

Apport de la minéralogie et de la cristallogénie à la connaissance des conditions de mise en place de l'intrusion mafique-ultramafique à Ni-Cu-EGP de Samapleu (complexe lité Yacouba, ouest de la Côte d'Ivoire)

Gnamba Emmanuel Franck GOUEDJI*, Marc-Antoine AUDET², Yacouba COULIBALY³, Christian PICARD⁴, Naomi OUATTARA⁵, Bouaké BAKAYOKO²

1 : Université de Man - BPV20 Man - Côte d'Ivoire

2 : Sama Nickel-CI sarl, 2 plateaux Vallons, 28 BP 1467, Abidjan 28, Côte d'Ivoire

3 : LGSM, UFR STRM, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY d'Abidjan (Cocody)

22 BP 582 Côte d'Ivoire

4 : Université de Franche-Comté (UMR 6249), 16, route de Gray, 25000 Besançon, France.

5. BNETD Cocody-Côte d'Ivoire, 04 BP 945, Abidjan 04, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: gouedjiemmanuel@gmail.com; BPV20 Man - Côte d'Ivoire.

Résumé

Le dyke de Samapleu est localisé dans les régions de Biankouma et de Sipilou (Ouest de la Côte d'Ivoire). Selon la chimie des minéraux de cette intrusion, elle se serait formée à partir d'un magma d'origine mantellique de composition basaltique par cristallisation fractionnée ; caractérisé par de faibles teneurs en Cr₂O₃, Na₂O et TiO₂, un enrichissement modéré en fer (2 à 6 %) dans les CPX et des valeurs en MgO élevées au sein des minéraux des lithologies des occurrences de l'Extension 1 et de la zone principale de Samapleu.

Par ailleurs, les lithologies de cette intrusion présentent des structures pétrographiques (kinks de déformation, des extinctions onduleuses) et des caractéristiques cristallogéniques et minéralogiques (teneurs élevées en aluminium dans les OPX, fortes teneurs en anorthite dans les espèces de plagioclase, présence d'hercynite et de magnétite chromifère). Ces caractéristiques semblent indiquer que l'intrusion de Samapleu (2,09 Ga) a pu être métamorphosée dans le faciès granulite ; alors que le métamorphisme granulitique décrit dans cette région et ayant affecté l'encaissant granulitique de l'intrusion de Samapleu a été daté du Libérien (2,8 Ga). Ces caractéristiques qui correspondent à celles d'un métamorphisme granulitique sont en réalité la résultante des conditions de mise en place de l'intrusion (P = 7,5±1 kbar et T = 850°C ± 100°C) ; c'est-à-dire une mise en place en base de croûte à environ 22 km. Ainsi, l'intrusion de Samapleu pourrait être contemporaine de la convergence tectonique éburnéenne entre la croûte birimienne et la croûte archéenne entre 2,1 et 2,05 Ga.

Mots clés: Minéralogie et cristallogénie, Dyke de Samapleu, Complexe lité Yacouba, Archéen - Paléoproterozoïque, Côte d'Ivoire.

Abstract

The Samapleu dyke is located in the Biankouma and Sipilou regions (western Ivory Coast).

According to the mineral chemistry of this intrusion, it is formed from a magma of mantle origin of basaltic composition by fractional crystallization; characterized by low contents of Cr₂O₃, Na₂O and TiO₂, moderate iron enrichment (2-6%) in CPX and high MgO values in the lithologies of Extensions 1 and Main Zone occurrences of Samapleu.

