	0,0300	0,0820	0,0258	0,0156	0,0167
Ba	ppm	0,0300	0,2331	2,5668	1,5792	2,3212
La	ppm	0,0163	0,9312	0,0153	0,0143	0,0336
Ce	ppm	0,2439	2,1684	0,1856	0,1938	0,1943
Pr	ppm	0,1535	0,4151	0,1388	0,1277	0,1310
Nd	ppm	3,7724	5,0107	3,8313	3,4841	3,4068
Sm	ppm	11,0754	11,9782	11,7145	11,5816	11,3460
Eu	ppm	0,9311	0,8241	0,9993	0,9624	0,8859
Gd	ppm	43,1456	45,5800	45,1758	44,2032	44,1804
Tb	ppm	10,0297	10,3318	10,6224	10,4177	10,8276
Dy	ppm	65,2671	64,5769	71,3008	69,4241	78,4679
Ho	ppm	12,1230	11,3864	13,6053	13,0349	16,8109
Er	ppm	29,5236	26,0124	34,2970	31,7739	47,4558
Tm	ppm	3,6731	3,1058	4,5503	3,9842	6,5995
Yb	ppm	22,5359	19,2853	29,2018	23,9573	44,3087
Lu	ppm	2,9076	2,3633	3,8859	3,0000	6,2119
Hf	ppm	1,7075	1,4717	1,6588	1,6505	1,4869
Ta	ppm	0,0090	0,0091	0,0095	0,0090	0,0067
Pb	ppm	0,0419	0,3264	0,2157	0,1185	0,1999
Th	ppm	0,0099	0,2981	0,0051	0,0026	0,0304
U	ppm	0,0742	0,6420	0,0382	0,0196	0,0225
Eu/Eu*		0,1293	0,1071	0,1319	0,1292	0,1202
(Gd/Yb)N		1,5825	1,9535	1,2787	1,5251	0,8242

BDL : sous la limite de détection

1.4.2 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	9,5025	7,8942	9,0423	9,6082	9,5303
B	ppm	1,7614	1,7119	1,4884	1,6839	1,6817
Al2O3	wt%	21,5261	21,6557	21,7585	21,7903	21,4079
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	128,5418	146,4562	132,8649	134,4816	126,0655
TiO2	wt%	0,1419	0,1289	0,1464	0,1468	0,1411
V	ppm	186,2610	190,8879	197,4153	191,2335	160,2121
Cr	ppm	12,1854	14,1581	19,0018	26,0538	21,6589
Co	ppm	42,6717	41,3814	42,4493	42,5753	42,4938
Ni	ppm	0,9389	0,5921	0,6915	0,6137	0,7219
Zn	ppm	134,4808	126,6689	128,8742	128,7359	127,2742
Rb	ppm	0,1719	0,0799	0,0783	0,0690	0,0699
Sr	ppm	0,3727	0,1246	0,0516	0,0497	0,0296
Y	ppm	458,3274	474,5021	536,9736	500,6452	384,7919
Zr	ppm	99,3227	91,7628	102,3187	103,9778	86,3754
Nb	ppm	0,0107	0,0109	0,0126	0,0173	0,0094
Ba	ppm	0,3431	0,1434	0,0398	0,0348	0,0244
La	ppm	0,0082	0,0068	0,0085	0,0112	0,0065
Ce	ppm	0,2166	0,2008	0,2610	0,2782	0,2106
Pr	ppm	0,1756	0,1619	0,2102	0,2243	0,1910
Nd	ppm	3,9439	3,8717	4,6939	4,9083	4,5256
Sm	ppm	10,8035	10,7560	12,1158	12,6048	11,9931
Eu	ppm	0,9497	0,9084	1,0270	1,0534	1,0026
Gd	ppm	42,2284	43,8771	48,0171	49,0779	44,9810
Tb	ppm	10,3905	10,8865	11,7136	11,5762	10,4033
Dy	ppm	76,0415	80,1973	88,0287	84,2167	69,6250
Ho	ppm	16,1735	17,1263	19,4111	17,9082	13,4472
Er	ppm	45,6791	47,6839	56,3068	50,2066	34,1504
Tm	ppm	6,3219	6,4138	7,9849	6,9637	4,3860
Yb	ppm	42,8189	43,2033	53,8627	46,7072	27,5999
Lu	ppm	6,0938	6,0833	7,7753	6,7416	3,6516
Hf	ppm	1,3681	1,2866	1,4797	1,4304	1,2164
Ta	ppm	0,0076	0,0068	0,0087	0,0090	0,0049
Pb	ppm	0,0825	0,0416	0,0328	0,0101	0,0192
Th	ppm	0,0039	0,0036	0,0054	0,0034	0,0019
U	ppm	0,0299	0,0224	0,0329	0,0407	0,0242
Eu/Eu*		0,1350	0,1270	0,1293	0,1286	0,1311
(Gd/Yb)N		0,8152	0,8394	0,7368	0,8685	1,3471

BDL : sous la limite de détection

1.4.3 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	9,8034	9,3561	9,8141	10,1149	10,0698
B	ppm	1,4431	1,6219	1,5533	1,7075	1,6086
Al2O3	wt%	21,2900	20,8437	21,8366	21,5577	22,6235
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,1900	2,1900	2,1900
Sc	ppm	136,4322	132,0821	135,0819	136,0313	148,5616
TiO2	wt%	0,1500	0,1303	0,1554	0,1604	0,1543
V	ppm	179,5186	154,0341	174,1118	178,1032	170,4292
Cr	ppm	17,6390	14,0513	15,7683	23,6623	22,6484
Co	ppm	42,8151	41,6438	43,9096	42,4479	44,6313
Ni	ppm	0,4951	0,6676	0,8635	BDL	BDL
Zn	ppm	128,9899	123,3329	123,1798	123,0437	126,2760
Rb	ppm	0,0546	0,0754	0,0440	0,0558	0,0796
Sr	ppm	0,0362	0,0351	0,0305	0,0294	0,0355
Y	ppm	443,8736	418,3477	435,3677	448,1436	438,4123
Zr	ppm	100,3554	81,7162	93,9767	100,5579	97,8468
Nb	ppm	0,0139	0,0107	0,0163	0,0194	0,0141
Ba	ppm	0,0429	BDL	0,0424	0,0303	0,0350
La	ppm	0,0086	0,0079	0,0078	0,0086	0,0077
Ce	ppm	0,2662	0,2714	0,3032	0,2955	0,2686
Pr	ppm	0,2287	0,2296	0,2515	0,2553	0,2431
Nd	ppm	4,9218	4,8750	5,4388	5,6622	5,4573
Sm	ppm	12,7306	12,2107	13,8765	14,4751	14,6009
Eu	ppm	1,0232	0,9125	1,0588	1,1033	1,1173
Gd	ppm	48,4091	45,2740	49,8840	52,2993	52,5434
Tb	ppm	11,3538	10,5980	11,4510	11,9024	12,0203
Dy	ppm	78,8482	73,9629	77,2623	81,2451	79,4084
Ho	ppm	16,1766	14,8308	15,2018	15,9748	15,3490
Er	ppm	43,3726	39,5115	38,7580	41,8428	39,0821
Tm	ppm	5,7214	5,2823	5,0862	5,4175	4,9299
Yb	ppm	37,4774	34,1903	32,0985	34,6344	31,0261
Lu	ppm	5,1534	4,7082	4,3475	4,8107	4,1480
Hf	ppm	1,4641	1,1227	1,3292	1,3772	1,4147
Ta	ppm	0,0087	0,0075	0,0072	0,0059	0,0075
Pb	ppm	0,0344	0,0209	0,0114	0,0591	0,0263
Th	ppm	0,0050	0,0051	0,0033	0,0113	0,0045
U	ppm	0,0388	0,0359	0,0358	0,0392	0,0311
Eu/Eu*		0,1252	0,1179	0,1222	0,1218	0,1225
(Gd/Yb)N		1,0676	1,0945	1,2845	1,2481	1,3998

BDL : sous la limite de détection

1.4.4 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	9,9004	11,9037	13,2889	10,6133	11,7904
B	ppm	1,4483	1,7556	2,0448	1,5784	2,1322
Al2O3	wt%	22,4401	24,0450	23,1915	22,4648	24,7638
CaO	wt%	2,1900	2,3200	2,3200	2,3200	2,3800
Sc	ppm	145,9669	151,2997	151,7219	174,6910	171,2593
TiO2	wt%	0,1536	0,1678	0,2100	0,1801	0,1802
V	ppm	173,8677	186,0895	216,0035	192,8019	212,6694
Cr	ppm	18,8073	16,6117	21,1341	18,8186	24,7289
Co	ppm	44,7961	52,3956	51,6265	43,6182	48,8702
Ni	ppm	0,3727	0,5275	1,1361	BDL	0,4664
Zn	ppm	128,8023	146,6694	156,1968	132,0613	144,4964
Rb	ppm	0,0796	0,0740	0,0638	0,0975	0,0857
Sr	ppm	0,0447	0,0289	0,0455	0,1350	0,0279
Y	ppm	422,9535	417,8251	491,9978	494,6087	576,6689
Zr	ppm	96,4254	105,5011	122,6141	107,7308	123,5969
Nb	ppm	0,0144	0,0175	0,0288	0,0430	0,0284
Ba	ppm	0,0352	0,0156	0,0529	0,1184	0,0212
La	ppm	0,0095	0,0057	0,0081	0,5493	0,0134
Ce	ppm	0,1684	0,1922	0,2822	1,6290	0,3515
Pr	ppm	0,1930	0,2134	0,2658	0,3483	0,2838
Nd	ppm	5,0935	5,8537	6,3038	4,9656	6,8663
Sm	ppm	14,2229	16,3828	16,5634	14,2850	17,6521
Eu	ppm	1,0854	1,2347	1,2445	1,0653	1,3280
Gd	ppm	51,7423	57,2656	59,6776	55,2382	64,6763
Tb	ppm	11,6816	12,4923	13,5609	13,0402	14,6978
Dy	ppm	77,2456	80,1142	88,6811	89,4063	101,2945
Ho	ppm	14,6476	14,5298	17,3263	17,7752	20,4934
Er	ppm	36,3068	33,6390	44,1939	45,5844	54,6364
Tm	ppm	4,5460	3,9817	5,6482	5,9170	7,2487
Yb	ppm	27,3666	23,6111	35,6998	37,4500	46,8411
Lu	ppm	3,5079	2,8130	4,6758	5,0177	6,5515
Hf	ppm	1,3744	1,4760	1,7172	1,6048	1,7819
Ta	ppm	0,0086	0,0080	0,0101	0,0141	0,0138
Pb	ppm	0,1985	0,0346	0,0487	0,1408	0,0172
Th	ppm	0,0351	0,0043	0,0070	0,0447	0,0047
U	ppm	0,0231	0,0494	0,0476	0,0829	0,0447
Eu/Eu*		0,1215	0,1224	0,1202	0,1152	0,1194
(Gd/Yb)N		1,5628	2,0047	1,3817	1,2192	1,1413

BDL : sous la limite de détection

1.4.5 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	13,2642	14,1284	12,0780	11,2758	11,1196
B	ppm	1,9462	2,0792	1,9227	1,7648	1,7807
Al2O3	wt%	24,9120	24,9773	23,4777	23,8940	23,8115
CaO	wt%	2,3800	2,3800	2,2600	2,3500	2,3500
Sc	ppm	178,5398	161,5441	146,5854	151,4559	151,6373
TiO2	wt%	0,1674	0,1879	0,1727	0,1763	0,1710
V	ppm	217,1245	212,1830	192,7400	204,5627	193,6393
Cr	ppm	16,4795	28,1303	22,2213	24,5819	23,7967
Co	ppm	55,1718	49,4160	47,5081	46,8632	47,7153
Ni	ppm	1,0464	0,4472	0,6926	0,3761	0,5790
Zn	ppm	156,4571	147,7009	136,2605	139,0306	138,0233
Rb	ppm	0,0780	0,0930	0,1787	0,0824	0,0371
Sr	ppm	0,0967	0,0531	0,1111	0,0387	0,0292
Y	ppm	484,8720	565,3904	510,7516	520,2135	504,3064
Zr	ppm	114,7739	122,5717	108,5257	109,2335	107,6303
Nb	ppm	0,0274	0,0233	0,0183	0,0183	0,0142
Ba	ppm	0,1572	0,0757	0,3124	0,0250	0,0525
La	ppm	0,0129	0,0122	0,0111	0,0085	0,0098
Ce	ppm	0,2896	0,3707	0,3192	0,2779	0,3291
Pr	ppm	0,2390	0,2991	0,2633	0,2542	0,2704
Nd	ppm	6,0005	6,7522	6,0710	5,9498	5,8881
Sm	ppm	16,1358	16,9506	15,8585	15,2931	15,2658
Eu	ppm	1,2140	1,2815	1,1903	1,1952	1,1837
Gd	ppm	58,9442	62,5061	57,9312	57,0624	56,0306
Tb	ppm	13,3263	14,3766	13,2900	13,1508	12,8566
Dy	ppm	87,6422	98,5010	92,2461	92,0080	89,3136
Ho	ppm	16,6958	20,1116	18,2212	18,3573	17,8974
Er	ppm	41,9950	53,7443	47,5966	49,3370	48,3522
Tm	ppm	5,2761	7,1138	6,2309	6,4998	6,3429
Yb	ppm	32,3553	45,6850	39,4770	41,7990	41,5122
Lu	ppm	4,2062	6,3244	5,3380	5,7753	5,7236
Hf	ppm	1,6192	1,7561	1,5969	1,5761	1,4769
Ta	ppm	0,0078	0,0129	0,0114	0,0101	0,0091
Pb	ppm	0,3181	0,1550	0,0482	0,0253	0,0177
Th	ppm	0,0084	0,0165	0,0045	0,0033	0,0048
U	ppm	0,0494	0,0509	0,0421	0,0369	0,0441
Eu/Eu*		0,1195	0,1196	0,1193	0,1229	0,1229
(Gd/Yb)N		1,5058	1,1309	1,2129	1,1284	1,1156

BDL : sous la limite de détection

1.4.6 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	7,1008	9,5298	10,9040	11,5573	10,2970
B	ppm	2,2451	2,0022	1,8489	1,6828	1,6573
Al2O3	wt%	17,5596	24,5954	24,8226	24,0938	23,4034
CaO	wt%	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500
Sc	ppm	128,4862	174,0119	156,5863	149,5911	144,2399
TiO2	wt%	0,1087	0,1488	0,1571	0,1638	0,1378
V	ppm	139,0742	188,3416	180,7447	194,2297	176,0469
Cr	ppm	12,8749	23,3943	17,0941	20,2283	13,3245
Co	ppm	34,4490	46,2563	48,7127	48,5610	45,2560
Ni	ppm	0,3658	BDL	0,8430	0,6026	0,5767
Zn	ppm	105,1629	129,1190	148,6998	146,9533	138,4947
Rb	ppm	0,1048	0,0944	0,0635	0,0935	0,1427
Sr	ppm	28,7069	0,0858	0,0430	0,0440	14,3589
Y	ppm	337,3884	542,7572	508,3003	549,2170	491,0327
Zr	ppm	72,1436	105,2636	99,4239	107,3830	93,4514
Nb	ppm	0,0145	0,0140	0,0145	0,0179	0,0101
Ba	ppm	0,9720	0,0135	0,0619	0,0150	6,5741
La	ppm	21,9612	0,0412	0,0179	0,0118	0,1223
Ce	ppm	75,5542	0,4900	0,3467	0,3220	0,5500
Pr	ppm	11,4714	0,1883	0,1665	0,2350	0,2582
Nd	ppm	63,5064	4,4839	4,9000	5,4459	5,0810
Sm	ppm	24,6153	13,6965	14,1119	14,4370	12,9487
Eu	ppm	1,3355	1,1166	1,1531	1,1760	1,1094
Gd	ppm	46,5507	54,5594	53,4979	54,6553	48,8964
Tb	ppm	9,2355	12,9558	12,4962	13,0041	11,5362
Dy	ppm	60,9570	92,7677	87,5222	93,8541	81,9850
Ho	ppm	11,7696	19,8045	17,7472	19,7825	16,5605
Er	ppm	31,4670	55,9414	47,7875	55,4502	44,1082
Tm	ppm	4,0049	7,6730	6,4489	7,6510	5,8204
Yb	ppm	25,1933	52,6143	43,0299	50,7396	37,1676
Lu	ppm	3,4418	7,7102	6,0434	7,0797	4,8721
Hf	ppm	1,0518	1,5630	1,4001	1,5838	1,3257
Ta	ppm	0,0060	0,0062	0,0064	0,0093	0,0068
Pb	ppm	0,2106	0,0218	0,0114	0,0169	0,4542
Th	ppm	1,4957	0,0051	0,0084	0,0032	0,0021
U	ppm	0,6765	0,0294	0,0261	0,0392	0,0211
Eu/Eu*		0,1198	0,1240	0,1274	0,1271	0,1339
(Gd/Yb)N		1,5273	0,8571	1,0276	0,8903	1,0874

BDL : sous la limite de détection

1.4.7 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	10,5427	10,7826	11,1092	9,9453	8,3212
B	ppm	2,2539	2,0948	1,6549	2,0269	2,0162
Al2O3	wt%	24,4821	24,9062	24,1786	25,0348	25,6053
CaO	wt%	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500
Sc	ppm	148,6712	149,0124	138,1661	152,0348	166,4778
TiO2	wt%	0,1611	0,2260	0,1604	0,1400	0,1427
V	ppm	198,0261	219,4426	222,2872	162,9523	180,1332
Cr	ppm	16,5372	15,3478	19,7662	13,1201	17,3214
Co	ppm	45,3636	49,0170	48,5412	46,9683	48,4470
Ni	ppm	0,7235	0,6264	BDL	2,4123	1,3712
Zn	ppm	139,9788	153,3867	160,4711	151,5967	156,2107
Rb	ppm	0,0870	0,0785	0,1216	0,1325	0,1604
Sr	ppm	0,1526	0,2716	0,3969	0,1654	0,0812
Y	ppm	652,9000	625,9744	645,0253	486,2601	524,7837
Zr	ppm	115,1909	120,3963	110,7830	117,6843	124,3842
Nb	ppm	0,0168	0,0329	0,0161	0,0178	0,0181
Ba	ppm	0,1097	0,2158	0,3101	0,3433	0,1363
La	ppm	0,0073	0,3447	0,0163	0,0225	0,0085
Ce	ppm	0,2309	2,2341	0,3053	0,2974	0,2710
Pr	ppm	0,2172	0,8233	0,2215	0,2113	0,2165
Nd	ppm	5,1211	9,9781	4,8904	4,8454	4,9403
Sm	ppm	13,7901	14,1998	13,2257	12,9027	13,0585
Eu	ppm	1,1627	1,2840	1,1039	1,1472	1,1033
Gd	ppm	55,0376	53,7546	51,8677	47,7523	48,5949
Tb	ppm	13,6187	13,3737	12,9329	11,5340	11,7662
Dy	ppm	103,4673	99,8515	100,6633	81,1023	84,8230
Ho	ppm	23,3617	22,3347	23,1490	16,8506	18,0285
Er	ppm	68,7742	64,3157	70,3244	46,6956	52,8468
Tm	ppm	9,7866	9,0669	10,3329	6,4947	7,5335
Yb	ppm	67,4245	61,4876	72,8667	43,1330	52,6268
Lu	ppm	9,8250	8,5823	10,9540	6,1295	7,8409
Hf	ppm	1,7455	1,5589	1,5361	1,6657	1,7464
Ta	ppm	0,0084	0,0074	0,0081	0,0085	0,0099
Pb	ppm	0,0302	0,1770	0,2554	0,3521	0,1193
Th	ppm	0,0062	0,2253	0,0274	0,0416	0,0145
U	ppm	0,0328	0,2727	0,0442	0,0400	0,0452
Eu/Eu*		0,1282	0,1411	0,1280	0,1403	0,1330
(Gd/Yb)N		0,6747	0,7226	0,5884	0,9151	0,7632

BDL : sous la limite de détection

1.4.8 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	10,6424	10,0106	11,7214	9,2225	9,0433
B	ppm	2,1693	1,7582	2,0016	2,0347	1,7792
Al2O3	wt%	25,3601	25,1850	26,2439	26,9774	26,7366
CaO	wt%	2,3300	2,3300	2,3300	2,3300	2,3300
Sc	ppm	127,6916	134,2160	141,5097	130,2143	130,2899
TiO2	wt%	0,1573	0,1633	0,1641	0,1659	0,1741
V	ppm	152,1333	161,7440	136,1296	119,4051	127,9533
Cr	ppm	10,1005	12,2648	6,4879	6,7527	10,4214
Co	ppm	48,7171	48,1951	49,2693	50,0669	46,4818
Ni	ppm	1,2581	0,7768	0,8561	BDL	0,5208
Zn	ppm	157,8469	162,5131	164,9727	163,1618	157,5533
Rb	ppm	0,1172	0,0823	0,0995	BDL	0,0427
Sr	ppm	0,1999	0,0390	0,1331	0,0288	0,0234
Y	ppm	493,2048	513,7789	447,5101	396,8203	413,2170
Zr	ppm	119,2422	131,1649	140,7778	122,5707	151,3754
Nb	ppm	0,0155	0,0192	0,0170	0,0132	0,0172
Ba	ppm	0,2738	0,0177	0,1705	0,0270	0,0051
La	ppm	0,0251	0,0075	0,0255	0,0037	0,0094
Ce	ppm	0,3715	0,2531	0,3069	0,1880	0,3172
Pr	ppm	0,2475	0,1927	0,2267	0,1855	0,2453
Nd	ppm	5,0792	4,5790	4,9882	4,8328	5,5761
Sm	ppm	12,8285	12,9773	13,5884	13,4241	14,4493
Eu	ppm	1,1658	1,1138	1,1415	1,1090	1,2412
Gd	ppm	47,3937	49,4678	50,6183	49,3995	52,7177
Tb	ppm	11,3166	12,0109	11,8166	11,2074	11,8600
Dy	ppm	81,3436	87,1360	78,8566	72,6383	76,9710
Ho	ppm	16,8039	17,8801	14,4239	13,1641	13,8863
Er	ppm	46,3869	50,4808	35,9019	32,8025	34,1629
Tm	ppm	6,1626	7,0236	4,4721	4,2446	4,2631
Yb	ppm	41,8316	47,8230	27,6164	27,2091	26,7372
Lu	ppm	5,6472	6,8478	3,5282	3,7294	3,5576
Hf	ppm	1,7145	1,8217	1,9787	1,8099	2,1260
Ta	ppm	0,0081	0,0109	0,0105	0,0067	0,0093
Pb	ppm	0,5415	0,0655	0,4683	0,0529	0,0286
Th	ppm	0,0482	0,0025	0,0526	0,0046	0,0041
U	ppm	0,0469	0,0432	0,0506	0,0400	0,0550
Eu/Eu*		0,1436	0,1335	0,1322	0,1308	0,1366
(Gd/Yb)N		0,9365	0,8550	1,5150	1,5006	1,6297

BDL : sous la limite de détection

1.4.9 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Li	ppm	8,1069	9,8718	9,2844	8,8431	8,8224
B	ppm	1,9622	2,0266	2,0449	1,5749	1,8696
Al2O3	wt%	25,9074	27,5783	27,7290	26,9736	28,2685
CaO	wt%	2,3300	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500
Sc	ppm	123,1464	126,9619	132,7844	133,9797	147,6420
TiO2	wt%	0,1661	0,1606	0,1707	0,1620	0,1815
V	ppm	106,5411	95,7397	99,2129	87,3433	83,4926
Cr	ppm	8,8128	7,4157	7,5115	6,6566	7,0460
Co	ppm	44,8170	50,7994	54,8277	52,9923	53,8011
Ni	ppm	0,8064	0,6769	0,4820	0,8024	0,4945
Zn	ppm	148,8439	165,7283	168,3478	169,4480	165,1665
Rb	ppm	0,0436	0,0351	0,0407	BDL	0,0479
Sr	ppm	0,0228	0,1125	0,0210	0,0238	0,0368
Y	ppm	341,5836	302,3180	303,5414	322,5798	413,6620
Zr	ppm	133,3578	118,3236	109,1111	115,1295	124,3820
Nb	ppm	0,0134	0,0077	0,0089	0,0101	0,0128
Ba	ppm	0,0301	0,1156	0,0247	0,0303	0,0346
La	ppm	0,0120	0,0158	0,0024	0,0083	0,0055
Ce	ppm	0,3071	0,2931	0,1098	0,1507	0,1280
Pr	ppm	0,2595	0,2179	0,1161	0,1489	0,1355
Nd	ppm	5,4081	4,8518	3,5250	3,9654	4,2049
Sm	ppm	13,4417	12,7774	12,1837	12,1141	12,5345
Eu	ppm	1,1575	1,0793	0,9969	0,9970	0,9939
Gd	ppm	49,1160	45,4438	45,4914	44,8619	47,3925
Tb	ppm	10,7489	9,9402	9,9340	10,0677	11,0927
Dy	ppm	67,1511	60,3180	60,7416	63,1934	73,4761
Ho	ppm	11,2121	9,7671	9,7768	10,3084	13,4912
Er	ppm	26,3094	21,1150	21,5583	22,6804	31,5702
Tm	ppm	3,1310	2,3999	2,3905	2,6380	3,7613
Yb	ppm	18,6587	13,7498	13,6237	14,7618	22,0908
Lu	ppm	2,3978	1,6058	1,5854	1,7477	2,6307
Hf	ppm	1,8841	1,6872	1,5748	1,7108	1,7519
Ta	ppm	0,0094	0,0026	0,0039	0,0040	0,0051
Pb	ppm	0,0337	0,3266	0,0585	0,0320	0,0847
Th	ppm	0,0051	0,0320	0,0036	0,0048	0,0081
U	ppm	0,0491	0,0337	0,0191	0,0232	0,0208
Eu/Eu*		0,1368	0,1360	0,1286	0,1299	0,1238
(Gd/Yb)N		2,1758	2,7318	2,7600	2,5119	1,7732

BDL : sous la limite de détection

1.4.10 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	9,2067	9,2340	8,9616	8,4243	10,8754
B	ppm	2,1865	1,9772	2,1446	2,2227	2,1348
Al2O3	wt%	30,2950	29,2216	29,3211	30,5378	28,1660
CaO	wt%	2,3500	2,3500	2,3500	2,3500	2,1400
Sc	ppm	149,4880	128,7538	127,6160	135,9740	115,2565
TiO2	wt%	0,1877	0,1710	0,2288	0,1994	0,2365
V	ppm	92,5545	88,9762	98,7095	91,4840	105,7577
Cr	ppm	12,3138	12,9273	11,0728	8,5056	9,8381
Co	ppm	58,6130	58,1465	61,6307	63,8456	71,0679
Ni	ppm	0,5492	0,9056	0,7043	0,6377	0,6881
Zn	ppm	175,4112	173,9803	177,8837	181,3488	195,5761
Rb	ppm	0,1131	0,0368	0,0989	0,0768	0,1208
Sr	ppm	0,1341	0,0738	0,0684	0,1240	0,0561
Y	ppm	610,5573	520,1360	723,3571	676,9807	659,5025
Zr	ppm	114,0180	88,8158	130,6011	126,2669	125,0025
Nb	ppm	0,0059	0,0065	0,0101	0,0075	0,0075
Ba	ppm	0,1712	0,1184	0,0613	0,1525	0,0448
La	ppm	0,0110	0,0061	0,0076	0,0258	0,0049
Ce	ppm	0,1637	0,2059	0,2314	0,1296	0,1817
Pr	ppm	0,1508	0,1515	0,1738	0,0875	0,1491
Nd	ppm	4,0673	3,3921	3,9430	2,1707	3,8496
Sm	ppm	11,7483	9,1076	10,3057	8,8875	9,9327
Eu	ppm	0,8262	0,7707	0,9353	0,7792	0,9167
Gd	ppm	48,7760	41,3372	44,2338	43,7612	41,9326
Tb	ppm	12,5763	10,9616	12,3410	12,0873	11,5209
Dy	ppm	96,4938	84,2376	105,4851	100,9387	95,7086
Ho	ppm	21,0891	18,5391	25,4698	23,1075	22,5926
Er	ppm	59,4675	52,4843	78,4738	65,3456	66,9988
Tm	ppm	8,0770	7,2393	11,2732	8,8548	9,3781
Yb	ppm	51,6421	47,3447	75,4623	56,0230	63,1491
Lu	ppm	6,8400	6,6745	10,5151	7,2407	8,5593
Hf	ppm	1,6719	1,2765	1,8591	1,8809	1,7487
Ta	ppm	0,0050	0,0022	0,0059	0,0027	0,0053
Pb	ppm	0,3759	0,0869	0,0369	0,5483	0,0659
Th	ppm	0,0161	0,0034	0,0020	0,0804	0,0032
U	ppm	0,0194	0,0285	0,0335	0,0236	0,0249
Eu/Eu*		0,1048	0,1206	0,1330	0,1200	0,1364
(Gd/Yb)N		0,7807	0,7217	0,4845	0,6456	0,5489

BDL : sous la limite de détection

1.4.11 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	8,3289	8,7453	7,6219	7,0123	7,4096
B	ppm	1,8960	2,1788	2,1194	2,0694	2,0314
Al2O3	wt%	27,0186	27,3069	27,0459	26,3746	28,3782
CaO	wt%	2,1400	2,1400	2,1400	2,1400	2,1400
Sc	ppm	96,2286	98,7180	93,1142	90,9847	96,5282
TiO2	wt%	0,1908	0,1908	0,1724	0,1906	0,1742
V	ppm	77,6260	75,9907	67,2833	65,8605	63,8047
Cr	ppm	6,2594	6,3910	4,1153	3,2628	3,2633
Co	ppm	63,8247	61,8181	65,4193	63,0912	64,7532
Ni	ppm	0,8336	1,3772	0,6504	0,6676	BDL
Zn	ppm	164,2485	167,9045	164,3465	159,6697	156,5574
Rb	ppm	0,0536	0,0954	0,0507	0,0457	0,0726
Sr	ppm	0,0301	0,1874	0,0488	0,0247	0,0172
Y	ppm	510,6162	535,8827	450,4516	431,8608	419,5616
Zr	ppm	104,8820	118,0675	94,3001	96,7411	86,9925
Nb	ppm	0,0028	0,0063	0,0061	0,0076	0,0052
Ba	ppm	0,0073	0,3658	0,0428	0,0217	0,0291
La	ppm	0,0068	0,0157	0,0076	0,0066	0,0083
Ce	ppm	0,2132	0,2335	0,1914	0,1944	0,2283
Pr	ppm	0,1638	0,1703	0,1475	0,1502	0,1668
Nd	ppm	3,4686	3,5870	3,2755	3,2195	3,5416
Sm	ppm	9,0421	9,1729	8,6079	8,7724	8,8342
Eu	ppm	0,8198	0,8523	0,7808	0,8020	0,7931
Gd	ppm	36,9306	38,6458	35,8690	35,8526	35,7897
Tb	ppm	10,0532	10,5186	9,5450	9,4841	9,3945
Dy	ppm	79,8660	84,3977	73,6228	71,9688	69,9867
Ho	ppm	16,9523	18,4247	14,9789	14,3730	13,5049
Er	ppm	44,7908	49,7114	37,4806	34,2180	31,1802
Tm	ppm	5,6335	6,2833	4,5147	3,9661	3,6214
Yb	ppm	33,8742	38,2018	26,5125	21,9854	19,7204
Lu	ppm	4,0299	4,5400	3,0444	2,3838	2,0926
Hf	ppm	1,6020	1,7409	1,4292	1,4185	1,3430
Ta	ppm	0,0044	0,0039	0,0020	0,0022	0,0016
Pb	ppm	0,0231	0,5941	0,2069	0,0371	0,0186
Th	ppm	0,0043	0,0493	0,0243	0,0026	0,0012
U	ppm	0,0266	0,0309	0,0179	0,0236	0,0205
Eu/Eu*		0,1362	0,1375	0,1349	0,1373	0,1354
(Gd/Yb)N		0,9011	0,8362	1,1182	1,3479	1,5001

BDL : sous la limite de détection

1.4.12 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	8,3736	8,0621	8,5255	7,4116	7,1850
B	ppm	1,9628	1,8495	2,1358	1,9606	1,8854
Al2O3	wt%	27,5826	27,1379	27,4706	26,8013	27,6081
CaO	wt%	2,1200	2,1200	2,1200	2,1200	2,1200
Sc	ppm	100,7944	114,7274	113,7116	110,9056	114,5148
TiO2	wt%	0,1581	0,1753	0,1814	0,1825	0,2009
V	ppm	71,2357	88,6248	89,9130	87,3273	102,5252
Cr	ppm	4,2196	6,1845	7,0499	7,8846	9,3192
Co	ppm	70,6552	67,4335	68,0343	65,2327	69,5912
Ni	ppm	1,0905	1,2859	0,7298	1,1600	0,7948
Zn	ppm	170,0168	162,2033	163,2904	151,2857	156,7570
Rb	ppm	0,0975	0,1302	0,1254	0,0821	0,0878
Sr	ppm	0,1389	0,1756	0,2007	0,1280	0,1056
Y	ppm	480,7070	627,9006	672,9639	680,6330	707,2773
Zr	ppm	81,2431	100,1139	107,3096	101,2937	107,4424
Nb	ppm	0,0053	0,0097	0,0066	0,0065	0,0032
Ba	ppm	0,2814	0,2179	0,1217	0,0998	0,0895
La	ppm	0,0132	0,0173	0,0086	0,0067	0,0053
Ce	ppm	0,1579	0,1789	0,1536	0,1488	0,1838
Pr	ppm	0,1268	0,1406	0,1278	0,1236	0,1406
Nd	ppm	2,7285	3,1558	2,8724	2,8738	3,2018
Sm	ppm	7,9191	8,5585	8,7491	8,3659	8,3411
Eu	ppm	0,7458	0,7533	0,7663	0,7788	0,7716
Gd	ppm	34,1950	38,0780	39,7960	38,8640	38,7983
Tb	ppm	9,4205	10,8436	11,4028	11,4231	11,3698
Dy	ppm	75,3482	91,5606	98,8484	97,6275	99,4532
Ho	ppm	16,3934	21,3105	23,6497	23,7879	24,6113
Er	ppm	43,4481	62,7870	69,3707	70,2569	74,3677
Tm	ppm	5,6120	8,4005	9,6810	9,6993	10,5024
Yb	ppm	34,6540	54,6552	61,4358	62,2816	69,0610
Lu	ppm	4,2587	6,9731	7,9839	8,2496	9,2078
Hf	ppm	1,2611	1,4906	1,5655	1,5321	1,5699
Ta	ppm	0,0015	0,0038	0,0039	0,0039	0,0037
Pb	ppm	0,4222	0,7083	0,3872	0,1779	0,0569
Th	ppm	0,0310	0,0465	0,0252	0,0133	0,0027
U	ppm	0,0229	0,0256	0,0227	0,0230	0,0278
Eu/Eu*		0,1376	0,1267	0,1247	0,1312	0,1303
(Gd/Yb)N		0,8156	0,5759	0,5354	0,5158	0,4644

BDL : sous la limite de détection

1.4.13 BPA019-21d-profil continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Li	ppm	7,1548	8,7755	12,1590
B	ppm	1,8737	2,2313	2,5400
Al2O3	wt%	26,8974	27,5581	28,3858
CaO	wt%	2,1200	2,1200	2,1200
Sc	ppm	118,0720	131,0197	164,7129
TiO2	wt%	0,1844	0,1877	0,1938
V	ppm	91,8433	96,0974	109,4119
Cr	ppm	8,0413	8,2713	11,7093
Co	ppm	64,3377	63,2353	70,0001
Ni	ppm	0,8515	1,6482	6,7318
Zn	ppm	145,3326	145,2174	155,1788
Rb	ppm	0,0800	0,1230	0,3437
Sr	ppm	0,1211	0,2236	0,5390
Y	ppm	672,7652	684,7348	708,0455
Zr	ppm	102,5759	107,3301	120,5391
Nb	ppm	0,0049	0,0076	0,0121
Ba	ppm	0,1320	0,3044	1,1289
La	ppm	0,0107	0,0143	0,0223
Ce	ppm	0,2288	0,2326	0,2499
Pr	ppm	0,1638	0,1692	0,1699
Nd	ppm	3,3792	3,4216	3,4939
Sm	ppm	8,5144	8,8101	8,3993
Eu	ppm	0,8046	0,8528	0,8322
Gd	ppm	39,0161	39,4876	38,8228
Tb	ppm	11,2483	11,4372	11,4312
Dy	ppm	97,6740	99,5694	100,3731
Ho	ppm	23,4167	23,5778	24,5025
Er	ppm	69,0504	67,9701	73,0012
Tm	ppm	9,4082	9,3016	10,3455
Yb	ppm	60,1676	59,3495	67,6435
Lu	ppm	7,8529	7,4595	9,0821
Hf	ppm	1,5254	1,6151	1,8057
Ta	ppm	0,0049	0,0033	0,0060
Pb	ppm	0,3921	0,8502	0,8340
Th	ppm	0,0237	0,0754	0,0639
U	ppm	0,0277	0,0423	0,0434
Eu/Eu*		0,1341	0,1388	0,1399
(Gd/Yb)N		0,5360	0,5499	0,4744

BDL : sous la limite de détection

1.5 BPA018-21a-profil

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	2,5540	4,1756	2,8890	2,7890	3,6815
B	ppm	2,3453	2,1747	1,8286	1,8909	2,3304
Al2O3	wt%	26,1300	25,9907	25,5925	24,1928	25,0359
CaO	wt%	2,0500	2,0500	2,0500	2,0500	2,0500
Sc	ppm	178,9967	181,9026	162,9672	158,4646	153,5177
TiO2	wt%	0,0767	0,0765	0,1160	0,0929	0,1065
V	ppm	55,0435	49,7042	69,1614	62,1443	69,4330
Cr	ppm	5,0672	3,0116	4,9648	3,8968	4,9813
Co	ppm	47,1674	45,8677	53,3988	53,4855	52,1828
Ni	ppm	BDL	0,8551	0,9115	BDL	0,7764
Zn	ppm	136,7167	132,2407	143,9314	147,4785	143,8047
Rb	ppm	0,1568	0,1437	0,1247	0,1483	0,0405
Sr	ppm	0,0716	0,5098	0,2195	0,2235	2,1141
Y	ppm	636,1788	581,5825	665,5207	472,4616	563,6856
Zr	ppm	68,9683	56,1539	87,4783	52,4955	71,0602
Nb	ppm	0,0048	0,0018	0,0030	0,0038	0,0014
Ba	ppm	0,0793	0,7530	0,1369	0,0956	0,9376
La	ppm	0,0054	0,0237	0,0139	0,0233	0,0431
Ce	ppm	0,1092	0,1608	0,1576	0,1486	0,1951
Pr	ppm	0,0804	0,0724	0,0829	0,0733	0,0811
Nd	ppm	1,6322	1,4493	1,7874	1,2297	1,4274
Sm	ppm	4,5981	4,3328	4,6796	3,3418	3,9942
Eu	ppm	0,3051	0,2907	0,3655	0,2898	0,3740
Gd	ppm	24,9135	22,9998	25,5001	18,0053	21,7937
Tb	ppm	8,5763	7,9565	8,7681	6,2904	7,7292
Dy	ppm	88,7012	80,9660	91,7577	64,6573	78,3853
Ho	ppm	24,0958	21,5350	25,1632	16,9465	20,9179
Er	ppm	73,5805	64,0099	76,9289	49,9140	62,2801
Tm	ppm	9,4102	7,9765	9,9079	6,3612	7,8722
Yb	ppm	53,9852	43,9435	56,3910	34,9890	44,7073
Lu	ppm	5,9831	4,7462	6,2722	3,8547	4,9784
Hf	ppm	1,2661	0,9739	1,4334	0,8316	1,2224
Ta	ppm	0,0018	0,0026	0,0025	0,0012	0,0020
Pb	ppm	0,0562	0,1284	0,1053	0,1077	0,2231
Th	ppm	0,0080	0,0248	0,0099	0,0156	0,0143
U	ppm	0,0101	0,0134	0,0233	0,0178	0,0174
Eu/Eu*		0,0866	0,0884	0,1016	0,1135	0,1217
(Gd/Yb)N		0,3814	0,4326	0,3738	0,4253	0,4029

BDL : sous la limite de détection

1.5.1 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	2,9420	3,7229	4,9031	3,8847	3,4168
B	ppm	2,0822	2,0250	1,8559	2,0312	1,7702
Al2O3	wt%	25,1752	25,1946	24,1132	23,4133	22,5475
CaO	wt%	2,0500	2,0500	2,0500	2,0500	2,0500
Sc	ppm	146,7804	135,8804	129,3713	120,2236	107,1947
TiO2	wt%	0,1029	0,0985	0,0999	0,0952	0,0866
V	ppm	68,8466	73,0991	74,6235	81,0092	67,4169
Cr	ppm	4,0503	5,7214	5,4580	5,4644	5,0885
Co	ppm	53,5737	52,6898	54,6366	48,2809	47,7646
Ni	ppm	BDL	BDL	1,2074	0,8756	0,4700
Zn	ppm	151,6609	149,3878	150,0071	139,7968	135,7320
Rb	ppm	0,0721	0,0898	0,1272	0,0677	0,0916
Sr	ppm	0,6686	0,6063	1,1453	0,1733	11,9204
Y	ppm	569,7664	605,5188	496,7449	478,7598	482,7558
Zr	ppm	65,1054	58,9588	54,0969	58,3610	44,4722
Nb	ppm	0,0018	0,0038	0,0024	0,0029	0,0023
Ba	ppm	0,2455	0,1903	1,5256	0,1780	1,7726
La	ppm	0,0115	0,0255	0,0408	0,0109	0,2426
Ce	ppm	0,1482	0,1958	0,2249	0,1373	0,5576
Pr	ppm	0,0710	0,0726	0,0677	0,0828	0,1073
Nd	ppm	1,4186	1,4657	1,2167	1,5377	1,4759
Sm	ppm	3,7521	4,0712	3,8765	5,0440	4,3167
Eu	ppm	0,3476	0,3522	0,3419	0,3895	0,3734
Gd	ppm	21,1624	22,2270	21,3524	27,6553	23,9185
Tb	ppm	7,4730	7,7024	7,2794	8,8557	7,8793
Dy	ppm	77,7457	80,2082	71,5701	78,2947	72,8287
Ho	ppm	20,9584	22,5320	18,0114	17,5912	17,0651
Er	ppm	63,7322	71,2517	51,4858	44,0627	43,9848
Tm	ppm	8,2467	9,5500	6,4269	4,8701	4,9891
Yb	ppm	47,6725	59,1122	37,2312	24,9059	25,6241
Lu	ppm	5,2432	7,1098	4,2736	2,5958	2,5304
Hf	ppm	1,0558	1,0023	0,9621	1,0086	0,6722
Ta	ppm	0,0015	0,0029	0,0015	BDL	0,0027
Pb	ppm	0,1051	0,1186	0,2060	0,0563	0,4837
Th	ppm	0,0025	0,0160	0,0564	0,0170	0,0193
U	ppm	0,0154	0,0160	0,0428	0,0121	0,0169
Eu/Eu*		0,1185	0,1124	0,1141	0,1001	0,1116
(Gd/Yb)N		0,3669	0,3108	0,4740	0,9178	0,7715

BDL : sous la limite de détection

1.5.2 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	3,8232	3,3930	3,3141	9,7167	5,5267
B	ppm	1,7069	1,5973	1,8408	1,9614	1,6838
Al2O3	wt%	24,0203	21,4174	22,9145	24,5570	24,3128
CaO	wt%	2,0500	2,0500	2,0500	2,0900	2,0900
Sc	ppm	108,6438	95,9175	116,2138	136,4894	125,1935
TiO2	wt%	0,1135	0,0967	0,1087	0,1214	0,1118
V	ppm	86,2305	80,4119	83,7063	80,6182	83,0220
Cr	ppm	5,9287	5,4951	3,6702	3,0472	2,8042
Co	ppm	52,4748	48,1566	48,8681	57,1269	53,9052
Ni	ppm	0,5084	0,9295	0,8264	2,1525	BDL
Zn	ppm	154,3047	135,8705	133,1291	144,0044	159,4252
Rb	ppm	0,0860	BDL	BDL	0,1910	BDL
Sr	ppm	1,0911	10,3750	0,6299	1,5736	4,3602
Y	ppm	600,3700	392,8780	316,7840	261,2529	217,6287
Zr	ppm	64,6826	54,8900	60,9555	54,0917	60,2981
Nb	ppm	0,0054	0,0028	0,0040	0,6729	0,0683
Ba	ppm	0,6781	0,6441	0,1170	1,1366	0,4463
La	ppm	0,0259	0,1572	0,0214	0,0953	0,0420
Ce	ppm	0,1855	0,3454	0,1640	0,3097	0,1951
Pr	ppm	0,0846	0,0816	0,0759	0,0823	0,0861
Nd	ppm	1,6158	1,3127	1,6715	1,4111	1,7447
Sm	ppm	5,3025	4,2681	5,4601	4,5566	6,0531
Eu	ppm	0,4433	0,3981	0,4673	0,3820	0,4569
Gd	ppm	29,1646	23,8248	28,6651	25,1127	27,7030
Tb	ppm	9,6577	7,4997	7,8569	7,1110	6,8955
Dy	ppm	90,6641	65,5759	60,5268	51,6781	46,7852
Ho	ppm	22,0452	14,0209	10,9530	8,5220	7,6433
Er	ppm	59,0264	32,5747	21,3165	16,1884	14,5971
Tm	ppm	6,8619	3,4325	1,9618	1,3756	1,4009
Yb	ppm	36,7557	16,8241	8,4718	6,1279	6,3773
Lu	ppm	3,8108	1,5740	0,6817	0,5003	0,5845
Hf	ppm	1,0093	0,8047	0,9296	0,8618	1,0121
Ta	ppm	0,0027	0,0015	0,0021	0,0149	0,0050
Pb	ppm	0,1553	0,3830	0,1090	0,2340	0,1991
Th	ppm	0,0314	0,0028	0,0219	0,2541	0,0547
U	ppm	0,0220	0,0142	0,0181	0,1084	0,0169
Eu/Eu*		0,1083	0,1199	0,1134	0,1084	0,1071
(Gd/Yb)N		0,6558	1,1705	2,7967	3,3873	3,5905

BDL : sous la limite de détection

1.5.3 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	4,7030	4,1465	3,3234	3,0078	2,9869
B	ppm	1,7730	1,9906	1,6870	1,8305	1,8192
Al2O3	wt%	23,4452	23,1790	23,2013	23,1347	22,8418
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	115,4441	131,3803	121,7660	115,9989	119,1340
TiO2	wt%	0,1486	0,1349	0,1643	0,1978	0,1504
V	ppm	88,7975	85,3889	87,8178	86,2382	80,1127
Cr	ppm	3,7590	3,9508	4,5325	3,8121	2,8164
Co	ppm	52,6886	50,0912	49,6674	49,3284	48,6620
Ni	ppm	0,9836	BDL	0,8620	0,8350	1,2150
Zn	ppm	153,1813	138,7231	145,2071	157,6042	137,9157
Rb	ppm	0,0800	0,0385	0,0559	0,0362	0,0354
Sr	ppm	0,7172	0,4936	0,0767	0,0987	0,1685
Y	ppm	214,2899	228,3765	223,3141	186,3125	248,8066
Zr	ppm	74,9890	73,1845	80,6455	77,7896	68,3446
Nb	ppm	0,0301	0,0138	0,0094	0,0703	0,0076
Ba	ppm	0,9652	0,3200	0,1200	0,0493	0,1428
La	ppm	0,0252	0,0150	0,0036	0,0071	0,0144
Ce	ppm	0,1831	0,1386	0,1329	0,1397	0,1565
Pr	ppm	0,0925	0,0868	0,1173	0,1173	0,1130
Nd	ppm	2,2873	2,0812	2,8225	2,8858	2,6246
Sm	ppm	6,9953	6,9816	8,1385	8,2012	7,9436
Eu	ppm	0,5936	0,5593	0,6778	0,6418	0,5938
Gd	ppm	31,8620	31,8342	34,0781	32,7822	34,0937
Tb	ppm	7,5227	7,6875	7,8686	7,3073	8,0393
Dy	ppm	47,5029	49,6853	49,9941	43,6943	52,4391
Ho	ppm	7,4340	7,9093	7,7380	6,3475	8,3227
Er	ppm	14,1650	14,8642	14,4107	11,2794	15,5616
Tm	ppm	1,3880	1,3901	1,3611	1,0407	1,4501
Yb	ppm	6,3582	6,6221	6,3759	4,8968	6,4817
Lu	ppm	0,6151	0,6222	0,6091	0,5169	0,6158
Hf	ppm	1,1558	1,0503	1,1558	1,1477	0,9570
Ta	ppm	0,0036	0,0021	0,0025	0,0031	0,0027
Pb	ppm	0,0868	0,0804	0,0309	0,0240	0,0330
Th	ppm	0,0410	0,0181	0,0029	0,0209	0,0412
U	ppm	0,0301	0,0209	0,0178	0,0219	0,0226
Eu/Eu*		0,1207	0,1139	0,1236	0,1189	0,1096
(Gd/Yb)N		4,1420	3,9735	4,4178	5,5334	4,3477

BDL : sous la limite de détection

1.5.4 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	3,1272	3,7796	3,7211	3,5313	3,3977
B	ppm	1,8591	1,9560	1,7338	1,5698	1,5623
Al2O3	wt%	22,9073	22,1169	22,6917	22,5849	22,1518
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	119,3517	122,8456	138,6484	129,3282	122,3679
TiO2	wt%	0,1459	0,1311	0,1136	0,1530	0,1718
V	ppm	84,0387	72,4316	85,9979	97,9334	102,6096
Cr	ppm	4,4149	2,4311	2,9455	4,0980	4,2192
Co	ppm	48,7216	47,3626	47,7944	47,2753	46,1545
Ni	ppm	0,7647	0,9569	BDL	0,7676	0,5715
Zn	ppm	138,0213	138,3659	143,9370	135,4773	133,3807
Rb	ppm	0,0766	0,0678	0,0497	0,0614	0,0600
Sr	ppm	1,9237	0,3003	0,3146	1,2137	0,4941
Y	ppm	275,5866	234,8442	316,3624	363,3815	382,7368
Zr	ppm	71,1143	58,6861	64,8210	86,0483	87,3170
Nb	ppm	0,0060	0,0062	0,0062	0,0076	0,0048
Ba	ppm	1,0169	0,5660	0,4954	0,4982	0,1232
La	ppm	0,0342	0,0147	0,0347	0,0187	0,0108
Ce	ppm	0,2195	0,1785	0,1936	0,2187	0,1806
Pr	ppm	0,1109	0,1202	0,0907	0,1213	0,1304
Nd	ppm	2,5379	2,7201	2,1595	2,7925	3,2704
Sm	ppm	7,9725	7,8776	7,5104	9,1265	9,8580
Eu	ppm	0,6082	0,5543	0,4634	0,6463	0,6503
Gd	ppm	35,0922	32,0504	35,5254	40,7554	42,9332
Tb	ppm	8,4183	7,6541	8,9251	10,2382	10,7989
Dy	ppm	56,3547	49,0078	62,0941	72,4432	75,9774
Ho	ppm	9,4483	7,5911	10,7707	12,8676	13,4789
Er	ppm	18,6667	13,8998	22,2864	27,6108	28,6191
Tm	ppm	1,7415	1,2759	2,2428	2,9277	2,9982
Yb	ppm	8,5274	5,9240	10,9575	14,9305	15,5238
Lu	ppm	0,8389	0,5504	1,1227	1,6576	1,6668
Hf	ppm	1,0527	0,8827	0,9753	1,3288	1,2956
Ta	ppm	0,0031	0,0039	0,0030	0,0046	0,0057
Pb	ppm	0,1659	0,0401	0,0583	0,1304	0,0788
Th	ppm	0,0441	0,0223	0,0803	0,0089	0,0085
U	ppm	0,0343	0,0240	0,0311	0,0245	0,0201
Eu/Eu*		0,1104	0,1059	0,0862	0,1018	0,0960
(Gd/Yb)N		3,4014	4,4719	2,6798	2,2562	2,2859

BDL : sous la limite de détection

1.5.5 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	4,6809	3,2148	3,0481	3,1340	3,1044
B	ppm	1,5608	1,7281	1,9103	1,8925	1,5286
Al2O3	wt%	22,4684	21,9611	23,1490	21,6635	21,9854
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	142,7045	138,4079	142,9503	135,5207	117,5685
TiO2	wt%	0,1369	0,1794	0,1856	0,1507	0,1997
V	ppm	121,4771	121,0740	119,0358	94,6333	111,7735
Cr	ppm	5,3833	6,8030	6,2664	3,9344	5,5003
Co	ppm	50,5156	47,1984	46,9436	46,6071	47,4002
Ni	ppm	1,0353	BDL	1,2440	0,7909	0,5004
Zn	ppm	147,2136	135,8710	137,4685	127,5516	129,2601
Rb	ppm	0,0989	0,0776	BDL	0,0528	0,0519
Sr	ppm	0,3131	0,0749	0,1005	6,6594	0,2553
Y	ppm	378,9477	360,8865	257,6291	161,4676	176,6872
Zr	ppm	83,2992	98,2402	98,6578	59,2958	93,4547
Nb	ppm	0,0201	0,0150	0,0076	0,0942	0,0124
Ba	ppm	0,3549	0,1121	0,0247	0,5178	0,0915
La	ppm	0,0204	0,0061	0,0075	0,1613	0,0090
Ce	ppm	0,1779	0,1879	0,1750	0,4672	0,2379
Pr	ppm	0,0987	0,1674	0,1486	0,1328	0,1723
Nd	ppm	2,3969	3,9355	3,6261	2,5029	3,8228
Sm	ppm	8,0202	11,3294	9,9740	7,3808	9,8940
Eu	ppm	0,5286	0,7861	0,7075	0,5544	0,7731
Gd	ppm	39,7656	46,6165	37,6504	29,3078	34,3983
Tb	ppm	10,2468	11,1862	8,4270	6,4555	7,2141
Dy	ppm	73,3090	74,8655	53,0131	37,7362	39,9889
Ho	ppm	13,6393	13,2542	9,0917	5,5501	5,9522
Er	ppm	31,2621	29,2050	21,2395	11,2171	12,6404
Tm	ppm	3,3719	3,0541	2,4991	1,2704	1,5156
Yb	ppm	18,9715	17,5502	15,1108	7,7405	10,1925
Lu	ppm	2,2411	2,1394	2,1894	1,0059	1,4906
Hf	ppm	1,3157	1,4761	1,4369	0,8959	1,3808
Ta	ppm	0,0053	0,0083	0,0081	0,0030	0,0044
Pb	ppm	0,1003	0,0424	0,0465	0,2936	0,0539
Th	ppm	0,0480	0,0034	0,0042	0,0317	0,0032
U	ppm	0,0299	0,0288	0,0344	0,0225	0,0384
Eu/Eu*		0,0899	0,1039	0,1109	0,1145	0,1273
(Gd/Yb)N		1,7325	2,1955	2,0595	3,1296	2,7895

BDL : sous la limite de détection

1.5.6 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	2,7452	2,6846	4,6915	4,4425	4,3482
B	ppm	1,7669	1,8759	1,8814	1,5588	2,2994
Al2O3	wt%	22,4899	22,6623	23,3703	22,2363	22,7501
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	119,4727	120,7960	130,9354	136,7544	161,8323
TiO2	wt%	0,2061	0,1913	0,1708	0,1406	0,0759
V	ppm	115,1295	101,1016	118,8565	119,5046	85,7235
Cr	ppm	5,2837	2,8438	4,4872	4,7945	4,8320
Co	ppm	46,5044	43,5099	49,5235	50,6343	46,8682
Ni	ppm	0,8923	0,9842	0,5723	0,8753	0,9317
Zn	ppm	130,9300	116,2981	137,2444	136,9927	129,2183
Rb	ppm	0,0279	0,0318	0,0416	0,0515	0,0802
Sr	ppm	0,0787	0,0403	0,2921	0,0719	13,7856
Y	ppm	203,0973	231,3980	290,9085	279,8997	379,7897
Zr	ppm	97,6980	97,4200	96,1594	82,3254	42,5443
Nb	ppm	0,0094	0,0117	0,0115	0,0068	0,0056
Ba	ppm	0,0438	0,0258	0,2123	0,0257	2,3266
La	ppm	0,0064	0,0050	0,0345	0,0027	0,2040
Ce	ppm	0,2180	0,1934	0,1927	0,1252	0,4372
Pr	ppm	0,1773	0,1740	0,1109	0,0957	0,0904
Nd	ppm	4,0465	3,8300	2,4537	2,2418	1,2023
Sm	ppm	10,3597	10,6482	7,9785	7,2483	3,8735
Eu	ppm	0,7928	0,7653	0,6646	0,5354	0,3096
Gd	ppm	36,2372	39,1181	34,4054	32,3318	25,5056
Tb	ppm	7,6247	8,4806	8,2023	7,9349	8,0174
Dy	ppm	44,5612	51,4860	54,3543	53,3269	63,7822
Ho	ppm	6,9045	8,4334	10,0307	9,6430	13,6266
Er	ppm	15,0936	18,4607	25,5604	23,8976	38,7575
Tm	ppm	1,9065	2,1528	3,4076	3,1619	5,5072
Yb	ppm	12,7242	12,6537	23,4448	21,7530	38,4497
Lu	ppm	1,8783	1,7582	3,4956	3,2227	5,8876
Hf	ppm	1,3971	1,4192	1,4370	1,2506	0,6546
Ta	ppm	0,0057	0,0049	0,0076	0,0074	0,0015
Pb	ppm	0,0250	0,0151	0,1237	0,0349	0,7756
Th	ppm	0,0039	0,0018	0,1208	0,0058	0,0534
U	ppm	0,0337	0,0259	0,0341	0,0200	0,0245
Eu/Eu*		0,1243	0,1139	0,1218	0,1062	0,0946
(Gd/Yb)N		2,3539	2,5552	1,2130	1,2285	0,5483

BDL : sous la limite de détection

1.5.7 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	6,3383	3,8811	4,0127	4,9352	3,1859
B	ppm	2,6564	2,1539	1,9811	2,1490	2,2022
Al2O3	wt%	26,1192	26,8923	25,6917	25,4755	26,1795
CaO	wt%	2,0900	2,2000	2,2000	2,2000	2,2000
Sc	ppm	175,1096	182,7964	167,9539	153,6629	180,5873
TiO2	wt%	0,0555	0,0984	0,1017	0,1116	0,0945
V	ppm	99,5177	105,7182	105,4808	136,7544	109,2221
Cr	ppm	5,8588	5,5862	6,8567	5,7817	5,1354
Co	ppm	54,4611	55,7701	55,4684	54,7104	55,8732
Ni	ppm	BDL	BDL	0,9252	BDL	BDL
Zn	ppm	149,8601	154,7139	153,4524	152,4933	154,7213
Rb	ppm	0,0733	0,0768	0,1182	0,1030	0,1092
Sr	ppm	0,5162	0,0875	0,0711	0,0522	0,1542
Y	ppm	462,0206	534,5418	600,6770	623,4235	589,9870
Zr	ppm	55,9157	57,2039	55,4807	77,1359	54,4276
Nb	ppm	0,0340	0,0062	0,0054	0,0092	0,0049
Ba	ppm	0,2468	0,0248	0,0788	0,0306	0,0821
La	ppm	0,0550	0,0045	0,0037	0,0039	0,0123
Ce	ppm	0,1723	0,1138	0,1070	0,0937	0,1385
Pr	ppm	0,0480	0,0727	0,0674	0,0640	0,0766
Nd	ppm	0,8557	1,4232	1,4127	1,4917	1,4538
Sm	ppm	4,2832	4,8105	4,8303	5,5786	4,9221
Eu	ppm	0,2364	0,3254	0,3236	0,3982	0,2977
Gd	ppm	33,2040	32,7928	33,5190	35,2752	35,7233
Tb	ppm	10,1272	10,3383	10,5038	10,9161	10,8933
Dy	ppm	79,3273	84,8930	89,3843	94,0201	91,4986
Ho	ppm	17,1750	19,6094	22,4960	23,7994	22,5303
Er	ppm	48,1744	58,9591	75,5326	77,1895	74,1336
Tm	ppm	6,9278	8,8431	11,7985	12,0351	11,6238
Yb	ppm	48,4969	64,3984	89,1288	88,9649	84,7818
Lu	ppm	7,4741	10,1054	14,2637	13,9258	13,1529
Hf	ppm	0,8415	0,8213	0,8243	1,2314	0,7526
Ta	ppm	0,0032	0,0019	0,0018	0,0048	0,0028
Pb	ppm	0,1044	0,0381	0,0271	0,0391	0,0405
Th	ppm	0,0512	0,0027	0,0027	0,0043	0,0266
U	ppm	0,0401	0,0179	0,0156	0,0194	0,0126
Eu/Eu*		0,0602	0,0787	0,0772	0,0862	0,0682
(Gd/Yb)N		0,5659	0,4209	0,3108	0,3277	0,3483

BDL : sous la limite de détection

1.5.8 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	3,5633	3,7923	4,0015	4,9853	6,2971
B	ppm	1,7434	1,9861	2,0924	2,5159	2,4345
Al2O3	wt%	26,3129	25,4197	25,2302	25,6583	25,2071
CaO	wt%	2,2000	2,2000	2,2000	2,2000	2,2000
Sc	ppm	174,4634	175,5357	165,2989	152,7443	162,5576
TiO2	wt%	0,1020	0,1337	0,1040	0,1255	0,0896
V	ppm	112,6046	88,0119	100,6381	125,3506	106,5371
Cr	ppm	5,9008	5,4057	5,2726	4,3430	5,5022
Co	ppm	54,6403	53,5864	53,9715	56,5954	55,7829
Ni	ppm	BDL	0,9931	1,1124	0,9174	BDL
Zn	ppm	144,8071	152,7633	151,4598	159,9843	143,3973
Rb	ppm	0,1241	0,0721	0,1196	0,1072	0,0840
Sr	ppm	0,0787	0,0808	0,0784	0,1159	0,1432
Y	ppm	657,5302	531,8466	619,4354	579,0921	515,0088
Zr	ppm	51,4137	40,0805	50,3308	65,4827	42,3964
Nb	ppm	0,0989	0,3149	0,0994	0,0807	0,0163
Ba	ppm	0,0475	0,0691	0,0977	0,1151	0,0962
La	ppm	0,0032	0,0118	0,0086	0,0131	0,0262
Ce	ppm	0,1035	0,1424	0,1103	0,1537	0,1989
Pr	ppm	0,0662	0,0674	0,0671	0,0791	0,0608
Nd	ppm	1,4477	1,3008	1,2259	1,6266	1,2651
Sm	ppm	5,0482	4,1116	4,9899	5,8381	4,6891
Eu	ppm	0,3350	0,2981	0,2928	0,4041	0,3034
Gd	ppm	36,3743	27,1231	33,7289	34,5907	31,0124
Tb	ppm	11,6491	9,0237	10,5921	10,3853	9,4738
Dy	ppm	102,2383	80,8461	93,4203	89,7801	79,0961
Ho	ppm	24,9800	19,6957	23,5679	21,8896	19,5106
Er	ppm	78,3228	58,0537	75,2303	68,0968	62,8574
Tm	ppm	11,5574	8,1709	11,5872	10,1039	9,6261
Yb	ppm	83,1128	55,4044	81,8286	70,9704	69,5309
Lu	ppm	12,1704	7,8102	12,2234	10,2111	10,5301
Hf	ppm	0,7526	0,6317	0,6895	0,9741	0,5583
Ta	ppm	0,0114	0,0109	0,0053	0,0054	0,0022
Pb	ppm	0,0312	0,0417	0,0364	0,0510	0,0893
Th	ppm	0,0239	0,0440	0,0272	0,0574	0,0895
U	ppm	0,0166	0,0527	0,0241	0,0224	0,0320
Eu/Eu*		0,0751	0,0857	0,0685	0,0864	0,0764
(Gd/Yb)N		0,3617	0,4046	0,3407	0,4029	0,3687

BDL : sous la limite de détection

1.5.9 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	4,7937	3,7834	3,7807	2,7976	2,5238
B	ppm	2,1135	2,1496	2,0712	2,0420	1,9658
Al2O3	wt%	25,3795	25,3229	24,7568	25,8825	25,5854
CaO	wt%	2,2000	2,2000	2,2000	2,2000	2,2000
Sc	ppm	169,8472	164,9350	156,7860	168,8255	167,5896
TiO2	wt%	0,1003	0,1053	0,1108	0,1138	0,1040
V	ppm	116,8410	107,8454	115,9460	119,5598	107,1804
Cr	ppm	6,2711	6,1364	5,6248	5,6727	5,3732
Co	ppm	58,2121	55,0215	53,1819	55,7700	54,1132
Ni	ppm	1,0138	BDL	BDL	BDL	0,8245
Zn	ppm	157,8506	159,4376	143,8234	146,8736	154,7687
Rb	ppm	1,1258	0,1850	0,1322	0,0469	0,0420
Sr	ppm	74,3994	2,6472	0,7619	0,3279	0,0809
Y	ppm	526,9475	491,7260	469,6772	397,2883	382,4788
Zr	ppm	54,5133	56,9174	65,1693	63,4823	57,6245
Nb	ppm	0,0131	0,0083	0,0101	0,0076	0,0044
Ba	ppm	12,1501	2,3521	0,6621	0,2762	0,1029
La	ppm	0,0281	0,0056	0,0147	0,0053	0,0055
Ce	ppm	0,2098	0,1257	0,1883	0,1389	0,1378
Pr	ppm	0,0773	0,0769	0,0840	0,0877	0,0840
Nd	ppm	1,6644	1,4456	1,7365	1,6889	1,5310
Sm	ppm	5,0239	5,4551	5,9098	5,6547	5,0088
Eu	ppm	0,3284	0,3478	0,3807	0,3886	0,3341
Gd	ppm	34,0336	34,8980	35,5128	34,5649	34,3636
Tb	ppm	10,2080	10,2479	10,2738	10,0148	10,0406
Dy	ppm	84,9393	81,7385	80,1692	73,4683	73,5971
Ho	ppm	19,8986	18,2932	17,6650	14,2199	13,5144
Er	ppm	59,4800	52,6140	49,3231	35,4281	30,6806
Tm	ppm	9,1578	7,4187	6,8332	4,4802	3,6234
Yb	ppm	65,3509	52,6858	46,3696	29,2629	22,2537
Lu	ppm	10,2691	7,8809	6,6853	4,1010	2,9087
Hf	ppm	0,7000	0,8044	0,8902	0,9361	0,7700
Ta	ppm	0,0025	0,0019	0,0024	0,0017	0,0011
Pb	ppm	0,0855	0,0383	0,0903	0,0359	0,0152
Th	ppm	0,0641	0,0048	0,0292	0,0031	0,0030
U	ppm	0,0278	0,0203	0,0242	0,0129	0,0130
Eu/Eu*		0,0763	0,0765	0,0798	0,0844	0,0773
(Gd/Yb)N		0,4305	0,5475	0,6330	0,9763	1,2763

BDL : sous la limite de détection

1.5.10 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core
Li	ppm	3,1319	2,3411	3,1131	3,6362	2,8627
B	ppm	2,1103	2,1574	2,0138	2,0001	1,8686
Al2O3	wt%	24,7685	26,8738	26,6049	26,8300	24,5442
CaO	wt%	2,2000	2,2400	2,2400	2,2400	2,2400
Sc	ppm	136,8668	166,5762	172,2876	180,1529	131,5530
TiO2	wt%	0,1903	0,1088	0,0985	0,0932	0,1356
V	ppm	122,5787	109,1379	98,7276	87,3454	92,5699
Cr	ppm	2,7702	4,7322	5,2252	4,3104	1,7541
Co	ppm	55,2000	56,4581	57,5093	54,5329	52,5752
Ni	ppm	1,2177	BDL	1,0556	0,5911	0,5572
Zn	ppm	149,4553	151,7368	158,3293	143,1188	141,8964
Rb	ppm	0,0580	0,0678	BDL	0,0392	0,0853
Sr	ppm	0,0693	0,0412	0,0255	0,0448	0,0799
Y	ppm	278,7557	404,6204	403,8291	391,9297	284,6239
Zr	ppm	79,6389	60,5992	45,1343	44,7242	74,7137
Nb	ppm	0,4218	0,0095	0,0085	0,0090	0,0069
Ba	ppm	0,0836	0,0409	0,0643	0,1072	0,1087
La	ppm	0,0196	0,0090	0,0046	0,0111	0,0099
Ce	ppm	0,1536	0,1459	0,1213	0,1496	0,1918
Pr	ppm	0,0892	0,0870	0,0784	0,0786	0,1157
Nd	ppm	2,0259	1,5447	1,4362	1,5010	2,6829
Sm	ppm	7,3978	5,1441	4,3130	4,4715	8,7622
Eu	ppm	0,5013	0,3463	0,3182	0,3226	0,6236
Gd	ppm	37,9377	35,8894	28,1292	26,9230	38,6064
Tb	ppm	9,3501	10,4935	8,8761	8,4806	9,5164
Dy	ppm	59,6984	75,7893	71,1514	67,9866	60,8853
Ho	ppm	9,5954	14,0562	14,1451	13,6305	9,4679
Er	ppm	19,7529	31,8945	33,5052	31,6419	16,8684
Tm	ppm	2,1091	3,6879	3,8510	3,4892	1,5006
Yb	ppm	12,7132	21,7590	21,3583	19,0326	6,9662
Lu	ppm	1,5316	2,6210	2,4686	2,1278	0,6141
Hf	ppm	1,1896	0,8578	0,7147	0,6630	1,1568
Ta	ppm	0,0275	0,0010	0,0015	0,0022	0,0047
Pb	ppm	0,0291	0,0343	0,0359	0,0402	0,0734
Th	ppm	0,0448	0,0303	0,0021	0,0192	0,0305
U	ppm	0,0429	0,0130	0,0176	0,0131	0,0187
Eu/Eu*		0,0909	0,0774	0,0877	0,0893	0,1030
(Gd/Yb)N		2,4665	1,3633	1,0886	1,1692	4,5807

BDL : sous la limite de détection

1.5.11 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	3,0443	2,9809	2,8919	3,3773	3,1582
B	ppm	2,4891	1,9090	1,6927	1,7849	1,8637
Al2O3	wt%	25,4592	24,4825	25,2485	25,2811	24,0886
CaO	wt%	2,2400	2,2400	2,2400	2,2400	2,2400
Sc	ppm	126,0543	118,8696	142,4203	124,5178	118,5182
TiO2	wt%	0,1622	0,1648	0,1518	0,1887	0,1758
V	ppm	107,4958	90,4692	85,7643	80,7022	74,4260
Cr	ppm	3,0887	3,0105	2,2476	2,2061	1,7147
Co	ppm	54,7889	51,8572	51,2599	55,0325	52,3289
Ni	ppm	BDL	BDL	BDL	0,7380	0,7775
Zn	ppm	145,7723	140,7882	143,6995	153,6257	150,8026
Rb	ppm	BDL	BDL	0,0527	0,0334	BDL
Sr	ppm	0,1330	1,4600	0,0177	0,6188	0,3957
Y	ppm	323,4170	269,1317	226,7860	178,9681	157,5068
Zr	ppm	79,1062	72,6494	73,8727	72,0599	69,0924
Nb	ppm	0,0067	0,0062	0,0034	0,0141	0,0076
Ba	ppm	0,0219	0,1202	BDL	0,0886	0,0256
La	ppm	0,0114	0,0473	0,0033	0,1255	0,0126
Ce	ppm	0,1755	0,2158	0,1377	0,4950	0,2007
Pr	ppm	0,1088	0,1184	0,1110	0,1487	0,1167
Nd	ppm	2,6450	2,7957	2,6527	2,8474	2,5987
Sm	ppm	8,4447	8,1274	8,3294	8,5672	8,1534
Eu	ppm	0,6291	0,6050	0,6277	0,6988	0,6588
Gd	ppm	37,9747	34,5939	34,8811	34,3479	32,1540
Tb	ppm	9,5561	8,4817	8,2964	7,6124	7,0557
Dy	ppm	65,7980	55,8063	52,4016	43,3161	39,7562
Ho	ppm	11,1841	9,1040	7,9693	5,9691	5,1767
Er	ppm	22,6158	17,3863	13,9682	9,6966	8,2940
Tm	ppm	2,3060	1,6920	1,2009	0,7817	0,7138
Yb	ppm	10,9272	8,1028	5,4146	3,3075	2,8632
Lu	ppm	1,1343	0,7884	0,4580	0,2838	0,2521
Hf	ppm	1,2681	1,1281	1,0763	1,1112	1,0637
Ta	ppm	0,0035	0,0030	0,0039	0,0036	0,0025
Pb	ppm	0,0564	0,1326	0,0123	0,1364	0,0700
Th	ppm	0,0036	0,0039	0,0017	0,0238	0,0013
U	ppm	0,0224	0,0188	0,0107	0,0257	0,0172
Eu/Eu*		0,1067	0,1096	0,1118	0,1237	0,1236
(Gd/Yb)N		2,8725	3,5289	5,3247	8,5836	9,2822

BDL : sous la limite de détection

1.5.12 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	3,6436	3,5364	2,5940	3,3221	3,2464
B	ppm	1,8773	2,0039	1,6077	1,9807	2,2072
Al2O3	wt%	24,9442	25,1126	19,1915	26,1031	25,8112
CaO	wt%	2,2400	2,2400	2,2400	2,2400	2,2400
Sc	ppm	126,7909	130,0809	104,0567	135,3995	114,8589
TiO2	wt%	0,1879	0,1831	0,2340	0,1717	0,1656
V	ppm	79,2348	84,6945	55,2875	86,5462	87,5398
Cr	ppm	2,1639	2,4614	1,4262	2,7309	2,3552
Co	ppm	53,2988	53,2569	37,8009	53,9001	55,8255
Ni	ppm	BDL	0,9660	0,9228	BDL	0,7808
Zn	ppm	156,8508	159,2310	111,3221	155,3449	155,7330
Rb	ppm	0,0332	BDL	0,0895	BDL	BDL
Sr	ppm	0,1605	0,0845	37,1920	1,3221	0,7880
Y	ppm	200,7181	222,1459	129,5867	197,9306	181,8833
Zr	ppm	74,4909	76,2585	41,4038	73,2908	75,5046
Nb	ppm	0,0137	0,0051	0,3452	0,0563	0,0191
Ba	ppm	0,0134	0,0461	4,6076	0,4761	0,1725
La	ppm	0,0079	0,0105	0,5156	0,0251	0,0122
Ce	ppm	0,1362	0,1490	1,0766	0,2829	0,2233
Pr	ppm	0,0981	0,1122	0,1742	0,1005	0,1120
Nd	ppm	2,5061	2,7037	1,9210	2,4136	2,4486
Sm	ppm	8,1822	7,9998	5,2018	7,3961	7,3190
Eu	ppm	0,6343	0,6403	0,6488	0,5709	0,6214
Gd	ppm	34,1344	33,8571	21,8044	31,6827	31,6166
Tb	ppm	7,8895	8,0916	5,0469	7,4292	7,3989
Dy	ppm	47,2342	49,7191	30,1163	45,9408	44,3273
Ho	ppm	6,7977	7,6415	4,3224	6,8608	6,1418
Er	ppm	11,5176	14,0007	7,3672	11,7587	10,0628
Tm	ppm	0,9979	1,2511	0,6264	0,9527	0,7817
Yb	ppm	4,1932	5,3124	2,8073	4,2242	3,2518
Lu	ppm	0,3695	0,4796	0,2334	0,3643	0,2560
Hf	ppm	1,1686	1,1097	0,6839	1,1410	1,1461
Ta	ppm	0,0010	0,0013	0,0117	0,0033	0,0022
Pb	ppm	0,0416	0,0301	1,0085	0,1240	0,1021
Th	ppm	0,0042	0,0095	0,0176	0,0114	0,0032
U	ppm	0,0148	0,0182	0,0147	0,0183	0,0209
Eu/Eu*		0,1153	0,1181	0,1850	0,1133	0,1241
(Gd/Yb)N		6,7285	5,2678	6,4199	6,1994	8,0364

BDL : sous la limite de détection

1.5.13 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	2,8100	3,7228	3,4058	3,3327	3,3345
B	ppm	2,1621	1,9775	2,0730	1,8109	2,0919
Al2O3	wt%	26,7395	25,7407	24,6718	25,0916	26,2437
CaO	wt%	2,2400	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	136,6288	113,9856	96,1494	109,0941	137,2132
TiO2	wt%	0,1198	0,1631	0,1288	0,1429	0,1207
V	ppm	76,7507	94,4241	79,4761	92,9888	94,8388
Cr	ppm	2,2025	4,4505	4,4166	4,6010	5,0230
Co	ppm	58,1372	59,1433	52,4915	55,4590	57,0751
Ni	ppm	1,0217	1,6284	2,1799	BDL	BDL
Zn	ppm	168,3026	177,4336	154,8586	159,1261	162,3904
Rb	ppm	0,0661	0,1791	0,2307	0,0665	0,0472
Sr	ppm	0,3772	1,3283	0,1243	0,0422	0,0576
Y	ppm	257,8396	246,5924	404,8615	514,4139	517,3686
Zr	ppm	47,7550	78,1392	61,0391	74,4473	69,1106
Nb	ppm	0,0098	0,0024	0,0023	0,0024	0,0041
Ba	ppm	0,1940	2,2552	0,2090	0,0369	0,0549
La	ppm	0,0325	0,0743	0,0092	0,0034	0,0070
Ce	ppm	0,2670	0,3477	0,1327	0,1075	0,1351
Pr	ppm	0,0992	0,1073	0,0845	0,0844	0,0875
Nd	ppm	1,8476	2,2809	1,9898	2,0371	2,0169
Sm	ppm	5,4981	7,0576	5,5933	5,9896	5,8651
Eu	ppm	0,4291	0,5994	0,4865	0,5026	0,4422
Gd	ppm	26,6424	32,2983	28,9123	31,7302	31,1808
Tb	ppm	7,2829	8,2885	8,6937	9,8632	9,7155
Dy	ppm	51,7935	55,8195	70,9936	85,8101	84,1745
Ho	ppm	8,8889	8,5310	13,6272	18,2269	18,1504
Er	ppm	17,1870	14,1855	28,3310	42,7266	43,6631
Tm	ppm	1,6069	1,0988	2,7274	4,4927	4,7515
Yb	ppm	7,2373	4,5714	11,6005	21,5405	23,7219
Lu	ppm	0,6306	0,3116	0,9108	1,9312	2,3730
Hf	ppm	0,7760	1,1655	0,9795	1,1692	1,0101
Ta	ppm	0,0015	BDL	0,0014	0,0022	0,0017
Pb	ppm	0,0800	0,2100	0,0397	0,0469	0,0542
Th	ppm	0,0480	0,2084	0,0106	0,0020	0,0181
U	ppm	0,0237	0,0543	0,0178	0,0119	0,0119
Eu/Eu*		0,1077	0,1206	0,1162	0,1107	0,0993
(Gd/Yb)N		3,0428	5,8398	2,0600	1,2176	1,0864

BDL : sous la limite de détection

1.5.14 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	3,4124	2,9514	3,5637	3,5864	5,4044
B	ppm	2,1346	1,8381	1,8033	1,5066	2,1156
Al2O3	wt%	25,3511	25,0837	22,4387	25,1677	25,6658
CaO	wt%	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900	2,0900
Sc	ppm	136,7170	149,6370	141,6261	159,9787	167,8610
TiO2	wt%	0,1005	0,1021	0,0721	0,0882	0,1002
V	ppm	82,6712	83,1291	63,4492	75,0554	87,1724
Cr	ppm	4,3508	5,3271	3,6675	4,4908	6,1602
Co	ppm	57,1145	53,6261	47,9498	55,5021	58,2040
Ni	ppm	0,8413	BDL	0,4614	BDL	1,2056
Zn	ppm	161,8930	149,9837	138,1454	168,9001	160,1104
Rb	ppm	0,1132	0,0806	0,1155	0,0747	0,1121
Sr	ppm	0,6225	0,1506	15,2158	3,2857	1,2828
Y	ppm	526,5801	519,6073	473,5077	493,2376	533,0500
Zr	ppm	52,7324	59,2813	41,2080	57,0045	75,7622
Nb	ppm	0,0039	0,0031	0,0028	0,0017	0,0061
Ba	ppm	0,7193	0,0438	0,9414	0,3632	1,1916
La	ppm	0,0273	0,0065	0,3759	0,0945	0,0341
Ce	ppm	0,2102	0,1052	0,7696	0,3530	0,2764
Pr	ppm	0,0805	0,0693	0,1102	0,0806	0,0764
Nd	ppm	1,6799	1,4737	1,2123	1,2766	1,2663
Sm	ppm	4,9530	4,1045	2,8818	3,4623	3,6738
Eu	ppm	0,3863	0,3890	0,3333	0,3229	0,3132
Gd	ppm	27,1227	22,3151	16,7255	18,9156	20,1981
Tb	ppm	8,6410	7,5506	6,0289	6,7076	7,0736
Dy	ppm	80,4905	74,3440	63,0632	69,0791	73,7337
Ho	ppm	19,2974	19,3439	17,7198	18,0715	20,1075
Er	ppm	52,4190	57,0860	55,1772	52,7288	60,8303
Tm	ppm	6,3375	7,2090	7,4029	6,6807	7,9818
Yb	ppm	36,5173	43,0817	44,7499	37,5189	46,5372
Lu	ppm	4,0943	5,2359	5,3582	4,0339	5,4736
Hf	ppm	0,9118	1,0216	0,6811	0,9448	1,2878
Ta	ppm	0,0025	0,0015	0,0013	0,0024	0,0019
Pb	ppm	0,1662	0,0383	0,6528	0,5513	0,4407
Th	ppm	0,0481	0,0030	0,0263	0,0247	0,0542
U	ppm	0,0328	0,0108	0,0311	0,0227	0,0319
Eu/Eu*		0,1012	0,1234	0,1458	0,1212	0,1104
(Gd/Yb)N		0,6139	0,4281	0,3089	0,4167	0,3587

BDL : sous la limite de détection

1.5.15 BPA018-21a-profil continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Li	ppm	4,6806	2,7437
B	ppm	2,0287	1,8693
Al2O3	wt%	25,7249	25,9848
CaO	wt%	2,0900	2,0900
Sc	ppm	167,2381	175,3815
TiO2	wt%	0,0767	0,0779
V	ppm	68,1747	59,4938
Cr	ppm	3,9312	5,0775
Co	ppm	54,3384	54,4196
Ni	ppm	1,4886	BDL
Zn	ppm	159,3325	150,4126
Rb	ppm	0,0710	0,0404
Sr	ppm	0,1611	0,0669
Y	ppm	515,9196	435,0833
Zr	ppm	48,0188	32,7885
Nb	ppm	0,0064	0,0024
Ba	ppm	0,0531	0,0591
La	ppm	0,0135	0,0045
Ce	ppm	0,1358	0,1131
Pr	ppm	0,0668	0,0678
Nd	ppm	1,3656	1,2197
Sm	ppm	4,0191	3,2625
Eu	ppm	0,2770	0,2529
Gd	ppm	21,4156	17,4714
Tb	ppm	7,3021	6,1250
Dy	ppm	71,9910	60,1437
Ho	ppm	18,9133	15,4063
Er	ppm	53,5829	44,7882
Tm	ppm	6,4281	5,7652
Yb	ppm	35,3974	32,3888
Lu	ppm	3,5475	3,5932
Hf	ppm	0,8221	0,5929
Ta	ppm	0,0009	BDL
Pb	ppm	0,1771	0,0717
Th	ppm	0,0300	0,0031
U	ppm	0,0219	0,0111
Eu/Eu*		0,0907	0,1017
(Gd/Yb)N		0,5001	0,4459

BDL : sous la limite de détection

1.6 BPA003-21a-profil

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Li	ppm	7,0463	7,1679	6,2622	8,1305	29,7841
B	ppm	1,5086	1,5901	1,1547	1,3460	2,1681
Al2O3	wt%	19,2487	19,4412	14,1134	18,1921	22,3997
CaO	wt%	2,0200	2,0200	2,0200	2,9400	2,9400
Sc	ppm	108,2452	93,2316	61,8443	85,3426	100,3267
TiO2	wt%	0,0856	0,1137	0,0893	0,0977	0,1588
V	ppm	53,0470	50,7186	41,2019	58,3562	76,1569
Cr	ppm	24,7537	17,9168	13,5433	21,3082	34,4283
Co	ppm	19,8864	23,5930	17,0011	22,6919	28,2121
Ni	ppm	1,2949	0,7323	0,8334	0,7499	14,5124
Zn	ppm	78,8994	101,1213	74,6522	97,5696	129,6641
Rb	ppm	0,0637	0,0811	0,1175	0,2043	41,4829
Sr	ppm	0,0488	0,0110	0,0555	0,2253	0,8571
Y	ppm	193,2229	384,2576	772,4006	1088,9646	1204,9209
Zr	ppm	34,6581	48,8685	24,2857	21,1420	15,5442
Nb	ppm	0,0057	0,0087	0,0071	0,0064	2,1589
Ba	ppm	0,1456	BDL	0,0207	0,4388	57,0390
La	ppm	0,0168	0,0029	0,0261	0,1228	0,2006
Ce	ppm	0,0767	0,0830	0,1927	0,8005	0,4786
Pr	ppm	0,0665	0,0942	0,1330	0,2734	0,1342
Nd	ppm	1,9132	2,9967	3,4448	5,0802	2,4311
Sm	ppm	7,8972	12,0985	11,8187	13,5060	9,4909
Eu	ppm	0,8864	1,1825	1,1076	1,3463	1,0521
Gd	ppm	35,5385	51,8591	51,2445	59,2233	52,2067
Tb	ppm	7,9581	12,8196	14,2260	17,0885	16,2375
Dy	ppm	45,6449	80,9618	120,0080	154,3932	157,4365
Ho	ppm	6,5759	12,7623	29,8571	42,6271	47,1081
Er	ppm	12,2852	24,0988	95,1709	148,1524	182,4247
Tm	ppm	1,2774	2,2301	13,9930	23,4676	31,8216
Yb	ppm	6,5873	10,0763	95,6164	170,0343	252,2627
Lu	ppm	0,6467	0,9364	13,3329	25,5442	42,5605
Hf	ppm	0,5867	0,7842	0,3673	0,3193	0,2781
Ta	ppm	0,0016	0,0063	0,0050	0,0066	0,1316
Pb	ppm	0,1629	0,0158	0,0268	0,0913	1,7490
Th	ppm	0,0892	0,0019	0,0023	0,0098	0,7179
U	ppm	0,0059	0,0143	0,0109	0,0196	0,0197
Eu/Eu*		0,1607	0,1434	0,1367	0,1446	0,1435
(Gd/Yb)N		4,4592	4,2540	0,4430	0,2879	0,1711

BDL : sous la limite de détection

1.6.1 BPA003-21a-profil continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core
Li	ppm	24,0532	29,4817	35,3013	16,1754	13,9984
B	ppm	2,5597	4,0595	6,0471	2,9488	2,6689
Al2O3	wt%	23,5565	44,3633	65,7765	35,6065	30,5358
CaO	wt%	2,9400	5,3600	5,3600	5,3600	5,3600
Sc	ppm	119,5271	211,7425	385,1809	151,1149	101,9015
TiO2	wt%	0,0721	0,1128	0,1011	0,1109	0,0971
V	ppm	71,8034	115,2873	196,7179	83,5661	32,9103
Cr	ppm	28,6078	46,7298	107,7874	16,9487	7,3081
Co	ppm	26,7279	43,5568	71,1763	40,2551	34,6959
Ni	ppm	20,5728	12,6960	9,0913	2,7825	8,3201
Zn	ppm	117,0139	172,2450	275,0910	189,9771	177,9946
Rb	ppm	7,6649	6,7797	4,1754	1,8856	1,2290
Sr	ppm	2,5037	1,2628	1,0815	0,3647	0,4172
Y	ppm	1028,8666	1754,7296	1422,6092	1697,1843	978,7732
Zr	ppm	15,0994	33,0224	39,5259	41,3675	21,9976
Nb	ppm	0,5429	0,2595	0,2221	0,1287	0,0616
Ba	ppm	13,1491	25,8992	6,5381	1,9450	2,7187
La	ppm	11,4975	4,1843	3,8901	2,0892	0,3569
Ce	ppm	70,1099	28,9854	31,9861	14,8882	2,0229
Pr	ppm	4,5674	1,9520	1,8863	1,2851	0,3883
Nd	ppm	15,4488	8,4452	7,7485	9,8410	6,4597
Sm	ppm	8,7863	16,2714	12,3989	22,2967	24,3348
Eu	ppm	1,0208	1,7961	1,2827	2,9365	2,7711
Gd	ppm	41,7826	104,3484	70,2537	100,7835	135,5426
Tb	ppm	13,9432	33,3193	23,1213	29,8364	35,1069
Dy	ppm	139,3615	287,2738	207,4127	261,1267	217,7673
Ho	ppm	42,3874	69,0134	54,0957	64,1897	33,0808
Er	ppm	165,7399	209,0294	177,7035	198,7728	67,5369
Tm	ppm	28,8571	29,6895	26,9998	29,0581	7,6063
Yb	ppm	227,3198	200,6978	189,4572	200,3820	42,8649
Lu	ppm	37,9736	29,2836	26,9563	28,6959	4,9673
Hf	ppm	0,3087	0,6340	0,7303	0,6606	0,3619
Ta	ppm	0,0249	0,0149	0,0105	0,0106	0,0051
Pb	ppm	2,9634	2,3560	1,2092	0,3108	1,2576
Th	ppm	0,4637	0,6158	0,4278	0,0292	0,2372
U	ppm	0,6138	0,2485	0,3802	0,1782	0,0273
Eu/Eu*		0,1618	0,1324	0,1320	0,1881	0,1465
(Gd/Yb)N		0,1519	0,4297	0,3065	0,4157	2,6136