Moreover, this intrusion lithologies present petrographic structures (deformation kinks and undulous extinction), crystal-chemical and mineralogical characteristics (high aluminum content in OPX, high anorthite content in plagioclase species, presence of hercynite and chromite magnetite). These features suggest that the Samapleu intrusion (2.09 Ga) could be metamorphosed into the granulite facies; while the granulitic metamorphism described in this region and affecting the granulitic host of the Samapleu intrusion has been dated to Liberian (2.8 Ga). These characteristics, which correspond to those of a granulitic metamorphism, are actually the result of the conditions of establishment of the intrusion (P = 7.5 ± 1 kbar and T = 850 ° C ± 100 ° C); a crust base emplacement at about 22 km. Therefore, Samapleu intrusion could be coeval of the Eburnean tectonic convergence between the birimian crust and the archean craton between 2.1 and 2.05 Ga.

Keywords: Mineralogy and crystal-chemistry, Samapleu dyke, Yacouba layered complex, Archean-Paleoproterozoic, Ivory Coast.

1. Introduction

Le dyke de Samapleu appartient au complexe Yacouba qui a été identifié en 2012 dans les régions de Biankouma et de Sipilou (Ouest de la Côte d'Ivoire), par la société minière Sama Nickel-CI. Le complexe Yacouba daté de 2,09 Ga (âge U/Pb obtenu sur rutile), est intrusif dans les granulites gneissiques archéens du domaine Kenema-Man de la dorsale de Man. Ce dyke contient la minéralisation sulfurée de Ni-Cu de Samapleu. Cette intrusion qui est constituée de trois entités à savoir l'occurrence principale (SM), l'Extension 1 (E1) et l'occurrence de Yorodougou (Yo), est composée d'unité mafique (gabbro-norite, norite, anorthosite) et d'unité ultramafique (péridotite, pyroxénite et chromitite).

Les caractéristiques pétrographiques et lithologiques de cette intrusion montrent des marqueurs de la déformation à haute température (contours rectilignes avec joints triples d'environ 120° par endroits, des kinks de déformation, des extinctions onduleuses). Ces observations semblent indiquer que cette intrusion a été affectée par un métamorphisme de haut grade. L'analyse pétrographique et cristallogénique permettra de relever les conditions de formation des lithologies et la probable influence d'un métamorphisme de haut grade sur l'intrusion.

Après le rappel des principales caractéristiques géologiques du dyke de Samapleu, l'article étudie la cristallogénie des minéraux de l'intrusion pour connaître les conditions de formation des

lithologies et identifier les phénomènes ayant affectés ce dyke.

2. Contexte géologique du dyke de Samapleu

Le dyke mafique et ultramafique de Samapleu est localisé au sud du craton ouest-africain (constitué de terrains archéens et paléoprotérozoïques) dans la dorsale Man-Leo (Fig. 1a, Berger et al., 2013).

En Côte d'Ivoire, la dorsale Man-Leo (Fig. 1a) a été affecté à l'ouest par les orogénèses Léonien (3,3-3,0 Ga) et Libérien (2,9-2,7 Ga), deux événements majeurs magmatiques et métamorphiques (Camil, 1981, 1984; Kouamelan et al., 1997) et à l'Est par l'orogénèse Éburnéen (2,2-2,0 Ga; Pitra et al., 2010). La dorsale Man-Leo située à l'ouest, a été profondément remaniée à certains endroits durant l'événement tectono-métamorphique éburnéen, contemporain de la genèse des formations birimiennes (Kouamelan et al., 1997; Thieblemont et al., 2004; Gouedji et al., 2014; Kouamelan et al., 2015; Kouamelan et al., 2017).

Le dyke de Samapleu (2,09 Ga, âge U-Pb obtenu sur rutile; Gouedji, 2014; Gouedji et al., 2014), appartient au complexe mafique-