BDL : sous la limite de détection

1.6.2 BPA003-21a-profil continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core
Li	ppm	11,9732	11,0863	17,8763	9,4866	15,2339
B	ppm	4,3014	3,3241	14,1809	3,1068	4,0179
Al2O3	wt%	32,4684	32,1542	29,8094	31,4065	30,8334
CaO	wt%	5,3600	5,3600	5,3600	5,3600	5,3600
Sc	ppm	99,5277	107,8850	128,0451	135,5291	161,3207
TiO2	wt%	0,0653	0,0572	0,0304	0,0572	0,0934
V	ppm	30,9265	27,7827	26,4238	26,0890	46,1875
Cr	ppm	13,1477	18,8695	22,9628	15,6067	13,8773
Co	ppm	34,9336	32,9666	35,6920	31,1663	29,3767
Ni	ppm	1,9595	2,7055	BDL	2,9210	2,0977
Zn	ppm	180,5409	187,5018	187,5084	193,2024	180,0499
Rb	ppm	0,6867	0,3088	1,2899	0,2275	0,4608
Sr	ppm	1,1113	0,2562	4,7883	0,1429	0,4667
Y	ppm	1189,5129	1280,0097	1388,7298	1158,7476	1425,6619
Zr	ppm	23,2863	28,2654	56,7605	19,0032	32,8591
Nb	ppm	0,0384	0,0219	0,0331	0,0165	0,0218
Ba	ppm	1,5147	0,5988	5,4777	0,5422	1,0696
La	ppm	0,7989	0,1679	0,4773	0,1893	0,2068
Ce	ppm	4,2131	0,8173	2,0031	1,1839	1,4148
Pr	ppm	0,8239	0,2579	0,2059	0,2823	0,2455
Nd	ppm	7,9382	4,4638	2,0974	5,4525	4,7747
Sm	ppm	26,2148	22,9393	12,0367	23,6786	23,2433
Eu	ppm	2,4582	2,2041	1,4456	2,4790	2,7283
Gd	ppm	160,8186	158,7086	119,2053	143,8931	119,3797
Tb	ppm	41,1013	42,8853	36,5021	38,9301	32,7899
Dy	ppm	257,2128	275,6953	254,1596	247,9505	246,1476
Ho	ppm	41,6467	44,7834	45,6992	39,3093	52,4770
Er	ppm	91,3928	99,0673	108,9619	80,4626	151,7754
Tm	ppm	10,6709	11,7955	13,5280	9,0320	21,1540
Yb	ppm	63,8979	69,4024	82,9081	49,4831	144,8625
Lu	ppm	8,3280	9,0067	11,5458	5,6203	20,9697
Hf	ppm	0,4040	0,5392	1,1752	0,2958	0,5274
Ta	ppm	0,0068	0,0069	0,0345	0,0062	0,0100
Pb	ppm	1,2047	1,2373	2,1977	0,3653	0,6136
Th	ppm	0,1231	0,1593	0,2373	0,4289	0,0790
U	ppm	0,0789	0,0332	0,0362	0,0200	0,0278
Eu/Eu*		0,1150	0,1109	0,1159	0,1290	0,1573
(Gd/Yb)N		2,0803	1,8901	1,1884	2,4035	0,6812

BDL : sous la limite de détection

1.6.3 BPA003-21a-profil continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Li	ppm	7,2936	7,2790	7,5765	7,1247	4,7891
B	ppm	1,4016	1,0166	1,2007	1,3022	0,6755
Al2O3	wt%	15,0419	14,7473	15,1003	16,0594	9,4943
CaO	wt%	2,3900	2,3900	2,3900	2,3900	2,3900
Sc	ppm	67,6256	61,6918	54,8713	62,5058	40,9630
TiO2	wt%	0,0706	0,0474	0,0300	0,0287	0,0383
V	ppm	33,6870	34,0574	27,6199	30,4234	25,6171
Cr	ppm	5,5403	13,9597	13,8713	19,1607	9,2721
Co	ppm	14,2499	14,2042	14,4867	16,6501	9,7666
Ni	ppm	0,6172	1,0173	2,4849	0,9799	1,1281
Zn	ppm	90,8299	98,4779	104,1472	114,2240	65,8880
Rb	ppm	0,1803	0,1441	0,1399	0,1502	0,1284
Sr	ppm	0,1385	0,8877	1,1866	0,1094	3,5373
Y	ppm	969,5248	769,3095	708,5548	690,7143	627,3702
Zr	ppm	29,8851	16,8439	7,9155	7,1426	9,3356
Nb	ppm	0,0084	0,0056	0,0030	0,0019	0,0022
Ba	ppm	0,0782	0,1414	0,3680	0,0660	0,1311
La	ppm	0,0865	1,8031	3,6731	0,0465	1,0101
Ce	ppm	0,5496	7,3491	13,5243	0,6098	6,9199
Pr	ppm	0,1378	1,3877	2,2807	0,1281	1,7342
Nd	ppm	2,9073	10,6069	14,6603	2,2859	14,0186
Sm	ppm	10,2090	13,4515	13,4591	7,9707	10,1146
Eu	ppm	1,3595	1,1660	1,1121	0,8168	0,8322
Gd	ppm	49,9874	53,6185	50,7849	41,5072	31,4272
Tb	ppm	15,2396	15,0669	13,7970	12,2448	8,8897
Dy	ppm	139,6525	124,6907	111,1042	106,4714	85,1658
Ho	ppm	36,4086	29,1014	26,9404	28,6846	25,0841
Er	ppm	120,6279	91,2283	89,4028	103,5596	95,5362
Tm	ppm	18,5232	13,4889	14,0148	16,7168	16,0833
Yb	ppm	134,0529	94,6719	102,8729	126,4043	124,4166
Lu	ppm	20,8143	13,9504	15,9775	20,6910	19,8718
Hf	ppm	0,4488	0,2636	0,1326	0,1199	0,1464
Ta	ppm	0,0053	0,0044	0,0015	0,0023	0,0022
Pb	ppm	0,0644	0,2230	0,4630	0,0746	0,3384
Th	ppm	0,0100	0,0277	0,1902	0,0078	0,2177
U	ppm	0,0128	0,0384	0,0559	0,0158	0,1053
Eu/Eu*		0,1828	0,1318	0,1292	0,1364	0,1417
(Gd/Yb)N		0,3082	0,4681	0,4080	0,2714	0,2088

BDL : sous la limite de détection

1.6.4 BPA003-21a-profil continu

Sample		BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Li	ppm	8,8734	8,5055	9,2716	10,8541
B	ppm	1,1359	1,3267	2,5363	2,6150
Al2O3	wt%	16,6368	13,7829	23,8208	25,0922
CaO	wt%	2,7000	2,7000	2,7000	2,7000
Sc	ppm	76,2273	71,3723	125,4507	122,1006
TiO2	wt%	0,0659	0,0521	0,1676	0,1178
V	ppm	50,3269	45,0783	68,1118	78,3839
Cr	ppm	22,1609	19,1792	13,5280	30,2733
Co	ppm	18,5639	15,2379	29,6201	29,3760
Ni	ppm	1,1531	7,3300	3,6102	8,3232
Zn	ppm	117,7240	91,4079	149,8083	129,6955
Rb	ppm	0,1992	0,4563	0,1585	0,4859
Sr	ppm	0,2266	3,8263	0,4938	0,4509
Y	ppm	979,6132	751,1972	485,1720	344,8623
Zr	ppm	14,0814	18,5973	67,8396	36,9917
Nb	ppm	0,0026	0,0134	0,1470	0,0181
Ba	ppm	0,2052	1,7645	0,4566	1,9862
La	ppm	0,0312	1,0903	0,3326	0,1519
Ce	ppm	0,4836	7,7991	1,6251	1,0155
Pr	ppm	0,1443	1,9739	0,2789	0,1857
Nd	ppm	2,7956	16,0682	3,8120	3,2911
Sm	ppm	9,3341	12,6413	14,2569	11,5547
Eu	ppm	1,0026	1,0448	1,5149	1,2636
Gd	ppm	46,2588	45,1652	63,4539	50,8815
Tb	ppm	13,9348	12,3936	15,6949	12,2149
Dy	ppm	133,7889	110,7996	100,1455	75,9830
Ho	ppm	39,6914	29,4337	15,5792	11,2348
Er	ppm	151,7863	100,2514	31,1013	20,3650
Tm	ppm	25,8666	15,5358	3,0910	1,8528
Yb	ppm	203,3938	110,7896	16,9236	9,7042
Lu	ppm	33,8112	16,4148	1,6243	0,9847
Hf	ppm	0,2397	0,2968	1,0028	0,5769
Ta	ppm	0,0032	0,0033	0,0116	0,0034
Pb	ppm	0,3847	1,7025	0,5234	1,8499
Th	ppm	0,0161	0,3538	0,1148	0,4236
U	ppm	0,0177	0,1008	0,0877	0,0353
Eu/Eu*		0,1465	0,1328	0,1530	0,1583
(Gd/Yb)N		0,1880	0,3370	3,0991	4,3338

BDL : sous la limite de détection

2 Elements majeurs grenats

2.1 BPA006-21b1-profil

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	39,4029	39,2439	39,3573	39,3755	39,4785	39,0478
TiO2	0,0565	0,0642	0,0664	0,0676	0,0647	0,0773
Cr2O3	BDL	0,0069	BDL	BDL	0,0023	0,0114
Al2O3	21,7651	21,8552	22,0116	21,9517	21,7208	21,7071
FeO	29,9736	30,0887	30,4709	31,0560	30,3691	30,4442
MnO	0,5433	0,5964	0,5256	0,4569	0,4759	0,4403
NiO	0,0170	0,0738	BDL	BDL	0,1222	BDL
MgO	9,0996	9,0037	8,8930	8,6572	8,6734	8,6806
CaO	1,9685	2,0355	2,0515	1,7672	1,9466	1,8460
Na2O	0,0073	BDL	0,0062	BDL	BDL	0,0398
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,8338	102,9683	103,3825	103,3321	102,8535	102,2945
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9648	2,9511	2,9497	2,9591	2,9784	2,9603
Ti	0,0032	0,0036	0,0037	0,0038	0,0037	0,0044
Cr	BDL	0,0004	BDL	BDL	0,0001	0,0007
Al	1,9304	1,9372	1,9446	1,9445	1,9316	1,9398
Fe3+	0,1348	0,1528	0,1494	0,1297	0,1042	0,1360
Fe2+	1,7510	1,7392	1,7602	1,8219	1,8116	1,7939
Mn	0,0346	0,0380	0,0334	0,0291	0,0304	0,0283
Ni	0,0010	0,0045	BDL	BDL	0,0074	BDL
Mg	1,0205	1,0091	0,9934	0,9697	0,9753	0,9809
Ca	0,1587	0,1640	0,1647	0,1423	0,1573	0,1499
Na	0,0011	BDL	0,0009	BDL	BDL	0,0058
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0352	0,0489	0,0503	0,0409	0,0216	0,0397
AlVI	1,8951	1,8884	1,8943	1,9036	1,9099	1,9001
Grs	0,0512	0,0556	0,0558	0,0480	0,0529	0,0508
Sps	0,0112	0,0129	0,0113	0,0098	0,0102	0,0096
Pyr	0,3292	0,3478	0,3422	0,3319	0,3373	0,3370
Alm	0,6084	0,6097	0,6158	0,6310	0,6223	0,6248
Mg#	0,3511	0,3478	0,3422	0,3319	0,3373	0,3370

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.1 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	39,3583	39,2783	39,4418	39,1052	39,1922	38,8609
TiO2	0,1101	0,0618	0,0618	0,0716	0,0604	0,0281
Cr2O3	0,0091	BDL	BDL	BDL	0,0408	BDL
Al2O3	21,7636	21,7394	21,9833	21,7818	21,6007	21,6576
FeO	31,1304	31,6279	32,1306	31,2880	31,5054	31,4588
MnO	0,4988	0,5405	0,4265	0,4223	0,4202	0,4182
NiO	BDL	0,0058	BDL	0,0403	BDL	0,0093
MgO	8,5620	8,4196	8,3378	8,2437	8,2330	8,1836
CaO	1,7407	1,8304	1,8325	1,8628	1,8642	1,7813
Na2O	0,0358	0,0116	BDL	BDL	BDL	0,0145
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	103,2088	103,5153	104,2143	102,8157	102,9169	102,4123
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9634	2,9535	2,9484	2,9606	2,9663	2,9549
Ti	0,0062	0,0035	0,0035	0,0041	0,0034	0,0016
Cr	0,0005	BDL	BDL	BDL	0,0024	BDL
Al	1,9315	1,9268	1,9370	1,9438	1,9271	1,9411
Fe3+	0,1338	0,1609	0,1593	0,1269	0,1310	0,1480
Fe2+	1,8262	1,8278	1,8491	1,8538	1,8629	1,8522
Mn	0,0318	0,0344	0,0270	0,0271	0,0269	0,0269
Ni	BDL	0,0004	BDL	0,0025	BDL	0,0006
Mg	0,9608	0,9436	0,9290	0,9302	0,9287	0,9274
Ca	0,1404	0,1475	0,1468	0,1511	0,1512	0,1451
Na	0,0052	0,0017	BDL	BDL	BDL	0,0021
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0366	0,0465	0,0516	0,0394	0,0337	0,0451
AlVI	1,8950	1,8803	1,8854	1,9044	1,8934	1,8960
Grs	0,0474	0,0499	0,0497	0,0510	0,0509	0,0492
Sps	0,0107	0,0117	0,0091	0,0091	0,0091	0,0091
Pyr	0,3290	0,3218	0,3163	0,3196	0,3178	0,3168
Alm	0,6337	0,6386	0,6456	0,6412	0,6430	0,6453
Mg#	0,3290	0,3218	0,3163	0,3196	0,3178	0,3168

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.2 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	38,7095	39,2078	38,9270	38,5842	38,7254	38,4752
TiO2	0,0540	0,0829	0,0674	0,0477	0,1115	0,0618
Cr2O3	0,0045	BDL	0,0068	0,0181	0,0045	0,0340
Al2O3	21,5727	21,6235	21,7877	21,3056	21,5841	21,5255
FeO	30,6925	30,9034	31,0118	31,2118	32,1243	31,4489
MnO	0,4022	0,3711	0,4342	0,4690	0,5461	0,5586
NiO	BDL	BDL	BDL	0,0489	0,0048	BDL
MgO	8,2118	8,2163	8,0654	8,2849	8,0601	7,8259
CaO	1,8539	1,8488	1,9803	1,9419	2,0267	2,0165
Na2O	0,0075	0,0252	0,0120	0,0229	0,0161	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,5086	102,2790	102,2926	101,9350	103,2036	101,9464
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9655	2,9819	2,9622	2,9466	2,9282	2,9450
Ti	0,0031	0,0047	0,0039	0,0027	0,0063	0,0036
Cr	0,0003	BDL	0,0004	0,0011	0,0003	0,0021
Al	1,9480	1,9385	1,9543	1,9179	1,9238	1,9421
Fe3+	0,1157	0,0920	0,1150	0,1858	0,2091	0,1587
Fe2+	1,8505	1,8733	1,8583	1,8073	1,8220	1,8542
Mn	0,0261	0,0239	0,0280	0,0303	0,0350	0,0362
Ni	BDL	BDL	BDL	0,0030	0,0003	BDL
Mg	0,9376	0,9313	0,9148	0,9430	0,9084	0,8928
Ca	0,1522	0,1506	0,1614	0,1589	0,1642	0,1654
Na	0,0011	0,0037	0,0018	0,0034	0,0024	BDL
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0345	0,0181	0,0378	0,0534	0,0718	0,0550
AlVI	1,9135	1,9204	1,9165	1,8644	1,8520	1,8871
Grs	0,0513	0,0506	0,0545	0,0540	0,0560	0,0561
Sps	0,0088	0,0080	0,0094	0,0103	0,0119	0,0123
Pyr	0,3229	0,3215	0,3167	0,3212	0,3090	0,3073
Alm	0,6379	0,6399	0,6412	0,6377	0,6471	0,6478
Mg#	0,3229	0,3215	0,3167	0,3212	0,3090	0,3073

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.3 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	39,0348	38,5350	38,7841	38,7668	38,8638	38,8378
TiO2	0,0905	0,0890	0,0583	0,0703	0,0260	0,0534
Cr2O3	0,0430	0,0497	0,0295	BDL	BDL	BDL
Al2O3	21,7519	21,8725	21,5747	21,7048	21,6055	21,7192
FeO	33,2096	33,6843	31,6997	32,2464	32,1585	32,3793
MnO	0,5685	0,4853	0,5789	0,6108	0,5610	0,6127
NiO	0,0064	0,0042	BDL	BDL	BDL	0,0458
MgO	7,8448	7,6138	7,5966	7,5090	7,7980	7,7023
CaO	1,8082	1,8533	1,8908	1,8680	1,8620	1,8574
Na2O	0,0284	BDL	0,0265	BDL	0,0013	0,0246
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	104,3861	104,1871	102,2391	102,7761	102,8761	103,2325
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,926	2,8991	2,9641	2,9515	2,9516	2,9415
Ti	0,0051	0,0050	0,0034	0,0040	0,0015	0,0030
Cr	0,0025	0,0030	0,0018	BDL	BDL	BDL
Al	1,9221	1,9396	1,9435	1,9478	1,9342	1,9390
Fe3+	0,2169	0,2492	0,1238	0,1412	0,1598	0,1756
Fe2+	1,8649	1,8698	1,9020	1,9117	1,8824	1,8750
Mn	0,0361	0,0309	0,0375	0,0394	0,0361	0,0393
Ni	0,0004	0,0003	BDL	BDL	BDL	0,0028
Mg	0,8765	0,8537	0,8653	0,8521	0,8827	0,8695
Ca	0,1452	0,1494	0,1548	0,1524	0,1515	0,1507
Na	0,0041	BDL	0,0039	BDL	0,0002	0,0036
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0738	0,1009	0,0359	0,0485	0,0484	0,0585
AlVI	1,8483	1,8387	1,9076	1,8993	1,8858	1,8805
Grs	0,0497	0,0514	0,0523	0,0516	0,0513	0,0514
Sps	0,0123	0,0106	0,0127	0,0133	0,0122	0,0134
Pyr	0,2963	0,2872	0,2993	0,2933	0,3018	0,2978
Alm	0,6631	0,6721	0,6570	0,6629	0,6561	0,6593
Mg#	0,2963	0,2872	0,2993	0,2933	0,3018	0,2978

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.4 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	39,2873	38,8931	38,7723	39,0176	38,7290	38,4923
TiO2	0,0731	0,0625	0,0879	0,0429	0,0591	0,0829
Cr2O3	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0318	BDL
Al2O3	21,3895	21,9963	21,6301	21,6895	21,8557	21,8273
FeO	32,5904	32,9258	32,2037	32,6848	32,2566	32,3551
MnO	0,4863	0,6481	0,6089	0,5676	0,5855	0,5831
NiO	BDL	BDL	BDL	0,0135	BDL	0,0683
MgO	7,6249	7,6252	7,7571	7,5596	7,5585	7,6781
CaO	1,7640	1,8405	1,9453	1,9187	1,8330	1,9573
Na2O	BDL	BDL	0,0320	BDL	0,0094	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	103,2155	103,9915	103,0373	103,4942	102,9186	103,0444
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9799	2,9274	2,9405	2,9514	2,9430	2,9209
Ti	0,0042	0,0035	0,0050	0,0024	0,0034	0,0047
Cr	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0019	BDL
Al	1,9123	1,9516	1,9336	1,9339	1,9577	1,9523
Fe3+	0,1195	0,1865	0,1801	0,1585	0,1490	0,1965
Fe2+	1,9475	1,8858	1,8621	1,9089	1,9007	1,8564
Mn	0,0312	0,0413	0,0391	0,0364	0,0377	0,0375
Ni	BDL	BDL	BDL	0,0008	BDL	0,0042
Mg	0,8620	0,8554	0,8768	0,8523	0,8561	0,8684
Ca	0,1433	0,1484	0,1581	0,1555	0,1492	0,1591
Na	BDL	BDL	0,0047	BDL	0,0014	BDL
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0201	0,0726	0,0595	0,0486	0,0570	0,0791
AlVI	1,8922	1,8790	1,8741	1,8853	1,9007	1,8732
Grs	0,0480	0,0506	0,0538	0,0527	0,0507	0,0545
Sps	0,0105	0,0141	0,0133	0,0123	0,0128	0,0128
Pyr	0,2943	0,2922	0,3004	0,2919	0,2946	0,2973
Alm	0,6660	0,6647	0,6554	0,6644	0,6628	0,6584
Mg#	0,2943	0,2922	0,3004	0,2919	0,2946	0,2973

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.5 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	38,5885	38,5409	39,1399	38,9002	38,6849	38,6864
TiO2	0,0850	0,0744	0,0302	0,0889	0,0643	0,0427
Cr2O3	0,0204	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Al2O3	21,5967	21,6965	21,8989	21,3128	21,2565	21,6052
FeO	31,9510	33,3755	32,0313	32,3620	32,8712	32,1757
MnO	0,6122	0,5806	0,5797	0,5494	0,6197	0,5906
NiO	BDL	0,0509	0,0659	BDL	0,1174	0,0540
MgO	7,4666	7,3604	7,9847	8,0772	7,4617	7,3874
CaO	1,9096	1,9091	1,8317	1,8306	1,7913	1,8582
Na2O	0,0009	0,0186	BDL	0,0517	0,0488	0,0462
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,2309	103,6069	103,5623	103,1728	102,9158	102,4464
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9531	2,9180	2,9493	2,9438	2,9466	2,9553
Ti	0,0049	0,0042	0,0017	0,0051	0,0037	0,0025
Cr	0,0012	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Al	1,9482	1,9363	1,9451	1,9011	1,9085	1,9454
Fe3+	0,1348	0,2220	0,1529	0,2088	0,1982	0,1459
Fe2+	1,9098	1,8910	1,8654	1,8390	1,8954	1,9093
Mn	0,0397	0,0372	0,0370	0,0352	0,0400	0,0382
Ni	BDL	0,0031	0,0040	BDL	0,0072	0,0033
Mg	0,8516	0,8306	0,8968	0,9110	0,8471	0,8411
Ca	0,1566	0,1549	0,1479	0,1484	0,1462	0,1521
Na	0,0001	0,0027	BDL	0,0076	0,0072	0,0068
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0469	0,0820	0,0507	0,0562	0,0534	0,0447
AlVI	1,9013	1,8543	1,8944	1,8449	1,8551	1,9007
Grs	0,0529	0,0531	0,0502	0,0506	0,0499	0,0517
Sps	0,0134	0,0128	0,0126	0,0120	0,0137	0,0130
Pyr	0,2941	0,2822	0,3076	0,3079	0,2881	0,2904
Alm	0,6611	0,6739	0,6511	0,6517	0,6696	0,6659
Mg#	0,2941	0,2822	0,3076	0,3079	0,2881	0,2904

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.6 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	38,7006	38,4333	38,9738	39,1330	38,5415	39,0399
TiO2	0,0399	0,0996	0,0414	0,1234	0,0587	0,0699
Cr2O3	BDL	BDL	0,0340	BDL	BDL	BDL
Al2O3	21,5555	21,7085	21,4449	21,6945	21,4161	21,5506
FeO	31,9660	31,8971	31,5369	32,2562	32,4886	32,8898
MnO	0,5868	0,5264	0,5399	0,4870	0,5290	0,4995
NiO	BDL	BDL	0,0233	0,0150	BDL	BDL
MgO	7,4194	8,0450	7,9341	7,8937	7,8079	7,9794
CaO	1,8823	2,0068	2,0674	1,9542	1,9545	1,8561
Na2O	0,0181	BDL	BDL	0,0145	BDL	0,0064
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,1686	102,7167	102,5957	103,5715	102,7963	103,8916
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9634	2,9184	2,9639	2,9512	2,9316	2,9377
Ti	0,0023	0,0057	0,0024	0,0070	0,0034	0,0040
Cr	BDL	BDL	0,0020	BDL	BDL	BDL
Al	1,9456	1,9430	1,9223	1,9285	1,9201	1,9115
Fe3+	0,1256	0,2088	0,1431	0,1573	0,2099	0,2061
Fe2+	1,9211	1,8165	1,8623	1,8768	1,8564	1,8634
Mn	0,0381	0,0339	0,0348	0,0311	0,0341	0,0318
Ni	BDL	BDL	0,0014	0,0009	BDL	BDL
Mg	0,8468	0,9105	0,8993	0,8873	0,8852	0,8949
Ca	0,1544	0,1633	0,1684	0,1579	0,1593	0,1496
Na	0,0027	BDL	BDL	0,0021	BDL	0,0009
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0366	0,0816	0,0361	0,0488	0,0684	0,0623
AlVI	1,9090	1,8614	1,8862	1,8797	1,8517	1,8492
Grs	0,0522	0,0558	0,0568	0,0535	0,0543	0,0509
Sps	0,0129	0,0116	0,0117	0,0105	0,0116	0,0108
Pyr	0,2926	0,3101	0,3096	0,3037	0,2999	0,3019
Alm	0,6632	0,6465	0,6453	0,6540	0,6571	0,6578
Mg#	0,2926	0,3101	0,3096	0,3037	0,2999	0,3019

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.7 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	38,6937	39,1073	38,8239	38,9587	38,9460	39,0888
TiO2	0,0705	0,0867	0,0593	0,0174	0,0684	0,0649
Cr2O3	BDL	0,0451	0,0180	BDL	0,0045	BDL
Al2O3	21,4811	21,7437	21,6657	21,8661	21,6041	21,8767
FeO	31,8352	31,9314	31,5272	32,2978	31,2636	31,8488
MnO	0,5513	0,5068	0,5044	0,4611	0,4966	0,5436
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0038	BDL
MgO	8,1335	8,1586	8,0713	8,3464	7,9972	8,2901
CaO	1,9360	2,0008	1,8191	1,8962	1,8572	1,8543
Na2O	0,0109	0,0012	BDL	0,0150	0,0376	0,0045
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,7122	103,5816	102,4889	103,8587	102,2790	103,5717
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9377	2,9439	2,9527	2,9225	2,9669	2,9399
Ti	0,0040	0,0049	0,0034	0,0010	0,0039	0,0037
Cr	BDL	0,0027	0,0011	BDL	0,0003	BDL
Al	1,9224	1,9294	1,9423	1,9335	1,9400	1,9394
Fe3+	0,1958	0,1705	0,1445	0,2217	0,1237	0,1741
Fe2+	1,8252	1,8394	1,8605	1,8043	1,8679	1,8289
Mn	0,0354	0,0323	0,0325	0,0293	0,0320	0,0346
Ni	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0002	BDL
Mg	0,9204	0,9154	0,9149	0,9332	0,9080	0,9293
Ca	0,1575	0,1614	0,1482	0,1524	0,1516	0,1494
Na	0,0016	0,0002	BDL	0,0022	0,0056	0,0007
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0623	0,0561	0,0473	0,0775	0,0331	0,0601
AlVI	1,8600	1,8732	1,8949	1,8560	1,9069	1,8794
Grs	0,0536	0,0547	0,0501	0,0522	0,0512	0,0508
Sps	0,0121	0,0110	0,0110	0,0100	0,0108	0,0118
Pyr	0,3129	0,3129	0,3133	0,3154	0,3132	0,3169
Alm	0,6448	0,6444	0,6466	0,6450	0,6459	0,6427
Mg#	0,3129	0,3129	0,3133	0,3154	0,3132	0,3169

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.8 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt core	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	39,2231	39,0627	39,1732	38,8812	38,9497	38,9356
TiO2	0,0699	0,0937	0,0273	0,0686	0,0805	0,0645
Cr2O3	0,0361	0,0316	BDL	BDL	BDL	0,0339
Al2O3	21,8497	21,7614	21,6931	21,6027	21,8578	21,9227
FeO	31,3619	31,3496	31,6753	31,5769	32,0883	31,4595
MnO	0,5404	0,5188	0,4484	0,4936	0,4228	0,4233
NiO	BDL	BDL	0,0488	BDL	BDL	BDL
MgO	8,2432	8,1972	8,1847	8,2379	8,4130	8,3159
CaO	1,8799	1,9039	1,9493	1,9337	2,0117	1,8907
Na2O	0,0334	0,0598	BDL	0,0150	BDL	0,0264
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	103,2376	102,9787	103,2001	102,8096	103,8238	103,0725
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9573	2,9527	2,9577	2,9456	2,9214	2,9389
Ti	0,0040	0,0053	0,0015	0,0039	0,0045	0,0037
Cr	0,0022	0,0019	BDL	BDL	BDL	0,0020
Al	1,9418	1,9389	1,9306	1,9291	1,9325	1,9505
Fe3+	0,1384	0,1519	0,1509	0,1740	0,2156	0,1663
Fe2+	1,8388	1,8296	1,8489	1,8263	1,7970	1,8193
Mn	0,0345	0,0332	0,0287	0,0317	0,0269	0,0271
Ni	BDL	BDL	0,0030	BDL	BDL	BDL
Mg	0,9263	0,9235	0,9210	0,9302	0,9405	0,9355
Ca	0,1518	0,1542	0,1577	0,1569	0,1617	0,1529
Na	0,0049	0,0088	BDL	0,0022	BDL	0,0039
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0427	0,0473	0,0423	0,0544	0,0786	0,0611
AlVI	1,8991	1,8916	1,8883	1,8747	1,8539	1,8894
Grs	0,0514	0,0524	0,0533	0,0533	0,0552	0,0521
Sps	0,0117	0,0113	0,0097	0,0108	0,0092	0,0092
Pyr	0,3190	0,3179	0,3153	0,3174	0,3185	0,3203
Alm	0,6399	0,6408	0,6436	0,6413	0,6406	0,6403
Mg#	0,3190	0,3179	0,3153	0,3174	0,3185	0,3203

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.9 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	39,1757	39,0182	38,7594	39,1567	39,5183	39,1752
TiO2	0,0455	0,0567	0,0755	0,0581	0,0743	0,0266
Cr2O3	0,0068	0,0068	BDL	0,0158	BDL	0,0068
Al2O3	22,0345	21,9214	21,9610	21,4612	21,9034	22,1088
FeO	31,4701	30,9852	31,9810	31,1756	30,3526	30,5976
MnO	0,4308	0,4664	0,4680	0,4678	0,6163	0,5443
NiO	0,0603	BDL	0,0296	BDL	0,0156	BDL
MgO	8,4370	8,4927	8,6516	8,6465	8,5199	8,8922
CaO	1,8980	1,7262	1,7658	1,8404	2,1249	2,0810
Na2O	0,0438	0,0276	BDL	0,0183	BDL	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	103,6025	102,7012	103,6919	102,8404	103,1253	103,4325
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9398	2,9511	2,9074	2,9589	2,9746	2,9347
Ti	0,0026	0,0032	0,0043	0,0033	0,0042	0,0015
Cr	0,0004	0,0004	BDL	0,0009	BDL	0,0004
Al	1,9490	1,9544	1,9417	1,9116	1,9434	1,9523
Fe3+	0,1723	0,1405	0,2350	0,1658	0,0990	0,1748
Fe2+	1,8023	1,8191	1,7710	1,8041	1,8114	1,7418
Mn	0,0274	0,0299	0,0297	0,0299	0,0393	0,0345
Ni	0,0036	BDL	0,0018	BDL	0,0009	BDL
Mg	0,9436	0,9574	0,9672	0,9738	0,9558	0,9929
Ca	0,1526	0,1399	0,1419	0,1490	0,1714	0,1670
Na	0,0064	0,0040	BDL	0,0027	BDL	BDL
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0602	0,0489	0,0926	0,0411	0,0254	0,0653
AlVI	1,8888	1,9055	1,8491	1,8704	1,9180	1,8870
Grs	0,0521	0,0475	0,0488	0,0504	0,0575	0,0569
Sps	0,0094	0,0101	0,0102	0,0101	0,0132	0,0118
Pyr	0,3233	0,3282	0,3253	0,3308	0,3335	0,3412
Alm	0,6373	0,6349	0,6379	0,6308	0,6209	0,6161
Mg#	0,3233	0,3282	0,3253	0,3308	0,3335	0,3412

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.1.10 BPA006-21b1-profil continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b1 Grt-norite Grt rim
Wt%				
SiO2	38,9464	38,9494	38,9418	39,0963
TiO2	0,0308	0,0419	BDL	0,0620
Cr2O3	0,0158	BDL	BDL	BDL
Al2O3	21,5410	21,6497	21,7140	21,7426
FeO	29,5642	29,9390	30,1001	29,6983
MnO	0,4768	0,4880	0,4464	0,5126
NiO	0,0401	0,0184	BDL	BDL
MgO	8,8778	8,9913	8,8698	9,1407
CaO	2,0101	1,9199	1,9819	1,9737
Na2O	0,0101	BDL	BDL	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA
Total	101,5131	101,9976	102,0540	102,2262
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9692	2,9557	2,9550	2,9569
Ti	0,0018	0,0024	0,0000	0,0035
Cr	0,0010	BDL	BDL	BDL
Al	1,9358	1,9366	1,9422	1,9383
Fe3+	0,1229	0,1472	0,1479	0,1409
Fe2+	1,7618	1,7526	1,7620	1,7373
Mn	0,0308	0,0314	0,0287	0,0328
Ni	0,0025	0,0011	BDL	BDL
Mg	1,0088	1,0170	1,0032	1,0304
Ca	0,1642	0,1561	0,1611	0,1599
Na	0,0015	BDL	BDL	BDL
K	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0308	0,0443	0,0450	0,0431
AlVI	1,9049	1,8923	1,8972	1,8952
Grs	0,0554	0,0528	0,0545	0,0540
Sps	0,0104	0,0106	0,0097	0,0111
Pyr	0,3486	0,3487	0,3444	0,3543
Alm	0,6102	0,6120	0,6155	0,6056
Mg#	0,3486	0,3487	0,3444	0,3543

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2 BPA120-12b-profil

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim
Wt%					
SiO2	36,6911	36,8744	36,7205	36,9843	36,9574
TiO2	0,0221	0,0453	0,0055	0,0360	0,0572
Cr2O3	0,0178	BDL	0,0256	BDL	BDL
Al2O3	20,4147	20,3838	20,3162	20,4985	20,7862
FeO	36,1348	36,2464	36,0860	36,4919	36,4985
MnO	3,9344	3,8344	3,5625	3,4160	3,3131
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	1,9772	2,1907	2,2832	2,3856	2,4127
CaO	1,9709	2,0265	1,9796	1,9204	1,8157
Na2O	0,0235	0,0521	0,0106	0,0338	0,0514
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,1865	101,6536	100,9897	101,7665	101,8922
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9519	2,9491	2,9545	2,9511	2,9428
Ti	0,0013	0,0027	0,0003	0,0022	0,0034
Cr	0,0011	-	0,0016	-	-
Al	1,9360	1,9216	1,9268	1,9280	1,9510
Fe3+	0,1601	0,1828	0,1635	0,1707	0,1645
Fe2+	2,2709	2,2412	2,2643	2,2641	2,2657
Mn	0,2681	0,2597	0,2428	0,2309	0,2234
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,2371	0,2611	0,2738	0,2837	0,2863
Ca	0,1699	0,1736	0,1706	0,1642	0,1549
Na	0,0037	0,0081	0,0017	0,0052	0,0079
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0481	0,0509	0,0455	0,0489	0,0572
AlVI	1,8879	1,8707	1,8813	1,8791	1,8938
Grs	0,0577	0,0591	0,0578	0,0558	0,0529
Sps	0,0910	0,0885	0,0823	0,0784	0,0762
Pyr	0,0889	0,0973	0,1013	0,1044	0,1054
Alm	0,7827	0,7773	0,7794	0,7820	0,7852
Mg#	0,0889	0,0973	0,1013	0,1044	0,1054

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.1 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim
Wt%					
SiO2	36,8433	37,1493	36,9335	36,8532	37,0144
TiO2	0,0426	0,0391	0,0487	0,0422	0,0409
Cr2O3	BDL	BDL	0,0144	BDL	0,0111
Al2O3	20,5994	20,6717	20,3489	20,3781	20,5162
FeO	36,1716	38,3161	37,8059	37,4909	37,4476
MnO	3,1028	3,0451	2,7748	2,7501	2,5335
NiO	0,0115	BDL	BDL	0,0119	0,0073
MgO	2,4877	2,1811	2,4153	2,5966	2,7878
CaO	1,7378	1,6184	1,5736	1,5747	1,6957
Na2O	0,0345	0,0524	0,0063	0,0163	0,0223
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,0312	103,0732	101,9214	101,7140	102,0768
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9570	2,9353	2,9480	2,9429	2,9401
Ti	0,0026	0,0023	0,0029	0,0025	0,0024
Cr	-	-	0,0009	-	0,0007
Al	1,9488	1,9253	1,9145	1,9181	1,9209
Fe3+	0,1374	0,2076	0,1838	0,1935	0,1968
Fe2+	2,2902	2,3239	2,3394	2,3099	2,2904
Mn	0,2109	0,2038	0,1876	0,1860	0,1704
Ni	0,0007	-	-	0,0008	0,0005
Mg	0,2976	0,2569	0,2873	0,3090	0,3300
Ca	0,1494	0,1370	0,1346	0,1347	0,1443
Na	0,0054	0,0080	0,0010	0,0025	0,0034
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0430	0,0647	0,0520	0,0571	0,0599
AlVI	1,9058	1,8605	1,8625	1,8610	1,8610
Grs	0,0507	0,0469	0,0456	0,0458	0,0492
Sps	0,0715	0,0698	0,0636	0,0633	0,0581
Pyr	0,1092	0,0921	0,1022	0,1099	0,1171
Alm	0,7868	0,8090	0,8054	0,7990	0,7941
Mg#	0,1092	0,0921	0,1022	0,1099	0,1171

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.2 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	36,8320	37,2225	37,2803	37,0923	36,4552
TiO2	0,0260	0,0292	0,0743	0,3310	0,2991
Cr2O3	BDL	0,0056	0,0135	0,0056	BDL
Al2O3	20,7180	20,4557	20,7438	20,0387	19,9169
FeO	37,1242	36,5035	35,7541	35,8563	35,8015
MnO	2,4373	2,4684	2,3266	2,3002	2,3828
NiO	BDL	0,0155	BDL	BDL	BDL
MgO	2,7402	2,7523	2,6159	2,5681	2,3655
CaO	2,1918	2,5606	3,1278	3,5488	3,4083
Na2O	0,0113	0,0216	0,0272	0,0536	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,0808	102,0349	101,9635	101,7946	100,6293
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9222	2,9520	2,9538	2,9488	2,9373
Ti	0,0016	0,0017	0,0044	0,0198	0,0181
Cr	-	0,0004	0,0008	0,0004	-
Al	1,9375	1,9122	1,9374	1,8778	1,8916
Fe3+	0,2167	0,1833	0,1495	0,1929	0,1975
Fe2+	2,2462	2,2374	2,2193	2,1907	2,2145
Mn	0,1638	0,1658	0,1561	0,1549	0,1626
Ni	-	0,0010	-	-	-
Mg	0,3240	0,3253	0,3089	0,3043	0,2841
Ca	0,1863	0,2176	0,2655	0,3022	0,2942
Na	0,0017	0,0033	0,0042	0,0083	-
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0778	0,0480	0,0462	0,0512	0,0627
AlVI	1,8597	1,8642	1,8912	1,8266	1,8289
Grs	0,0638	0,0738	0,0900	0,1024	0,0995
Sps	0,0561	0,0563	0,0529	0,0525	0,0550
Pyr	0,1163	0,1185	0,1154	0,1132	0,1054
Alm	0,7851	0,7735	0,7643	0,7579	0,7650
Mg#	0,1163	0,1185	0,1154	0,1132	0,1054

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.3 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	37,2542	36,9864	36,8910	36,7862	37,2309
TiO2	0,0268	0,0292	0,0333	0,0357	0,0129
Cr2O3	BDL	BDL	0,0089	BDL	0,0279
Al2O3	20,5487	20,4682	20,6782	20,6530	20,6883
FeO	36,1194	36,8475	36,9925	37,1107	37,0849
MnO	2,1837	2,2859	2,4397	2,2481	2,2758
NiO	BDL	0,0147	0,0318	0,0378	0,0383
MgO	2,6457	2,7880	2,8110	2,7575	2,6569
CaO	2,9722	2,2786	1,8820	2,0518	2,3566
Na2O	BDL	0,0244	0,0247	0,0151	0,0559
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,7507	101,7229	101,7931	101,6959	102,4284
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9603	2,9431	2,9344	2,9294	2,9429
Ti	0,0016	0,0017	0,0020	0,0021	0,0008
Cr	-	-	0,0006	-	0,0017
Al	1,9247	1,9198	1,9388	1,9386	1,9276
Fe3+	0,1514	0,1943	0,1917	0,2006	0,1920
Fe2+	2,2486	2,2574	2,2687	2,2705	2,2591
Mn	0,1470	0,1541	0,1644	0,1516	0,1524
Ni	-	0,0009	0,0020	0,0024	0,0024
Mg	0,3133	0,3307	0,3333	0,3273	0,3130
Ca	0,2530	0,1942	0,1604	0,1750	0,1996
Na	-	0,0038	0,0038	0,0023	0,0086
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0397	0,0569	0,0656	0,0706	0,0571
AlVI	1,8851	1,8629	1,8732	1,8680	1,8704
Grs	0,0854	0,0662	0,0548	0,0599	0,0682
Sps	0,0496	0,0525	0,0562	0,0518	0,0521
Pyr	0,1155	0,1188	0,1193	0,1170	0,1132
Alm	0,7709	0,7831	0,7890	0,7907	0,7866
Mg#	0,1155	0,1188	0,1193	0,1170	0,1132

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.4 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	36,7956	36,9538	36,3609	37,0172	36,8432
TiO2	0,2363	0,2880	0,3130	0,2883	0,3051
Cr2O3	0,0269	BDL	BDL	BDL	BDL
Al2O3	20,2217	20,5102	19,9065	20,1578	20,2526
FeO	35,7771	36,7739	36,0233	35,4062	36,1424
MnO	2,0640	2,1283	2,0477	1,9319	1,9024
NiO	0,0110	0,0452	0,0207	0,0234	0,0141
MgO	2,3224	1,9036	2,5043	2,6041	2,5230
CaO	3,2306	3,4122	3,2942	3,4816	3,4143
Na2O	0,0100	0,0470	0,0093	0,0172	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	100,6956	102,0622	100,4799	100,9277	101,3971
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9601	2,9410	2,9319	2,9643	2,9413
Ti	0,0143	0,0172	0,0190	0,0174	0,0183
Cr	0,0017	-	-	-	-
Al	1,9175	1,9241	1,8920	1,9027	1,9058
Fe3+	0,1336	0,1666	0,2076	0,1365	0,1748
Fe2+	2,2730	2,2807	2,2213	2,2343	2,2379
Mn	0,1406	0,1435	0,1398	0,1310	0,1286
Ni	0,0007	0,0029	0,0013	0,0015	0,0009
Mg	0,2785	0,2258	0,3010	0,3108	0,3002
Ca	0,2784	0,2909	0,2846	0,2987	0,2920
Na	0,0016	0,0073	0,0015	0,0027	-
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0399	0,0590	0,0681	0,0357	0,0587
AlVI	1,8776	1,8651	1,8240	1,8671	1,8472
Grs	0,0937	0,0989	0,0966	0,1004	0,0987
Sps	0,0473	0,0488	0,0475	0,0440	0,0435
Pyr	0,1037	0,0845	0,1103	0,1159	0,1107
Alm	0,7753	0,7875	0,7700	0,7620	0,7700
Mg#	0,1037	0,0845	0,1103	0,1159	0,1107

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.5 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	36,1614	35,0465	36,6607	35,0147	36,3981
TiO2	0,2894	0,4858	0,3116	0,3094	0,2968
Cr2O3	0,0256	BDL	0,0045	BDL	0,0056
Al2O3	19,7845	19,1843	20,1538	19,1105	20,2917
FeO	36,1311	35,4248	36,1045	36,0999	36,6008
MnO	1,9901	1,8507	1,8847	2,5347	1,9686
NiO	BDL	0,0260	BDL	BDL	0,0211
MgO	2,2671	2,6672	2,5820	1,4650	2,0909
CaO	3,2731	3,4866	3,3666	3,7464	3,4882
Na2O	0,0571	0,0474	0,0153	0,0366	0,0472
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,9794	98,2193	101,0837	98,3172	101,2090
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9336	2,8893	2,9350	2,9065	2,9183
Ti	0,0177	0,0301	0,0188	0,0193	0,0179
Cr	0,0016	-	0,0003	-	0,0004
Al	1,8919	1,8643	1,9019	1,8699	1,9177
Fe3+	0,2130	0,3044	0,1926	0,2843	0,2168
Fe2+	2,2379	2,1377	2,2244	2,2215	2,2370
Mn	0,1367	0,1292	0,1278	0,1782	0,1337
Ni	-	0,0017	-	-	0,0014
Mg	0,2741	0,3277	0,3081	0,1813	0,2499
Ca	0,2845	0,3079	0,2888	0,3332	0,2996
Na	0,0090	0,0076	0,0024	0,0059	0,0073
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0664	0,1107	0,0650	0,0935	0,0817
AlVI	1,8254	1,7536	1,8369	1,7764	1,8360
Grs	0,0970	0,1061	0,0979	0,1143	0,1026
Sps	0,0466	0,0445	0,0433	0,0612	0,0458
Pyr	0,1006	0,1183	0,1131	0,0675	0,0924
Alm	0,7790	0,7615	0,7693	0,7834	0,7822
Mg#	0,1006	0,1183	0,1131	0,0675	0,0924

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.6 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	35,7802	36,4448	36,7112	35,7682	37,6657
TiO2	0,3312	0,2782	0,2697	0,2955	0,2789
Cr2O3	BDL	0,0145	BDL	BDL	BDL
Al2O3	19,5880	20,2297	20,3445	20,0996	20,5004
FeO	36,1285	36,1363	35,8558	36,2331	35,1730
MnO	1,9238	1,9331	2,0250	2,1074	2,2150
NiO	BDL	BDL	BDL	0,0303	BDL
MgO	2,6699	2,3057	2,5241	2,7251	1,9026
CaO	3,4787	3,3402	3,4641	3,2026	3,3122
Na2O	0,0551	0,0388	0,0228	0,0237	0,0040
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,9554	100,7213	101,2172	100,4855	101,0518
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,8980	2,9316	2,9337	2,8808	3,0217
Ti	0,0202	0,0168	0,0162	0,0179	0,0168
Cr	-	0,0009	-	-	-
Al	1,8701	1,9181	1,9164	1,9082	1,9386
Fe3+	0,3021	0,1903	0,1874	0,2981	-
Fe2+	2,1448	2,2403	2,2086	2,1421	2,3595
Mn	0,1320	0,1317	0,1371	0,1438	0,1505
Ni	-	-	-	0,0020	-
Mg	0,3223	0,2764	0,3006	0,3271	0,2275
Ca	0,3019	0,2878	0,2966	0,2763	0,2847
Na	0,0087	0,0061	0,0035	0,0037	0,0006
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,1020	0,0684	0,0663	0,1192	0,0000
AlVI	1,7681	1,8496	1,8501	1,7890	1,9386
Grs	0,1041	0,0980	0,1008	0,0956	0,0942
Sps	0,0455	0,0449	0,0466	0,0498	0,0498
Pyr	0,1164	0,1021	0,1115	0,1182	0,0879
Alm	0,7639	0,7774	0,7654	0,7656	0,7807
Mg#	0,1164	0,1021	0,1115	0,1182	0,0879

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.7 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	37,1889	36,4509	36,7163	37,0289	36,8326
TiO2	0,2203	0,2026	0,2834	0,3312	0,3449
Cr2O3	BDL	0,0133	0,0022	BDL	BDL
Al2O3	20,8880	19,6937	20,0911	20,1848	20,2662
FeO	36,1682	36,6423	35,9341	35,8089	35,5130
MnO	2,3906	2,7667	2,2910	2,2081	2,1111
NiO	0,0416	0,0338	0,0041	0,0116	BDL
MgO	2,4201	1,6408	2,5985	2,5319	2,5836
CaO	3,1196	2,7688	3,3662	3,5107	3,4860
Na2O	0,0181	0,0089	0,0237	0,0193	0,0640
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,4554	100,2218	101,3106	101,6354	101,2014
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9380	2,9675	2,9335	2,9486	2,9415
Ti	0,0131	0,0124	0,0170	0,0198	0,0207
Cr	-	0,0009	0,0001	-	-
Al	1,9452	1,8898	1,8921	1,8946	1,9078
Fe3+	0,1553	0,1509	0,2104	0,1715	0,1777
Fe2+	2,2340	2,3435	2,1903	2,2128	2,1938
Mn	0,1600	0,1908	0,1550	0,1489	0,1428
Ni	0,0026	0,0022	0,0003	0,0007	-
Mg	0,2850	0,1991	0,3094	0,3005	0,3075
Ca	0,2640	0,2415	0,2881	0,2995	0,2983
Na	0,0028	0,0014	0,0037	0,0030	0,0099
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0620	0,0325	0,0665	0,0514	0,0585
AlVI	1,8832	1,8574	1,8256	1,8432	1,8493
Grs	0,0897	0,0812	0,0979	0,1011	0,1014
Sps	0,0544	0,0641	0,0527	0,0503	0,0485
Pyr	0,1066	0,0739	0,1142	0,1119	0,1148
Alm	0,7712	0,7980	0,7613	0,7610	0,7601
Mg#	0,1066	0,0739	0,1142	0,1119	0,1148

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.8 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	36,8172	36,9797	36,3821	37,3466	34,6515
TiO2	0,3334	0,3345	0,3282	0,2491	0,1287
Cr2O3	0,0089	BDL	0,0122	BDL	0,0144
Al2O3	19,9798	20,2780	20,0142	20,4756	20,1358
FeO	35,5083	35,5107	35,6565	35,2844	35,3490
MnO	2,0877	2,1474	2,0920	2,2184	1,9772
NiO	0,0019	BDL	BDL	BDL	0,0481
MgO	2,6601	2,6156	1,6637	2,6006	3,3807
CaO	3,5088	3,4433	3,4009	3,4719	2,6996
Na2O	0,0413	0,0167	0,0144	0,0230	0,0343
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	100,9474	101,3259	99,5642	101,6696	98,4193
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9486	2,9505	2,9709	2,9672	2,8355
Ti	0,0201	0,0201	0,0202	0,0149	0,0079
Cr	0,0006	-	0,0008	-	0,0009
Al	1,8861	1,9071	1,9265	1,9175	1,9422
Fe3+	0,1824	0,1542	0,0929	0,1219	0,3754
Fe2+	2,1955	2,2150	2,3418	2,2222	2,0434
Mn	0,1416	0,1451	0,1447	0,1493	0,1370
Ni	0,0001	-	-	-	0,0032
Mg	0,3175	0,3110	0,2025	0,3080	0,4123
Ca	0,3011	0,2943	0,2975	0,2955	0,2367
Na	0,0064	0,0026	0,0023	0,0035	0,0054
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0514	0,0495	0,0291	0,0328	0,1645
AlVI	1,8347	1,8577	1,8974	1,8847	1,7778
Grs	0,1019	0,0993	0,0996	0,0993	0,0836
Sps	0,0479	0,0489	0,0484	0,0502	0,0484
Pyr	0,1178	0,1161	0,0768	0,1161	0,1456
Alm	0,7578	0,7594	0,7906	0,7569	0,7547
Mg#	0,1178	0,1161	0,0768	0,1161	0,1456

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.9 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	37,1394	37,1997	36,8626	36,9892	35,8030
TiO2	0,0336	0,0428	0,0200	0,0269	0,0649
Cr2O3	0,0122	BDL	0,0089	BDL	0,0253
Al2O3	20,6071	20,6226	20,7428	20,7320	20,1777
FeO	36,1043	36,5650	36,6086	36,8406	37,0905
MnO	2,2685	2,3895	2,4021	2,4208	2,4695
NiO	0,0032	BDL	BDL	BDL	0,0914
MgO	2,7474	2,7313	2,8618	2,8446	2,4779
CaO	3,0968	2,5166	1,9741	1,9258	1,4847
Na2O	0,0003	0,0303	0,0107	0,0274	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,0128	102,0978	101,4916	101,8073	99,6849
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9420	2,9475	2,9378	2,9398	2,9191
Ti	0,0020	0,0026	0,0012	0,0016	0,0040
Cr	0,0008	-	0,0006	-	0,0016
Al	1,9241	1,9261	1,9486	1,9422	1,9392
Fe3+	0,1872	0,1784	0,1745	0,1793	0,2129
Fe2+	2,2043	2,2442	2,2651	2,2691	2,3158
Mn	0,1522	0,1604	0,1621	0,1629	0,1705
Ni	0,0002	-	-	-	0,0060
Mg	0,3244	0,3226	0,3399	0,3370	0,3011
Ca	0,2628	0,2136	0,1685	0,1640	0,1297
Na	0,0000	0,0047	0,0017	0,0042	-
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0580	0,0525	0,0622	0,0602	0,0809
AlVI	1,8661	1,8736	1,8864	1,8820	1,8583
Grs	0,0893	0,0726	0,0574	0,0559	0,0445
Sps	0,0517	0,0545	0,0552	0,0556	0,0585
Pyr	0,1194	0,1175	0,1223	0,1210	0,1064
Alm	0,7638	0,7767	0,7844	0,7867	0,8079
Mg#	0,1194	0,1175	0,1223	0,1210	0,1064

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.10 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core
Wt%					
SiO2	35,4522	36,7782	36,7995	36,9081	36,7101
TiO2	0,0532	0,0422	0,0598	0,0649	0,0247
Cr2O3	BDL	0,0154	BDL	0,0265	0,0143
Al2O3	20,4531	20,4182	20,5596	20,5149	20,3538
FeO	36,8019	37,0359	36,6974	36,7899	36,8952
MnO	2,4978	2,5033	2,5949	2,6827	2,7533
NiO	0,0158	0,0476	BDL	BDL	BDL
MgO	2,6081	2,9260	2,7376	2,8548	2,4577
CaO	1,4734	1,5642	1,5902	1,6732	1,7073
Na2O	0,0237	BDL	0,0395	0,0489	0,0229
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,3792	101,3310	101,0785	101,5639	100,9393
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,8936	2,9407	2,9492	2,9427	2,9530
Ti	0,0033	0,0025	0,0036	0,0039	0,0015
Cr	-	0,0010	-	0,0017	0,0009
Al	1,9678	1,9244	1,9422	1,9280	1,9299
Fe3+	0,2422	0,1882	0,1584	0,1846	0,1637
Fe2+	2,2696	2,2879	2,3009	2,2682	2,3180
Mn	0,1727	0,1695	0,1761	0,1812	0,1876
Ni	0,0010	0,0031	-	-	-
Mg	0,3173	0,3487	0,3270	0,3393	0,2947
Ca	0,1288	0,1340	0,1365	0,1429	0,1471
Na	0,0038	-	0,0061	0,0076	0,0036
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,1064	0,0593	0,0508	0,0573	0,0470
AlVI	1,8614	1,8650	1,8914	1,8708	1,8829
Grs	0,0446	0,0456	0,0464	0,0488	0,0499
Sps	0,0598	0,0577	0,0599	0,0618	0,0636
Pyr	0,1122	0,1234	0,1174	0,1215	0,1061
Alm	0,8023	0,7915	0,7936	0,7871	0,7977
Mg#	0,1122	0,1234	0,1174	0,1215	0,1061

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.11 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt core	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim
Wt%					
SiO2	37,0377	36,9083	36,9254	36,9392	36,4143
TiO2	0,0565	0,0375	0,0248	0,0262	0,0376
Cr2O3	0,0210	BDL	0,0133	BDL	0,0133
Al2O3	20,8337	20,5760	20,3708	20,2663	20,1599
FeO	36,9534	36,2777	35,9002	35,6108	34,9350
MnO	2,7166	2,7558	2,9709	3,0818	3,2989
NiO	BDL	0,0154	0,0133	BDL	BDL
MgO	2,6990	2,5303	2,6445	2,3099	2,4614
CaO	1,9198	1,7669	2,6253	3,1694	2,3498
Na2O	0,0381	0,0131	0,0198	0,0146	0,0499
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	102,2758	100,8810	101,5083	101,4182	99,7201
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9334	2,9657	2,9451	2,9521	2,9574
Ti	0,0034	0,0023	0,0015	0,0016	0,0023
Cr	0,0013	-	0,0008	-	0,0009
Al	1,9450	1,9488	1,9151	1,9091	1,9299
Fe3+	0,1859	0,1173	0,1940	0,1857	0,1578
Fe2+	2,2614	2,3202	2,2002	2,1941	2,2146
Mn	0,1822	0,1875	0,2007	0,2086	0,2269
Ni	-	0,0010	0,0009	-	-
Mg	0,3186	0,3030	0,3144	0,2751	0,2979
Ca	0,1629	0,1521	0,2243	0,2714	0,2044
Na	0,0058	0,0020	0,0031	0,0023	0,0079
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0666	0,0343	0,0549	0,0479	0,0426
AlVI	1,8784	1,9145	1,8602	1,8613	1,8873
Grs	0,0557	0,0513	0,0763	0,0920	0,0694
Sps	0,0623	0,0633	0,0683	0,0707	0,0771
Pyr	0,1152	0,1106	0,1161	0,1036	0,1116
Alm	0,7867	0,7913	0,7641	0,7591	0,7649
Mg#	0,1152	0,1106	0,1161	0,1036	0,1116

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.12 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim
Wt%					
SiO2	36,7289	36,9113	36,6811	36,1912	36,7731
TiO2	0,0224	0,0213	0,0271	0,0237	0,0272
Cr2O3	BDL	0,0177	BDL	BDL	0,0244
Al2O3	20,6177	20,4974	20,6076	20,3413	20,6655
FeO	36,1119	35,8586	36,5157	34,7968	35,5494
MnO	3,5396	3,5427	3,7074	3,8339	4,0365
NiO	BDL	0,0328	BDL	0,0287	0,0321
MgO	2,5780	2,4978	2,3907	2,2948	2,2663
CaO	1,9815	1,8665	1,6326	1,7905	1,9341
Na2O	0,0436	0,0271	0,0376	0,2002	0,0231
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,6236	101,2732	101,5998	99,5011	101,3317
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9297	2,9562	2,9330	2,9460	2,9467
Ti	0,0013	0,0013	0,0016	0,0015	0,0016
Cr	-	0,0011	-	-	0,0015
Al	1,9386	1,9350	1,9423	1,9517	1,9519
Fe3+	0,2060	0,1531	0,1943	0,1850	0,1536
Fe2+	2,2026	2,2483	2,2471	2,1835	2,2284
Mn	0,2391	0,2403	0,2511	0,2643	0,2739
Ni	-	0,0021	-	0,0019	0,0021
Mg	0,3065	0,2982	0,2849	0,2784	0,2707
Ca	0,1693	0,1601	0,1399	0,1561	0,1660
Na	0,0067	0,0042	0,0058	0,0316	0,0036
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0703	0,0438	0,0670	0,0540	0,0533
AlVI	1,8683	1,8912	1,8753	1,8977	1,8986
Grs	0,0580	0,0543	0,0478	0,0542	0,0565
Sps	0,0820	0,0815	0,0859	0,0917	0,0932
Pyr	0,1129	0,1104	0,1045	0,1052	0,1020
Alm	0,7711	0,7746	0,7832	0,7722	0,7702
Mg#	0,1129	0,1104	0,1045	0,1052	0,1020

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.2.13 BPA120-12b-profil continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Grt rim
Wt%			
SiO2	36,6110	36,5321	36,4920
TiO2	0,0295	0,0419	0,0171
Cr2O3	0,0011	BDL	BDL
Al2O3	20,2907	20,5092	20,5223
FeO	35,2856	35,4523	34,7615
MnO	4,0975	4,2644	4,5634
NiO	BDL	0,0348	0,0461
MgO	2,1457	2,1070	1,9431
CaO	1,9660	2,0449	1,9847
Na2O	0,0298	0,0329	0,0426
K2O	NA	NA	NA
Total	100,4569	101,0195	100,3728
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24
Si	2,9618	2,9397	2,9557
Ti	0,0018	0,0025	0,0010
Cr	0,0001	-	-
Al	1,9349	1,9453	1,9593
Fe3+	0,1426	0,1754	0,1338
Fe2+	2,2444	2,2101	2,2206
Mn	0,2807	0,2906	0,3131
Ni	-	0,0023	0,0030
Mg	0,2587	0,2527	0,2346
Ca	0,1704	0,1763	0,1722
Na	0,0047	0,0051	0,0067
K	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0382	0,0603	0,0443
AlVI	1,8967	1,8850	1,9151
Grs	0,0577	0,0602	0,0586
Sps	0,0950	0,0992	0,1065
Pyr	0,0978	0,0958	0,0906
Alm	0,7708	0,7682	0,7658
Mg#	0,0978	0,0958	0,0906

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.3 BPA003-21a

Sample	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Wt%						
SiO2	37,5052	38,2297	38,1343	38,3025	38,2582	37,6445
TiO2	0,1072	0,0544	0,0137	0,0925	0,0248	0,0625
Cr2O3	0,0627	0,0092	0,0243	0,0488	BDL	0,0557
Al2O3	20,5687	20,9762	20,8399	20,9317	20,8374	20,5164
FeO	35,8549	34,1770	31,6645	31,1460	33,8764	36,2816
MnO	1,6851	1,4103	1,8247	1,7239	1,3643	1,6289
NiO	BDL	0,0110	BDL	0,0755	BDL	0,0107
MgO	2,7568	4,3146	4,4196	4,1725	3,9811	3,0760
CaO	1,9901	2,2115	3,6190	4,8143	3,0124	1,9850
Na2O	0,0204	BDL	0,0382	0,0209	0,0025	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	100,5511	101,3939	100,5782	101,3286	101,3571	101,2613
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0134	3,0107	3,0119	3,0022	3,0158	3,0009
Ti	0,0065	0,0032	0,0008	0,0055	0,0015	0,0037
Cr	0,0040	0,0006	0,0015	0,0030	-	0,0035
Al	1,9480	1,9472	1,9402	1,9339	1,9362	1,9278
Fe3+	0,0115	0,0245	0,0388	0,0510	0,0297	0,0595
Fe2+	2,3974	2,2261	2,0525	1,9904	2,2033	2,3590
Mn	0,1147	0,0941	0,1221	0,1144	0,0911	0,1100
Ni	-	0,0007	-	0,0048	-	0,0007
Mg	0,3301	0,5064	0,5203	0,4874	0,4677	0,3655
Ca	0,1713	0,1866	0,3062	0,4043	0,2544	0,1695
Na	0,0032	-	0,0058	0,0032	0,0004	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9480	1,9472	1,9402	1,9339	1,9362	1,9278
Grs	0,0568	0,0619	0,1020	0,1349	0,0843	0,0564
Sps	0,0381	0,0312	0,0407	0,0382	0,0302	0,0366
Pyr	0,1205	0,1837	0,1992	0,1928	0,1732	0,1313
Alm	0,7963	0,7409	0,6880	0,6698	0,7330	0,7895
Mg#	0,1205	0,1837	0,1992	0,1928	0,1732	0,1313

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.3.1 BPA003-21a continu

Sample	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim	BPA003-21a Grt-diorite Grt core	BPA003-21a Grt-diorite Grt rim
Wt%						
SiO2	37,8233	37,7238	37,6075	37,5644	37,3982	37,5209
TiO2	0,0673	0,0843	0,1508	0,0208	0,0765	0,1088
Cr2O3	BDL	0,0069	BDL	0,0034	BDL	0,0205
Al2O3	20,6690	20,4550	20,4474	20,8372	20,4559	20,7206
FeO	35,4387	32,7984	36,6510	37,2618	36,0632	35,9804
MnO	0,9379	1,2126	1,9688	1,3638	1,8893	1,1101
NiO	0,0588	BDL	0,0448	BDL	0,0218	BDL
MgO	4,0235	3,4422	2,1159	3,0318	2,0450	3,3315
CaO	2,0239	5,3623	2,7044	1,3017	2,9354	2,3901
Na2O	0,0085	0,0181	0,0182	0,0086	0,0162	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,0509	101,1036	101,7088	101,3935	100,9015	101,1829
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9991	2,9802	3,0008	2,9936	3,0049	2,9839
Ti	0,0040	0,0050	0,0090	0,0012	0,0046	0,0065
Cr	-	0,0004	-	0,0002	-	0,0013
Al	1,9318	1,9048	1,9232	1,9573	1,9374	1,9424
Fe3+	0,0634	0,1273	0,0599	0,0541	0,0460	0,0755
Fe2+	2,2863	2,0394	2,3855	2,4289	2,3769	2,3171
Mn	0,0630	0,0811	0,1331	0,0920	0,1286	0,0748
Ni	0,0037	-	0,0029	-	0,0014	-
Mg	0,4755	0,4053	0,2516	0,3601	0,2449	0,3949
Ca	0,1719	0,4538	0,2312	0,1111	0,2527	0,2036
Na	0,0013	0,0028	0,0028	0,0013	0,0025	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0009	0,0198	-	0,0064	-	0,0161
AlVI	1,9309	1,8849	1,9232	1,9509	1,9374	1,9263
Grs	0,0574	0,1523	0,0770	0,0371	0,0841	0,0681
Sps	0,0210	0,0272	0,0443	0,0308	0,0428	0,0250
Pyr	0,1683	0,1576	0,0933	0,1267	0,0918	0,1417
Alm	0,7678	0,6974	0,7988	0,8151	0,7946	0,7804
Mg#	0,1683	0,1576	0,0933	0,1267	0,0918	0,1417

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.4 BPA019-21d-profil

Sample	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	38,3899	38,7484	38,8931	38,5648	38,8927	38,1652
TiO2	0,1294	0,1330	0,1488	0,1369	0,1551	0,1194
Cr2O3	0,0175	BDL	BDL	0,0058	0,0174	BDL
Al2O3	21,0904	21,3835	21,3814	21,3034	21,2895	21,2678
FeO	29,9848	30,0135	30,2208	30,4679	30,8235	30,6488
MnO	0,7208	0,6368	0,7927	0,8450	0,9133	0,8762
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	7,7518	7,3970	7,1511	7,0566	6,8463	6,7171
CaO	1,9446	2,0919	2,0913	2,1923	2,3158	2,3641
Na2O	0,0253	BDL	0,0030	BDL	0,0041	0,0072
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	100,0545	100,4041	100,6822	100,5727	101,2577	100,1658
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9896	3,0109	3,0192	2,9999	3,0103	2,9860
Ti	0,0076	0,0078	0,0087	0,0080	0,0090	0,0070
Cr	0,0011	-	-	0,0004	0,0011	-
Al	1,9359	1,9585	1,9565	1,9534	1,9423	1,9613
Fe3+	0,0725	0,0042	-	0,0304	0,0185	0,0538
Fe2+	1,8800	1,9459	1,9617	1,9514	1,9764	1,9513
Mn	0,0475	0,0419	0,0521	0,0557	0,0599	0,0581
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,8997	0,8567	0,8274	0,8181	0,7898	0,7833
Ca	0,1622	0,1741	0,1739	0,1827	0,1920	0,1982
Na	0,0038	-	0,0005	-	0,0006	0,0011
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0104	-	-	0,0001	-	0,0140
AlVI	1,9255	1,9585	1,9565	1,9533	1,9423	1,9473
Grs	0,0543	0,0577	0,0577	0,0607	0,0636	0,0663
Sps	0,0159	0,0139	0,0173	0,0185	0,0198	0,0194
Pyr	0,3154	0,3052	0,2967	0,2922	0,2836	0,2809
Alm	0,6377	0,6451	0,6506	0,6523	0,6570	0,6586
Mg#	0,3154	0,3052	0,2967	0,2922	0,2836	0,2809

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.4.1 BPA019-21d-profil continu

Sample	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt core	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	38,6312	41,3627	39,1029	38,3479	39,2179	38,2352
TiO2	0,1441	0,1209	0,1368	0,0974	0,1221	0,1264
Cr2O3	0,0325	0,0105	BDL	0,0336	0,0046	0,0220
Al2O3	21,3673	21,8137	21,7813	21,2761	21,9283	21,0486
FeO	30,7949	30,6032	31,5319	30,7242	30,9346	31,2572
MnO	0,9416	0,9030	0,9285	0,9790	0,9349	0,9020
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	6,6458	5,7983	6,5651	6,6528	6,5329	6,9621
CaO	2,3846	2,2557	2,3478	2,3507	2,3275	2,3524
Na2O	0,0116	0,0171	0,0005	0,0225	0,0392	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	100,9536	102,8851	102,3948	100,4842	102,0420	100,9059
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0010	3,1629	2,9983	2,9923	3,0131	2,9710
Ti	0,0084	0,0070	0,0079	0,0057	0,0071	0,0074
Cr	0,0020	0,0006	-	0,0021	0,0003	0,0014
Al	1,9566	1,9661	1,9686	1,9569	1,9859	1,9279
Fe3+	0,0243	-	0,0191	0,0484	-	0,1140
Fe2+	1,9761	1,9568	2,0026	1,9563	1,9874	1,9169
Mn	0,0620	0,0585	0,0603	0,0647	0,0608	0,0594
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,7695	0,6608	0,7503	0,7737	0,7481	0,8063
Ca	0,1985	0,1848	0,1929	0,1965	0,1916	0,1958
Na	0,0017	0,0025	0,0001	0,0034	0,0058	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	0,0017	0,0077	-	0,0290
AlVI	1,9566	1,9661	1,9669	1,9492	1,9859	1,8989
Grs	0,0660	0,0646	0,0642	0,0657	0,0641	0,0657
Sps	0,0206	0,0204	0,0201	0,0216	0,0204	0,0199
Pyr	0,2778	0,2525	0,2707	0,2785	0,2735	0,2842
Alm	0,6601	0,6840	0,6683	0,6595	0,6651	0,6567
Mg#	0,2778	0,2525	0,2707	0,2785	0,2735	0,2842

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.4.2 BPA019-21d-profil continu

Sample	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim	BPA019-21d Grt-norite Grt rim
Wt%			
SiO2	38,5790	38,7047	38,8203
TiO2	0,1191	0,1437	BDL
Cr2O3	0,0093	BDL	BDL
Al2O3	21,4690	21,5482	21,6001
FeO	30,5407	30,9814	32,5030
MnO	0,7677	0,7864	0,8972
NiO	BDL	BDL	BDL
MgO	7,1160	7,4096	6,9027
CaO	2,1358	2,1245	2,3348
Na2O	0,0184	0,0117	0,0030
K2O	NA	NA	NA
Total	100,7550	101,7102	103,0611
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24
Si	2,9935	2,9737	2,9573
Ti	0,0069	0,0083	-
Cr	0,0006	-	-
Al	1,9636	1,9514	1,9396
Fe3+	0,0376	0,0864	0,1462
Fe2+	1,9440	1,9040	1,9242
Mn	0,0505	0,0512	0,0579
Ni	-	-	-
Mg	0,8230	0,8485	0,7837
Ca	0,1775	0,1749	0,1906
Na	0,0028	0,0017	0,0004
K	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0065	0,0263	0,0427
AlVI	1,9572	1,9251	1,8969
Grs	0,0593	0,0587	0,0645
Sps	0,0168	0,0172	0,0196
Pyr	0,2934	0,2989	0,2746
Alm	0,6534	0,6494	0,6673
Mg#	0,2934	0,2989	0,2746

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.5 BPA018-21a

Sample	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt core	BPA018-21a Grt-norite Grt rim	BPA018-21a Grt-norite Grt rim
Wt%					
SiO2	39,5614	39,3288	39,0792	39,2768	39,6280
TiO2	0,0860	0,1034	0,1178	0,1824	0,1013
Cr2O3	0,0070	0,0234	BDL	0,0035	BDL
Al2O3	21,7516	21,6851	21,4089	21,7452	21,6498
FeO	27,9256	28,4980	27,7171	27,9727	27,4063
MnO	0,7020	0,7205	0,6929	0,7106	0,7516
NiO	BDL	0,0347	BDL	0,0549	BDL
MgO	9,5988	8,8603	9,2109	9,2845	9,5719
CaO	2,0484	2,0851	2,2467	2,2431	2,0931
Na2O	0,0078	0,0049	0,0262	0,0385	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	101,6886	101,3442	100,4997	101,5122	101,2020
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	2,9933	2,9993	2,9959	2,9811	3,0111
Ti	0,0049	0,0059	0,0068	0,0104	0,0058
Cr	0,0004	0,0014	-	0,0002	-
Al	1,9399	1,9493	1,9346	1,9455	1,9391
Fe3+	0,0644	0,0396	0,0638	0,0769	0,0272
Fe2+	1,7024	1,7776	1,7130	1,6985	1,7141
Mn	0,0450	0,0465	0,0450	0,0457	0,0484
Ni	-	0,0021	-	0,0034	-
Mg	1,0825	1,0071	1,0525	1,0503	1,0840
Ca	0,1660	0,1704	0,1845	0,1824	0,1704
Na	0,0011	0,0007	0,0039	0,0057	-
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	0,0067	0,0007	0,0041	0,0189	-
AlVI	1,9333	1,9486	1,9305	1,9266	1,9391
Grs	0,0554	0,0568	0,0616	0,0613	0,0565
Sps	0,0150	0,0155	0,0150	0,0153	0,0160
Pyr	0,3799	0,3566	0,3720	0,3717	0,3837
Alm	0,5773	0,5975	0,5809	0,5814	0,5720
Mg#	0,3799	0,3566	0,3720	0,3717	0,3837

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6 BPA006-21b2-profil

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	38,8385	39,0192	39,0833	39,2474	39,5345	39,1795
TiO2	0,0453	0,0594	0,0518	0,0847	0,0539	0,0928
Cr2O3	0,0082	0,0129	0,0058	BDL	0,0012	0,0093
Al2O3	21,6092	21,6896	21,5630	21,5741	21,5255	21,7901
FeO	28,2382	28,0660	28,3580	28,4067	28,7293	28,9051
MnO	0,5090	0,4708	0,4628	0,4929	0,4825	0,5224
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	8,8641	8,8814	8,7672	8,5099	8,4635	8,3434
CaO	1,8239	1,7685	1,7909	1,7829	1,8251	1,9127
Na2O	BDL	BDL	0,0042	0,0006	BDL	0,0416
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,9364	99,9678	100,0870	100,0992	100,6155	100,7969
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0003	3,0119	3,0168	3,0334	3,0426	3,0104
Ti	0,0026	0,0034	0,0030	0,0049	0,0031	0,0054
Cr	0,0005	0,0008	0,0004	-	0,0001	0,0006
Al	1,9677	1,9735	1,9619	1,9655	1,9527	1,9735
Fe3+	0,0260	-	-	-	-	0,0007
Fe2+	1,7981	1,8115	1,8303	1,8359	1,8488	1,8564
Mn	0,0333	0,0308	0,0303	0,0323	0,0314	0,0340
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0206	1,0218	1,0086	0,9803	0,9708	0,9555
Ca	0,1509	0,1462	0,1481	0,1476	0,1505	0,1574
Na	-	-	0,0006	0,0001	-	0,0062
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9677	1,9735	1,9619	1,9655	1,9527	1,9735
Grs	0,0503	0,0486	0,0491	0,0493	0,0501	0,0524
Sps	0,0111	0,0102	0,0100	0,0108	0,0105	0,0113
Pyr	0,3588	0,3606	0,3553	0,3481	0,3443	0,3397
Alm	0,6022	0,6018	0,6066	0,6128	0,6160	0,6182
Mg#	0,3588	0,3606	0,3553	0,3481	0,3443	0,3397

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.1 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	39,1410	39,1172	39,4588	38,7961	39,0240	38,8902
TiO2	0,1105	0,0847	0,0847	0,0844	0,0378	0,0659
Cr2O3	0,0012	BDL	0,0350	0,0152	BDL	BDL
Al2O3	21,4657	21,6158	21,5278	21,6385	21,4511	21,3609
FeO	28,4276	28,6065	29,0209	28,6401	28,4300	28,4811
MnO	0,4869	0,4691	0,4591	0,4249	0,5097	0,5022
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	8,3105	8,4139	8,3298	8,2883	8,2558	8,1477
CaO	1,9666	2,0409	2,0148	1,9568	1,9477	1,9184
Na2O	0,0077	0,0239	BDL	BDL	0,0380	0,0427
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,9177	100,3720	100,9309	99,8443	99,6941	99,4091
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0336	3,0162	3,0308	3,0093	3,0308	3,0312
Ti	0,0064	0,0049	0,0049	0,0049	0,0022	0,0039
Cr	0,0001	-	0,0021	0,0009	-	-
Al	1,9611	1,9646	1,9491	1,9784	1,9638	1,9625
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	1,8424	1,8444	1,8639	1,8576	1,8463	1,8562
Mn	0,0320	0,0306	0,0299	0,0279	0,0335	0,0332
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,9600	0,9670	0,9536	0,9582	0,9557	0,9465
Ca	0,1633	0,1686	0,1658	0,1626	0,1621	0,1602
Na	0,0012	0,0036	-	-	0,0057	0,0065
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9611	1,9646	1,9491	1,9784	1,9638	1,9625
Grs	0,0545	0,0560	0,0550	0,0541	0,0541	0,0535
Sps	0,0107	0,0102	0,0099	0,0093	0,0112	0,0111
Pyr	0,3426	0,3439	0,3385	0,3403	0,3411	0,3377
Alm	0,6146	0,6126	0,6186	0,6179	0,6159	0,6196
Mg#	0,3426	0,3439	0,3385	0,3403	0,3411	0,3377

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.2 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	39,0607	38,9530	39,7746	38,5489	38,7869	39,0110
TiO2	0,0733	0,1082	0,0744	0,0401	0,0680	0,0670
Cr2O3	BDL	0,0012	BDL	BDL	0,0174	BDL
Al2O3	21,3425	21,1994	22,0956	21,3398	21,4989	21,3691
FeO	29,0379	29,1107	29,1416	29,7455	29,3194	28,9613
MnO	0,4288	0,4965	0,5491	0,5681	0,5200	0,5657
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	7,9050	7,9357	7,7982	7,5056	7,7983	7,8979
CaO	1,9492	2,0244	1,9648	1,6005	1,7973	1,7780
Na2O	BDL	0,0096	0,0066	0,0210	0,0204	0,0119
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,7974	99,8387	101,4049	99,3695	99,8266	99,6619
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0401	3,0313	3,0464	3,0226	3,0203	3,0405
Ti	0,0043	0,0063	0,0043	0,0024	0,0040	0,0039
Cr	-	0,0001	-	-	0,0011	-
Al	1,9580	1,9446	1,9948	1,9723	1,9733	1,9631
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	1,8898	1,8943	1,8664	1,9503	1,9090	1,8874
Mn	0,0283	0,0327	0,0356	0,0377	0,0343	0,0373
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,9170	0,9204	0,8902	0,8771	0,9051	0,9174
Ca	0,1625	0,1688	0,1612	0,1344	0,1499	0,1485
Na	-	0,0014	0,0010	0,0032	0,0031	0,0018
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9580	1,9446	1,9948	1,9723	1,9733	1,9631
Grs	0,0542	0,0560	0,0546	0,0448	0,0500	0,0496
Sps	0,0094	0,0108	0,0121	0,0126	0,0114	0,0125
Pyr	0,3267	0,3270	0,3229	0,3102	0,3216	0,3271
Alm	0,6304	0,6280	0,6319	0,6502	0,6367	0,6311
Mg#	0,3267	0,3270	0,3229	0,3102	0,3216	0,3271

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.3 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	39,1354	39,1520	39,6113	38,9703	38,8672	38,6211
TiO2	0,0561	0,0992	0,0770	0,0395	0,0529	0,0568
Cr2O3	0,0082	0,0047	BDL	BDL	0,0419	0,0128
Al2O3	21,4890	21,4136	21,7658	21,3833	21,3178	21,2646
FeO	28,6650	28,9418	28,9024	28,8344	29,1081	28,3700
MnO	0,5609	0,5683	0,6031	0,6831	0,6008	0,5348
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	7,9999	7,9566	7,8121	7,7587	7,8084	8,1357
CaO	1,8369	1,9766	2,0104	2,1063	1,8278	1,8263
Na2O	0,0339	BDL	0,0204	BDL	0,0159	0,0001
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,7853	100,1128	100,8025	99,7756	99,6408	98,8222
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0421	3,0371	3,0517	3,0352	3,0322	3,0292
Ti	0,0033	0,0058	0,0045	0,0023	0,0031	0,0033
Cr	0,0005	0,0003	-	-	0,0026	0,0008
Al	1,9690	1,9580	1,9766	1,9631	1,9604	1,9660
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	1,8632	1,8773	1,8619	1,8779	1,8989	1,8606
Mn	0,0369	0,0373	0,0394	0,0451	0,0397	0,0355
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,9269	0,9199	0,8970	0,9007	0,9079	0,9511
Ca	0,1530	0,1643	0,1659	0,1758	0,1528	0,1535
Na	0,0051	-	0,0030	-	0,0024	0,00002
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9690	1,9580	1,9766	1,9631	1,9604	1,9660
Grs	0,0513	0,0548	0,0560	0,0586	0,0509	0,0511
Sps	0,0124	0,0125	0,0133	0,0150	0,0132	0,0118
Pyr	0,3322	0,3289	0,3251	0,3241	0,3235	0,3383
Alm	0,6252	0,6260	0,6281	0,6261	0,6331	0,6201
Mg#	0,3322	0,3289	0,3251	0,3241	0,3235	0,3383

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.4 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	39,2685	38,8738	39,0485	38,9905	39,0441	39,3877
TiO2	0,0647	0,0851	0,0615	0,0777	0,0796	0,0342
Cr2O3	BDL	BDL	BDL	0,0129	BDL	0,0222
Al2O3	21,5321	21,4846	21,6133	21,3452	21,4053	21,5159
FeO	28,1570	28,2013	28,1083	28,1298	27,6089	28,0680
MnO	0,5657	0,5161	0,5241	0,5221	0,4976	0,5262
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	8,2057	8,1819	8,0895	8,1747	8,4090	8,4294
CaO	1,8078	1,8615	1,8538	1,8815	1,8926	1,9663
Na2O	0,0300	BDL	0,0000	0,0053	0,0054	0,0033
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,6315	99,2043	99,2990	99,1397	98,9425	99,9532
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0516	3,0349	3,0459	3,0463	3,0499	3,0479
Ti	0,0038	0,0050	0,0036	0,0046	0,0047	0,0020
Cr	-	-	-	0,0008	-	0,0014
Al	1,9723	1,9771	1,9872	1,9658	1,9709	1,9625
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	1,8297	1,8410	1,8333	1,8378	1,8034	1,8161
Mn	0,0372	0,0341	0,0346	0,0345	0,0329	0,0345
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,9504	0,9521	0,9405	0,9519	0,9790	0,9722
Ca	0,1505	0,1557	0,1549	0,1575	0,1584	0,1630
Na	0,0045	-	-	0,0008	0,0008	0,0005
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9723	1,9771	1,9872	1,9658	1,9709	1,9625
Grs	0,0507	0,0522	0,0523	0,0528	0,0533	0,0546
Sps	0,0125	0,0114	0,0117	0,0116	0,0111	0,0115
Pyr	0,3419	0,3409	0,3391	0,3412	0,3519	0,3487
Alm	0,6165	0,6172	0,6187	0,6163	0,6064	0,6083
Mg#	0,3419	0,3409	0,3391	0,3412	0,3519	0,3487

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.5 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim
Wt%						
SiO2	39,0554	39,4910	38,6991	39,0062	38,7757	38,6497
TiO2	0,0529	0,0722	0,0513	0,0569	0,0589	0,0885
Cr2O3	0,0245	BDL	0,0116	0,0104	BDL	BDL
Al2O3	21,5031	21,4981	21,0740	21,3934	21,4084	21,3715
FeO	28,0193	27,2330	28,0421	28,7713	29,2091	28,9736
MnO	0,4733	0,4520	0,5387	0,4489	0,4649	0,4866
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	8,6657	9,1682	8,4646	8,0668	7,6986	7,5367
CaO	1,8241	1,7323	1,8613	1,8014	1,9307	1,8699
Na2O	0,0243	0,0223	BDL	0,0171	BDL	BDL
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,6426	99,6691	98,7427	99,5724	99,5463	98,9765
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0273	3,0494	3,0322	3,0385	3,0289	3,0378
Ti	0,0031	0,0042	0,0030	0,0033	0,0035	0,0052
Cr	0,0015	-	0,0007	0,0006	-	-
Al	1,9647	1,9567	1,9463	1,9644	1,9712	1,9800
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	1,8161	1,7584	1,8373	1,8741	1,9079	1,9042
Mn	0,0311	0,0296	0,0357	0,0296	0,0308	0,0324
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0011	1,0551	0,9885	0,9366	0,8963	0,8829
Ca	0,1515	0,1433	0,1562	0,1503	0,1616	0,1575
Na	0,0037	0,0033	-	0,0026	-	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9647	1,9567	1,9463	1,9644	1,9712	1,9800
Grs	0,0505	0,0480	0,0518	0,0503	0,0539	0,0529
Sps	0,0104	0,0099	0,0118	0,0099	0,0103	0,0109
Pyr	0,3554	0,3750	0,3498	0,3332	0,3196	0,3168
Alm	0,6054	0,5888	0,6088	0,6267	0,6367	0,6397
Mg#	0,3554	0,3750	0,3498	0,3332	0,3196	0,3168

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.6 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core	BPA006-21b2 Grt-norite Grt core
Wt%						
SiO2	38,5709	38,4524	38,9674	38,7341	38,8732	38,7799
TiO2	0,0681	0,1783	0,0728	0,1299	0,1252	0,1594
Cr2O3	BDL	0,0485	BDL	BDL	BDL	0,0266
Al2O3	21,2369	21,1647	21,2820	20,8664	21,0832	20,8503
FeO	29,7497	29,5427	28,8742	28,6121	29,1000	28,7600
MnO	0,6253	0,7565	0,7256	0,7237	0,7131	0,7897
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	6,8271	6,9641	7,4125	7,3097	7,6262	7,5466
CaO	2,0375	2,1932	1,8537	2,0756	2,1279	2,0939
Na2O	BDL	0,0018	0,0286	0,0167	0,0072	0,0149
K2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	99,1155	99,3022	99,2168	98,4682	99,6560	99,0213
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0425	3,0263	3,0576	3,0645	3,0365	3,0495
Ti	0,0040	0,0106	0,0043	0,0077	0,0074	0,0094
Cr	-	0,0030	-	-	-	0,0017
Al	1,9746	1,9634	1,9684	1,9459	1,9412	1,9326
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	1,9623	1,9442	1,8945	1,8929	1,9007	1,8911
Mn	0,0418	0,0504	0,0482	0,0485	0,0472	0,0526
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,8026	0,8169	0,8669	0,8620	0,8879	0,8845
Ca	0,1722	0,1849	0,1558	0,1759	0,1781	0,1764
Na	-	0,0003	0,0044	0,0026	0,0011	0,0023
K	-	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	1,9746	1,9634	1,9684	1,9459	1,9412	1,9326
Grs	0,0578	0,0617	0,0525	0,0591	0,0591	0,0587
Sps	0,0140	0,0168	0,0163	0,0163	0,0157	0,0175
Pyr	0,2903	0,2959	0,3139	0,3129	0,3184	0,3187
Alm	0,6587	0,6488	0,6389	0,6354	0,6307	0,6294
Mg#	0,2903	0,2959	0,3139	0,3129	0,3184	0,3187

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

2.6.7 BPA006-21b2-profil continu

Sample	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim	BPA006-21b2 Grt-norite Grt rim
Wt%					
SiO2	38,7067	38,7517	38,7273	38,9641	38,7946
TiO2	0,0535	0,1263	0,0694	0,0615	0,0782
Cr2O3	0,0012	BDL	BDL	0,0635	BDL
Al2O3	21,1121	21,1123	21,2100	21,1876	20,8993
FeO	28,3093	28,4767	28,1359	28,3065	27,1511
MnO	0,7607	0,7093	0,6664	0,5261	0,5216
NiO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
MgO	7,5458	7,5345	7,5867	7,9482	8,2236
CaO	1,9282	2,1252	1,9707	1,8714	1,7855
Na2O	0,0183	0,0101	0,0320	BDL	0,0001
K2O	NA	NA	NA	NA	NA
Total	98,4358	98,8461	98,3984	98,9289	97,4540
Cations/Charges	8/24	8/24	8/24	8/24	8/24
Si	3,0569	3,0492	3,0568	3,0560	3,0788
Ti	0,0032	0,0075	0,0041	0,0036	0,0047
Cr	0,0001	-	-	0,0039	-
Al	1,9653	1,9581	1,9734	1,9588	1,9551
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	1,8695	1,8736	1,8570	1,8564	1,8018
Mn	0,0509	0,0473	0,0445	0,0349	0,0351
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,8882	0,8836	0,8925	0,9291	0,9727
Ca	0,1631	0,1791	0,1666	0,1572	0,1518
Na	0,0028	0,0015	0,0049	-	0,00002
K	-	-	-	-	-
Total	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000
AlIV	-	-	-	-	-
AlVI	1,9653	1,9581	1,9734	1,9588	1,9551
Grs	0,0549	0,0600	0,0563	0,0528	0,0513
Sps	0,0171	0,0158	0,0150	0,0117	0,0118
Pyr	0,3221	0,3205	0,3246	0,3336	0,3506
Alm	0,6291	0,6280	0,6272	0,6234	0,6084
Mg#	0,3221	0,3205	0,3246	0,3336	0,3506

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : sous la limite de détection