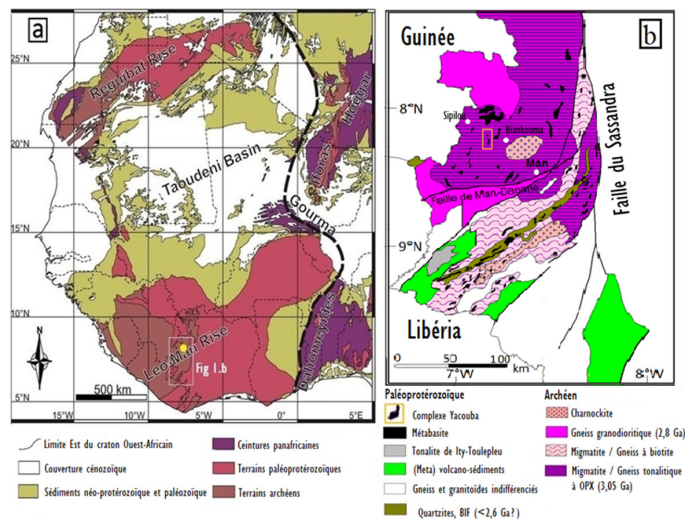


Figure 1 : Cartes géologiques schématiques de la région d'étude. **a.** Bouclier Ouest-africain (Berger et al., 2013); **b.** Craton de Man dans l'ouest de la Côte d'Ivoire (Pitra et al., 2010); carré jaune = zone de Sipilou-Biankouma avec indication du complexe lité Yacouba (Gouedji et al. 2014).

ultramafique Yacouba situé dans les régions de Biankouman et de Sipilou, au nord de la faille de Danane-Man (Fig. 1b).

Ce dyke est intrusif dans les formations granulitiques (3,05 Ga), chamockites et jotunites-enderbites (2,8 Ga; Kouamelan, 1996; Kouamelan et al., 1997; Pitra et al., 2010; Gouedji et al., 2014). Il comprend des assemblages ultramafiques (péridotite, pyroxénite et chromitite), des assemblages mafiques (gabbro-norite, norite, anorthosite) et une zone hybride au contact de l'intrusion et de l'encaissant granulitique (Fig. 2, Gouedji et al. 2014; Gouedji, 2014). Ces formations sont minéralisées en sulfures de nickel-cuivre (pyrrhotite, pentlandite, chalcopryrite) et en minéraux du Groupe de Platine (MGP). Cette intrusion est composée de l'occurrence principale (SM), celle de l'Extension 1 (E1) et enfin celle de Yorodougou (Yo; Fig. 2). L'extension 1 s'étend sur plus de 2 km à la surface, varie de 60 à 200 m d'épaisseur, avec une direction NE-SO et un pendage de 70° - 80° vers le SE. Les horizons mafiques-ultramafiques sont disposés de manière rythmique et symétrique

avec les lithologies ultramafiques en bordure, celles mafiques étant au centre. L'occurrence de Yorodougou orientée ENE-OSO, a une longueur de 1,5 km en surface avec un pendage de 70° - 80°