1 Elements majeurs des Kfs

1.1 BPA019-21a

Sample	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim
Wt%					
SiO2	63,8632	63,9187	63,7834	64,1379	63,6124
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,3955	18,6410	18,6018	18,4083	18,3630
FeO	0,1081	BDL	BDL	0,2750	0,0216
MnO	0,0501	0,0273	BDL	0,0252	0,0412
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,0092	BDL	BDL	0,0210	BDL
CaO	0,0338	0,0842	0,0576	0,0234	0,0769
Na2O	0,8958	1,0037	0,9460	0,6950	0,6494
K2O	16,0662	15,7027	15,9278	16,1196	16,2446
Total	99,4219	99,3776	99,3166	99,7054	99,0091
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9577	2,9597	2,9550	2,9679	2,9622
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,0042	1,0174	1,0158	1,0041	1,0079
Fe3+	0,0042	-	-	0,0106	0,0008
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	0,0020	0,0011	-	0,0010	0,0016
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,0006	-	-	0,0014	-
Ca	0,0017	0,0042	0,0029	0,0012	0,0038
Na	0,0804	0,0901	0,0850	0,0623	0,0586
K	0,9491	0,9275	0,9413	0,9515	0,9649
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,1626	0,4088	0,2778	0,1143	0,3734
Ab (mol%)	7,7992	8,8180	8,2562	6,1426	5,7062
Or (mol%)	92,0382	90,7732	91,4660	93,7431	93,9204

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.1 BPA019-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core
Wt%					
SiO2	63,4470	63,2726	63,8770	63,6257	63,6467
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,3685	18,4119	18,4431	18,6298	18,6967
FeO	0,0485	0,0485	0,0216	0,0216	0,0269
MnO	BDL	BDL	BDL	0,0259	0,0309
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	BDL	BDL	0,0066	0,0248
CaO	0,0513	0,0337	0,0462	0,0475	0,1374
Na2O	0,6689	0,4224	0,8701	0,7237	0,6661
K2O	16,1068	16,5713	15,9861	16,0405	16,2358
Total	98,6910	98,7604	99,2441	99,1213	99,4653
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9638	2,9564	2,9638	2,9580	2,9488
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,0114	1,0141	1,0087	1,0209	1,0211
Fe3+	0,0019	0,0019	0,0008	0,0008	0,0010
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	0,0010	0,0012
Ni	-	-	-	-	-
Mg	-	-	-	0,0005	0,0017
Ca	0,0026	0,0017	0,0023	0,0024	0,0068
Na	0,0606	0,0383	0,0783	0,0652	0,0598
K	0,9597	0,9877	0,9461	0,9512	0,9595
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,2510	0,1642	0,2237	0,2322	0,6646
Ab (mol%)	5,9220	3,7233	7,6230	6,4020	5,8302
Or (mol%)	93,8271	96,1125	92,1534	93,3658	93,5052

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.2 BPA019-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim
Wt%					
SiO2	63,6754	63,7117	63,6367	63,2678	63,8772
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,7353	18,4715	18,5588	18,3563	18,3334
FeO	0,0108	BDL	0,1241	0,0756	0,0270
MnO	BDL	0,0472	BDL	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,0157	0,0088	0,0017	BDL	0,0330
CaO	0,0921	0,0359	0,0129	0,0243	0,0209
Na2O	0,8688	0,5513	0,7287	0,6274	0,7189
K2O	15,9550	16,4237	16,1356	16,3084	15,8361
Total	99,3531	99,2501	99,1985	98,6598	98,8465
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9499	2,9607	2,9563	2,9561	2,9800
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,0231	1,0118	1,0163	1,0110	1,0082
Fe3+	0,0004	-	0,0048	0,0030	0,0011
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	-	0,0019	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,0011	0,0006	0,0001	-	0,0023
Ca	0,0046	0,0018	0,0006	0,0012	0,0010
Na	0,0780	0,0497	0,0656	0,0568	0,0650
K	0,9429	0,9736	0,9562	0,9720	0,9424
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,4458	0,1744	0,0628	0,1181	0,1036
Ab (mol%)	7,6092	4,8455	6,4187	5,5173	6,4473
Or (mol%)	91,9451	94,9802	93,5185	94,3646	93,4491

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.3 BPA019-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs core
Wt%					
SiO2	63,0075	63,4670	61,8527	63,5946	63,6250
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,3109	18,8587	17,7016	18,5965	18,5004
FeO	BDL	BDL	0,0270	0,0757	0,0162
MnO	0,0021	0,0081	0,0367	0,0177	0,0293
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,0094	0,0002	0,0096	0,0233	0,0417
CaO	0,0500	0,0280	0,0451	0,1212	0,0880
Na2O	0,7338	0,7954	0,5439	0,9004	1,0099
K2O	16,1500	16,1526	16,3322	15,7645	15,7559
Total	98,2637	99,3100	96,5488	99,0939	99,0664
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9530	2,9416	2,9532	2,9548	2,9543
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,0116	1,0303	0,9962	1,0185	1,0126
Fe3+	-	-	0,0011	0,0029	0,0006
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	0,0001	0,0003	0,0015	0,0007	0,0012
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,0007	0,00001	0,0007	0,0016	0,0029
Ca	0,0025	0,0014	0,0023	0,0060	0,0044
Na	0,0667	0,0715	0,0503	0,0811	0,0909
K	0,9655	0,9550	0,9947	0,9343	0,9332
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,2426	0,1353	0,2203	0,5906	0,4256
Ab (mol%)	6,4437	6,9534	4,8068	7,9399	8,8389
Or (mol%)	93,3137	92,9113	94,9729	91,4694	90,7355

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.4 BPA019-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim
Wt%					
SiO2	63,7204	63,6205	63,2515	63,6232	64,1855
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,4595	18,1790	18,6395	18,7604	18,4051
FeO	0,0704	0,0325	0,2219	0,0433	BDL
MnO	0,0278	0,0160	0,0380	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	0,0057	BDL	BDL	0,0048
CaO	0,0449	0,0239	0,0474	0,1702	0,0492
Na2O	0,7760	0,7015	0,6271	0,8869	0,9164
K2O	15,9443	16,2948	16,2040	15,7494	15,5055
Total	99,0433	98,8739	99,0294	99,2334	99,0665
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9651	2,9655	2,9453	2,9520	2,9855
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,0125	0,9988	1,0231	1,0260	1,0091
Fe3+	0,0027	0,0013	0,0086	0,0017	-
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	0,0011	0,0006	0,0015	-	-
Ni	-	-	-	-	-
Mg	-	0,0004	-	-	0,0003
Ca	0,0022	0,0012	0,0024	0,0085	0,0025
Na	0,0700	0,0634	0,0566	0,0798	0,0826
K	0,9464	0,9688	0,9625	0,9321	0,9200
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,2197	0,1155	0,2315	0,8291	0,2439
Ab (mol%)	6,8722	6,1339	5,5421	7,8184	8,2218
Or (mol%)	92,9081	93,7506	94,2264	91,3525	91,5342

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.5 BPA019-21a continu

Sample	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs rim	BPA109-21a Granodiorite Kfs core	BPA109-21a Granodiorite Kfs core
Wt%						
SiO2	62,5197	62,6265	62,3882	62,4064	62,7557	63,5915
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,5321	18,5454	18,4748	18,5187	18,4712	18,7990
FeO	0,1242	0,0594	0,0486	0,0108	BDL	BDL
MnO	BDL	BDL	BDL	0,0241	0,0163	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,0245	BDL	0,0161	0,0253	BDL	BDL
CaO	0,0279	0,0907	0,0111	0,0508	0,0414	0,1446
Na2O	0,8185	0,9542	0,6503	0,7577	0,7185	1,8139
K2O	16,0192	16,0039	16,1149	16,0838	16,2720	14,4027
Total	98,0661	98,2801	97,7040	97,8776	98,2751	98,7517
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9337	2,9293	2,9412	2,9342	2,9398	2,9497
Ti	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	1,0250	1,0225	1,0266	1,0263	1,0199	1,0278
Fe3+	0,0049	0,0023	0,0019	0,0004	-	-
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	0,0010	0,0006	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,0017	-	0,0011	0,0018	-	-
Ca	0,0014	0,0045	0,0006	0,0026	0,0021	0,0072
Na	0,0745	0,0865	0,0594	0,0691	0,0653	0,1631
K	0,9588	0,9549	0,9691	0,9646	0,9723	0,8522
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,1356	0,4345	0,0545	0,2469	0,1998	0,7028
Ab (mol%)	7,1961	8,2725	5,7754	6,6648	6,2762	15,9526
Or (mol%)	92,6684	91,2930	94,1701	93,0882	93,5240	83,3446

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.2 BPA120-21b

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs core	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs core	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs rim
Wt%					
SiO2	63,4296	63,3958	63,0279	62,8181	62,9472
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,2592	18,4759	18,6500	18,4141	18,1612
FeO	0,0426	BDL	0,0745	BDL	BDL
MnO	BDL	BDL	0,0160	BDL	0,0337
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	BDL	0,0078	0,0121	0,0101
CaO	0,0598	0,0552	0,0406	0,0515	0,0740
Na2O	1,0509	1,0459	1,9033	1,5823	0,9027
K2O	15,6939	15,6638	14,2379	15,1395	15,6678
Total	98,5360	98,6366	97,9580	98,0176	97,7967
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9610	2,9558	2,9454	2,9361	2,9633
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	1,0047	1,0154	1,0273	1,0145	1,0077
Fe3+	0,0017	-	0,0029	-	-
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	-	-	0,0006	-	0,0013
Ni	-	-	-	-	-
Mg	-	-	0,0005	0,0008	0,0007
Ca	0,0030	0,0028	0,0020	0,0026	0,0037
Na	0,0951	0,0945	0,1724	0,1434	0,0824
K	0,9345	0,9316	0,8487	0,9026	0,9408
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,2896	0,2680	0,1987	0,2459	0,3634
Ab (mol%)	9,2101	9,1883	16,8523	13,6732	8,0220
Or (mol%)	90,5003	90,5437	82,9491	86,0809	91,6145

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.2.1 BPA120-21b continu

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Kfs rim
Wt%		
SiO2	62,7413	63,0013
TiO2	NA	NA
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	18,1952	18,0894
FeO	BDL	0,0582
MnO	0,0661	BDL
NiO	NA	NA
MgO	BDL	0,0226
CaO	0,0098	0,0714
Na2O	0,5973	0,7122
K2O	15,9623	15,8633
Total	97,5720	97,8184
Cations/Charges	5/16	5/16
Si	2,9658	2,9690
Ti	-	-
Cr	-	-
Al	1,0138	1,0048
Fe3+	-	0,0023
Fe2+	-	-
Mn	0,0026	-
Ni	-	-
Mg	-	0,0016
Ca	0,0005	0,0036
Na	0,0547	0,0651
K	0,9625	0,9536
Total	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,0488	0,3526
Ab (mol%)	5,3783	6,3649
Or (mol%)	94,5729	93,2824

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3 BPA027-21a

Sample	BPA027-21a Granite Kfs core	BPA027-21a Granite Kfs rim	BPA027-21a Granite Kfs rim	BPA027-21a Granite Kfs rim	BPA027-21a Granite Kfs rim
Wt%					
SiO2	64,40980	64,16770	65,16410	64,84640	64,95450
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,34120	17,33990	17,37460	17,36160	17,50360
FeO	BDL	0,03520	0,02970	BDL	BDL
MnO	0,01960	0,02450	BDL	0,01630	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,00450	0,01870	0,00510	0,00700	0,01100
CaO	0,01640	0,05730	BDL	0,00990	BDL
Na2O	0,66890	0,68490	0,43630	0,66090	0,41870
K2O	16,34040	16,29090	16,77050	16,37310	16,66080
Total	98,80080	98,61910	99,78030	99,27520	99,54860
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	3,00891	3,00258	3,01925	3,01576	3,01646
Ti	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,95489	0,95640	0,94890	0,95174	0,95814
Fe3+	-	0,00138	0,00115	-	-
Fe2+	-	-	-	-	-
Mn	0,00078	0,00097	-	0,00064	-
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,00031	0,00130	0,00035	0,00049	0,00076
Ca	0,00082	0,00287	-	0,00049	-
Na	0,06058	0,06213	0,03919	0,05959	0,03770
K	0,97371	0,97237	0,99116	0,97130	0,98694
Total	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000
An (mol%)	0,07929	0,27690	-	0,04782	-
Ab (mol%)	5,85231	5,98914	3,80350	5,77730	3,67887
Or (mol%)	94,06839	93,73396	96,19650	94,17487	96,32113

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4 BPA244-17a

Sample	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs core	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim
Wt%						
SiO2	65,3161	65,1099	64,7896	65,2910	64,0188	64,7605
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,2303	18,3309	18,2401	18,0351	18,3620	18,0767
FeO	BDL	0,0540	0,0486	0,1352	1,0145	0,0378
MnO	0,0130	0,0078	BDL	0,0319	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	0,0077	0,0113	0,0027	0,1776	0,0013
CaO	BDL	0,0006	BDL	BDL	0,0093	0,0038
Na2O	0,3517	0,2690	0,2253	0,2534	0,2378	0,1740
K2O	16,6835	17,1098	17,1080	17,0596	16,5545	17,0016
Total	100,5946	100,8897	100,4229	100,8089	100,3745	100,0557
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	3,0022	2,9832	2,9828	2,9965	2,9539	2,9946
Ti	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,9877	0,9900	0,9898	0,9756	0,9987	0,9853
Fe3+	-	0,0021	0,0019	0,0052	0,0391	0,0015
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0005	0,0003	-	0,0012	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	-	0,0005	0,0008	0,0002	0,0122	0,0001
Ca	-	0,00003	-	-	0,0005	0,0002
Na	0,0313	0,0239	0,0201	0,0225	0,0213	0,0156
K	0,9782	1,0000	1,0047	0,9987	0,9743	1,0028
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	-	0,0029	-	-	0,0462	0,0185
Ab (mol%)	3,1044	2,3336	1,9622	2,2076	2,1355	1,5313
Or (mol%)	96,8956	97,6635	98,0378	97,7924	97,8183	98,4502

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.1 BPA244-17a continu

Sample	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs core	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim
Wt%						
SiO2	64,2250	64,2747	60,8733	64,9028	65,0966	64,5881
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,0426	17,9824	18,2424	18,3382	18,4140	18,0431
FeO	0,0701	BDL	3,8238	0,0324	0,0162	0,0753
MnO	0,0441	BDL	0,0243	BDL	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	0,0227	0,7315	BDL	BDL	BDL
CaO	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Na2O	0,2114	0,2438	0,1552	0,2893	0,1550	0,2684
K2O	16,9531	17,0414	15,0419	17,0613	17,0313	16,9060
Total	99,5463	99,5650	98,8924	100,6240	100,7131	99,8809
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9838	2,9835	2,8667	2,9808	2,9905	2,9901
Ti	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,9880	0,9839	1,0126	0,9927	0,9971	0,9846
Fe3+	0,0027	-	0,1506	0,0012	0,0006	0,0029
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0017	-	0,0010	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	-	0,0016	0,0513	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	-
Na	0,0190	0,0219	0,0142	0,0258	0,0138	0,0241
K	1,0047	1,0090	0,9036	0,9995	0,9980	0,9983
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	-	-	-	-	-	-
Ab (mol%)	1,8599	2,1280	1,5439	2,5123	1,3643	2,3560
Or (mol%)	98,1401	97,8720	98,4561	97,4877	98,6357	97,6440

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.2 BPA244-17a continu

Sample	BPA244-17a Rhyolite Kfs core	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs core
Wt%						
SiO2	63,7142	63,6951	64,2792	63,7362	63,1152	63,5172
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,1541	17,8356	18,3084	18,1619	17,5457	17,7734
FeO	0,1181	0,0859	BDL	0,0801	0,3365	0,0695
MnO	BDL	0,0637	BDL	BDL	0,0372	0,0444
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	BDL	BDL	0,0144	0,0010	BDL
CaO	BDL	0,1347	BDL	BDL	BDL	0,0029
Na2O	0,2052	0,1572	0,2811	0,2610	0,1814	0,2418
K2O	16,9483	17,0727	16,8168	16,9623	16,9211	16,9213
Total	99,1399	99,0449	99,6855	99,2159	98,1381	98,5705
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9710	2,9744	2,9799	2,9679	2,9758	2,9787
Ti	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,9978	0,9818	1,0004	0,9969	0,9751	0,9825
Fe3+	0,0046	0,0034	-	0,0031	0,0133	0,0027
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	-	0,0025	-	-	0,0015	0,0018
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	-	-	-	0,0010	0,0001	-
Ca	-	0,0067	-	-	-	0,0001
Na	0,0185	0,0142	0,0253	0,0236	0,0166	0,0220
K	1,0081	1,0170	0,9944	1,0075	1,0177	1,0122
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	-	0,6493	-	-	-	0,0141
Ab (mol%)	1,8068	1,3711	2,4775	2,2851	1,6032	2,1253
Or (mol%)	98,1932	97,9796	97,5225	97,7149	98,3968	97,8606

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.3 BPA244-17a continu

Sample	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs rim	BPA244-17a Rhyolite Kfs core
Wt%				
SiO2	63,2150	65,9669	65,4208	65,9999
TiO2	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,0049	17,9533	17,2466	16,9094
FeO	0,0907	0,0267	0,1920	0,1435
MnO	BDL	0,0193	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	0,0151	BDL	BDL
CaO	BDL	BDL	BDL	BDL
Na2O	0,3340	0,3653	0,2477	0,2705
K2O	16,7564	16,1878	16,0576	15,8817
Total	98,4010	100,5344	99,1647	99,2050
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9669	3,0386	3,0607	3,0889
Ti	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-
Al	0,9961	0,9748	0,9511	0,9328
Fe3+	0,0036	-	-	-
Fe2+	-	0,0010	0,0075	0,0056
Mn	-	0,0008	-	-
Ni	-	-	-	-
Mg	-	0,0010	-	-
Ca	-	-	-	-
Na	0,0304	0,0326	0,0225	0,0245
K	1,0031	0,9511	0,9583	0,9481
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	-	-	-	-
Ab (mol%)	2,9403	3,3159	2,2907	2,5232
Or (mol%)	97,0597	96,6841	97,7093	97,4768

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.5 BPA255-17a

Sample	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs core	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim
Wt%						
SiO2	63,8078	63,9317	64,6735	63,5030	64,0869	64,5495
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,7859	18,0019	17,9079	17,5174	18,0963	17,9844
FeO	BDL	0,0212	0,1539	0,1380	0,0053	BDL
MnO	0,0409	0,0104	BDL	0,0233	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,0024	BDL	BDL	BDL	0,0139	0,0013
CaO	0,0048	0,0023	BDL	BDL	BDL	BDL
Na2O	0,2947	0,2732	0,2803	0,3356	0,2471	0,2802
K2O	16,5878	16,7720	16,8071	16,6238	16,7494	16,7526
Total	98,5243	99,0127	99,8227	98,1411	99,1989	99,5680
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9944	2,9846	2,9971	2,9914	2,9867	2,9978
Ti	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,9838	0,9906	0,9782	0,9727	0,9941	0,9845
Fe3+	BDL	0,0008	0,0060	0,0054	0,0002	BDL
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	0,0016	0,0004	BDL	0,0009	BDL	BDL
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,0002	BDL	BDL	BDL	0,0010	0,0001
Ca	0,0002	0,00012	BDL	BDL	BDL	BDL
Na	0,0268	0,0247	0,0252	0,0306	0,0223	0,0252
K	0,9930	0,9988	0,9935	0,9989	0,9957	0,9924
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,0237	0,0112	BDL	BDL	BDL	BDL
Ab (mol%)	2,6285	2,4155	2,4720	2,9768	2,1930	2,4790
Or (mol%)	97,3479	97,5732	97,5280	97,0232	97,8070	97,5210

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.5.1 BPA255-17a continu

Sample	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs core	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs core	BPA255-17a Rhyolite Kfs core
Wt%						
SiO2	63,7549	64,2289	64,1815	64,1989	64,6024	65,1362
TiO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	17,9545	18,3301	18,1284	17,7842	18,2768	18,4232
FeO	0,0212	0,0477	1,8484	0,0424	BDL	0,0953
MnO	BDL	BDL	0,0232	0,0209	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,0004	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0160
CaO	BDL	0,0072	BDL	BDL	0,0138	BDL
Na2O	0,2907	0,9630	0,3207	0,3740	0,2812	0,4795
K2O	16,9768	16,1873	16,6032	16,9636	17,0528	16,8450
Total	98,9985	99,7642	101,1054	99,3840	100,2270	100,9952
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9749	2,9626	2,9464	2,9838	2,9782	2,9777
Ti	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,9875	0,9966	0,9810	0,9743	0,9932	0,9928
Fe3+	0,0008	0,0018	0,0710	0,0016	BDL	0,0036
Fe2+	-	-	-	-	-	-
Mn	BDL	BDL	0,0009	0,0008	BDL	BDL
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,00003	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0011
Ca	BDL	0,0004	BDL	BDL	0,0007	BDL
Na	0,0263	0,0861	0,0285	0,0337	0,0251	0,0425
K	1,0105	0,9524	0,9723	1,0057	1,0028	0,9823
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	BDL	0,0342	BDL	BDL	0,0663	BDL
Ab (mol%)	2,5364	8,2889	2,8519	3,2421	2,4432	4,1468
Or (mol%)	97,4636	91,6769	97,1481	96,7579	97,4905	95,8532

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.5.2 BPA255-17a continu

Sample	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs core	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim	BPA255-17a Rhyolite Kfs rim
Wt%				
SiO2	65,1738	65,2574	65,0820	65,3548
TiO2	NA	NA	NA	NA
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	18,3970	18,1863	18,1111	18,4108
FeO	0,0212	BDL	0,0530	0,0317
MnO	BDL	BDL	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	BDL	0,0088	BDL	BDL
CaO	0,0155	BDL	BDL	BDL
Na2O	0,2467	0,4555	0,3956	0,2913
K2O	17,0281	16,6571	16,8146	16,9137
Total	100,8823	100,5651	100,4563	101,0023
Cations/Charges	5/16	5/16	5/16	5/16
Si	2,9871	2,9979	2,9939	2,9918
Ti	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-
Al	0,9939	0,9848	0,9821	0,9935
Fe3+	0,0008	BDL	0,0020	0,0012
Fe2+	-	-	-	-
Mn	BDL	BDL	BDL	BDL
Ni	-	-	-	-
Mg	BDL	0,0006	BDL	BDL
Ca	0,0008	BDL	BDL	BDL
Na	0,0219	0,0406	0,0353	0,0259
K	0,9955	0,9761	0,9867	0,9877
Total	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
An (mol%)	0,0747	BDL	BDL	BDL
Ab (mol%)	2,1528	3,9902	3,4522	2,5507
Or (mol%)	97,7724	96,0098	96,5478	97,4493

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1 Elements majeurs des Muscovites

1.1 BPA002-21a2

Sample	BPA002-21a2 Diorite Ms rim	BPA002-21a2 Diorite Ms rim	BPA002-21a2 Diorite Ms rim	BPA002-21a2 Diorite Ms rim	BPA002-21a2 Diorite Ms core	BPA002-21a2 Diorite Ms rim
Wt%						
SiO2	46,3725	46,6337	46,7028	46,9389	46,4981	46,9457
TiO2	1,3031	1,3036	1,2815	0,9233	0,9278	1,2430
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	33,7055	34,1724	34,2805	34,4348	34,3416	34,2063
FeO	1,3639	1,3265	1,2714	1,2662	1,2916	1,2928
MnO	BDL	0,0040	0,0151	0,0242	BDL	0,0142
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,7047	0,6950	0,6568	0,6230	0,6777	0,7297
CaO	0,0243	0,0314	0,0011	0,0237	0,0120	0,0093
Na2O	0,4361	0,3473	0,4964	0,4581	0,4283	0,6089
K2O	11,1314	10,4558	11,3937	11,4833	11,3543	11,1864
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cl	0,0074	0,0061	0,0031	BDL	BDL	0,0123
Total	97,0489	96,9758	98,1024	98,1755	97,5314	98,2486
Cations/Charges	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19
Si	2,7580	2,7797	2,7479	2,7581	2,7483	2,7568
Ti	0,0583	0,0584	0,0567	0,0408	0,0412	0,0549
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	2,3629	2,4010	2,3775	2,3850	2,3926	2,3678
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,0678	0,0661	0,0626	0,0622	0,0638	0,0635
Mn	-	0,0002	0,0008	0,0012	-	0,0007
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,0625	0,0617	0,0576	0,0546	0,0597	0,0639
Ca	0,0015	0,0020	0,0001	0,0015	0,0008	0,0006
Na	0,0503	0,0401	0,0566	0,0522	0,0491	0,0693
K	0,8445	0,7950	0,8551	0,8607	0,8561	0,8379
H	0,7934	0,7951	0,7849	0,7838	0,7885	0,7834
F	-	-	-	-	-	-
Cl	0,0007	0,0006	0,0003	-	-	0,0012
Total	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
Mg#	0,4794	0,4829	0,4794	0,4672	0,4833	0,5015
AlIV	2,3629	2,4010	2,3775	2,3850	2,3926	2,3678
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.1 BPA002-21a2 continu

Sample	BPA002-21a2 Diorite Ms rim	BPA002-21a2 Diorite Ms core	BPA002-21a2 Diorite Ms core	BPA002-21a2 Diorite Ms rim
Wt%				
SiO2	46,3560	46,6042	46,1057	46,4155
TiO2	1,3468	1,2931	1,1965	1,0575
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	34,0652	33,7654	34,2004	33,8707
FeO	1,2046	1,2207	1,2110	1,3034
MnO	0,0039	0,0523	BDL	BDL
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	0,7129	0,7645	0,6835	0,7075
CaO	0,0152	0,0000	0,0000	0,0252
Na2O	0,5514	0,4697	0,4876	0,4465
K2O	11,2753	11,2028	11,2893	11,4015
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA
Cl	BDL	0,0018	BDL	BDL
Total	97,5313	97,3745	97,1740	97,2278
Cations/Charges	7/19	7/19	7/19	7/19
Si	2,7406	2,7617	2,7343	2,7522
Ti	0,0599	0,0576	0,0534	0,0471
Cr	-	-	-	-
Al	2,3739	2,3585	2,3907	2,3673
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,0595	0,0605	0,0601	0,0646
Mn	0,0002	0,0026	-	-
Ni	-	-	-	-
Mg	0,0628	0,0675	0,0604	0,0625
Ca	0,0010	-	-	0,0016
Na	0,0632	0,0540	0,0561	0,0513
K	0,8503	0,8468	0,8540	0,8623
H	0,7886	0,7905	0,7911	0,7910
F	-	-	-	-
Cl	-	0,0002	-	-
Total	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
Mg#	0,5134	0,5275	0,5015	0,4917
AlIV	2,3739	2,3585	2,3907	2,3673
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.2 BPA120-12b

Sample	BPA120-12b Grt-granodiorite Ms core	BPA120-12b Grt-granodiorite Ms rim	BPA120-12b Grt-granodiorite Ms core
Wt%			
SiO2	53,7571	44,9886	45,1456
TiO2	1,2462	0,9779	1,0807
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	30,0862	34,2699	33,9842
FeO	1,2639	1,5886	1,3811
MnO	0,0333	BDL	0,0018
NiO	NA	NA	NA
MgO	0,4068	0,5143	0,5244
CaO	0,0825	0,0364	0,0575
Na2O	0,3260	0,3829	0,4590
K2O	9,0837	11,2623	11,1806
H2O	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA
Cl	0,0129	BDL	0,0096
Total	98,2986	96,0209	95,8245
Cations/Charges	7/19	7/19	7/19
Si	3,2021	2,6985	2,7121
Ti	0,0558	0,0441	0,0488
Cr	-	-	-
Al	2,1124	2,4230	2,4064
Fe3+	-	-	-
Fe2+	0,0630	0,0797	0,0694
Mn	0,0017	-	0,0001
Ni	-	-	-
Mg	0,0361	0,0460	0,0470
Ca	0,0053	0,0023	0,0037
Na	0,0376	0,0445	0,0535
K	0,6902	0,8617	0,8568
H	0,7946	0,8001	0,8014
F	-	-	-
Cl	0,0013	-	0,0010
Total	7,0000	7,0000	7,0000
Mg#	0,3646	0,3659	0,4036
AlIV	2,1124	2,4230	2,4064
AlVI	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3 BPA109-21a

Sample	BPA109-21a Granodiorite Ms rim	BPA109-21a Granodiorite Ms rim	BPA109-21a Granodiorite Ms core	BPA109-21a Granodiorite Ms rim	BPA109-21a Granodiorite Ms rim
Wt%					
SiO2	45,8888	46,1481	46,0921	46,3656	44,4507
TiO2	1,2922	2,0162	1,1570	0,6805	1,8945
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	34,7109	32,9544	34,3230	34,7764	32,6282
FeO	1,4402	2,1771	1,8349	1,4968	2,6721
MnO	0,0412	0,0404	BDL	0,0337	0,0413
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,3884	0,6069	0,4968	0,4868	0,7381
CaO	0,0251	0,0176	0,0140	0,0616	0,0373
Na2O	0,4541	0,4335	0,6617	0,4419	0,5111
K2O	11,4862	11,3136	11,0115	11,3262	10,8873
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA	NA
Cl	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0031
Total	97,7271	97,7078	97,5910	97,6695	95,8637
Cations/Charges	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19
Si	2,7109	2,7400	2,7255	2,7369	2,6831
Ti	0,0574	0,0900	0,0514	0,0302	0,0860
Cr	-	-	-	-	-
Al	2,4171	2,3063	2,3924	2,4197	2,3215
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,0711	0,1081	0,0907	0,0739	0,1349
Mn	0,0021	0,0020	-	0,0017	0,0021
Ni	-	-	-	-	-
Mg	0,0342	0,0537	0,0438	0,0428	0,0664
Ca	0,0016	0,0011	0,0009	0,0039	0,0024
Na	0,0520	0,0499	0,0759	0,0506	0,0598
K	0,8656	0,8568	0,8306	0,8528	0,8383
H	0,7881	0,7920	0,7888	0,7874	0,8052
F	-	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-	0,0003
Total	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
Mg#	0,3246	0,3319	0,3255	0,3670	0,3299
AlIV	2,4171	2,3063	2,3924	2,4197	2,3215
AlVI	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4 BPA003-21a

Sample	BPA003-21a Grt-diorite Ms rim	BPA003-21a Grt-diorite Ms core	BPA003-21a Grt-diorite Ms core	BPA003-21a Grt-diorite Ms rim	BPA003-21a Grt-diorite Ms core	BPA003-21a Grt-diorite Ms core
Wt%						
SiO2	45,9696	46,3066	45,7940	44,8900	45,5499	45,1472
TiO2	0,7188	1,1852	0,6640	1,0538	0,9407	0,7178
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	34,5043	33,6474	34,0670	33,7472	34,5644	33,8673
FeO	1,3743	1,3826	1,3802	1,4224	1,3459	1,3863
MnO	BDL	BDL	BDL	0,0135	0,0673	0,0017
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	0,6629	0,8034	0,6193	0,6361	0,6032	0,7219
CaO	0,0334	0,0202	0,0196	0,0683	0,0518	0,0203
Na2O	0,2948	0,3153	0,3034	0,3706	0,3551	0,3116
K2O	10,0228	10,1463	10,1601	10,0116	10,0441	10,1033
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cl	0,0006	0,0039	BDL	0,0057	0,0086	BDL
Total	95,5815	95,8109	95,0076	94,2192	95,5310	94,2774
Cations/Charges	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19
Si	2,7728	2,7911	2,7769	2,7438	2,7489	2,7553
Ti	0,0326	0,0537	0,0303	0,0484	0,0427	0,0329
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	2,4532	2,3906	2,4351	2,4314	2,4588	2,4364
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,0693	0,0697	0,0700	0,0727	0,0679	0,0707
Mn	-	-	-	0,0007	0,0034	0,0001
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	0,0596	0,0722	0,0560	0,0579	0,0543	0,0657
Ca	0,0022	0,0013	0,0013	0,0045	0,0033	0,0013
Na	0,0345	0,0368	0,0357	0,0439	0,0415	0,0369
K	0,7712	0,7801	0,7859	0,7806	0,7732	0,7865
H	0,8046	0,8041	0,8089	0,8154	0,8050	0,8141
F	-	-	-	-	-	-
Cl	0,0001	0,0004	-	0,0006	0,0009	-
Total	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
Mg#	0,4623	0,5088	0,4444	0,4436	0,4441	0,4814
AlIV	2,4532	2,3906	2,4351	2,4314	2,4588	2,4364
AlVI	-	-	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.5 BPA027-21a

Sample	BPA027-21a Granite Ms rim	BPA027-21a Granite Ms rim	BPA027-21a Granite Ms core	BPA027-21a Granite Ms rim
Wt%				
SiO2	47,3900	46,7400	46,4800	47,3500
TiO2	0,5600	BDL	0,5200	0,0200
Cr2O3	0,0100	BDL	BDL	BDL
Al2O3	35,0600	37,2100	34,8900	34,7400
FeO	1,7300	1,4100	2,1500	2,4900
MnO	BDL	BDL	0,0100	BDL
NiO	0,0100	0,0400	0,0900	BDL
MgO	1,0300	0,3000	1,1400	1,0900
CaO	BDL	BDL	BDL	BDL
Na2O	0,3900	0,2900	0,3400	0,3100
K2O	10,3700	10,5100	10,8500	10,5300
H2O	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
F	NA	NA	NA	NA
Cl	BDL	BDL	0,0100	BDL
Total	98,5500	98,5000	98,4800	98,5300
Cations/Charges	7/19	7/20	7/21	7/22
Si	2,7769	2,7364	2,7243	2,7761
Ti	0,0247	-	0,0229	0,0009
Cr	0,0005	-	-	-
Al	2,4216	2,5678	2,4105	2,4008
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,0848	0,0690	0,1054	0,1221
Mn	-	-	0,0005	-
Ni	0,0005	0,0019	0,0042	-
Mg	0,0900	0,0262	0,0996	0,0952
Ca	-	-	-	-
Na	0,0443	0,0329	0,0386	0,0352
K	0,7751	0,7849	0,8112	0,7875
H	0,7817	0,7810	0,7819	0,7821
F	-	-	-	-
Cl	-	-	0,0010	-
Total	7,0000	7,0000	7,0000	7,0000
Mg#	0,5149	0,2750	0,4859	0,4383
AlIV	2,4216	2,5678	2,4105	2,4008
AlVI	-	-	-	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1 Elements majeurs des olivines

1.1 BPA261-21b

Sample	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	38,3755	38,3054	38,5888	38,7076	38,1543	38,6100
TiO2	BDL	0,0315	0,0084	BDL	0,0091	BDL
Cr2O3	0,0275	BDL	0,0114	0,0596	BDL	BDL
Al2O3	0,0310	0,0192	0,0168	0,0041	BDL	BDL
FeO	21,9873	22,2758	23,0370	22,2893	22,5174	22,2200
MnO	0,3299	0,2788	0,3493	0,3066	0,2743	0,3400
NiO	0,0873	BDL	0,0974	0,0607	BDL	0,1600
MgO	39,0107	39,3520	39,5332	39,1009	39,2649	40,2200
CaO	0,0289	0,0136	0,0177	0,0360	0,0324	0,0300
Na2O	BDL	BDL	0,0105	BDL	0,0127	0,0300
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	99,8781	100,2763	101,6705	100,5648	100,2651	101,6100
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9981	0,9917	0,9876	1,0009	0,9884	0,9846
Ti	-	0,0006	0,0002	-	0,0002	-
Cr	0,0006	-	0,0002	0,0012	-	-
Al	0,0010	0,0006	0,0005	0,0001	-	-
Fe3+	0,0022	0,0148	0,0243	-	0,0234	0,0323
Fe2+	0,4760	0,4674	0,4687	0,4819	0,4643	0,4415
Mn	0,0073	0,0061	0,0076	0,0067	0,0060	0,0073
Ni	0,0018	-	0,0020	0,0013	-	0,0033
Mg	1,5123	1,5184	1,5080	1,5069	1,5161	1,5287
Ca	0,0008	0,0004	0,0005	0,0010	0,0009	0,0008
Na	-	-	0,0005	-	0,0006	0,0015
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	75,9758	75,8967	75,3621	75,7683	75,6581	76,3389
Fa (mol%)	24,0242	24,1033	24,6379	24,2317	24,3419	23,6611

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.1 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	38,8000	38,9600	38,7900	38,8400	38,7600	38,6300
TiO2	0,0300	0,0100	0,0200	BDL	0,0400	0,0100
Cr2O3	BDL	0,0200	BDL	BDL	0,0100	0,0800
Al2O3	BDL	0,0100	BDL	0,0200	BDL	BDL
FeO	22,5700	23,2500	22,6400	21,7800	22,4200	22,6700
MnO	0,2400	0,4000	0,3400	0,4300	0,1700	0,3800
NiO	0,1300	0,0200	BDL	0,1500	0,0500	0,0600
MgO	39,7700	39,3400	39,8700	39,9700	40,1600	40,2100
CaO	0,0200	0,0500	0,0300	0,0400	0,0400	BDL
Na2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL	0,0100	BDL	0,0100
Total	101,5600	102,0600	101,6900	101,2400	101,6500	102,0500
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9923	0,9949	0,9905	0,9943	0,9885	0,9824
Ti	0,0006	0,0002	0,0004	-	0,0008	0,0002
Cr	-	0,0004	-	-	0,0002	0,0016
Al	-	0,0003	-	0,0006	-	-
Fe3+	0,0142	0,0091	0,0181	0,0111	0,0212	0,0336
Fe2+	0,4685	0,4874	0,4653	0,4551	0,4569	0,4484
Mn	0,0052	0,0087	0,0074	0,0093	0,0037	0,0082
Ni	0,0027	0,0004	-	0,0031	0,0010	0,0012
Mg	1,5160	1,4973	1,5175	1,5251	1,5266	1,5240
Ca	0,0005	0,0014	0,0008	0,0011	0,0011	-
Na	-	-	-	-	-	-
K	-	-	-	0,0003	-	0,0003
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	75,8500	75,0993	75,8393	76,5867	76,1496	75,9703
Fa (mol%)	24,1500	24,9007	24,1607	23,4133	23,8504	24,0297

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.2 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	38,4600	38,6700	37,9500	38,1000	38,3400	38,4400
TiO2	0,0200	BDL	BDL	0,0400	BDL	BDL
Cr2O3	BDL	BDL	0,0200	0,0300	BDL	BDL
Al2O3	0,0100	0,0300	0,0100	0,0800	BDL	0,0100
FeO	22,0400	21,4800	22,9400	22,1900	22,0600	22,5400
MnO	0,3600	0,3100	0,3700	0,2600	0,3500	0,3400
NiO	0,1500	0,0600	0,1300	0,1300	0,1000	0,0300
MgO	40,6300	41,0700	39,8200	40,2100	40,5800	40,3600
CaO	BDL	BDL	0,0600	BDL	BDL	0,0200
Na2O	0,0100	0,0300	BDL	0,0100	0,0200	BDL
K2O	BDL	BDL	0,0100	BDL	0,0200	BDL
Total	101,6800	101,6500	101,3100	101,0500	101,4700	101,7400
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9785	0,9811	0,9730	0,9763	0,9771	0,9791
Ti	0,0004	-	-	0,0008	-	-
Cr	-	-	0,0004	0,0006	-	-
Al	0,0003	0,0009	0,0003	0,0024	-	0,0003
Fe3+	0,0425	0,0384	0,0535	0,0434	0,0473	0,0416
Fe2+	0,4264	0,4172	0,4383	0,4321	0,4228	0,4384
Mn	0,0078	0,0067	0,0080	0,0056	0,0076	0,0073
Ni	0,0031	0,0012	0,0027	0,0027	0,0020	0,0006
Mg	1,5407	1,5530	1,5217	1,5357	1,5415	1,5321
Ca	-	-	0,0016	-	-	0,0005
Na	0,0005	0,0015	-	0,0005	0,0010	-
K	-	-	0,0003	-	0,0007	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	76,6675	77,3142	75,5741	76,3588	76,6292	76,1429
Fa (mol%)	23,3325	22,6858	24,4259	23,6412	23,3708	23,8571

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.3 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol core	BPA261-21b Troctolite Ol rim	BPA261-21b Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	38,1000	38,6800	38,7500	38,4500	38,8800	38,6300
TiO2	0,0000	0,0300	BDL	BDL	0,0100	BDL
Cr2O3	BDL	BDL	0,0300	BDL	BDL	BDL
Al2O3	0,0100	BDL	BDL	0,0300	0,0100	BDL
FeO	21,8400	21,8200	21,5900	22,1000	21,1300	21,8900
MnO	0,3700	0,1100	0,3400	0,2500	0,3200	0,2800
NiO	0,0300	BDL	0,1800	0,0600	0,1800	0,1600
MgO	40,2600	40,1300	40,3100	40,7500	40,5700	40,4800
CaO	BDL	BDL	BDL	0,0100	0,0300	0,0100
Na2O	0,0300	0,0300	BDL	0,0100	0,0200	BDL
K2O	BDL	0,0200	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	100,6400	100,8200	101,2000	101,6600	101,1500	101,4500
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9788	0,9923	0,9907	0,9776	0,9925	0,9851
Ti	-	0,0006	-	-	0,0002	-
Cr	-	-	0,0006	-	-	-
Al	0,0003	-	-	0,0009	0,0003	-
Fe3+	0,0436	0,0163	0,0180	0,0444	0,0153	0,0298
Fe2+	0,4256	0,4518	0,4436	0,4255	0,4357	0,4369
Mn	0,0081	0,0024	0,0074	0,0054	0,0069	0,0060
Ni	0,0006	-	0,0037	0,0012	0,0037	0,0033
Mg	1,5416	1,5345	1,5361	1,5442	1,5436	1,5385
Ca	-	-	-	0,0003	0,0008	0,0003
Na	0,0015	0,0015	-	0,0005	0,0010	-
K	-	0,0007	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	76,6669	76,6254	76,8943	76,6716	77,3874	76,7234
Fa (mol%)	23,3331	23,3746	23,1057	23,3284	22,6126	23,2766

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.1.4 BPA261-21b continu

Sample	BPA261-21b Troctolite Ol core
Wt%	
SiO2	38,6000
TiO2	0,0300
Cr2O3	BDL
Al2O3	BDL
FeO	22,7900
MnO	0,2500
NiO	0,1900
MgO	39,7400
CaO	0,0200
Na2O	BDL
K2O	BDL
Total	101,6200
Cations/Charges	3/8
Si	0,9872
Ti	0,0006
Cr	-
Al	-
Fe3+	0,0243
Fe2+	0,4631
Mn	0,0054
Ni	0,0039
Mg	1,5149
Ca	0,0005
Na	-
K	-
Total	3,0000
Fo (mol%)	75,6580
Fa (mol%)	24,3420

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.2 BPA021-21a2

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Ol core	BPA021-21a2 Troctolite Ol rim	BPA021-21a2 Troctolite Ol core	BPA021-21a2 Troctolite Ol rim	BPA021-21a2 Troctolite Ol rim	BPA021-21a2 Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	37,4242	37,3784	37,0284	37,2015	37,0526	37,1805
TiO2	0,0038	0,0105	BDL	BDL	BDL	BDL
Cr2O3	0,0184	0,0161	0,0224	BDL	0,0089	0,0201
Al2O3	0,0043	0,0122	0,0094	0,0073	BDL	0,0212
FeO	28,6487	28,6614	30,3751	30,6623	30,8590	31,6024
MnO	0,3687	0,3442	0,2794	0,2697	0,3283	0,3963
NiO	BDL	BDL	0,1183	BDL	0,0349	0,1467
MgO	32,4156	32,4423	32,7888	33,0997	33,1133	32,8819
CaO	0,0141	0,0063	0,0141	0,0123	0,0235	0,0363
Na2O	BDL	0,0010	BDL	BDL	BDL	0,0047
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	98,8978	98,8724	100,6359	101,2528	101,4205	102,2901
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	1,0203	1,0191	0,9947	0,9927	0,9876	0,9857
Ti	0,0001	0,0002	-	-	-	-
Cr	0,0004	0,0003	0,0005	-	0,0002	0,0004
Al	0,0001	0,0004	0,0003	0,0002	-	0,0007
Fe3+	-	-	0,0098	0,0144	0,0245	0,0277
Fe2+	0,6531	0,6534	0,6726	0,6698	0,6633	0,6729
Mn	0,0085	0,0079	0,0064	0,0061	0,0074	0,0089
Ni	-	-	0,0026	-	0,0007	0,0031
Mg	1,3171	1,3183	1,3128	1,3164	1,3155	1,2993
Ca	0,0004	0,0002	0,0004	0,0004	0,0007	0,0010
Na	-	0,0001	-	-	-	0,0002
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	66,8523	66,8607	65,8011	65,8017	65,6670	64,9689
Fa (mol%)	33,1477	33,1393	34,1989	34,1983	34,3330	35,0311