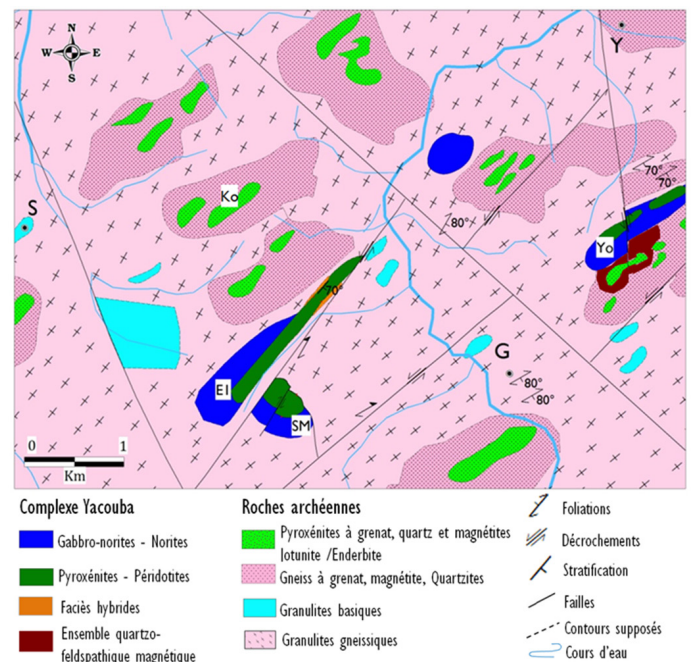


Figure 2 : Carte géologique schématique de la zone de Samapleu comprenant les occurrences mafiques-ultramafiques de la zone principale - Extension 1 - Yorodougou avec les roches de la région (gneiss granulitiques, quartzites, jotunites et enderbites) Gouedji et al., 2014. Occurrence Extension 1 = E1; Occurrence de la zone principale = SM; Occurrence de Yorodougou = Yo; Samapleu = S; Gangbapleu = G; Yorodougou = Y.

vers le SE. Celle de la zone principale, moins longue et de forme arrondie, est orientée NO-SE à SO-NE et a un pendage subvertical. En outre, les contacts entre les différentes lithologies de l'intrusion de Samapleu sont redressés.

Ces occurrences semblent former en surface un pli avec un axe subvertical et un plan axial parallèle à la foliation régionale (NE-SO). En profondeur (à environ 600 m de la surface du sol), à l'Extension 1, l'intrusion s'aplatit pour former un type de structure en entonnoir qui se connecte sur l'autre bord avec l'occurrence de la zone principale. Les deux occurrences (SM et E1) se rejoindraient pour former une seule entité avec une continuité latérale du corps mafique-ultramafique.

L'intrusion de Samapleu a été affectée par une déformation fragile; tout d'abord un ensemble de failles sénestres orientées NE-SO qui recoupent le pli et affectent les occurrences E1 et SM. Ensuite, dans la zone de SM, le dyke est affecté par une faille inverse de direction NO-SE avec un plongement de 40° à 50° vers le SO. Plus tardivement, des failles verticales orientées N-S, parallèles à la faille de Sassandra et une faille dextre orientée NO-SE recoupent les structures antérieures (Fig. 2; Gouedji et al., 2014). Ces failles ont des directions similaires aux directions observées dans les assemblages birimien (Coulibaly et al., 2012).

3. Approche méthodologique

La lithologie de l'intrusion de Samapleu a été caractérisée à partir de données de plus de 35000 m de forages carottés. Ces forages ont été décrits macroscopiquement et plus de 60 échantillons de roches ont

été prélevés pour la confection de lames minces polies pour affiner la caractérisation des minéraux des différentes lithologies.

Les compositions chimiques des minéraux (silicates et oxydes) des occurrences SM et E1 de Samapleu ont été déterminées à la microsonde électronique. Les principaux minéraux analysés sont l'olivine, l'orthopyroxène, le clinopyroxène, l'amphibole, les spinelles, le plagioclase et la serpentine.

Les échantillons des occurrences E1 ont été analysés à la microsonde électronique de type JEOL JXA-8200 et de type JEOL JXA-8230 respectivement à l'Université de Lausanne en Suisse et à l'Institut Supérieur du Tertiaire (IST) de Grenoble en France. L'analyse pour la quantification de la composition chimique des minéraux s'est faite sous une tension d'accélération de 15 kV, une intensité du courant de 15 nA, un faisceau de 5 à 10 µm et un temps de comptage pouvant excéder les 10 secondes par élément analysé.

Les échantillons de l'occurrence SM ont été analysés à la microsonde électronique de type CAMEBAX au laboratoire mixte du BRGM-CNRS-Université d'Orléans en France. L'analyse des minéraux a été faite sous une tension d'accélération de 15kV, pour une intensité de courant de 10 ou 12 nA et un temps de comptage de 10 secondes.

Les diverses variétés de serpentines des péridotites des occurrences E1 et SM ont été caractérisées par la spectrométrie Raman à l'École Normale Supérieure (ENS) de Lyon. Cette analyse utilisée pour différencier les variétés structurales des serpentines avec des spectres référence (Lemaire, 2000 ; Auzende, 2003 ; Auzende et al., 2004 ; Groppo et al., 2006 ; Schwartz et al., 2012) se fait par couplage d'un microscope optique avec un spectromètre en excitant un matériau.

4. Résultats

4.1. Pétrographie du dyke de Samapleu

L'analyse d'une soixantaine échantillons de roches prélevées dans les zones SM et E1 (Tab. I) montrent à travers la pétrographie et la minéralogie des lithologies que les séquences mafiques-ultramafiques du dyke sont constituées de cumulats. Ces assemblages minéralogiques au sein des lithologies de l'intrusion sont résumés dans le tableau I.

Au sein de l'unité ultramafique du dyke de Samapleu, la péridotite (Iherzolite, harzburgite et dunite) partiellement serpentinisée et magnétique (Fig. 3a) est composée majoritairement d'olivine (minéral cumulus) associée aux pyroxènes (orthopyroxène (OPX) et clinopyroxène (CPX)) et à l'amphibole, tous interstitiels subautomorphes à xénomorphes.

La chromite comme la webstérite à spinelles et/ou chromite formant des bandes centimétriques à décimétriques sont magnétiques. Elles sont de couleur noire, massives, denses et composées de chromite et/ou de spinelles interstitiels avec des textures en filet (Fig. 3b) qui entourent les OPX, CPX et l'olivine. Accessoirement le plagioclase et la phlogopite interstitiels sont présents, de même que l'amphibole.

Dans la webstérite à olivine (Fig. 3c), l'OPX (environ 40 % de la roche) incrusté de chadocristaux d'olivine ou de CPX par endroit est un intercumulus. Les spinelles interstitiels comme l'amphibole, se trouvent par endroit en inclusion dans

les pyroxènes. Certains échantillons de cette formation sont partiellement serpentinisés et magnétiques.

La webstérite est constituée majoritairement d'OPX et de CPX, automorphes à subautomorphes avec de rares cristaux d'olivine poecilites (Fig. 3d). Les CPX disparaissent par endroits et donnent lieu à des orthopyroxénites. Les spinelles allotriomorphes sont interstitiels ou en exsolution dans les pyroxènes avec de l'amphibole.

La webstérite à plagioclase est composée majoritairement de plagioclase xénomorphe à subautomorphe, interstitiel entre les cristaux d'OPX, de CPX et d'amphibole. Les spinelles sont disparates dans cette formation et la phlogopite est de plus en plus présente.

Au sein de l'unité mafique, le gabbro-norite est constitué essentiellement de plagioclase avec de faible proportion d'OPX, de CPX et d'amphibole. Les CPX sont disparates par endroits, laissant apparaître la norite. Les plagioclases subautomorphes, interstitiels aux pyroxènes, forment 30 à 40 % du gabbro-norite et de la norite. La proportion de plagioclase varie et peut atteindre 80 à 90 % de la roche pour former l'anorthosite. La phlogopite de plus en plus présente est automorphe (Fig. 3e). On peut noter la présence de rares cristaux de quartz.

La présence systématique d'amphibole est remarquable dans toutes les lithologies de l'intrusion de même que les minéraux