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.2.1 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Ol core	BPA021-21a2 Troctolite Ol rim	BPA021-21a2 Troctolite Ol rim
Wt%			
SiO2	36,9897	37,0982	36,6427
TiO2	BDL	0,0104	BDL
Cr2O3	0,0067	BDL	0,0245
Al2O3	BDL	BDL	0,0138
FeO	30,3330	30,7090	30,1570
MnO	0,3452	0,3506	0,3309
NiO	0,1126	0,1052	0,0998
MgO	33,1071	32,5005	32,6100
CaO	0,0252	0,0345	0,0351
Na2O	BDL	0,0288	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL
Total	100,9195	100,8372	99,9138
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8
Si	0,9898	0,9964	0,9913
Ti	-	0,0002	-
Cr	0,0001	-	0,0005
Al	-	-	0,0004
Fe3+	0,0203	0,0083	0,0165
Fe2+	0,6584	0,6813	0,6657
Mn	0,0078	0,0080	0,0076
Ni	0,0024	0,0023	0,0022
Mg	1,3204	1,3010	1,3148
Ca	0,0007	0,0010	0,0010
Na	-	0,0015	-
K	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	66,0493	65,3550	65,8402
Fa (mol%)	33,9507	34,6450	34,1598

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3 BPA260-21a1

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	38,8025	38,4461	38,6204	38,5225	38,4857	38,7077
TiO2	0,0234	0,0092	BDL	0,0053	0,0134	0,0219
Cr2O3	BDL	BDL	0,0129	BDL	BDL	BDL
Al2O3	0,0074	BDL	0,0218	0,0010	0,0138	0,0033
FeO	26,0534	25,8484	25,4714	25,4761	25,9566	25,4377
MnO	0,3684	0,3601	0,3236	0,3536	0,3396	0,3477
NiO	BDL	BDL	BDL	0,0198	BDL	BDL
MgO	37,2716	37,2756	37,1172	37,1660	36,9939	37,3280
CaO	0,0164	0,0079	0,0367	0,0207	0,0332	0,0178
Na2O	BDL	BDL	0,0089	BDL	BDL	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	102,5431	101,9473	101,6129	101,5650	101,8362	101,8641
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9992	0,9948	1,0022	1,0000	0,9981	1,0015
Ti	0,0005	0,0002	-	0,0001	0,0003	0,0004
Cr	-	-	0,0003	-	-	-
Al	0,0002	-	0,0007	0,0000	0,0004	0,0001
Fe3+	0,0004	0,0100	-	-	0,0029	-
Fe2+	0,5606	0,5493	0,5527	0,5530	0,5600	0,5504
Mn	0,0080	0,0079	0,0071	0,0078	0,0075	0,0076
Ni	-	-	-	0,0004	-	-
Mg	1,4306	1,4376	1,4356	1,4380	1,4299	1,4395
Ca	0,0005	0,0002	0,0010	0,0006	0,0009	0,0005
Na	-	-	0,0004	-	-	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	71,8304	71,9921	72,2020	72,2247	71,7543	72,3421
Fa (mol%)	28,1696	28,0079	27,7980	27,7753	28,2457	27,6579

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3.1 BPA260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	38,5548	38,5157	38,6079	37,4988	38,3099	38,0900
TiO2	BDL	0,0081	0,0212	0,0371	0,0099	0,0247
Cr2O3	BDL	BDL	0,0094	BDL	0,0327	BDL
Al2O3	0,0095	0,0113	0,0252	0,0385	0,0076	BDL
FeO	26,1983	25,3508	25,9164	26,1429	26,7738	25,9081
MnO	0,3636	0,3837	0,3482	0,3570	0,3802	0,3894
NiO	BDL	BDL	0,0164	0,0086	BDL	0,0433
MgO	37,0065	36,9582	37,2785	37,0443	36,7689	36,7578
CaO	0,0280	0,0248	0,0359	0,0466	0,0434	0,0154
Na2O	0,0051	BDL	BDL	0,0189	0,0247	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	102,1658	101,2526	102,2591	101,1927	102,3511	101,2287
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9973	1,0033	0,9964	0,9779	0,9911	0,9942
Ti	-	0,0002	0,0004	0,0007	0,0002	0,0005
Cr	-	-	0,0002	-	0,0007	-
Al	0,0003	0,0003	0,0008	0,0012	0,0002	-
Fe3+	0,0054	-	0,0054	0,0426	0,0177	0,0107
Fe2+	0,5613	0,5522	0,5539	0,5275	0,5615	0,5548
Mn	0,0080	0,0085	0,0076	0,0079	0,0083	0,0086
Ni	-	-	0,0003	0,0002	-	0,0009
Mg	1,4267	1,4349	1,4340	1,4398	1,4178	1,4299
Ca	0,0008	0,0007	0,0010	0,0013	0,0012	0,0004
Na	0,0003	-	-	0,0010	0,0012	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	71,5730	72,2111	71,9407	71,6368	70,9964	71,6624
Fa (mol%)	28,4270	27,7889	28,0593	28,3632	29,0036	28,3376

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3.2 BPA260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	37,6699	38,8018	38,6771	38,5071	38,5256	38,6288
TiO2	0,0063	0,0198	0,0057	BDL	0,0162	BDL
Cr2O3	0,0152	BDL	BDL	0,0093	BDL	BDL
Al2O3	0,0222	BDL	0,0142	0,0445	0,0309	BDL
FeO	25,6585	24,9602	25,8956	25,7324	25,7283	26,1086
MnO	0,3593	0,3221	0,3687	0,3397	0,3548	0,3666
NiO	BDL	BDL	0,0014	0,0102	0,0305	0,0139
MgO	36,5707	37,1861	37,0420	33,4399	36,9761	36,6536
CaO	0,0463	0,0146	0,0157	0,0609	0,0318	0,0239
Na2O	0,0230	0,0174	0,0201	0,0298	BDL	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	100,3714	101,3220	102,0405	98,1738	101,6942	101,7954
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9907	1,0084	1,0009	1,0469	1,0002	1,0039
Ti	0,0001	0,0004	0,0001	-	0,0003	-
Cr	0,0003	-	-	0,0002	-	-
Al	0,0007	-	0,0004	0,0014	0,0009	-
Fe3+	0,0186	-	-	-	-	-
Fe2+	0,5457	0,5424	0,5603	0,5850	0,5585	0,5674
Mn	0,0080	0,0071	0,0081	0,0078	0,0078	0,0081
Ni	-	-	0,00003	0,0002	0,0006	0,0003
Mg	1,4335	1,4404	1,4287	1,3551	1,4307	1,4197
Ca	0,0013	0,0004	0,0004	0,0018	0,0009	0,0007
Na	0,0012	0,0009	0,0010	0,0016	-	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	71,7553	72,6440	71,8283	69,8461	71,9233	71,4477
Fa (mol%)	28,2447	27,3560	28,1717	30,1539	28,0767	28,5523

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3.3 BPA260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	38,3600	37,9400	38,1100	37,5100	38,0500	38,0600
TiO2	0,0300	0,0200	BDL	0,0400	BDL	BDL
Cr2O3	0,0100	BDL	BDL	BDL	0,0200	BDL
Al2O3	0,0300	0,0100	BDL	BDL	BDL	BDL
FeO	26,0000	25,6100	25,4300	25,9000	26,0900	25,5100
MnO	0,4600	0,3100	0,4100	0,4900	0,4200	0,4200
NiO	0,0800	0,0500	BDL	0,1300	0,1000	0,1500
MgO	37,3400	37,4500	37,3000	37,6800	37,1800	37,6200
CaO	0,0200	BDL	0,0100	0,0100	0,0100	0,0200
Na2O	0,0200	BDL	0,0200	0,0100	0,0200	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0100
Total	102,3500	101,3900	101,2800	101,7700	101,8900	101,7900
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9892	0,9854	0,9910	0,9709	0,9859	0,9845
Ti	0,0006	0,0004	-	0,0008	-	-
Cr	0,0002	-	-	-	0,0004	-
Al	0,0009	0,0003	-	-	-	-
Fe3+	0,0203	0,0280	0,0189	0,0572	0,0288	0,0312
Fe2+	0,5404	0,5282	0,5340	0,5033	0,5365	0,5206
Mn	0,0100	0,0068	0,0090	0,0107	0,0092	0,0092
Ni	0,0017	0,0010	-	0,0027	0,0021	0,0031
Mg	1,4352	1,4498	1,4457	1,4536	1,4358	1,4504
Ca	0,0006	-	0,0003	0,0003	0,0003	0,0006
Na	0,0010	-	0,0010	0,0005	0,0010	-
K	-	-	-	-	-	0,0003
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	71,9089	72,2722	72,3331	72,1691	71,7521	72,4411
Fa (mol%)	28,0911	27,7278	27,6669	27,8309	28,2479	27,5589

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3.4 BPA260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Ol core	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	38,3400	38,1400	37,9800	38,1800	38,3700	37,9700
TiO2	BDL	BDL	BDL	0,0100	BDL	0,0200
Cr2O3	BDL	0,0100	0,0500	BDL	BDL	BDL
Al2O3	BDL	BDL	BDL	0,0200	0,0300	0,0200
FeO	26,2500	26,0100	25,7700	25,6000	26,5200	25,1700
MnO	0,2900	0,4100	0,5100	0,3600	0,2900	0,3800
NiO	0,0600	0,1000	0,1500	0,0700	0,0300	0,1300
MgO	37,5900	36,7400	37,4000	36,8300	37,3800	37,3700
CaO	BDL	0,0700	BDL	0,0500	BDL	BDL
Na2O	BDL	BDL	BDL	0,0300	BDL	BDL
K2O	BDL	0,0100	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	102,5300	101,4900	101,8600	101,1500	102,6200	101,0600
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9864	0,9935	0,9834	0,9961	0,9875	0,9890
Ti	-	-	-	0,0002	-	0,0004
Cr	-	0,0002	0,0010	-	-	-
Al	-	-	-	0,0006	0,0009	0,0006
Fe3+	0,0273	0,0132	0,0322	0,0082	0,0240	0,0207
Fe2+	0,5374	0,5533	0,5258	0,5503	0,5467	0,5275
Mn	0,0063	0,0090	0,0112	0,0080	0,0063	0,0084
Ni	0,0012	0,0021	0,0031	0,0015	0,0006	0,0027
Mg	1,4414	1,4264	1,4433	1,4322	1,4339	1,4507
Ca	-	0,0020	-	0,0014	-	-
Na	-	-	-	0,0015	-	-
K	-	0,0003	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	71,8504	71,5727	72,1204	71,9443	71,5290	72,5756
Fa (mol%)	28,1496	28,4273	27,8796	28,0557	28,4710	27,4244

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.3.5 BPA260-21a1 continu

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Ol rim
Wt%	
SiO2	37,9800
TiO2	BDL
Cr2O3	BDL
Al2O3	0,0400
FeO	26,0200
MnO	0,2800
NiO	0,0100
MgO	37,1400
CaO	BDL
Na2O	BDL
K2O	BDL
Total	101,4700
Cations/Charges	3/8
Si	0,9875
Ti	-
Cr	-
Al	0,0012
Fe3+	0,0238
Fe2+	0,5419
Mn	0,0062
Ni	0,0002
Mg	1,4392
Ca	-
Na	-
K	-
Total	3,0000
Fo (mol%)	71,7848
Fa (mol%)	28,2152

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4 BPA260-21g

Sample	BPA260-21g Troctolite Ol core	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol core	BPA260-21g Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	37,3617	37,3069	37,3335	37,1072	37,1874	37,3583
TiO2	BDL	0,0014	0,0103	0,0011	BDL	0,0096
Cr2O3	0,0185	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0265
Al2O3	0,0179	0,0145	0,0091	0,0060	BDL	BDL
FeO	24,9654	24,9544	25,0692	25,1947	25,0431	24,0983
MnO 0,2900	0,3633	0,3274	0,2835	0,3550	0,3128	
NiO	0,0903	0,0725	0,0793	0,0504	0,0326	0,1016
MgO	37,5328	37,3522	37,4170	37,5151	37,9782	37,6256
CaO	0,0231	0,0132	0,0221	0,0125	0,0167	0,0051
Na2O	BDL	0,0063	BDL	0,0076	BDL	0,0084
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	100,2997	100,0847	100,2679	100,1781	100,6130	99,5462
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9784	0,9796	0,9786	0,9730	0,9695	0,9832
Ti	-	0,00003	0,0002	0,00002	-	0,0002
Cr	0,0004	-	-	-	-	0,0006
Al	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	-	-
Fe3+	0,0422	0,0407	0,0421	0,0541	0,0611	0,0330
Fe2+	0,5045	0,5072	0,5074	0,4984	0,4848	0,4973
Mn	0,0064	0,0081	0,0073	0,0063	0,0078	0,0070
Ni	0,0019	0,0015	0,0017	0,0011	0,0007	0,0022
Mg	1,4650	1,4618	1,4618	1,4662	1,4756	1,4760
Ca	0,0006	0,0004	0,0006	0,0004	0,0005	0,0001
Na	-	0,0003	-	0,0004	-	0,0004
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	72,8239	72,7371	72,6804	72,6332	72,9955	73,5659
Fa (mol%)	27,1761	27,2629	27,3196	27,3668	27,0045	26,4341

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.1 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol core	BPA260-21g Troctolite Ol rim
Wt%						
SiO2	37,3210	37,4772	37,4016	37,2906	37,4807	37,0523
TiO2	0,0205	0,0142	0,0078	0,0163	0,0039	BDL
Cr2O3	0,0276	BDL	BDL	0,0173	BDL	0,0116
Al2O3	0,0116	0,0222	0,0066	BDL	0,0010	0,0304
FeO	24,3823	24,5872	24,3156	24,7981	25,0760	25,0335
MnO	0,3624	0,2915	0,3134	0,3176	0,3577	0,3760
NiO	0,0884	0,0768	0,1388	0,0701	0,0416	0,1041
MgO	37,7245	37,9244	37,8948	37,8583	37,8767	37,5579
CaO	0,0277	0,0063	0,0114	0,0138	0,0066	0,0234
Na2O	0,0203	0,0137	BDL	BDL	BDL	0,0180
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	99,9863	100,4135	100,0900	100,3821	100,8442	100,2072
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9784	0,9782	0,9790	0,9743	0,9756	0,9711
Ti	0,0004	0,0003	0,0002	0,0003	0,0001	-
Cr	0,0006	-	-	0,0004	-	0,0002
Al	0,0004	0,0007	0,0002	-	0,00003	0,0009
Fe3+	0,0425	0,0431	0,0416	0,0503	0,0485	0,0576
Fe2+	0,4920	0,4935	0,4906	0,4915	0,4973	0,4910
Mn	0,0080	0,0064	0,0069	0,0070	0,0079	0,0083
Ni	0,0019	0,0016	0,0029	0,0015	0,0009	0,0022
Mg	1,4740	1,4753	1,4783	1,4743	1,4695	1,4671
Ca	0,0008	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002	0,0007
Na	0,0010	0,0007	-	-	-	0,0009
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	73,3887	73,3284	73,5299	73,1268	72,9168	72,7832
Fa (mol%)	26,6113	26,6716	26,4701	26,8732	27,0832	27,2168

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.2 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol core	BPA260-21g Troctolite Ol core	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	37,5411	37,3187	37,9599	37,9094	37,3871	37,2353
TiO2	0,0025	0,0359	0,0150	0,0185	BDL	BDL
Cr2O3	BDL	BDL	BDL	0,0128	0,0058	0,0069
Al2O3	0,0025	0,0008	0,0267	0,0115	0,0284	0,0152
FeO	25,5057	25,4125	25,6964	25,3817	25,7289	25,0739
MnO	0,3058	0,2697	0,3079	0,3104	0,3002	0,3126
NiO	0,0490	0,0846	0,0537	0,0342	0,0789	0,0548
MgO	37,3100	36,9932	37,4755	37,1019	37,5476	38,2033
CaO	0,0096	0,0177	0,0060	0,0289	0,0222	0,0666
Na2O	0,0191	BDL	BDL	BDL	0,0174	0,0145
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	100,7453	100,1331	101,5411	100,8093	101,1165	100,9831
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9808	0,9817	0,9846	0,9907	0,9730	0,9665
Ti	0,00005	0,0007	0,0003	0,0004	-	-
Cr	-	-	-	0,0003	0,0001	0,0001
Al	0,0001	0,00002	0,0008	0,0004	0,0009	0,0005
Fe3+	0,0392	0,0352	0,0293	0,0172	0,0539	0,0671
Fe2+	0,5180	0,5237	0,5280	0,5375	0,5059	0,4772
Mn	0,0068	0,0060	0,0068	0,0069	0,0066	0,0069
Ni	0,0010	0,0018	0,0011	0,0007	0,0017	0,0011
Mg	1,4528	1,4503	1,4488	1,4452	1,4564	1,4780
Ca	0,0003	0,0005	0,0002	0,0008	0,0006	0,0019
Na	0,0010	-	-	-	0,0009	0,0007
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	72,2789	72,1813	72,2183	72,2645	72,2315	73,0877
Fa (mol%)	27,7211	27,8187	27,7817	27,7355	27,7685	26,9123

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.3 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol core
Wt%						
SiO2	37,3847	38,2376	38,2678	38,3543	38,0830	38,0138
TiO2	0,0021	0,0082	0,0234	0,0284	0,0174	0,0444
Cr2O3	BDL	BDL	BDL	0,0219	BDL	BDL
Al2O3	0,0236	BDL	BDL	0,0193	0,0066	0,0031
FeO	24,8456	25,9774	26,1068	26,1127	25,7203	25,7852
MnO	0,3165	0,3330	0,2724	0,3513	0,3282	0,2886
NiO	0,0588	0,0940	0,0974	0,0761	0,0914	0,0179
MgO	38,0619	37,1774	37,3842	36,6201	37,2759	36,9628
CaO	0,0087	0,0306	0,0171	0,0465	BDL	0,0228
Na2O	0,0089	BDL	BDL	0,0186	0,0109	BDL
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	100,7108	101,8582	102,1691	101,6492	101,5337	101,1386
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9730	0,9909	0,9883	0,9982	0,9888	0,9918
Ti	0,00004	0,0002	0,0005	0,0006	0,0003	0,0009
Cr	-	-	-	0,0005	-	-
Al	0,0007	-	-	0,0006	0,0002	0,0001
Fe3+	0,0536	0,0179	0,0225	0,0025	0,0220	0,0146
Fe2+	0,4872	0,5450	0,5413	0,5658	0,5364	0,5479
Mn	0,0070	0,0073	0,0060	0,0077	0,0072	0,0064
Ni	0,0012	0,0020	0,0020	0,0016	0,0019	0,0004
Mg	1,4765	1,4359	1,4390	1,4204	1,4425	1,4373
Ca	0,0002	0,0008	0,0005	0,0013	-	0,0006
Na	0,0004	-	-	0,0009	0,0005	-
K	-	-	-	-	-	-
Total	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Fo (mol%)	73,1945	71,8383	71,8500	71,4258	72,0924	71,8714
Fa (mol%)	26,8055	28,1617	28,1500	28,5742	27,9076	28,1286

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1.4.4 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol core	BPA260-21g Troctolite Ol rim	BPA260-21g Troctolite Ol rim
Wt%					
SiO2	38,2127	38,2783	37,9877	37,8547	37,8640
TiO2	0,0004	0,0163	BDL	0,0011	0,0308
Cr2O3	0,0035	0,0265	BDL	0,0184	0,0115
Al2O3	0,0023	0,0097	0,0033	0,0012	0,0182
FeO	25,4863	25,6970	26,1057	26,0522	25,6161
MnO	0,4106	0,3100	0,3196	0,3137	0,3104
NiO	0,0852	0,1347	0,0712	0,0750	0,0591
MgO	37,3979	36,9210	36,9824	37,6723	37,1140
CaO	0,0225	0,0177	BDL	0,0257	0,0161
Na2O	BDL	0,0012	BDL	BDL	0,0083
K2O	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	101,6214	101,4124	101,4699	102,0143	101,0485
Cations/Charges	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Si	0,9907	0,9966	0,9887	0,9777	0,9878
Ti	0,00001	0,0003	-	0,00002	0,0006
Cr	0,0001	0,0005	-	0,0004	0,0002
Al	0,0001	0,0003	0,0001	0,00004	0,0006
Fe3+	0,0184	0,0055	0,0226	0,0442	0,0229
Fe2+	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Mn	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Ni	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Mg	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Ca	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Na	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
K	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Total	0,5342	0,5540	0,5456	0,5184	0,5359
Fo (mol%)	72,3413	71,9178	71,6318	72,0472	72,0865
Fa (mol%)	27,6587	28,0822	28,3682	27,9528	27,9135

NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

1 Analyses in-situ Orthopyroxenes

1.1 BPA0261-21b

Sample		BPA0261-21b Troctolite Opx rim	BPA0261-21b Troctolite Opx rim	BPA0261-21b Troctolite Opx rim	BPA0261-21b Troctolite Opx rim	BPA0261-21b Troctolite Opx rim
Li	ppm	0,9655	2,1264	40,1231	1,0614	2,7152
B	ppm	1,6537	4,2181	55,2216	1,7519	4,0674
Al2O3	wt%	1,3444	1,7303	0,7477	1,5576	2,1983
CaO	wt%	0,5400	0,5400	0,5400	0,5400	0,5400
Sc	ppm	15,0804	17,5270	45,3212	17,2617	24,2796
TiO2	wt%	0,1995	0,1082	0,1528	0,1846	0,1706
V	ppm	67,9344	67,0890	105,2651	79,8700	91,7846
Cr	ppm	57,9771	53,4824	63,6535	58,9459	63,1951
Co	ppm	35,6123	92,8029	2167,9587	48,8332	125,1425
Ni	ppm	54,5857	179,9993	5546,1351	76,9382	241,1551
Zn	ppm	57,1161	124,8563	1480,3513	76,4843	152,0899
Rb	ppm	0,0374	0,0925	0,7279	0,0815	0,1176
Sr	ppm	0,4501	0,5638	1,9158	0,2596	0,5615
Y	ppm	0,9748	0,5212	0,2780	1,0820	0,8534
Zr	ppm	4,8697	1,3326	1,1962	3,7642	2,4602
Nb	ppm	0,0104	0,0029	0,1001	0,0044	0,0018
Ba	ppm	0,0514	0,0825	0,4248	0,0505	0,1553
La	ppm	0,0131	0,0235	0,0519	0,0081	0,0571
Ce	ppm	0,0374	0,0546	0,1670	0,0234	0,1113
Pr	ppm	0,0056	0,0069	0,0150	0,0045	0,0134
Nd	ppm	0,0511	0,0303	0,0497	0,0364	0,0583
Sm	ppm	0,0347	0,0112	0,0194	0,0314	0,0205
Eu	ppm	0,0138	0,0173	0,0605	0,0153	0,0239
Gd	ppm	0,0630	0,0195	0,0208	0,0666	0,0343
Tb	ppm	0,0132	0,0049	0,0081	0,0150	0,0094
Dy	ppm	0,1359	0,0501	0,0435	0,1361	0,0966
Ho	ppm	0,0364	0,0163	0,0168	0,0363	0,0317
Er	ppm	0,1521	0,0950	0,0598	0,1530	0,1338
Tm	ppm	0,0302	0,0216	0,0227	0,0319	0,0309
Yb	ppm	0,2915	0,2639	0,3774	0,3311	0,3841
Lu	ppm	0,0591	0,0556	0,1122	0,0619	0,0767
Hf	ppm	0,1866	0,0393	0,0692	0,1166	0,0747
Ta	ppm	0,0010	BDL	0,0177	0,0001	BDL
Pb	ppm	0,0329	0,0511	1,1666	0,0317	0,0401
Th	ppm	0,0025	0,0624	0,0634	0,0018	0,0103
U	ppm	0,0014	0,0074	2,0864	0,0021	0,0036
(La/Yb)N		0,0311	0,0617	0,0952	0,0169	0,1029
(La/Sm)N		0,2366	1,3151	1,6767	0,1617	1,7457
(Gd/Yb)N		0,1786	0,0611	0,0456	0,1663	0,0738
Eu/Eu*		0,1064	0,1026	0,0925	0,0956	0,1444
Zr/Y		4,9956	2,5568	4,3029	3,4789	2,8828

BDL : Sous la limite de détection

1.1.1 BPA0261-21b continu

Sample		BPA0261-21b Troctolite Opx rim	BPA0261-21b Troctolite Opx rim
Li	ppm	0,4923	0,0975
B	ppm	1,4088	0,0818
Al2O3	wt%	1,5452	0,2093
CaO	wt%	0,5400	0,5400
Sc	ppm	15,1287	2,9784
TiO2	wt%	0,1286	0,0328
V	ppm	55,9503	15,5528
Cr	ppm	57,1191	7,7071
Co	ppm	45,6651	1,2366
Ni	ppm	67,8988	3,0287
Zn	ppm	75,4272	1,3762
Rb	ppm	BDL	0,0932
Sr	ppm	0,2381	0,9208
Y	ppm	0,6804	0,8967
Zr	ppm	2,0100	2,9346
Nb	ppm	0,0014	0,0156
Ba	ppm	0,0369	0,1702
La	ppm	0,0050	0,0340
Ce	ppm	0,0146	0,1765
Pr	ppm	0,0038	0,0377
Nd	ppm	0,0287	0,2601
Sm	ppm	0,0186	0,1058
Eu	ppm	0,0125	0,0374
Gd	ppm	0,0404	0,1390
Tb	ppm	0,0079	0,0240
Dy	ppm	0,0798	0,1630
Ho	ppm	0,0234	0,0331
Er	ppm	0,1053	0,1036
Tm	ppm	0,0244	0,0142
Yb	ppm	0,2622	0,1003
Lu	ppm	0,0507	0,0144
Hf	ppm	0,0590	0,0961
Ta	ppm	0,0002	0,0018
Pb	ppm	0,0080	0,0064
Th	ppm	0,0027	0,0056
U	ppm	0,0015	0,0017
(La/Yb)N		0,0132	0,2347
(La/Sm)N		0,1685	0,2014
(Gd/Yb)N		0,1274	1,1455
Eu/Eu*		0,0897	0,2753
Zr/Y		2,9541	3,2727

BDL : Sous la limite de détection

1.2 BPA021-21a2

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Li	ppm	3,2535	4,2115	8,5465	5,3990	7,4539
B	ppm	2,0407	2,3794	6,5340	4,1307	3,3127
Al2O3	wt%	0,9762	0,8500	1,9455	2,4202	1,7160
CaO	wt%	0,5800	0,4824	1,0400	0,8300	1,7200
Sc	ppm	11,0775	13,2010	25,5793	19,6507	35,4820
TiO2	wt%	0,1672	0,1395	0,3289	0,3678	0,5254
V	ppm	20,2299	28,5915	43,5198	40,0215	94,0443
Cr	ppm	4,1109	8,2603	6,5785	5,0269	13,8280
Co	ppm	46,2404	62,8660	172,2340	116,5928	128,5225
Ni	ppm	58,3773	74,1451	229,9055	145,2415	151,2051
Zn	ppm	101,9954	148,0471	339,5006	197,1561	253,0590
Rb	ppm	0,5758	BDL	0,0358	0,0836	BDL
Sr	ppm	1,0671	0,2704	0,4091	0,1933	0,4634
Y	ppm	3,0344	1,5082	3,8002	2,6758	5,5768
Zr	ppm	8,8843	10,5621	14,6407	12,3914	11,6798
Nb	ppm	0,0525	0,0055	0,0351	0,0131	0,0636
Ba	ppm	0,9115	0,1613	0,3676	0,0710	0,0401
La	ppm	0,2660	0,0419	0,0878	0,1193	0,1733
Ce	ppm	0,7988	0,1016	0,2781	0,2141	0,5314
Pr	ppm	0,1118	0,0146	0,0375	0,0217	0,0816
Nd	ppm	0,5140	0,0787	0,1972	0,1232	0,4435
Sm	ppm	0,1576	0,0400	0,0936	0,0458	0,1789
Eu	ppm	0,0246	0,0074	0,0176	0,0139	0,0270
Gd	ppm	0,2512	0,0620	0,1712	0,1127	0,3571
Tb	ppm	0,0518	0,0163	0,0449	0,0309	0,0868
Dy	ppm	0,4392	0,1712	0,4466	0,3182	0,7795
Ho	ppm	0,1095	0,0543	0,1254	0,0933	0,2072
Er	ppm	0,4039	0,2589	0,5834	0,4228	0,8014
Tm	ppm	0,0706	0,0547	0,1197	0,0854	0,1407
Yb	ppm	0,6097	0,5408	1,2030	0,8204	1,2463
Lu	ppm	0,1008	0,0944	0,2207	0,1539	0,2264
Hf	ppm	0,2460	0,2954	0,4330	0,4960	0,2937
Ta	ppm	0,0036	0,0009	0,0017	0,0011	0,0029
Pb	ppm	0,0499	0,0289	0,0431	0,0110	0,0311
Th	ppm	0,3634	0,0955	0,0352	0,1990	0,5680
U	ppm	0,0391	0,0066	0,0251	0,0535	0,1150
(La/Yb)N		0,3021	0,0536	0,0505	0,1007	0,0963
(La/Sm)N		1,0579	0,6565	0,5879	1,6326	0,6071
(Gd/Yb)N		0,3405	0,0948	0,1176	0,1135	0,2368
Eu/Eu*		0,3755	0,4512	0,4222	0,5875	0,3244
Zr/Y		2,9279	7,0031	3,8526	4,6309	2,0944

BDL : Sous la limite de détection

1.2.1 BPA021-21a2 continu

Sample		BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core
Li	ppm	2,5820	2,4345	7,1833	3,1544
B	ppm	3,2674	2,1012	7,2437	5,0611
Al2O3	wt%	1,5119	1,7715	3,5567	1,3533
CaO	wt%	0,6500	0,6500	2,1400	0,7700
Sc	ppm	16,7748	11,6766	40,2886	15,5019
TiO2	wt%	0,1885	0,2787	0,7280	0,1942
V	ppm	48,2247	25,4572	92,1611	51,6326
Cr	ppm	16,0373	5,9273	37,5809	14,4208
Co	ppm	82,6650	65,5012	233,3702	90,9567
Ni	ppm	114,2882	78,6946	247,1833	106,4144
Zn	ppm	147,8638	104,2147	492,8775	177,9815
Rb	ppm	0,0568	BDL	BDL	0,0347
Sr	ppm	0,2265	0,1735	0,1641	0,4733
Y	ppm	1,5811	2,1012	3,9827	1,4266
Zr	ppm	7,6323	8,3466	16,7332	5,3558
Nb	ppm	0,0040	0,0461	0,0157	0,0756
Ba	ppm	0,0774	0,0300	0,0487	0,2479
La	ppm	0,0468	0,0709	0,0461	0,1712
Ce	ppm	0,3138	0,1904	0,1823	0,3713
Pr	ppm	0,0294	0,0260	0,0329	0,0441
Nd	ppm	0,1314	0,1208	0,1949	0,1899
Sm	ppm	0,0429	0,0540	0,1260	0,0556
Eu	ppm	0,0102	0,0135	0,0270	0,0124
Gd	ppm	0,0924	0,1087	0,2045	0,0896
Tb	ppm	0,0228	0,0290	0,0573	0,0201
Dy	ppm	0,2129	0,2849	0,4923	0,1965
Ho	ppm	0,0572	0,0805	0,1444	0,0522
Er	ppm	0,2315	0,3302	0,5855	0,2163
Tm	ppm	0,0422	0,0594	0,1331	0,0455
Yb	ppm	0,4405	0,5718	1,2149	0,4635
Lu	ppm	0,0800	0,1010	0,2330	0,0820
Hf	ppm	0,2170	0,3190	0,5640	0,2010
Ta	ppm	BDL	0,0030	0,0010	0,0070
Pb	ppm	0,0150	0,0180	0,0080	0,0460
Th	ppm	0,0390	0,4220	0,0590	0,8070
U	ppm	0,0220	0,0870	0,0350	0,1020
(La/Yb)N		0,0736	0,0859	0,0263	0,2557
(La/Sm)N		0,6837	0,8229	0,2293	1,9299
(Gd/Yb)N		0,1734	0,1571	0,1391	0,1598
Eu/Eu*		0,4920	0,5351	0,5108	0,5335
Zr/Y		4,8272	3,9723	4,2015	3,7542

BDL : Sous la limite de détection

1.3 YM38a

Sample		YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite
	Opx core					
Li	ppm	0,7361	9,9800	1,2192	0,4919	1,2324
B	ppm	0,1554	3,8879	0,2242	0,1200	0,2555
Al2O3	wt%	0,0690	1,9359	0,1094	0,0647	0,1190
CaO	wt%	0,7500	1,5600	1,3800	0,6300	1,4100
Sc	ppm	4,5510	56,9672	8,7061	3,8932	8,7452
TiO2	wt%	0,0146	0,3900	0,0236	0,0154	0,0273
V	ppm	15,8675	336,6691	31,5967	14,6638	30,3656
Cr	ppm	23,7192	354,1856	21,7927	11,4554	26,6341
Co	ppm	1,3531	112,1330	2,6565	1,3282	2,7058
Ni	ppm	1,3579	87,8698	2,7399	1,3477	2,7900
Zn	ppm	2,1809	309,6038	4,2275	2,1057	4,3639
Rb	ppm	0,0460	0,0404	0,0100	0,0475	0,0451
Sr	ppm	0,8108	0,4611	1,3487	0,4706	1,2438
Y	ppm	1,3252	8,4231	2,7587	1,5503	2,8749
Zr	ppm	2,1000	7,1121	2,8978	1,6568	3,5698
Nb	ppm	0,0015	0,0267	0,0009	0,0033	0,0018
Ba	ppm	0,1866	0,3132	0,3439	0,0933	0,1938
La	ppm	0,1188	0,0899	0,2173	0,1126	0,2278
Ce	ppm	0,4711	0,4982	0,9070	0,4855	0,9726
Pr	ppm	0,0859	0,0735	0,1693	0,0936	0,1827
Nd	ppm	0,4785	0,4407	0,9758	0,5570	1,0285
Sm	ppm	0,1678	0,2148	0,3426	0,1975	0,3630
Eu	ppm	0,0308	0,0486	0,0611	0,0328	0,0631
Gd	ppm	0,2146	0,4101	0,4551	0,2599	0,4689
Tb	ppm	0,0391	0,1191	0,0823	0,0469	0,0837
Dy	ppm	0,2684	1,1584	0,5613	0,3106	0,5869
Ho	ppm	0,0533	0,3175	0,1116	0,0613	0,1168
Er	ppm	0,1501	1,2052	0,3087	0,1711	0,3256
Tm	ppm	0,0194	0,2223	0,0404	0,0219	0,0417
Yb	ppm	0,1284	1,8689	0,2581	0,1399	0,2719
Lu	ppm	0,0178	0,3027	0,0346	0,0186	0,0369
Hf	ppm	0,0721	0,2157	0,1086	0,0638	0,1322
Ta	ppm	0,0004	0,0016	0,0003	0,0004	0,0005
Pb	ppm	0,0885	0,0551	0,2270	0,0201	0,1729
Th	ppm	0,0253	0,1993	0,0137	0,0119	0,0272
U	ppm	0,0048	0,0451	0,0052	0,0033	0,0115
(La/Yb)N		0,6406	0,0333	0,5829	0,5573	0,5801
(La/Sm)N		0,4437	0,2623	0,3975	0,3573	0,3933
(Gd/Yb)N		1,3814	0,1814	1,4574	1,5355	1,4254
Eu/Eu*		0,4929	0,4973	0,4699	0,4396	0,4645
Zr/Y		1,5847	0,8444	1,0504	1,0687	1,2417

BDL : Sous la limite de détection

1.3.1 YM38a

Sample		YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim
Li	ppm	9,1916	5,8306	3,7261	5,8321	5,6897
B	ppm	3,2199	2,3424	1,8112	2,4052	2,1359
Al2O3	wt%	2,1237	1,1866	0,7545	1,4192	1,0028
CaO	wt%	1,5600	0,8000	0,6300	0,9200	1,4100
Sc	ppm	58,7421	32,8919	20,4952	35,7055	25,1405
TiO2	wt%	0,4757	0,2172	0,1687	0,3056	0,1587
V	ppm	326,6156	171,4181	117,2633	205,2414	135,7405
Cr	ppm	611,0580	430,0689	199,4039	468,9326	360,5221
Co	ppm	108,4439	63,6146	50,8378	73,0773	42,1803
Ni	ppm	87,8580	49,8165	34,1697	55,6945	35,7885
Zn	ppm	283,1127	180,8199	157,5944	205,4929	128,0189
Rb	ppm	BDL	0,0451	0,1284	0,1902	0,3258
Sr	ppm	0,5996	0,3351	0,3399	0,8838	1,4923
Y	ppm	9,1761	4,6605	2,2214	4,9476	4,5238
Zr	ppm	8,5173	3,5414	3,1507	5,4000	4,3566
Nb	ppm	0,0945	0,0086	0,0038	0,0990	0,0144
Ba	ppm	0,1711	0,1996	0,2413	0,9088	1,3389
La	ppm	0,0886	0,0427	0,0395	0,1190	0,1679
Ce	ppm	0,3533	0,1810	0,1149	0,3547	0,5274
Pr	ppm	0,0612	0,0363	0,0181	0,0543	0,0882
Nd	ppm	0,3728	0,2376	0,1198	0,2897	0,4801
Sm	ppm	0,2231	0,1148	0,0596	0,1428	0,2045
Eu	ppm	0,0455	0,0225	0,0156	0,0319	0,0434
Gd	ppm	0,4883	0,2328	0,1401	0,2756	0,3501
Tb	ppm	0,1230	0,0659	0,0346	0,0742	0,0817
Dy	ppm	1,1975	0,6011	0,3247	0,6618	0,6893
Ho	ppm	0,3352	0,1732	0,0852	0,1791	0,1660
Er	ppm	1,2836	0,6215	0,3157	0,6848	0,6239
Tm	ppm	0,2385	0,1182	0,0588	0,1230	0,1023
Yb	ppm	1,9989	1,0264	0,5640	1,0710	0,8878
Lu	ppm	0,3394	0,1651	0,1075	0,1752	0,1427
Hf	ppm	0,2324	0,1285	0,1001	0,1408	0,1374
Ta	ppm	0,0198	0,0009	0,0006	0,0069	0,0023
Pb	ppm	0,0538	0,5035	0,0514	0,0548	0,0875
Th	ppm	0,2492	0,0792	0,0871	0,1732	0,0979
U	ppm	0,0733	0,0222	0,0252	0,0685	0,0485
(La/Yb)N		0,0307	0,0288	0,0485	0,0769	0,1309
(La/Sm)N		0,2489	0,2331	0,4154	0,5223	0,5146
(Gd/Yb)N		0,2019	0,1875	0,2053	0,2127	0,3259
Eu/Eu*		0,1120	0,0550	0,0313	0,0664	0,0888
Zr/Y		0,9282	0,7599	1,4183	1,0914	0,9630

BDL : Sous la limite de détection

1.3.2 YM38a

Sample		YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim
Li	ppm	5,5693	6,3929	10,8183
B	ppm	3,7685	1,9088	6,1484
Al2O3	wt%	1,7705	1,3956	2,6068
CaO	wt%	1,5600	0,6300	1,5600
Sc	ppm	47,1834	22,8561	67,4318
TiO2	wt%	0,3767	0,1645	0,4837
V	ppm	270,0600	139,0340	367,9973
Cr	ppm	255,3075	153,5730	864,8433
Co	ppm	114,8121	49,9618	159,6663
Ni	ppm	94,3494	37,4879	112,3747
Zn	ppm	311,4602	145,2238	474,9555
Rb	ppm	0,1125	0,1455	0,5639
Sr	ppm	1,5235	3,5804	0,9993
Y	ppm	6,5872	2,7792	7,0708
Zr	ppm	5,6013	3,2288	8,6830
Nb	ppm	0,1152	0,0167	0,1114
Ba	ppm	1,4127	0,7750	1,3413
La	ppm	0,1353	0,0431	0,1342
Ce	ppm	1,2261	0,1700	0,3298
Pr	ppm	0,1375	0,0239	0,0519
Nd	ppm	0,5904	0,1267	0,3000
Sm	ppm	0,2446	0,0629	0,1483
Eu	ppm	0,0560	0,0168	0,0441
Gd	ppm	0,3892	0,1351	0,3679
Tb	ppm	0,0981	0,0371	0,0897
Dy	ppm	0,9321	0,3730	0,9184
Ho	ppm	0,2530	0,1038	0,2704
Er	ppm	0,9876	0,4034	1,0541
Tm	ppm	0,1759	0,0745	0,2016
Yb	ppm	1,5436	0,6641	1,8961
Lu	ppm	0,2663	0,1149	0,3277
Hf	ppm	0,2283	0,0992	0,2931
Ta	ppm	0,0032	0,0006	0,0041
Pb	ppm	0,0694	0,0675	0,0796
Th	ppm	0,0709	0,0745	0,2371
U	ppm	0,0241	0,0305	0,0830
(La/Yb)N		0,0607	0,0449	0,0490
(La/Sm)N		0,3467	0,4295	0,5672
(Gd/Yb)N		0,2084	0,1681	0,1604
Eu/Eu*		0,1020	0,0312	0,0806
Zr/Y		0,8503	1,1618	1,2280

BDL : Sous la limite de détection

1.4 BPA019-21a

Sample		BPA019-21a Amp-norite Opx core
Li	ppm	5,7658
B	ppm	2,6243
Al2O3	wt%	1,0400
CaO	wt%	0,8639
Sc	ppm	26,7012
TiO2	wt%	0,1848
V	ppm	103,3585
Cr	ppm	15,5175
Co	ppm	83,7261
Ni	ppm	21,5341
Zn	ppm	382,3761
Rb	ppm	0,2606
Sr	ppm	0,1571
Y	ppm	3,1686
Zr	ppm	8,0446
Nb	ppm	0,0488
Ba	ppm	0,3109
La	ppm	0,0330
Ce	ppm	0,1034
Pr	ppm	0,0171
Nd	ppm	0,1176
Sm	ppm	0,0761
Eu	ppm	0,0257
Gd	ppm	0,1710
Tb	ppm	0,0389
Dy	ppm	0,3924
Ho	ppm	0,1105
Er	ppm	0,4888
Tm	ppm	0,1114
Yb	ppm	1,0569
Lu	ppm	0,1970
Hf	ppm	0,3044
Ta	ppm	0,0021
Pb	ppm	0,0107
Th	ppm	0,0056
U	ppm	0,0014
(La/Yb)N		0,0216
(La/Sm)N		0,2718
(Gd/Yb)N		0,1337
Eu/Eu*		0,0388
Zr/Y		2,5388

BDL : Sous la limite de détection

1.5 BPA018-21a

Sample		BPA018-21a Grt-norite Opx	BPA018-21a Grt-norite Opx	BPA018-21a Grt-norite Opx	BPA018-21a Grt-norite Opx	BPA018-21a Grt-norite Opx
	core	core	core	rim	core	
Li	ppm	9,5136	7,8565	8,5123	14,7663	6,6995
B	ppm	2,8769	2,3681	2,7915	4,0562	3,6790
Al2O3	wt%	4,4400	3,9300	4,1200	4,6800	4,4400
CaO	wt%	0,2289	0,2172	0,2882	0,4749	0,2654
Sc	ppm	46,1627	42,1570	41,4139	40,9490	47,6810
TiO2	wt%	0,2020	0,1769	0,1783	0,2102	0,1815
V	ppm	148,9510	134,4552	149,2425	145,7051	164,9449
Cr	ppm	5,2749	4,4258	5,2798	5,0880	6,0013
Co	ppm	70,1960	61,9337	67,8783	68,7449	71,0801
Ni	ppm	7,4660	6,8145	7,4126	9,9738	6,6865
Zn	ppm	447,3712	387,2109	406,8203	405,1194	465,1932
Rb	ppm	0,0128	0,0342	0,1365	0,7909	1,0063
Sr	ppm	0,0814	0,2202	1,1597	2,1856	0,3210
Y	ppm	4,7842	4,3599	3,2172	3,2138	3,9047
Zr	ppm	10,0561	9,1396	9,3742	10,5646	11,9939
Nb	ppm	0,0071	0,0065	0,0178	0,0708	0,0556
Ba	ppm	0,0643	0,2050	1,0101	2,5376	2,0879
La	ppm	0,0120	0,0267	0,0734	0,2144	0,0318
Ce	ppm	0,0295	0,0488	0,1391	0,3748	0,0777
Pr	ppm	0,0081	0,0105	0,0201	0,0519	0,0133
Nd	ppm	0,0813	0,0939	0,1191	0,2306	0,1243
Sm	ppm	0,1031	0,1018	0,0885	0,1010	0,1223
Eu	ppm	0,0066	0,0073	0,0193	0,0584	0,0088
Gd	ppm	0,3427	0,2832	0,2334	0,2040	0,2701
Tb	ppm	0,0915	0,0882	0,0659	0,0597	0,0798
Dy	ppm	0,8465	0,7825	0,5540	0,5415	0,6956
Ho	ppm	0,1791	0,1660	0,1221	0,1194	0,1489
Er	ppm	0,5051	0,4579	0,3547	0,3446	0,4186
Tm	ppm	0,0633	0,0574	0,0451	0,0485	0,0541
Yb	ppm	0,3936	0,3435	0,2802	0,3025	0,3446
Lu	ppm	0,0422	0,0387	0,0314	0,0350	0,0344
Hf	ppm	0,4850	0,4499	0,4609	0,5391	0,5352
Ta	ppm	0,0011	0,0008	0,0019	0,0037	0,0081
Pb	ppm	0,0277	0,0260	0,1857	0,7562	0,0384
Th	ppm	0,0170	0,0215	0,0398	0,0241	0,0616
U	ppm	0,0132	0,0123	0,0231	0,0803	0,0202
(La/Yb)N		0,0211	0,0538	0,1814	0,4907	0,0639
(La/Sm)N		0,0729	0,1644	0,5198	1,3305	0,1630
(Gd/Yb)N		0,7197	0,6815	0,6885	0,5574	0,6479
Eu/Eu*		0,0684	0,0597	0,0501	0,0483	0,0617
Zr/Y		2,1019	2,0963	2,9138	3,2873	3,0717