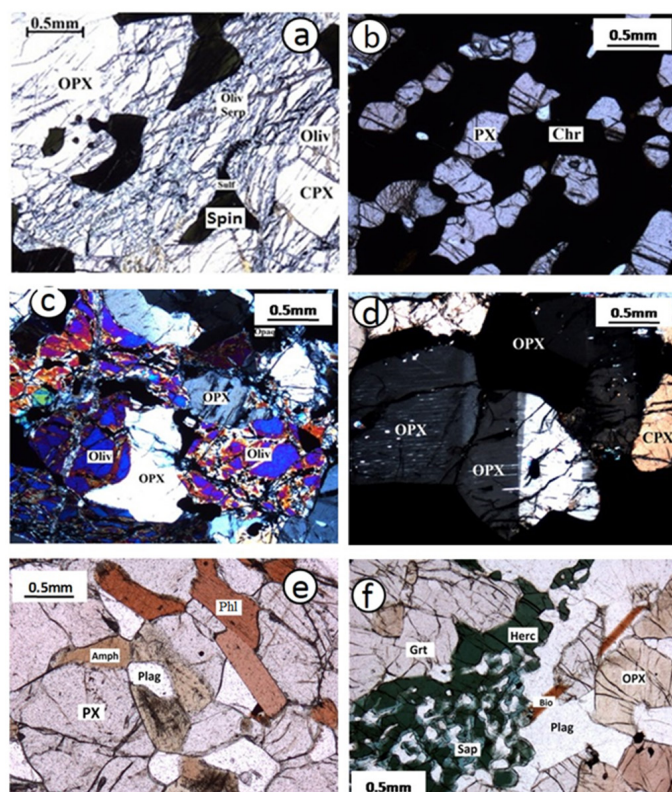


Figure 3 : Microphotographies de différentes séquences de l'intrusion de Samapleu.

a. Lherzolite serpentinisée avec spinelle et sulfure interstitiel ; **b.** Chromite avec chromite interstitielle formant un réseau en filet autour des pyroxènes ; **c.** Webstérite à olivine avec olivine cumulus et orthopyroxène postcumulus ; **d.** Webstérite avec pyroxènes à kinks de déformation et extinction onduleuse ; **e.** Gabbro-norite avec phlogopite sub-automorphe ; **f.** Faciès hybride avec saphirine et hercynite.

Oliv = olivine ; Opx = orthopyroxène ; Cpx = clinopyroxène ; PX = Pyroxène ; Serp = serpentine ; Plag = plagioclase ; Amph = amphibole ; Herc = hercynite ; Phl = Phlogopite ; Sap = saphirine ; Cord = cordiérite ; Sulf = sulfure ; Spin = spinelle CHR = chromite ; Grt = grenat.