BDL : Sous la limite de détection

1.5.1 BPA018-21a continu

Sample		BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core
Li	ppm	7,8139	9,1288	9,4392	8,4321	8,4616
B	ppm	3,2035	2,6763	2,6602	3,0839	2,3440
Al2O3	wt%	4,0600	4,1100	4,3200	4,3200	3,6300
CaO	wt%	0,2927	0,2574	0,2359	0,2054	0,2697
Sc	ppm	44,2354	41,7096	53,6934	50,0485	50,5201
TiO2	wt%	0,1627	0,1471	0,1970	0,2011	0,1569
V	ppm	136,8754	114,9446	177,4861	145,1312	128,2450
Cr	ppm	6,0341	3,9985	3,6342	2,7911	2,3156
Co	ppm	61,1765	58,0466	71,6859	74,7089	66,9722
Ni	ppm	6,1810	6,9710	7,7468	8,6920	7,8386
Zn	ppm	361,1847	363,1177	437,1162	467,6247	416,3960
Rb	ppm	0,0125	0,0997	BDL	0,1121	0,4895
Sr	ppm	0,5497	5,0291	0,8319	0,4760	0,4740
Y	ppm	3,3780	3,5357	4,5731	4,6753	4,2765
Zr	ppm	9,4810	8,5614	9,2554	9,6347	7,7881
Nb	ppm	0,0066	0,0423	0,0062	0,0075	0,0172
Ba	ppm	1,0584	1,3333	0,2547	0,2766	0,8824
La	ppm	0,0478	0,1053	0,0215	0,0464	0,0187
Ce	ppm	0,0803	0,1845	0,0781	0,0762	0,0571
Pr	ppm	0,0115	0,0257	0,0116	0,0174	0,0135
Nd	ppm	0,1037	0,1377	0,0844	0,1226	0,1191
Sm	ppm	0,1040	0,1089	0,1019	0,0993	0,1300
Eu	ppm	0,0137	0,0207	0,0057	0,0108	0,0087
Gd	ppm	0,2664	0,2473	0,3201	0,3131	0,3713
Tb	ppm	0,0728	0,0740	0,0939	0,0944	0,0999
Dy	ppm	0,6162	0,6322	0,8311	0,8261	0,7998
Ho	ppm	0,1228	0,1317	0,1689	0,1669	0,1549
Er	ppm	0,3455	0,3557	0,4437	0,4631	0,4175
Tm	ppm	0,0440	0,0426	0,0517	0,0546	0,0498
Yb	ppm	0,2635	0,2445	0,3101	0,3137	0,2886
Lu	ppm	0,0275	0,0250	0,0330	0,0340	0,0299
Hf	ppm	0,5305	0,4060	0,4398	0,4357	0,3581
Ta	ppm	0,0017	0,0028	0,0008	0,0013	0,0019
Pb	ppm	0,1041	0,1745	0,0340	0,0481	0,0656
Th	ppm	0,0113	0,0526	0,0534	0,0356	0,0488
U	ppm	0,0083	0,0357	0,0359	0,0203	0,0257
(La/Yb)N		0,1256	0,2982	0,0480	0,1024	0,0449
(La/Sm)N		0,2881	0,6060	0,1322	0,2929	0,0902
(Gd/Yb)N		0,8356	0,8360	0,8532	0,8250	1,0634
Eu/Eu*		0,0577	0,0559	0,0650	0,0635	0,0776
Zr/Y		2,8067	2,4214	2,0239	2,0608	1,8211

BDL : Sous la limite de détection

1.6 BPA019-21d

Sample		BPA019-21d Grt-norite Opx	BPA019-21d Grt-norite Opx	BPA019-21d Grt-norite Opx	BPA019-21d Grt-norite Opx	BPA019-21d Grt-norite Opx
	core	core	rim	rim	rim	
Li	ppm	10,6848	9,0694	8,2066	8,3394	11,0199
B	ppm	2,4890	2,4953	2,9720	3,0125	3,9962
Al2O3	wt%	3,5600	3,1700	3,1700	3,2200	3,1200
CaO	wt%	0,3163	0,3096	0,3662	0,2086	0,2756
Sc	ppm	52,5134	47,1240	54,6104	48,7911	48,7420
TiO2	wt%	0,2136	0,2003	0,2185	0,1879	0,1865
V	ppm	184,4504	156,7733	188,1823	148,2215	140,7546
Cr	ppm	6,9838	5,6881	7,3004	7,1635	6,2342
Co	ppm	81,1796	72,5450	79,7345	70,0263	81,2187
Ni	ppm	16,0518	12,2384	13,0733	14,0268	18,5147
Zn	ppm	433,2421	403,9938	448,0074	401,1827	471,3347
Rb	ppm	0,1719	0,2232	0,3364	0,0310	0,1110
Sr	ppm	0,5928	0,3084	0,6520	0,2372	0,6504
Y	ppm	27,8279	24,7190	26,7644	26,5146	27,4870
Zr	ppm	10,7096	9,8440	15,3205	12,9276	11,0509
Nb	ppm	0,0160	0,0122	0,0102	0,0131	0,0115
Ba	ppm	0,4534	0,6066	1,4538	0,2747	1,1399
La	ppm	0,0489	0,0390	0,1243	0,0403	0,1299
Ce	ppm	0,1480	0,1174	0,2794	0,1020	0,2640
Pr	ppm	0,0372	0,0317	0,0413	0,0180	0,0307
Nd	ppm	0,3216	0,3011	0,2700	0,1342	0,1463
Sm	ppm	0,3120	0,2935	0,2227	0,1703	0,1340
Eu	ppm	0,0196	0,0176	0,0137	0,0111	0,0134
Gd	ppm	1,0021	0,9254	0,9078	0,7300	0,5926
Tb	ppm	0,3563	0,3292	0,3259	0,2800	0,2735
Dy	ppm	3,9759	3,6473	3,9087	3,5750	3,6800
Ho	ppm	1,0945	1,0033	1,0528	1,0563	1,0827
Er	ppm	3,9101	3,4558	3,8641	3,8517	3,8383
Tm	ppm	0,5944	0,5258	0,5723	0,6134	0,5863
Yb	ppm	4,1710	3,6069	4,1719	4,2768	4,2204
Lu	ppm	0,5437	0,4836	0,5431	0,5702	0,5625
Hf	ppm	0,4478	0,4408	0,5659	0,5574	0,4861
Ta	ppm	0,0017	0,0022	0,0009	0,0017	0,0020
Pb	ppm	0,1288	0,1056	0,1460	0,0366	0,1364
Th	ppm	0,1229	0,0167	0,0206	0,0440	0,0616
U	ppm	0,0315	0,0257	0,0209	0,0172	0,0371
(La/Yb)N		0,0081	0,0075	0,0206	0,0065	0,0213
(La/Sm)N		0,0982	0,0833	0,3498	0,1483	0,6076
(Gd/Yb)N		0,1986	0,2121	0,1799	0,1411	0,1161
Eu/Eu*		0,2021	0,1877	0,1717	0,1364	0,1099
Zr/Y		0,3849	0,3982	0,5724	0,4876	0,4020

BDL : Sous la limite de détection

1.6.1 BPA019-21d continu

Sample		BPA019-21d Grt-norite Opx	BPA019-21d Grt-norite Opx
	rim	core	
Li	ppm	9,6610	10,7515
B	ppm	2,9178	2,6610
Al2O3	wt%	3,2200	3,1200
CaO	wt%	0,3181	0,2876
Sc	ppm	54,1106	44,6559
TiO2	wt%	0,2077	0,1851
V	ppm	152,5236	136,1630
Cr	ppm	6,3731	7,0443
Co	ppm	79,6091	70,1687
Ni	ppm	16,0052	17,2452
Zn	ppm	448,8069	389,5062
Rb	ppm	0,0353	0,1985
Sr	ppm	0,2857	2,0160
Y	ppm	28,3340	22,6203
Zr	ppm	11,7508	10,5704
Nb	ppm	0,0140	0,0133
Ba	ppm	0,4301	1,2648
La	ppm	0,0448	0,1608
Ce	ppm	0,1270	0,2859
Pr	ppm	0,0252	0,0406
Nd	ppm	0,2513	0,2743
Sm	ppm	0,2606	0,2091
Eu	ppm	0,0149	0,0345
Gd	ppm	0,9756	0,6925
Tb	ppm	0,3375	0,2570
Dy	ppm	4,0951	3,0464
Ho	ppm	1,1258	0,8825
Er	ppm	4,0760	3,3119
Tm	ppm	0,6152	0,5207
Yb	ppm	4,2303	3,7496
Lu	ppm	0,5940	0,4882
Hf	ppm	0,4474	0,4235
Ta	ppm	0,0011	0,0005
Pb	ppm	0,0786	0,2154
Th	ppm	0,0096	0,0094
U	ppm	0,0161	0,0237
(La/Yb)N		0,0073	0,0297
(La/Sm)N		0,1077	0,4820
(Gd/Yb)N		0,1906	0,1527
Eu/Eu*		0,1886	0,1384
Zr/Y		0,4147	0,4673

BDL : Sous la limite de détection

2 Elements majeurs des orthopyroxenes

2.1 BPA261-21b

Sample	BPA261-21b Troctolite Opx rim
Wt%	
SiO2	53,7323
TiO2	0,0925
Cr2O3	NA
Al2O3	3,0568
FeO	13,1244
MnO	0,2674
NiO	NA
MgO	27,7930
CaO	0,5424
Na2O	0,0124
K2O	0,0061
Total	98,6273
Cations/Charges	4/12
Si	1,9425
Ti	0,0025
Cr	-
Al	0,1303
Fe3+	-
Fe2+	0,3968
Mn	0,0082
Ni	-
Mg	1,4976
Ca	0,0210
Na	0,0009
K	0,0003
Total	4,0000
Mg#	0,7906
Wo%	1,0968
En%	78,1887
Fs%	0,2071
AlIV	0,0575
AlVI	0,0728

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2 YM38a

Sample	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,7922	54,1002	53,9782	53,8102	54,6782	54,0233
TiO2	0,2450	0,2718	0,1993	0,3180	0,2428	0,2528
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,3822	1,5018	1,4481	1,6726	1,5548	1,4196
FeO	20,4159	19,8677	20,0449	19,4890	20,0079	20,1275
MnO	0,5475	0,4447	0,5122	0,4966	0,4587	0,4742
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	22,7549	22,4022	23,0217	22,4347	22,7057	23,0368
CaO	0,9656	1,3799	0,6281	1,5637	0,7990	0,7089
Na2O	BDL	0,0457	0,0083	0,0612	0,0445	0,0185
K2O	BDL	BDL	0,0020	0,0188	0,0107	0,0136
Total	100,1033	100,0140	99,8428	99,8648	100,5023	100,0752
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9906	2,0033	1,9986	1,9931	2,0137	1,9959
Ti	0,0068	0,0076	0,0055	0,0089	0,0067	0,0070
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0603	0,0656	0,0632	0,0730	0,0675	0,0618
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6317	0,6152	0,6206	0,6036	0,6162	0,6218
Mn	0,0172	0,0139	0,0161	0,0156	0,0143	0,0148
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2551	1,2364	1,2704	1,2385	1,2464	1,2685
Ca	0,0383	0,0547	0,0249	0,0620	0,0315	0,0281
Na	-	0,0033	0,0006	0,0044	0,0032	0,0013
K	-	-	0,0001	0,0009	0,0005	0,0006
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6652	0,6678	0,6718	0,6723	0,6692	0,6711
Wo%	1,9886	2,8716	1,3004	3,2586	1,6644	1,4626
En%	65,1949	64,8579	66,3087	65,0421	65,8040	66,1246
Fs%	0,3282	0,3227	0,3239	0,3170	0,3253	0,3241
AlIV	0,0094	-	0,0014	0,0069	-	0,0041
AlVI	0,0509	0,0656	0,0618	0,0661	0,0675	0,0578

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.1 YM38a continu

Sample	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx core
Wt%						
SiO2	53,6627	53,7011	53,3221	53,3797	53,8049	53,7643
TiO2	0,2323	0,2454	0,2417	0,2584	0,2459	0,2559
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,7585	1,2606	1,3090	1,7535	1,7894	1,8257
FeO	19,2382	20,5186	20,2256	18,9018	18,9207	18,4146
MnO	0,4714	0,5136	0,5552	0,3347	0,4444	0,3846
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	22,4874	22,4930	22,3957	22,9760	23,6010	23,4737
CaO	1,4137	0,7482	0,8094	1,0728	0,7557	1,0793
Na2O	0,0178	0,0275	0,0014	0,0091	BDL	0,0046
K2O	0,0114	0,0141	0,0223	0,0124	0,0036	0,0213
Total	99,2934	99,5221	98,8824	98,6984	99,5656	99,2240
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9972	2,0008	1,9988	1,9926	1,9875	1,9911
Ti	0,0065	0,0069	0,0068	0,0073	0,0068	0,0071
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0771	0,0554	0,0578	0,0772	0,0779	0,0797
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,5987	0,6392	0,6340	0,5900	0,5844	0,5702
Mn	0,0149	0,0162	0,0176	0,0106	0,0139	0,0121
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2474	1,2490	1,2513	1,2783	1,2994	1,2957
Ca	0,0564	0,0299	0,0325	0,0429	0,0299	0,0428
Na	0,0013	0,0020	0,0001	0,0007	-	0,0003
K	0,0005	0,0007	0,0011	0,0006	0,0002	0,0010
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6757	0,6615	0,6637	0,6842	0,6898	0,6944
Wo%	2,9628	1,5569	1,6950	2,2448	1,5627	2,2434
En%	65,5671	65,1172	65,2467	66,8848	67,8984	67,8811
Fs%	0,3147	0,3333	0,3306	0,3087	0,3054	0,2988
AlIV	0,0028	-	0,0012	0,0074	0,0125	0,0089
AlVI	0,0743	0,0554	0,0567	0,0697	0,0654	0,0708

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.2.2 YM38a continu

Sample	YM38a Amp-norite Opx core	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx rim	YM38a Amp-norite Opx rim
Wt%				
SiO2	53,4678	53,5134	53,2100	53,8460
TiO2	0,2584	0,1959	0,2454	0,1891
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,8427	1,0705	1,7774	1,2348
FeO	19,1238	20,2537	19,2431	19,5566
MnO	0,4554	0,5629	0,4240	0,4935
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	23,1799	22,0724	22,7004	23,1674
CaO	0,7489	0,9534	0,9233	0,7893
Na2O	0,0114	0,0363	0,0273	0,0101
K2O	0,0065	0,0032	0,0137	0,0099
Total	99,0948	98,6617	98,5646	99,2967
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9878	2,0131	1,9923	2,0013
Ti	0,0072	0,0055	0,0069	0,0053
Cr	-	-	-	-
Al	0,0808	0,0475	0,0784	0,0541
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,5945	0,6371	0,6025	0,6078
Mn	0,0143	0,0179	0,0134	0,0155
Ni	-	-	-	-
Mg	1,2844	1,2376	1,2668	1,2834
Ca	0,0298	0,0384	0,0370	0,0314
Na	0,0008	0,0026	0,0020	0,0007
K	0,0003	0,0002	0,0007	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6836	0,6602	0,6777	0,6786
Wo%	1,5627	2,0085	1,9428	1,6347
En%	67,2910	64,6893	66,4531	66,7522
Fs%	0,3115	0,3330	0,3160	0,3161
AlIV	0,0122	-	0,0077	-
AlVI	0,0685	0,0475	0,0707	0,0541

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3 TS25a

Sample	TS25a Amp-norite Opx core	TS25a Amp-norite Opx rim	TS25a Amp-norite Opx rim	TS25a Amp-norite Opx core	TS25a Amp-norite Opx rim	TS25a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,3068	53,0707	53,3897	53,7516	53,3746	53,0778
TiO2	0,2259	0,2478	0,2496	0,2248	0,2660	0,2394
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,9530	2,0870	1,1955	1,5047	1,4882	1,6869
FeO	21,5193	22,0473	22,5891	21,8972	21,5493	22,4320
MnO	0,4032	0,3863	0,4284	0,3758	0,4114	0,4220
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	21,2762	21,2075	21,2760	21,2907	21,2382	21,1275
CaO	1,7133	1,2469	0,9084	1,2716	1,3497	0,7180
Na2O	0,0326	0,0543	0,0557	BDL	0,0132	0,0219
K2O	0,0104	0,0099	0,0268	BDL	0,0072	0,0445
Total	100,4407	100,3577	100,1192	100,3164	99,6978	99,7700
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9791	1,9739	1,9947	2,0016	1,9985	1,9894
Ti	0,0063	0,0069	0,0070	0,0063	0,0075	0,0067
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0855	0,0915	0,0526	0,0660	0,0657	0,0745
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6681	0,6857	0,7057	0,6818	0,6747	0,7031
Mn	0,0127	0,0122	0,0136	0,0119	0,0130	0,0134
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,1773	1,1757	1,1847	1,1817	1,1852	1,1803
Ca	0,0681	0,0497	0,0364	0,0507	0,0541	0,0288
Na	0,0023	0,0039	0,0040	-	0,0010	0,0016
K	0,0005	0,0005	0,0013	-	0,0003	0,0021
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6380	0,6316	0,6267	0,6341	0,6372	0,6267
Wo%	3,5613	2,5999	1,8870	2,6501	2,8286	1,5078
En%	61,5263	61,5192	61,4876	61,7306	61,9223	61,7247
Fs%	0,3491	0,3588	0,3663	0,3562	0,3525	0,3677
AlIV	0,0209	0,0261	0,0053	-	0,0015	0,0106
AlVI	0,0646	0,0654	0,0473	0,0660	0,0641	0,0640

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3.1 TS25a continu

Sample	TS25a Amp-norite Opx core	TS25a Amp-norite Opx core	TS25a Amp-norite Opx rim	TS25a Amp-norite Opx rim	TS25a Amp-norite Opx core	TS25a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,7985	53,2939	52,9605	53,1469	53,5301	53,6145
TiO2	0,2440	0,1646	0,2718	0,4699	0,2858	0,7217
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,9876	1,3750	1,8399	1,8152	1,8542	1,7256
FeO	20,7936	22,5977	21,8415	21,3995	21,5951	18,0536
MnO	0,4494	0,3793	0,4085	0,4037	0,3876	0,3372
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	20,5678	21,4141	20,6433	20,4340	21,5614	21,0182
CaO	2,6204	0,5441	1,4913	1,9621	0,8641	5,1029
Na2O	0,0491	0,0115	0,0292	0,0439	0,0374	0,1031
K2O	0,0155	0,0013	BDL	0,0147	0,0085	0,0162
Total	99,5259	99,7815	99,4860	99,6899	100,1242	100,6930
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9799	1,9964	1,9916	1,9954	1,9925	1,9750
Ti	0,0069	0,0046	0,0077	0,0133	0,0080	0,0200
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0879	0,0607	0,0816	0,0803	0,0814	0,0749
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6520	0,7079	0,6868	0,6718	0,6721	0,5561
Mn	0,0143	0,0120	0,0130	0,0128	0,0122	0,0105
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,1495	1,1956	1,1571	1,1435	1,1962	1,1540
Ca	0,1053	0,0218	0,0601	0,0789	0,0345	0,2014
Na	0,0036	0,0008	0,0021	0,0032	0,0027	0,0074
K	0,0007	0,0001	-	0,0007	0,0004	0,0008
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6381	0,6281	0,6275	0,6299	0,6402	0,6748
Wo%	5,5208	1,1342	3,1556	4,1664	1,8109	10,5356
En%	60,2858	62,1001	60,7710	60,3661	62,8649	60,3715
Fs%	0,3419	0,3677	0,3607	0,3547	0,3532	0,2909
AlIV	0,0201	0,0036	0,0084	0,0046	0,0075	0,0250
AlVI	0,0677	0,0571	0,0732	0,0758	0,0739	0,0499

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.3.2 TS25a continu

Sample	TS25a Amp-norite Opx core	TS25a Amp-norite Opx rim	TS25a Amp-norite Opx	TS25a Amp-norite Opx rim
Wt%				
SiO2	53,0822	53,3862	55,7493	56,0786
TiO2	0,2114	0,2412	0,1560	0,0750
Cr2O3	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,9685	1,7973	1,3234	0,5123
FeO	21,1647	20,7268	18,3950	18,8258
MnO	0,3878	0,3680	0,3541	0,4294
NiO	NA	NA	NA	NA
MgO	21,4046	21,8735	19,8418	20,4667
CaO	1,3320	1,0351	1,1009	0,9043
Na2O	0,0213	BDL	0,0339	0,0010
K2O	0,0065	0,0052	0,0809	0,0122
Total	99,5790	99,4333	97,0353	97,3053
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9850	1,9949	2,1436	2,1499
Ti	0,0059	0,0068	0,0045	0,0022
Cr	-	-	-	-
Al	0,0868	0,0792	0,0600	0,0232
Fe3+	-	-	-	-
Fe2+	0,6618	0,6476	0,5914	0,6035
Mn	0,0123	0,0116	0,0115	0,0139
Ni	-	-	-	-
Mg	1,1930	1,2182	1,1371	1,1695
Ca	0,0534	0,0414	0,0453	0,0371
Na	0,0015	-	0,0025	0,0001
K	0,0003	0,0002	0,0040	0,0006
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6432	0,6529	0,6578	0,6596
Wo%	2,7966	2,1726	2,5565	2,0519
En%	62,5206	63,8719	64,1024	64,6075
Fs%	0,3468	0,3396	0,3334	0,3334
AlIV	0,0150	0,0051	-	-
AlVI	0,0718	0,0740	0,0600	0,0232

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.4 BPA019-21d

Sample	BPA019-21d Grt-norite Opx core	BPA019-21d Grt-norite Opx rim	BPA019-21d Grt-norite Opx core	BPA019-21d Grt-norite Opx core	BPA019-21d Grt-norite Opx rim
Wt%					
SiO2	50,3036	50,2557	49,8196	50,1544	50,5789
TiO2	0,2096	0,1977	0,1879	0,2235	0,1807
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	3,1744	3,5559	3,1182	3,2272	3,2242
FeO	27,1712	26,4964	26,6328	26,7383	26,0908
MnO	0,3526	0,3706	0,3410	0,2689	0,3069
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	17,3966	17,1529	17,3023	17,4209	17,4281
CaO	0,2955	0,2749	0,3230	0,3155	0,4237
Na2O	BDL	BDL	BDL	0,0086	0,0002
K2O	0,0002	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	98,9037	98,3041	97,7248	98,3573	98,2335
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9447	1,9531	1,9474	1,9471	1,9638
Ti	0,0061	0,0058	0,0055	0,0065	0,0053
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,1447	0,1629	0,1437	0,1477	0,1476
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8784	0,8610	0,8705	0,8680	0,8471
Mn	0,0115	0,0122	0,0113	0,0088	0,0101
Ni	-	-	-	-	-
Mg	1,0024	0,9936	1,0080	1,0080	1,0085
Ca	0,0122	0,0114	0,0135	0,0131	0,0176
Na	-	-	-	0,0006	0,00002
K	0,00001	-	-	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5330	0,5357	0,5366	0,5373	0,5435
Wo%	0,6465	0,6134	0,7149	0,6946	0,9408
En%	52,9531	53,2438	53,2767	53,3587	53,8397
Fs%	0,4640	0,4614	0,4601	0,4595	0,4522
AlIV	0,0553	0,0469	0,0526	0,0529	0,0362
AlVI	0,0894	0,1160	0,0911	0,0948	0,1114

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5 BPA019-21d

Sample	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,5078	52,1252	52,0748	52,6221	52,2269	52,6321
TiO2	0,1091	0,1290	0,1594	0,1776	0,1456	0,1268
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	0,9886	1,0520	1,1185	1,1378	1,1190	0,9513
FeO	26,3307	26,9806	27,0815	26,8552	26,8662	26,6946
MnO	0,6713	0,7909	0,7124	0,8802	0,8817	0,7834
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	18,0463	17,5718	17,8157	17,7494	18,0772	18,0540
CaO	0,4777	0,6852	0,7089	0,8466	0,6466	0,4487
Na2O	0,0152	BDL	0,0039	BDL	BDL	0,0249
K2O	BDL	BDL	0,0034	0,0037	0,0133	0,0084
Total	99,1467	99,3347	99,6785	100,2726	99,9765	99,7242
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0238	2,0122	2,0012	2,0111	1,9987	2,0188
Ti	0,0032	0,0037	0,0046	0,0051	0,0042	0,0037
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0449	0,0479	0,0507	0,0513	0,0505	0,0430
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8486	0,8709	0,8702	0,8582	0,8597	0,8562
Mn	0,0219	0,0259	0,0232	0,0285	0,0286	0,0255
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0367	1,0110	1,0204	1,0110	1,0311	1,0321
Ca	0,0197	0,0283	0,0292	0,0347	0,0265	0,0184
Na	0,0011	-	0,0003	-	-	0,0019
K	-	-	0,0002	0,0002	0,0006	0,0004
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5499	0,5372	0,5397	0,5409	0,5453	0,5466
Wo%	1,0354	1,4834	1,5202	1,8206	1,3826	0,9670
En%	54,4186	52,9251	53,1514	53,1030	53,7776	54,1301
Fs%	0,4455	0,4559	0,4533	0,4508	0,4484	0,4490
AlIV	-	-	-	-	0,0013	-
AlVI	0,0449	0,0479	0,0507	0,0513	0,0492	0,0430

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5.1 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Opx core	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,4513	52,1065	52,4774	52,8747	52,7655	52,4406
TiO2	0,1491	0,1498	0,1319	0,1673	0,1645	0,1627
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,0896	1,1568	1,1539	1,0211	1,0775	1,3031
FeO	26,9390	26,5086	26,7945	26,9096	27,0132	27,0278
MnO	0,7153	0,8141	0,7205	0,7302	0,7902	0,6347
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	17,7611	17,9134	18,0660	18,0879	17,8529	17,9782
CaO	0,6248	0,7388	0,7272	0,7037	0,7891	0,6242
Na2O	0,0450	0,0119	BDL	0,0068	0,0394	0,0426
K2O	0,0225	BDL	0,0070	BDL	BDL	BDL
Total	99,7977	99,3999	100,0784	100,5013	100,4923	100,2139
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0128	2,0050	2,0055	2,0133	2,0111	2,0019
Ti	0,0043	0,0043	0,0038	0,0048	0,0047	0,0047
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0493	0,0525	0,0520	0,0458	0,0484	0,0586
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8644	0,8529	0,8563	0,8568	0,8609	0,8627
Mn	0,0232	0,0265	0,0233	0,0235	0,0255	0,0205
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0158	1,0274	1,0290	1,0265	1,0142	1,0229
Ca	0,0257	0,0305	0,0298	0,0287	0,0322	0,0255
Na	0,0033	0,0009	-	0,0005	0,0029	0,0032
K	0,0011	-	0,0003	-	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5403	0,5464	0,5458	0,5451	0,5409	0,5425
Wo%	1,3477	1,5939	1,5547	1,5013	1,6893	1,3357
En%	53,2986	53,7673	53,7339	53,6879	53,1727	53,5220
Fs%	0,4535	0,4464	0,4471	0,4481	0,4514	0,4514
AlIV	-	-	-	-	-	-
AlVI	0,0493	0,0525	0,0520	0,0458	0,0484	0,0586

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5.2 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Opx core	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx core	BPA019-21a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,3963	52,3912	52,2481	51,3153	51,8052	51,7993
TiO2	0,1456	0,1334	0,0777	0,1501	0,1130	0,1549
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,0429	1,0431	0,9226	1,1392	0,9405	1,1537
FeO	26,8131	26,6493	26,5685	26,8092	26,6983	26,9164
MnO	0,7351	0,7562	0,6549	0,7456	0,6628	0,7504
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	18,3972	18,4032	18,4631	18,0441	17,9572	17,7707
CaO	0,4896	0,5695	0,3753	0,7916	0,3536	0,7607
Na2O	BDL	0,0072	0,0051	0,0253	0,0425	0,0449
K2O	0,0017	0,0030	0,0004	BDL	BDL	0,0184
Total	100,0215	99,9561	99,3157	99,0204	98,5731	99,3694
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0013	2,0015	2,0077	1,9811	2,0097	1,9955
Ti	0,0042	0,0038	0,0022	0,0044	0,0033	0,0045
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0470	0,0470	0,0418	0,0518	0,0430	0,0524
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8564	0,8513	0,8537	0,8654	0,8661	0,8671
Mn	0,0238	0,0245	0,0213	0,0244	0,0218	0,0245
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0473	1,0479	1,0574	1,0383	1,0383	1,0204
Ca	0,0200	0,0233	0,0154	0,0327	0,0147	0,0314
Na	-	0,0005	0,0004	0,0019	0,0032	0,0034
K	0,0001	0,0001	0,00002	-	-	0,0009
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5502	0,5517	0,5533	0,5454	0,5452	0,5406
Wo%	1,0414	1,2124	0,8019	1,6907	0,7658	1,6362
En%	54,4424	54,5060	54,8867	53,6167	54,1044	53,1764
Fs%	0,4452	0,4428	0,4431	0,4469	0,4513	0,4519
AlIV	-	-	-	0,0189	-	0,0045
AlVI	0,0470	0,0470	0,0418	0,0329	0,0430	0,0479

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5.3 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	51,6917	51,9510	52,0121	51,9190	51,8467	52,4812
TiO2	0,1432	0,1574	0,1651	0,1508	0,1931	0,1469
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,2116	1,1833	1,0884	1,0360	1,3575	1,1395
FeO	26,3410	26,3879	26,9084	26,8962	25,5285	27,1538
MnO	0,7257	0,7423	0,6336	0,7686	0,7407	0,7178
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	17,7926	17,7191	17,8952	18,1063	18,0257	18,0489
CaO	0,6817	0,6926	0,8726	0,5955	0,8882	0,7701
Na2O	0,0041	BDL	0,0261	0,0097	0,0752	0,0388
K2O	0,0113	0,0053	BDL	0,0051	0,0397	0,0095
Total	98,6029	98,8389	99,6015	99,4872	98,6953	100,5065
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0047	2,0113	1,9983	1,9960	2,0022	1,9981
Ti	0,0042	0,0046	0,0048	0,0044	0,0056	0,0042
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0554	0,0540	0,0493	0,0469	0,0618	0,0511
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8542	0,8543	0,8645	0,8646	0,8243	0,8645
Mn	0,0238	0,0243	0,0206	0,0250	0,0242	0,0231
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0285	1,0225	1,0247	1,0375	1,0375	1,0242
Ca	0,0283	0,0287	0,0359	0,0245	0,0367	0,0314
Na	0,0003	-	0,0019	0,0007	0,0056	0,0029
K	0,0006	0,0003	-	0,0003	0,0020	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5463	0,5448	0,5424	0,5454	0,5572	0,5423
Wo%	1,4821	1,5076	1,8657	1,2730	1,9354	1,6359
En%	53,8180	53,6595	53,2297	53,8495	54,6459	53,3414
Fs%	0,4470	0,4483	0,4490	0,4488	0,4342	0,4502
AlIV	-	-	0,0017	0,0040	-	0,0019
AlVI	0,0554	0,0540	0,0476	0,0430	0,0618	0,0492

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5.4 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx core	BPA019-21a Amp-norite Opx core	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim	BPA019-21a Amp-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,7330	52,7297	52,1564	52,5244	52,8958	52,4186
TiO2	0,1612	0,1255	0,1410	0,1860	0,1245	0,1748
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,1049	1,1774	1,1395	1,1713	1,1341	1,2192
FeO	27,3579	26,8182	27,1406	27,0640	27,1560	27,3251
MnO	0,6993	0,7077	0,6945	0,7681	0,7507	0,7401
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	18,1701	18,1070	18,1148	17,8209	18,1526	18,0957
CaO	0,6092	0,4848	0,5396	0,8559	0,4479	0,7312
Na2O	0,0453	0,0137	BDL	0,0111	BDL	0,0189
K2O	0,0017	0,0071	0,0170	0,0037	0,0039	0,0024
Total	100,8826	100,1711	99,9434	100,4054	100,6655	100,7260
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0003	2,0130	1,9967	2,0042	2,0111	1,9920
Ti	0,0046	0,0036	0,0041	0,0053	0,0036	0,0050
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0494	0,0530	0,0514	0,0527	0,0508	0,0546
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8678	0,8561	0,8688	0,8635	0,8633	0,8683
Mn	0,0225	0,0229	0,0225	0,0248	0,0242	0,0238
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0273	1,0303	1,0336	1,0135	1,0286	1,0250
Ca	0,0248	0,0198	0,0221	0,0350	0,0182	0,0298
Na	0,0033	0,0010	-	0,0008	-	0,0014
K	0,0001	0,0003	0,0008	0,0002	0,0002	0,0001
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5421	0,5462	0,5433	0,5400	0,5437	0,5414
Wo%	1,2896	1,0402	1,1499	1,8299	0,9551	1,5480
En%	53,5098	54,0487	53,7063	53,0071	53,8495	53,2987
Fs%	0,4520	0,4491	0,4514	0,4516	0,4520	0,4515
AlIV	-	-	0,0033	-	-	0,0080
AlVI	0,0494	0,0530	0,0481	0,0527	0,0508	0,0466

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.5.5 BPA019-21d continu

Sample	BPA019-21a Amp-norite Opx	BPA019-21a Amp-norite Opx	BPA019-21a Amp-norite Opx	BPA019-21a Amp-norite Opx	BPA019-21a Amp-norite Opx
Wt%					
SiO2	52,6040	52,3608	52,2784	51,9837	52,4204
TiO2	0,1478	0,1247	0,1347	0,1152	0,0691
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,0881	1,1103	1,1039	1,0501	0,8813
FeO	27,3247	26,7662	26,1920	27,4905	27,0927
MnO	0,6878	0,7832	0,8061	0,7734	0,7362
NiO	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	18,0267	18,3994	18,1258	17,5578	17,9730
CaO	0,5101	0,5296	0,6543	0,5832	0,3264
Na2O	0,0013	0,0443	BDL	0,0152	0,0234
K2O	0,0153	BDL	0,0130	0,0081	BDL
Total	100,4058	100,1185	99,3082	99,5772	99,5225
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0065	1,9969	2,0107	2,0035	2,0167
Ti	0,0042	0,0036	0,0039	0,0033	0,0020
Cr	-	-	-	-	-
Al	0,0489	0,0499	0,0500	0,0477	0,0400
Fe3+	-	-	-	-	-
Fe2+	0,8715	0,8536	0,8424	0,8860	0,8716
Mn	0,0222	0,0253	0,0263	0,0252	0,0240
Ni	-	-	-	-	-
Mg	1,0249	1,0458	1,0391	1,0086	1,0306
Ca	0,0208	0,0216	0,0270	0,0241	0,0135
Na	0,0001	0,0033	-	0,0011	0,0017
K	0,0007	-	0,0006	0,0004	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5404	0,5506	0,5523	0,5324	0,5418
Wo%	1,0873	1,1264	1,4127	1,2551	0,7023
En%	53,4547	54,4414	54,4472	52,5683	53,7994
Fs%	0,4546	0,4443	0,4414	0,4618	0,4550
AlIV	-	0,0031	-	-	-
AlVI	0,0489	0,0468	0,0500	0,0477	0,0400

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.6 BPA006-21b1

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx core	BPA006-21b1 Grt-norite opx core	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx core
Wt%						
SiO2	50,6869	50,7931	50,6168	50,8393	50,7423	49,7214
TiO2	0,2009	0,1942	0,2165	0,1768	0,2032	0,2057
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,9082	5,0577	5,2111	4,8675	5,4515	5,8649
FeO	24,4658	24,7617	24,5277	24,6545	24,7903	24,5153
MnO	0,1259	0,2388	0,1814	0,1596	0,1719	0,1609
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,0185	19,0813	19,3580	19,1494	19,1494	18,8596
CaO	0,2726	0,2041	0,2430	0,2447	0,1716	0,2013
Na2O	0,0555	0,0090	0,0017	0,0183	0,0613	0,0752
K2O	0,0108	0,0073	0,0116	BDL	BDL	0,0117
Total	99,7451	100,3472	100,3678	100,1101	100,7415	99,6160
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9137	1,9078	1,8973	1,9131	1,8962	1,8779
Ti	0,0057	0,0055	0,0061	0,0050	0,0057	0,0058
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2184	0,2239	0,2302	0,2159	0,2401	0,2611
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,7724	0,7777	0,7688	0,7758	0,7746	0,7742
Mn	0,0040	0,0076	0,0058	0,0051	0,0054	0,0051
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0702	1,0682	1,0815	1,0740	1,0666	1,0616
Ca	0,0110	0,0082	0,0098	0,0099	0,0069	0,0081
Na	0,0041	0,0007	0,0001	0,0013	0,0044	0,0055
K	0,0005	0,0003	0,0006	-	-	0,0006
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5808	0,5787	0,5845	0,5806	0,5793	0,5783
Wo%	0,5948	0,4430	0,5246	0,5305	0,3717	0,4417
En%	57,7359	57,6125	58,1436	57,7534	57,7122	57,5723
Fs%	0,4167	0,4194	0,4133	0,4172	0,4192	0,4199
AlIV	0,0863	0,0922	0,1027	0,0869	0,1038	0,1221
AlVI	0,1321	0,1318	0,1275	0,1290	0,1363	0,1390

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.6.1 BPA006-21b1 continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx core	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim
Wt%						
SiO2	50,9323	50,9778	50,7923	50,3802	50,9225	51,2666
TiO2	0,2060	0,2073	0,1999	0,2079	0,1867	0,1936
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	5,2343	5,1853	5,2697	5,1624	5,1284	5,4964
FeO	24,8495	24,4907	24,2551	24,4517	24,5805	24,1461
MnO	0,1888	0,1460	0,2048	0,1363	0,1721	0,1806
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,1334	18,9501	18,9816	19,1481	19,0630	19,1007
CaO	0,2106	0,2217	0,1596	0,2087	0,2303	0,1651
Na2O	BDL	0,0501	BDL	0,0067	0,0313	0,0491
K2O	0,0039	BDL	BDL	BDL	0,0073	0,0095
Total	100,7588	100,2290	99,8630	99,7020	100,3221	100,6077
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9050	1,9160	1,9154	1,9019	1,9119	1,9167
Ti	0,0058	0,0059	0,0057	0,0059	0,0053	0,0054
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2308	0,2297	0,2342	0,2297	0,2270	0,2422
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,7772	0,7697	0,7648	0,7719	0,7717	0,7549
Mn	0,0060	0,0046	0,0065	0,0044	0,0055	0,0057
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0666	1,0615	1,0669	1,0774	1,0668	1,0644
Ca	0,0084	0,0089	0,0064	0,0084	0,0093	0,0066
Na	-	0,0037	-	0,0005	0,0023	0,0036
K	0,0002	-	-	-	0,0003	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5785	0,5797	0,5824	0,5826	0,5802	0,5851
Wo%	0,4556	0,4851	0,3508	0,4544	0,5013	0,3622
En%	57,5855	57,6877	58,0403	57,9960	57,7335	58,2942
Fs%	0,4196	0,4183	0,4161	0,4155	0,4177	0,4134
AlIV	0,0950	0,0840	0,0846	0,0981	0,0881	0,0833
AlVI	0,1358	0,1457	0,1496	0,1316	0,1389	0,1590

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.6.2 BPA006-21b1 continu

Sample	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx rim	BPA006-21b1 Grt-norite opx core
Wt%			
SiO2	50,5396	51,0651	51,6662
TiO2	0,2000	0,1880	0,1646
Cr2O3	NA	NA	NA
Al2O3	5,0872	4,3288	4,8156
FeO	24,4711	24,2893	24,5387
MnO	0,2303	0,2284	0,1393
NiO	NA	NA	NA
MgO	19,3685	19,7021	19,1778
CaO	0,2138	0,2333	0,1610
Na2O	BDL	BDL	0,0001
K2O	BDL	BDL	BDL
Total	100,1105	100,0350	100,6633
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12
Si	1,8993	1,9192	1,9340
Ti	0,0057	0,0053	0,0046
Cr	-	-	-
Al	0,2253	0,1918	0,2125
Fe3+	-	-	-
Fe2+	0,7690	0,7633	0,7681
Mn	0,0073	0,0073	0,0044
Ni	-	-	-
Mg	1,0848	1,1037	1,0699
Ca	0,0086	0,0094	0,0065
Na	-	-	0,00001
K	-	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5852	0,5911	0,5821
Wo%	0,4622	0,5006	0,3500
En%	58,2490	58,8178	58,0082
Fs%	0,4129	0,4068	0,4164
AlIV	0,1007	0,0808	0,0660
AlVI	0,1246	0,1110	0,1465

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7 BPA018-21a

Sample	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	50,9189	50,4809	50,6502	51,5496	50,5093	50,6646
TiO2	0,2194	0,1961	0,1758	0,1410	0,1261	0,1972
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,3594	4,1487	4,6802	4,1803	4,0636	4,9442
FeO	23,7426	23,7103	23,7841	23,5764	23,5782	23,8584
MnO	0,2325	0,2385	0,2518	0,1934	0,2784	0,2508
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,5558	19,4513	19,1459	19,7288	19,9474	19,5392
CaO	0,3973	0,3239	0,1616	0,2636	0,2109	0,2078
Na2O	0,0092	BDL	BDL	0,0349	BDL	BDL
K2O	0,0243	BDL	0,0253	BDL	0,0134	0,0064
Total	99,4594	98,5497	98,8749	99,6680	98,7273	99,6686
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9234	1,9252	1,9269	1,9413	1,9183	1,9091
Ti	0,0062	0,0056	0,0050	0,0040	0,0036	0,0056
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1941	0,1865	0,2099	0,1856	0,1819	0,2196
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,7499	0,7561	0,7566	0,7424	0,7488	0,7517
Mn	0,0074	0,0077	0,0081	0,0062	0,0090	0,0080
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,1010	1,1056	1,0856	1,1074	1,1292	1,0973
Ca	0,0161	0,0132	0,0066	0,0106	0,0086	0,0084
Na	0,0007	-	-	0,0025	-	-
K	0,0012	-	0,0012	-	0,0006	0,0003
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5948	0,5939	0,5893	0,5986	0,6013	0,5935
Wo%	0,8612	0,7058	0,3562	0,5716	0,4549	0,4516
En%	58,9711	58,9678	58,7196	59,5221	59,8534	59,0775
Fs%	0,4017	0,4033	0,4092	0,3991	0,3969	0,4047
AlIV	0,0766	0,0748	0,0731	0,0587	0,0817	0,0909
AlVI	0,1175	0,1117	0,1368	0,1269	0,1003	0,1287

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.1 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	50,2697	51,0787	50,6092	51,0025	50,8973	51,4634
TiO2	0,2150	0,1576	0,2064	0,1445	0,1411	0,1753
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	5,3178	4,0392	4,6816	4,1159	4,4411	4,0555
FeO	23,5491	23,3486	23,7474	23,2087	23,7654	23,6065
MnO	0,2195	0,2580	0,2636	0,2876	0,2774	0,2353
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,3802	19,6037	19,6308	19,8433	20,0480	19,3355
CaO	0,2003	0,2829	0,2387	0,2716	0,1538	0,2003
Na2O	0,0032	0,0335	0,0011	BDL	0,0247	0,0308
K2O	0,0094	0,0093	0,0113	0,0070	0,0035	0,0057
Total	99,1642	98,8115	99,3901	98,8811	99,7523	99,1083
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9024	1,9403	1,9117	1,9340	1,9127	1,9528
Ti	0,0061	0,0045	0,0059	0,0041	0,0040	0,0050
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2372	0,1809	0,2084	0,1840	0,1967	0,1814
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,7452	0,7417	0,7501	0,7359	0,7468	0,7490
Mn	0,0070	0,0083	0,0084	0,0092	0,0088	0,0076
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0932	1,1099	1,1052	1,1215	1,1229	1,0935
Ca	0,0081	0,0115	0,0097	0,0110	0,0062	0,0081
Na	0,0002	0,0025	0,0001	-	0,0018	0,0023
K	0,0005	0,0005	0,0005	0,0003	0,0002	0,0003
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5946	0,5994	0,5957	0,6038	0,6006	0,5935
Wo%	0,4398	0,6180	0,5180	0,5905	0,3301	0,4400
En%	59,2016	59,5743	59,2621	60,0234	59,8597	59,0876
Fs%	0,4036	0,3981	0,4022	0,3939	0,3981	0,4047
AlIV	0,0976	0,0597	0,0883	0,0660	0,0873	0,0472
AlVI	0,1397	0,1212	0,1201	0,1179	0,1094	0,1342

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.2 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx	BPA018-21a Grt-norite Opx	BPA018-21a Grt-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	51,0743	51,1938	51,1317	50,6366	50,7615	51,3349
TiO2	0,2008	0,1266	0,1883	0,1736	0,1814	0,1972
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,6488	3,9943	4,2388	4,3844	4,4877	3,9342
FeO	24,2122	23,0442	23,6443	23,7131	23,3794	23,9276
MnO	0,3010	0,3829	0,3063	0,2508	0,3069	0,3341
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,2325	19,7201	19,8626	19,7789	19,5623	19,7156
CaO	0,2196	0,1777	0,2718	0,1800	0,2293	0,2864
Na2O	0,0422	0,0178	0,0336	0,0034	0,0438	0,0054
K2O	0,0061	0,0027	BDL	0,0107	0,0138	0,0069
Total	99,9375	98,6601	99,6774	99,1315	98,9661	99,7423
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9238	1,9463	1,9248	1,9168	1,9246	1,9349
Ti	0,0057	0,0036	0,0053	0,0049	0,0052	0,0056
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,2064	0,1790	0,1881	0,1956	0,2006	0,1748
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,7626	0,7326	0,7442	0,7506	0,7412	0,7541
Mn	0,0096	0,0123	0,0098	0,0080	0,0099	0,0107
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0797	1,1174	1,1144	1,1159	1,1054	1,1076
Ca	0,0089	0,0072	0,0110	0,0073	0,0093	0,0116
Na	0,0031	0,0013	0,0025	0,0002	0,0032	0,0004
K	0,0003	0,0001	-	0,0005	0,0007	0,0003
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5861	0,6040	0,5996	0,5979	0,5986	0,5949
Wo%	0,4787	0,3897	0,5863	0,3896	0,5018	0,6174
En%	58,3261	60,1657	59,6060	59,5534	59,5619	59,1251
Fs%	0,4120	0,3944	0,3981	0,4006	0,3994	0,4026
AlIV	0,0762	0,0537	0,0752	0,0832	0,0754	0,0651
AlVI	0,1302	0,1253	0,1128	0,1124	0,1251	0,1097

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.3 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core	BPA018-21a Grt-norite Opx rim
Wt%						
SiO2	51,2405	50,9209	50,8810	51,0159	51,0386	51,1290
TiO2	0,1765	0,1796	0,1974	0,1637	0,1756	0,1808
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	4,3695	4,1102	4,3179	4,2549	4,1651	4,1988
FeO	23,3008	23,2579	23,4261	23,7160	23,4989	23,7780
MnO	0,2775	0,2815	0,2202	0,2313	0,2749	0,2310
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	19,4201	19,6254	19,6227	19,5410	19,5901	19,5791
CaO	0,2719	0,2727	0,2673	0,2080	0,2392	0,2061
Na2O	0,0027	0,0032	0,0163	0,0105	0,0070	0,0008
K2O	BDL	BDL	0,0041	BDL	0,0134	0,0024
Total	99,0595	98,6514	98,9530	99,1413	99,0028	99,3060
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9431	1,9373	1,9298	1,9333	1,9361	1,9349
Ti	0,0050	0,0051	0,0056	0,0047	0,0050	0,0051
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1953	0,1843	0,1930	0,1901	0,1862	0,1873
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,7388	0,7399	0,7429	0,7515	0,7454	0,7524
Mn	0,0089	0,0091	0,0071	0,0074	0,0088	0,0074
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,0976	1,1129	1,1093	1,1037	1,1076	1,1043
Ca	0,0110	0,0111	0,0109	0,0084	0,0097	0,0084
Na	0,0002	0,0002	0,0012	0,0008	0,0005	0,0001
K	-	-	0,0002	-	0,0006	0,0001
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,5977	0,6006	0,5989	0,5949	0,5977	0,5948
Wo%	0,5979	0,5963	0,5830	0,4531	0,5219	0,4480
En%	59,4105	59,7065	59,5393	59,2225	59,4619	59,2097
Fs%	0,3999	0,3970	0,3988	0,4032	0,4002	0,4034
AlIV	0,0569	0,0627	0,0702	0,0667	0,0639	0,0651
AlVI	0,1384	0,1217	0,1228	0,1234	0,1223	0,1222

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.7.4 BPA018-21a continu

Sample	BPA018-21a Grt-norite Opx rim	BPA018-21a Grt-norite Opx core
Wt%		
SiO2	51,1096	51,2961
TiO2	0,1935	0,1498
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	4,1252	3,6320
FeO	23,8141	23,3762
MnO	0,2648	0,3456
NiO	NA	NA
MgO	19,6131	19,6718
CaO	0,2536	0,3172
Na2O	0,0180	BDL
K2O	0,0106	0,0032
Total	99,4025	98,7919
Cations/Charges	4/12	4/12
Si	1,9322	1,9505
Ti	0,0055	0,0043
Cr	-	-
Al	0,1838	0,1628
Fe3+	-	-
Fe2+	0,7528	0,7433
Mn	0,0085	0,0111
Ni	-	-
Mg	1,1051	1,1149
Ca	0,0103	0,0129
Na	0,0013	-
K	0,0005	0,0002
Total	4,0000	4,0000
Mg#	0,5948	0,6000
Wo%	0,5498	0,6906
En%	59,1543	59,5852
Fs%	0,4030	0,3972
AlIV	0,0678	0,0495
AlVI	0,1160	0,1133

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8 BPA021-21a2

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,6225	53,5933	54,2077	53,1817	53,4659	53,6061
TiO2	0,2541	0,2499	0,2665	0,3840	0,2103	0,2094
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,3528	1,7571	1,3952	1,4324	1,2714	0,9269
FeO	19,9652	18,8514	19,0908	18,4838	19,3591	19,2294
MnO	0,4245	0,4172	0,3301	0,3761	0,4021	0,3138
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	22,4688	22,5223	20,8464	22,6073	22,4811	22,8145
CaO	0,7517	1,7238	0,9420	1,6239	0,5759	0,8679
Na2O	0,0252	0,0344	0,0370	0,0101	0,0217	0,0060
K2O	0,0063	BDL	0,0140	0,0046	0,0039	0,0109
Total	98,8711	99,1494	97,1297	98,1039	97,7914	97,9849
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0081	1,9951	2,0756	1,9994	2,0210	2,0198
Ti	0,0072	0,0070	0,0077	0,0109	0,0060	0,0059
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0597	0,0771	0,0630	0,0635	0,0566	0,0412
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6252	0,5868	0,6112	0,5811	0,6119	0,6059
Mn	0,0135	0,0132	0,0107	0,0120	0,0129	0,0100
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2541	1,2496	1,1897	1,2668	1,2665	1,2812
Ca	0,0302	0,0687	0,0386	0,0654	0,0233	0,0350
Na	0,0018	0,0025	0,0027	0,0007	0,0016	0,0004
K	0,0003	-	0,0007	0,0002	0,0002	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6673	0,6805	0,6606	0,6855	0,6743	0,6789
Wo%	1,5794	3,6085	2,1006	3,4186	1,2263	1,8227
En%	65,6787	65,5909	64,6721	66,2106	66,5987	66,6572
Fs%	0,3274	0,3080	0,3323	0,3037	0,3218	0,3152
AlIV	-	0,0049	-	0,0006	-	-
AlVI	0,0597	0,0722	0,0630	0,0629	0,0566	0,0412

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.1 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,3196	53,0025	53,8537	53,6148	53,9317	53,3292
TiO2	0,1683	0,2529	0,1413	0,1308	0,1190	0,1119
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	0,8452	1,4036	1,2692	1,2118	1,4191	1,4183
FeO	19,7868	19,3421	16,2076	16,1974	15,9571	17,4997
MnO	0,3825	0,4063	0,3302	0,3212	0,2872	0,2958
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	22,6117	22,0383	25,3886	25,2094	25,4853	23,7448
CaO	0,4106	0,7367	0,4773	0,6434	0,4974	0,5279
Na2O	BDL	BDL	BDL	BDL	0,0185	0,0114
K2O	BDL	BDL	0,0069	0,0079	BDL	BDL
Total	97,5247	97,1824	97,6748	97,3367	97,7153	96,9390
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0225	2,0191	2,0011	2,0000	2,0006	2,0134
Ti	0,0048	0,0072	0,0039	0,0037	0,0033	0,0032
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0378	0,0630	0,0556	0,0533	0,0620	0,0631
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6276	0,6161	0,5036	0,5052	0,4950	0,5525
Mn	0,0123	0,0131	0,0104	0,0101	0,0090	0,0095
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2784	1,2513	1,4061	1,4016	1,4090	1,3362
Ca	0,0167	0,0301	0,0190	0,0257	0,0198	0,0214
Na	-	-	-	-	0,0013	0,0008
K	-	-	0,0003	0,0004	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6707	0,6701	0,7363	0,7350	0,7400	0,7075
Wo%	0,8679	1,5845	0,9852	1,3305	1,0275	1,1179
En%	66,4897	65,9448	72,9042	72,5260	73,2436	69,9568
Fs%	0,3264	0,3247	0,2611	0,2614	0,2573	0,2893
AlIV	-	-	-	0,00001	-	-
AlVI	0,0378	0,0630	0,0556	0,0533	0,0620	0,0631

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.2 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,7268	53,5404	53,5124	53,5877	54,0129	53,8900
TiO2	0,3166	0,2573	0,2476	0,2518	0,3676	0,2490
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,5596	1,8569	1,5302	1,8542	1,3846	1,3936
FeO	20,6052	19,9009	20,8992	20,1336	20,3872	21,1467
MnO	0,4445	0,3464	0,4230	0,3295	0,3526	0,4281
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	22,7895	22,0311	22,4710	22,2936	22,6726	22,4962
CaO	1,0420	2,1425	0,9053	1,3960	0,7824	0,7662
Na2O	0,0168	0,0206	0,0204	BDL	0,0266	BDL
K2O	BDL	0,0054	0,0046	BDL	0,0073	BDL
Total	100,5010	100,1015	100,0137	99,8464	99,9938	100,3698
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9803	1,9823	1,9848	1,9884	2,0012	1,9938
Ti	0,0088	0,0072	0,0069	0,0070	0,0102	0,0069
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0678	0,0810	0,0669	0,0811	0,0605	0,0608
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6351	0,6161	0,6482	0,6247	0,6316	0,6542
Mn	0,0139	0,0109	0,0133	0,0104	0,0111	0,0134
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2519	1,2158	1,2422	1,2329	1,2520	1,2405
Ca	0,0411	0,0850	0,0360	0,0555	0,0311	0,0304
Na	0,0012	0,0015	0,0015	-	0,0019	-
K	-	0,0003	0,0002	-	0,0003	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6635	0,6637	0,6571	0,6637	0,6647	0,6547
Wo%	2,1339	4,4335	1,8674	2,9007	1,6220	1,5776
En%	64,9299	63,4242	64,4851	64,4462	65,3901	64,4390
Fs%	0,3294	0,3214	0,3365	0,3265	0,3299	0,3398
AlIV	0,0197	0,0177	0,0152	0,0116	-	0,0062
AlVI	0,0480	0,0634	0,0517	0,0695	0,0605	0,0546

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.3 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	54,1825	54,1705	53,9574	54,4502	54,6011	54,5450
TiO2	0,1619	0,0662	0,0589	0,0735	0,1241	0,1163
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,0934	1,3077	2,2720	2,0148	1,2992	1,5622
FeO	21,1742	16,6433	18,0294	17,2813	17,2006	17,1837
MnO	0,4672	0,3611	0,3097	0,2707	0,3105	0,3963
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	22,8742	25,7475	24,5207	25,6924	25,4957	25,8971
CaO	0,5106	0,5024	0,5254	0,6490	0,5896	0,7294
Na2O	0,0168	0,0131	BDL	0,0144	BDL	BDL
K2O	0,0132	0,0088	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	100,4940	98,8206	99,6735	100,4463	99,6208	100,4300
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9997	1,9891	1,9778	1,9697	1,9945	1,9734
Ti	0,0045	0,0018	0,0016	0,0020	0,0034	0,0032
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0476	0,0566	0,0982	0,0859	0,0559	0,0666
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,6534	0,5110	0,5526	0,5227	0,5254	0,5199
Mn	0,0146	0,0112	0,0096	0,0083	0,0096	0,0121
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2582	1,4091	1,3396	1,3852	1,3881	1,3965
Ca	0,0202	0,0198	0,0206	0,0252	0,0231	0,0283
Na	0,0012	0,0009	-	0,0010	-	-
K	0,0006	0,0004	-	-	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6582	0,7339	0,7080	0,7260	0,7254	0,7287
Wo%	1,0450	1,0188	1,0786	1,3011	1,1915	1,4539
En%	65,1305	72,6386	70,0324	71,6579	71,6784	71,8128
Fs%	0,3382	0,2634	0,2889	0,2704	0,2713	0,2673
AlIV	0,0003	0,0109	0,0222	0,0303	0,0055	0,0266
AlVI	0,0472	0,0457	0,0759	0,0556	0,0504	0,0401

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.4 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	54,9132	54,1857	55,2330	54,2874	54,4703	55,5503
TiO2	0,0648	0,1517	0,0492	0,0478	0,0589	0,1021
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,0465	1,6915	1,4029	2,0688	1,2284	1,3118
FeO	17,1635	17,5349	16,8638	17,4509	16,7551	16,8942
MnO	0,2971	0,3281	0,3045	0,3421	0,3405	0,2928
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	25,8575	25,2812	25,5974	25,1828	26,0706	26,1430
CaO	0,2870	0,5776	0,5216	0,4785	0,4256	0,3631
Na2O	BDL	0,0114	BDL	BDL	BDL	0,0222
K2O	0,0082	0,0065	0,0070	BDL	0,0062	BDL
Total	99,6378	99,7686	99,9794	99,8583	99,3556	100,6795
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,0031	1,9782	2,0084	1,9797	1,9883	2,0028
Ti	0,0018	0,0042	0,0013	0,0013	0,0016	0,0028
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0450	0,0728	0,0601	0,0889	0,0529	0,0557
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,5235	0,5353	0,5128	0,5321	0,5114	0,5093
Mn	0,0092	0,0101	0,0094	0,0106	0,0105	0,0089
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,4058	1,3757	1,3873	1,3687	1,4184	1,4048
Ca	0,0112	0,0226	0,0203	0,0187	0,0166	0,0140
Na	-	0,0008	-	-	-	0,0016
K	0,0004	0,0003	0,0003	-	0,0003	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7287	0,7199	0,7301	0,7201	0,7350	0,7339
Wo%	0,5780	1,1684	1,0581	0,9739	0,8551	0,7274
En%	72,4441	71,1465	72,2408	71,3046	72,8705	72,8580
Fs%	0,2698	0,2769	0,2670	0,2772	0,2627	0,2641
AlIV	-	0,0218	-	0,0203	0,0117	-
AlVI	0,0450	0,0510	0,0601	0,0686	0,0411	0,0557

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.5 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core
Wt%						
SiO2	54,4012	52,6579	53,4551	53,7105	54,0605	53,6737
TiO2	0,1210	0,2474	0,2892	0,2171	0,3553	0,2680
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,3924	2,8873	1,7389	1,5067	1,9331	1,4827
FeO	17,2202	18,8055	20,0160	19,9131	19,8306	20,2523
MnO	0,3243	0,4236	0,3981	0,3941	0,3870	0,4058
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	25,8494	23,0735	22,7494	23,0326	23,0584	22,8836
CaO	0,6765	1,3791	1,0319	0,8297	1,0929	1,0011
Na2O	0,0160	0,0059	0,0055	BDL	BDL	BDL
K2O	0,0122	BDL	0,0101	BDL	0,0145	0,0024
Total	100,0132	99,4802	99,6942	99,6038	100,7323	99,9696
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9763	1,9465	1,9829	1,9920	1,9825	1,9864
Ti	0,0033	0,0069	0,0081	0,0061	0,0098	0,0075
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0596	0,1258	0,0760	0,0659	0,0836	0,0647
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,5231	0,5813	0,6209	0,6176	0,6081	0,6267
Mn	0,0100	0,0133	0,0125	0,0124	0,0120	0,0127
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,3996	1,2712	1,2578	1,2732	1,2603	1,2622
Ca	0,0263	0,0546	0,0410	0,0330	0,0429	0,0397
Na	0,0011	0,0004	0,0004	-	-	-
K	0,0006	-	0,0005	-	0,0007	0,0001
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7279	0,6862	0,6695	0,6734	0,6745	0,6682
Wo%	1,3509	2,8637	2,1363	1,7137	2,2464	2,0580
En%	71,8104	66,6571	65,5211	66,1841	65,9385	65,4465
Fs%	0,2684	0,3048	0,3234	0,3210	0,3182	0,3250
AlIV	0,0237	0,0535	0,0171	0,0080	0,0175	0,0136
AlVI	0,0359	0,0723	0,0589	0,0579	0,0661	0,0511

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.6 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	54,0206	53,3018	53,6697	53,6402	53,5473	53,6782
TiO2	0,2065	0,1908	0,2822	0,2289	0,2511	0,1992
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,6481	1,9625	1,2363	1,5364	1,1925	1,5640
FeO	19,2809	19,0157	20,1006	19,1987	20,0678	19,3383
MnO	0,3342	0,3069	0,3904	0,4136	0,3726	0,4046
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	23,3768	23,8338	22,1186	22,4309	22,7469	22,6928
CaO	0,8733	0,7319	1,2627	1,4697	0,7626	1,0984
Na2O	BDL	0,0249	0,0341	0,0023	BDL	0,0137
K2O	BDL	0,0080	BDL	BDL	BDL	BDL
Total	99,7404	99,3763	99,0946	98,9207	98,9408	98,9892
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9952	1,9689	2,0089	2,0045	2,0026	2,0027
Ti	0,0057	0,0053	0,0079	0,0064	0,0071	0,0056
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0718	0,0855	0,0545	0,0677	0,0526	0,0688
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,5955	0,5874	0,6291	0,5999	0,6276	0,6033
Mn	0,0105	0,0096	0,0124	0,0131	0,0118	0,0128
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,2868	1,3122	1,2340	1,2494	1,2679	1,2619
Ca	0,0346	0,0290	0,0506	0,0588	0,0306	0,0439
Na	-	0,0018	0,0025	0,0002	-	0,0010
K	-	0,0004	-	-	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,6837	0,6908	0,6623	0,6756	0,6689	0,6765
Wo%	1,8027	1,5019	2,6459	3,0837	1,5864	2,2997
En%	67,1329	68,0416	64,4796	65,4757	65,8306	66,0987
Fs%	0,3106	0,3046	0,3287	0,3144	0,3258	0,3160
AlIV	0,0048	0,0311	-	-	-	-
AlVI	0,0669	0,0544	0,0545	0,0677	0,0526	0,0688

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.8.7 BPA021-21a2 continu

Sample	BPA021-21a2 Troctolite Opx core	BPA021-21a2 Troctolite Opx rim
Wt%		
SiO2	53,6118	56,1898
TiO2	0,1885	0,0233
Cr2O3	NA	NA
Al2O3	1,5918	0,3845
FeO	18,8057	19,1061
MnO	0,3763	0,5222
NiO	NA	NA
MgO	22,3313	20,0861
CaO	1,5898	1,0082
Na2O	0,0237	0,0372
K2O	BDL	BDL
Total	98,5189	97,3574
Cations/Charges	4/12	4/12
Si	2,0097	2,1576
Ti	0,0053	0,0007
Cr	-	-
Al	0,0703	0,0174
Fe3+	-	-
Fe2+	0,5895	0,6135
Mn	0,0119	0,0170
Ni	-	-
Mg	1,2477	1,1496
Ca	0,0638	0,0415
Na	0,0017	0,0028
K	-	-
Total	4,0000	4,0000
Mg#	0,6791	0,6520
Wo%	3,3586	2,2984
En%	65,6328	63,7050
Fs%	0,3101	0,3400
AlIV	-	-
AlVI	0,0703	0,0174

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.9 BPA260-21a1

Sample	BPA260-21a1 Troctolite Opx rim	BPA260-21a1 Troctolite Opx rim	BPA260-21a1 Troctolite Opx rim	BPA260-21a1 Troctolite Opx rim	BPA260-21a1 Troctolite Opx rim	BPA260-21a1 Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	57,1822	54,9164	55,6002	54,5128	57,7793	54,8058
TiO2	0,0128	0,0126	0,0074	0,0280	0,0011	0,2164
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,3468	3,1389	0,9887	3,6462	0,1816	2,3061
FeO	13,0569	13,3026	16,1273	11,4268	13,8042	14,5873
MnO	0,3997	0,3832	0,3892	0,3038	0,4160	0,3509
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	24,2692	24,8636	26,9592	22,8939	24,6900	26,9409
CaO	1,5744	2,6307	0,1064	3,9024	0,2956	0,8063
Na2O	0,1337	0,2826	BDL	0,4313	0,0178	0,0217
K2O	0,0058	0,0147	0,0156	0,0338	BDL	BDL
Total	97,9815	99,5453	100,1940	97,1790	97,1856	100,0354
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,1147	1,9876	2,0054	2,0222	2,1592	1,9707
Ti	0,0004	0,0003	0,0002	0,0008	0,0000	0,0059
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0587	0,1339	0,0420	0,1594	0,0080	0,0977
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4038	0,4026	0,4864	0,3545	0,4313	0,4386
Mn	0,0125	0,0117	0,0119	0,0095	0,0132	0,0107
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,3377	1,3413	1,4493	1,2658	1,3752	1,4438
Ca	0,0624	0,1020	0,0041	0,1551	0,0118	0,0311
Na	0,0096	0,0198	-	0,0310	0,0013	0,0015
K	0,0003	0,0007	0,0007	0,0016	-	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7681	0,7691	0,7487	0,7812	0,7612	0,7670
Wo%	3,4580	5,5262	0,2120	8,7358	0,6508	1,6232
En%	74,1584	72,6630	74,7132	71,2990	75,6271	75,4555
Fs%	0,2238	0,2181	0,2507	0,1997	0,2372	0,2292
AlIV	-	0,0124	-	-	-	0,0293
AlVI	0,0587	0,1215	0,0420	0,1594	0,0080	0,0684

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10 BPA260-21g

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,6732	52,7005	52,7333	53,0704	54,6731	56,4896
TiO2	0,3015	0,3297	0,2208	0,2478	BDL	0,0030
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,5738	2,7313	2,4383	2,4524	0,5229	0,4209
FeO	13,6096	13,6594	13,9004	13,8395	15,3910	12,9695
MnO	0,3407	0,3855	0,3848	0,3088	0,3816	0,3611
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	26,5463	26,5350	27,0055	26,7455	27,1920	24,9735
CaO	0,8801	0,9061	0,6833	0,7143	0,2100	0,2621
Na2O	0,0029	0,0466	BDL	0,0420	0,0155	0,0352
K2O	0,0183	0,0204	0,0112	0,0062	0,0077	0,0034
Total	96,9464	97,3145	97,3776	97,4269	98,3938	95,5183
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9483	1,9419	1,9402	1,9529	2,0013	2,1375
Ti	0,0084	0,0091	0,0061	0,0069	-	0,0001
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1122	0,1186	0,1057	0,1064	0,0226	0,0188
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4209	0,4209	0,4254	0,4259	0,4711	0,4104
Mn	0,0107	0,0120	0,0120	0,0096	0,0118	0,0116
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,4635	1,4573	1,4809	1,4669	1,4835	1,4084
Ca	0,0349	0,0358	0,0269	0,0282	0,0082	0,0106
Na	0,0002	0,0033	-	0,0030	0,0011	0,0026
K	0,0009	0,0010	0,0005	0,0003	0,0004	0,0002
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7766	0,7759	0,7759	0,7750	0,7590	0,7744
Wo%	1,8171	1,8689	1,3916	1,4660	0,4196	0,5808
En%	76,2511	76,1414	76,5133	76,3649	75,5800	76,9880
Fs%	0,2193	0,2199	0,2210	0,2217	0,2400	0,2243
AlIV	0,0517	0,0581	0,0598	0,0471	-	-
AlVI	0,0605	0,0606	0,0459	0,0593	0,0226	0,0188

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.1 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	56,2419	53,7962	53,4098	53,6002	54,4216	53,2175
TiO2	0,0157	0,2823	0,2778	0,2585	0,1334	0,2946
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	0,4266	2,4869	2,4275	2,3353	1,9872	2,5474
FeO	13,3618	13,6299	13,8092	14,0126	13,4035	13,7084
MnO	0,4334	0,3554	0,3458	0,3987	0,4124	0,3678
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	24,2834	26,7988	26,8260	27,0890	27,4886	26,6471
CaO	0,3262	1,0055	0,9616	0,7696	0,5606	1,1333
Na2O	0,0707	0,0166	0,0051	0,0122	BDL	0,0610
K2O	0,0255	0,0124	0,0017	0,0076	0,0272	0,0183
Total	95,1852	98,3840	98,0645	98,4837	98,4345	97,9954
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,1424	1,9615	1,9538	1,9520	1,9785	1,9478
Ti	0,0004	0,0077	0,0076	0,0071	0,0036	0,0081
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0192	0,1069	0,1047	0,1002	0,0852	0,1099
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4256	0,4156	0,4224	0,4267	0,4075	0,4195
Mn	0,0140	0,0110	0,0107	0,0123	0,0127	0,0114
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,3787	1,4563	1,4626	1,4704	1,4895	1,4536
Ca	0,0133	0,0393	0,0377	0,0300	0,0218	0,0444
Na	0,0052	0,0012	0,0004	0,0009	-	0,0043
K	0,0012	0,0006	0,0001	0,0004	0,0013	0,0009
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7641	0,7780	0,7759	0,7751	0,7852	0,7760
Wo%	0,7324	2,0551	1,9600	1,5581	1,1379	2,3174
En%	75,8519	76,2015	76,0707	76,2991	77,6266	75,8042
Fs%	0,2342	0,2174	0,2197	0,2214	0,2124	0,2188
AlIV	-	0,0385	0,0462	0,0480	0,0215	0,0522
AlVI	0,0192	0,0684	0,0585	0,0523	0,0636	0,0577

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.2 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx	BPA260-21g Troctolite Opx	BPA260-21g Troctolite Opx	BPA260-21g Troctolite Opx
Wt%						
SiO2	53,6503	52,6081	55,3857	45,5411	55,6489	55,1567
TiO2	0,1251	0,2586	BDL	0,0002	BDL	0,0054
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	1,9428	2,7291	0,4458	0,2531	0,2623	0,5038
FeO	13,7042	13,7569	13,8411	16,4450	13,7523	14,8971
MnO	0,2991	0,2987	0,3625	0,3201	0,3794	0,3576
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	27,6485	26,6840	24,3536	24,4197	24,4042	27,7228
CaO	0,5720	0,8405	0,5594	0,7069	0,3678	0,0813
Na2O	0,0259	0,0208	0,0442	0,0492	0,0422	0,0312
K2O	0,0106	0,0211	0,0571	0,0598	0,0167	0,0093
Total	97,9785	97,2178	95,0494	87,7951	94,8738	98,7652
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9575	1,9392	2,1130	1,8744	2,1271	2,0058
Ti	0,0034	0,0072	-	0,00001	-	0,0001
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0836	0,1186	0,0200	0,0123	0,0118	0,0216
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4181	0,4240	0,4415	0,3199	0,4395	0,4530
Mn	0,0092	0,0093	0,0117	0,0112	0,0123	0,0110
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,5035	1,4660	1,3848	1,4980	1,3903	1,5026
Ca	0,0224	0,0332	0,0229	0,0312	0,0151	0,0032
Na	0,0018	0,0015	0,0033	0,0039	0,0031	0,0022
K	0,0005	0,0010	0,0028	0,0031	0,0008	0,0004
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7824	0,7757	0,7582	0,7258	0,7598	0,7684
Wo%	1,1501	1,7258	1,2364	1,4877	0,8164	0,1617
En%	77,3425	76,2265	74,8858	71,4989	75,3588	76,7117
Fs%	0,2151	0,2205	0,2388	0,2701	0,2382	0,2313
AlIV	0,0425	0,0608	-	0,0123	-	-
AlVI	0,0410	0,0578	0,0200	-	0,0118	0,0216

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.3 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	56,4281	53,5750	53,9071	53,7606	53,8566	53,7476
TiO2	0,0058	0,2460	0,1604	0,1565	0,1622	0,2843
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	0,2987	2,5319	2,8371	2,6320	2,6868	2,7364
FeO	13,3632	14,4612	15,2217	15,2276	14,8516	14,1631
MnO	0,4125	0,4228	0,3397	0,3883	0,3448	0,3325
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	24,3305	26,2245	26,5239	26,4788	26,4081	26,1152
CaO	0,3570	0,8327	0,4861	0,5384	0,4688	0,9231
Na2O	0,0414	BDL	BDL	0,0156	BDL	0,0050
K2O	BDL	BDL	0,0007	0,0152	0,0051	0,0007
Total	95,2372	98,2941	99,4767	99,2130	98,7840	98,3079
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	2,1489	1,9629	1,9524	1,9525	1,9633	1,9682
Ti	0,0002	0,0068	0,0044	0,0043	0,0044	0,0078
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0134	0,1093	0,1211	0,1127	0,1155	0,1181
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4255	0,4430	0,4610	0,4625	0,4527	0,4337
Mn	0,0133	0,0131	0,0104	0,0119	0,0106	0,0103
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,3810	1,4321	1,4318	1,4334	1,4349	1,4253
Ca	0,0146	0,0327	0,0189	0,0209	0,0183	0,0362
Na	0,0031	-	-	0,0011	-	0,0004
K	-	-	0,00003	0,0007	0,0002	0,00003
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7644	0,7637	0,7564	0,7561	0,7602	0,7667
Wo%	0,7998	1,7132	0,9867	1,0929	0,9607	1,9108
En%	75,8331	75,0640	74,8985	74,7800	75,2855	75,2065
Fs%	0,2337	0,2322	0,2411	0,2413	0,2375	0,2288
AlIV	-	0,0371	0,0476	0,0475	0,0367	0,0318
AlVI	0,0134	0,0723	0,0735	0,0652	0,0788	0,0863

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.4 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	54,1574	53,5718	53,8660	53,5248	53,7626	53,3902
TiO2	0,2133	0,1814	0,1781	0,0623	0,1258	0,2434
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,3806	2,4202	2,3381	2,4380	2,5995	2,3284
FeO	13,9593	14,5804	14,7484	15,1033	14,6600	14,6285
MnO	0,3547	0,3265	0,3840	0,3316	0,3183	0,3169
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	26,4852	26,4522	26,5047	26,6159	26,2188	26,3728
CaO	0,7621	0,7138	0,6794	0,5717	0,6858	0,9089
Na2O	0,0392	BDL	0,0253	0,0183	0,0102	0,0087
K2O	0,0009	0,0059	0,0156	0,0099	0,0118	BDL
Total	98,3527	98,2522	98,7396	98,6758	98,3928	98,1978
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9790	1,9618	1,9639	1,9519	1,9676	1,9572
Ti	0,0059	0,0050	0,0049	0,0017	0,0035	0,0067
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1025	0,1045	0,1005	0,1048	0,1121	0,1006
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4265	0,4465	0,4496	0,4606	0,4486	0,4484
Mn	0,0110	0,0101	0,0119	0,0102	0,0099	0,0098
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,4425	1,4438	1,4402	1,4467	1,4302	1,4409
Ca	0,0298	0,0280	0,0265	0,0223	0,0269	0,0357
Na	0,0028	-	0,0018	0,0013	0,0007	0,0006
K	0,00004	0,0003	0,0007	0,0005	0,0006	-
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7718	0,7638	0,7621	0,7585	0,7612	0,7627
Wo%	1,5712	1,4599	1,3847	1,1576	1,4110	1,8543
En%	75,9659	75,2652	75,1537	74,9739	75,0471	74,8523
Fs%	0,2246	0,2327	0,2346	0,2387	0,2354	0,2329
AlIV	0,0210	0,0382	0,0361	0,0481	0,0324	0,0428
AlVI	0,0815	0,0663	0,0643	0,0567	0,0797	0,0578

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.5 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx core	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,6310	53,4767	53,8672	53,5712	53,3546	53,6453
TiO2	0,2669	0,1835	0,4072	0,4324	0,4646	0,4255
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,3356	1,9937	2,4484	2,3823	2,4272	2,4454
FeO	15,0875	15,3440	14,2544	14,1673	13,7685	13,9050
MnO	0,3926	0,3613	0,3882	0,3954	0,2948	0,3125
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	26,6403	26,4816	26,4211	26,3525	26,0534	26,4095
CaO	1,0139	0,5483	0,8712	0,8405	1,2083	1,0426
Na2O	0,0113	BDL	0,0254	0,0091	0,0204	0,0538
K2O	0,0054	0,0024	0,0129	0,0071	0,0007	0,0114
Total	99,3845	98,3915	98,6960	98,1578	97,5925	98,2510
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9440	1,9596	1,9644	1,9643	1,9671	1,9626
Ti	0,0073	0,0051	0,0112	0,0119	0,0129	0,0117
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,0998	0,0861	0,1052	0,1030	0,1055	0,1055
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4573	0,4701	0,4347	0,4344	0,4245	0,4254
Mn	0,0121	0,0112	0,0120	0,0123	0,0092	0,0097
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,4392	1,4463	1,4361	1,4402	1,4316	1,4400
Ca	0,0394	0,0215	0,0340	0,0330	0,0477	0,0409
Na	0,0008	-	0,0018	0,0006	0,0015	0,0038
K	0,0002	0,0001	0,0006	0,0003	0,00003	0,0005
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7589	0,7547	0,7676	0,7683	0,7713	0,7720
Wo%	2,0338	1,1107	1,7869	1,7308	2,5068	2,1436
En%	74,3444	74,6294	75,3931	75,4979	75,1979	75,5420
Fs%	0,2362	0,2426	0,2282	0,2277	0,2230	0,2231
AlIV	0,0560	0,0404	0,0356	0,0357	0,0329	0,0374
AlVI	0,0437	0,0457	0,0697	0,0673	0,0726	0,0680

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.6 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx core	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	53,2047	53,7998	53,1774	53,0697	52,7097	53,4955
TiO2	0,3600	0,4149	0,4214	0,4166	0,5040	0,4481
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,5305	2,4277	2,5795	2,2232	2,7444	2,4355
FeO	13,6504	14,1610	13,9016	14,1526	13,3039	13,8781
MnO	0,3298	0,3265	0,3811	0,3983	0,3087	0,3437
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	25,1598	26,3273	26,0103	26,5797	25,7450	26,3585
CaO	1,5760	1,0385	1,0616	1,1402	2,2065	1,0378
Na2O	0,0556	0,0466	0,0273	0,0579	0,0595	0,0319
K2O	0,0183	0,0100	0,0091	0,0057	0,0118	0,0044
Total	96,8851	98,5523	97,5693	98,0439	97,5935	98,0335
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9802	1,9645	1,9613	1,9452	1,9419	1,9620
Ti	0,0101	0,0114	0,0117	0,0115	0,0140	0,0124
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1110	0,1045	0,1121	0,0961	0,1192	0,1053
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4248	0,4324	0,4287	0,4338	0,4098	0,4256
Mn	0,0104	0,0101	0,0119	0,0124	0,0096	0,0107
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,3957	1,4328	1,4298	1,4520	1,4136	1,4408
Ca	0,0628	0,0406	0,0419	0,0448	0,0871	0,0408
Na	0,0040	0,0033	0,0020	0,0041	0,0042	0,0023
K	0,0009	0,0005	0,0004	0,0003	0,0006	0,0002
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7666	0,7682	0,7693	0,7700	0,7752	0,7720
Wo%	3,3366	2,1316	2,2072	2,3191	4,5582	2,1380
En%	74,1064	75,1811	75,2339	75,2129	73,9907	75,5464
Fs%	0,2256	0,2269	0,2256	0,2247	0,2145	0,2232
AlIV	0,0198	0,0355	0,0387	0,0548	0,0581	0,0380
AlVI	0,0913	0,0689	0,0735	0,0412	0,0610	0,0673

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.7 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx core	BPA260-21g Troctolite Opx core	BPA260-21g Troctolite Opx rim	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%						
SiO2	52,8109	52,8290	53,0068	52,2693	53,4739	53,8384
TiO2	0,4215	0,2560	0,4444	0,1769	0,1885	0,1944
Cr2O3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Al2O3	2,5328	2,8233	2,6735	2,6362	2,3850	2,4051
FeO	13,5123	13,8637	13,7843	14,7235	15,1587	14,3093
MnO	0,2862	0,2756	0,4032	0,3854	0,3873	0,3762
NiO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
MgO	26,6374	26,7170	25,9598	26,2247	26,7150	26,6170
CaO	1,4323	0,7934	1,0786	0,5901	0,7417	0,8095
Na2O	0,0485	BDL	0,0213	0,0557	0,0117	0,0027
K2O	0,0140	0,0092	0,0128	0,0156	0,0119	0,0198
Total	97,6959	97,5672	97,3847	97,0774	99,0737	98,5724
Cations/Charges	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12	4/12
Si	1,9380	1,9412	1,9584	1,9360	1,9431	1,9636
Ti	0,0116	0,0071	0,0123	0,0049	0,0052	0,0053
Cr	-	-	-	-	-	-
Al	0,1096	0,1223	0,1164	0,1151	0,1022	0,1034
Fe3+	-	-	-	-	-	-
Fe2+	0,4146	0,4260	0,4259	0,4482	0,4578	0,4364
Mn	0,0089	0,0086	0,0126	0,0121	0,0119	0,0116
Ni	-	-	-	-	-	-
Mg	1,4569	1,4632	1,4295	1,4477	1,4468	1,4469
Ca	0,0563	0,0312	0,0427	0,0234	0,0289	0,0316
Na	0,0035	-	0,0015	0,0040	0,0008	0,0002
K	0,0007	0,0004	0,0006	0,0007	0,0006	0,0009
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
Mg#	0,7785	0,7745	0,7705	0,7605	0,7585	0,7683
Wo%	2,9208	1,6264	2,2493	1,2150	1,4912	1,6518
En%	75,5720	76,1923	75,3146	75,1226	74,7218	75,5589
Fs%	0,2151	0,2218	0,2244	0,2366	0,2379	0,2279
AlIV	0,0620	0,0588	0,0416	0,0640	0,0569	0,0364
AlVI	0,0475	0,0635	0,0748	0,0511	0,0452	0,0670

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

2.10.8 BPA260-21g continu

Sample	BPA260-21g Troctolite Opx rim
Wt%	
SiO2	49,5843
TiO2	BDL
Cr2O3	NA
Al2O3	0,4924
FeO	18,7139
MnO	0,3192
NiO	NA
MgO	28,3614
CaO	0,1709
Na2O	0,0021
K2O	0,0151
Total	97,6593
Cations/Charges	4/12
Si	1,8270
Ti	-
Cr	-
Al	0,0214
Fe3+	-
Fe2+	0,2510
Mn	0,0100
Ni	-
Mg	1,5575
Ca	0,0067
Na	0,0002
K	0,0007
Total	4,0000
Mg#	0,7298
Wo%	0,3151
En%	72,7527
Fs%	0,2693
AlIV	0,0214
AlVI	-

Mg# : Mg/(Mg+FeT)
NA : Non analysé
BDL : Sous la limite de détection

Échantillon	BPA 261-21b	BPA 019-21d	BPA 006-21b	BPA 003-21a	BPA 109-21b	BPA 120-12b	BPA 018-11a	BPA 003-11a	BPA 099-12a	BPA 146-12a
Type	Troctolite	Grt-norite	Grt-norite	Grt-diorite	Diorite	Grt-granodiorite	Granulite	Kinzigite	Micaschiste	Micaschiste
Sm (ppm)	0,26	1,02	0,81	7,19	6,86	5,49	14,58	14,85	8,81	8,98
Nd (ppm)	1,16	4,51	5,17	40,20	26,70	25,20	83,80	80,20	43,00	44,8
Rb (ppm)	0,74	51,90	85,60	54,00	79,40	81,50	14,00	145,40	274,10	204,08
Sr (ppm)	362,00	196,00	478,00	307,00	255,00	193,00	2,60	114,10	85,20	130,5
147Sm/144Nd	0,13541	0,13664	0,09465	0,10798	0,15522	0,13162	0,10517	0,11187	0,12378	0,12110
87Rb/86Sr	0,00595	0,76850	0,51950	0,51060	0,90320	1,22630	15,73450	3,70740	9,38060	4,54840
143Nd/144Nd	0,51240	0,51218	0,51211	0,51205	0,51246	0,51221	0,51183	0,51189	0,51188	0,511931
err (2σ)	0,000004	0,000005	0,000003	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000005	0,000005
87Sr/86Sr	0,70347	0,71535	0,71071	0,71802	0,70995	0,72090	0,78278	0,73895	0,76122	0,736227
err (2σ)	0,000002	0,000002	0,000002	0,000006	0,000002	0,000006	0,000023	0,000007	0,000007	0,000002
143Nd/144Nd(288Ma)	0,51215	0,51192	0,51193	0,51185	0,51216	0,51196	0,51163	0,51168	0,51164	0,51170
87Sr/86Sr(288Ma)	0,70344	0,71220	0,70859	0,71592	0,70625	0,71587	0,71830	0,72375	0,72278	0,71759
εNd(288Ma)	-2,3318	-6,8279	-6,6490	-8,1351	-2,0262	-5,9794	-12,3458	-11,4212	-12,1523	-11,0191
εSr(288Ma)	-12,8921	111,4789	60,1039	164,2915	26,8905	163,5260	198,0652	275,4377	261,6431	187,9190

Institut Terre & Environnement de Strasbourg | ITES | UMR 7063 de l'Université de Strasbourg & CNRS & ENGEES

Mérédith MORIN

École doctorale Sciences de la terre et de l'environnement | ED 413 Université de Strasbourg

Les mécanismes de différenciation magmatique de la croûte continentale : Les systèmes magmatiques permiens d'Europe de l'Ouest

Résumé

Bien que la croûte continentale soit initialement formée par des magmas primaires basaltiques issus de la fusion partielle du manteau, sa composition moyenne andésitique à dacitique est encore loin de faire consensus. Les mécanismes à l'origine de cette différence de composition peuvent être tectoniques, métamorphiques et/ou magmatiques, mais sont encore très peu contraints. L'objectif de cette thèse consiste alors à apporter de nouvelles connaissances sur ces mécanismes en ciblant le rôle du magmatisme sur la diversité en composition et sur la modification de l'architecture de la croûte continentale.

Cette étude se focalise sur l'intrusion d'un système magmatique post-orogénique mis en place dans la croûte moyenne (le complexe gabbroïque de Sondalo (Italie du Nord), dont les études pétrologiques, géochimiques et isotopiques ainsi que les modélisations thermodynamiques, isotopiques et géochimiques indiquent : (1) que la majeure partie de la différenciation magmatique du complexe suit la différenciation des magmas tholéiitiques en croûte moyenne (à la différence des systèmes d'arcs magmatiques où la majeure partie de la différenciation des magmas est produite dans les niveaux crustaux profonds) ; (2) que cette différenciation magmatique est produite à partir d'une combinaison de cristallisation fractionnée, d'assimilation crustale et d'hybridation des magmas ; (3) que ces mécanismes de différenciation magmatique influencent fortement la composition en éléments majeurs, les séquences de cristallisation ainsi que les proportions des phases dans les magmas du complexe gabbroïque de Sondalo et ; (4) que ces mécanismes opérant sur les magmas dans la croûte moyenne ont également une forte influence sur l'évolution des liquides magmatiques plus différenciés dans les niveaux crustaux plus superficiels.

Mots clés : Différenciation magmatique, cristallisation fractionnée, assimilation crustale, hybridation

Abstract

Whereas continental crust is initially formed from melts derived from mantle partial melting, its average andesitic to dacitic composition is still far from a consensus. The mechanisms behind this composition may originates from tectonic, metamorphic and/or magmatic processes, but are still largely unconstrained. The aim of this thesis is therefore to provide new insights into the mechanisms of continental crust differentiation, by constraining the role of magmatism in compositional diversity and in modifying the architecture of continental crust.

This study focuses on a mid-crustal intrusion, the Sondalo gabbroic complex (Northern Italy) emplaced in a post-orogenic context. By petrological, geochemical and isotopic evidences as well as thermodynamic, isotopic and geochemical modelling, we show that: (1) most magmatic differentiation of the complex follows the one of tholeiitic magmas in the middle crust (unlike magmatic arc systems, where most magmatic differentiation is produced in deep crustal levels); (2) this magmatic differentiation is produced from a combination of fractional crystallization, crustal assimilation and magma hybridization; (3) these magmatic differentiation mechanisms strongly influence the major element composition, crystallization sequences and phase proportions of magmas in the Sondalo gabbroic complex; and (4) these mechanisms operating on magmas in the middle crust also have a strong influence on the evolution of the more differentiated magmatic liquids in the shallower crustal levels.

Keywords: Magmatic differentiation, fractional crystallization, crustal assimilation, hybridization