Tableau I : Paragenèses minérales des lithologies du dyke de Samapleu

Lithologies	Zones	Forages	Échantillons	Chr	Oliv	Serp	OPX	CPX	Amph	Plagio	Spin	Mag	Phl	Qtz	Op
Unité ultramafique															
Chromite	SM	S12	S12-63	+				+	+			+			+
	SM	S06	S06-59	+	+		+	+				+			+
	SM	S06	S06-32	+	+		+	+	+			+			+
	SM	S12	S12-76	+				+				+			+
	E1	SM24-661614	SM24-273,8	+	+		+	+	+	+			+		+
	E1	SM24-661614	SM24-102	+	+		+	+	+			+	+		+
Webstérite chromite	à SM	SM44-505224	SM445/39,9	+	+		+	+	+			+			+
	SM	SM44-505224	SM445/42,4	+	+		+	+	+			+	+		+
Webstérite spinelle	à E1	SM24-661614	SM24-271				+	+	+	+	+	+			
	E1	SM24-628651	SM24(b)/197,3				+	+	+		+	+			
Dunite	SM	S06	S06-74		+	+					+				
Lherzolite	E1	SM24-661614	SM24-182	+	+	+	+	+	+		+	+			
	E1	SM24-661614	SM24-83	+	+	+	+	+	+		+	+			
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-27,8		+	+	+	+	+		+	+			
	SM	SM44-450250a	SM44a-38,8		+	+	+	+	+		+	+			+
	SM	S06	S06-135		+		+	+			+	+			+
	SM	S06	S06-83		+		+	+			+	+			+
Harzburgite	SM	T2/2	T2/2-27		+		+				+				
	SM	S06	S06-116		+		+				+	+			
	SM	S12	S12-64		+		+		+		+				+
	SM	S16	S16-30		+		+		+		+				+
	SM	SM44-680289	SM44 (3)/110		+	+	+		+		+	+	+		+
Webstérite à olivine	E1	SM24-661614	SM24-217,5		+		+	+	+		+	+			
	E1	SM24-661614	SM24-118,4		+		+	+	+		+	+			
	E1	SM24-661614	SM24-67,8		+		+	+	+		+				
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-20,5		+	+	+	+	+		+				
	SM	SM44-517178	SM44-517/72		+	+	+	+	+		+	+			
	SM	SM44-680289	SM44 (3)/115		+	+	+	+	+		+	+	+		+
	SM	S06	S06-154		+		+	+			+	+			+
	SM	S12	S12-102b		+		+	+			+	+			+
Webstérite	E1	SM24-661614	SM24-156		+	+	+	+	+		+				
	E1	SM24-661614	SM24-97				+	+	+						+
	E1	SM24-661614	SM24-67,4		+		+	+	+						+
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-44,10				+	+	+		+				
	SM	SM44-450250a	SM44a-91,3				+	+	+	+					
	SM	S2A	S2A-2				+	+	+						+
	SM	SM44-517178	SM44-517/179				+	+	+						
	SM	SM44-525290	SM44-525/83				+	+	+		+		+		
	SM	S41	S41-76				+	+	+		+				+
Orthopyroxénite	SM	S06	S06-42		+		+	+	+		+				+
Webstérite plagioclase	à E1	SM24-661614	SM24-266				+	+	+	+			+		
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-47,3				+	+	+	+					+
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-74,6				+	+	+	+	+				
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-95,9				+	+	+	+			+	+	+
	SM	SM44-517178	SM44-517/65				+	+	+	+					+
	SM	SM44-525290	SM44-525/119				+	+	+	+			+		+
	SM	S3A	S3A-40				+	+	+	+					+
	SM	S12	S12-60				+	+	+	+	+				+
Unité mafique															
Gabbro-norite	E1	SM24-661614	SM24-251				+	+	+	+					
	E1	SM24-480735	SM24-480/352				+	+	+	+					+
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-117,8				+	+	+	+			+		+
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (b)	SM44b-130,1				+	+	+	+					
	SM	S M 4 4 - 4 5 0 2 5 0 (c)	SM44c- 122				+	+	+	+					+
	SM	SM44-450250a	SM44a-103				+	+	+	+			+	+	+
	SM	S12	S12-62				+	+	+	+					
	SM	S2A	S2A-133				+	+	+	+					
Norite	SM	S12	S12-117				+	+	+	+					+
	SM	S12	S12-206				+	+	+	+					
Anorthosite	SM	S2A	S2A-79							+				+	
	SM	S18	S18-90							+					
	SM	S01	S01-45				+			+					+

SM = Zone Principale ; E1 = Extension 1 ; Chr = chromite ; Oliv = olivine ; Serp = serpentine ; Opx = orthopyroxène ; Cpx = clinopyroxène ; Amph = amphibole ; Plag = plagioclase ; Spin = spinelle ; Mag = Magnétite ; Phl = Phlogopite ; Qtz = Quartz ; Op = Minéraux Opaque.

opaques constitués essentiellement de sulfure.

Les minéraux comme l'olivine, les pyroxènes et les plagioclases des deux occurrences (E1 et SM) présentent des caractéristiques métamorphiques, notamment des contours rectilignes avec joints triples d'environ 120° par endroits, des kinks de déformation et des extinctions onduleuses. En outre, un faciès hybride (aux contacts intrusion-granulite) présente une paragenèse à orthopyroxène-saphirine-cordiérite-spinelle-sillimanite (Fig. 3f).

4.2. Cristallochimie des minéraux du dyke de Samapleu

Les minéraux observés dans les lithologies de l'intrusion ont été caractérisés par leur chimie. Les principaux minéraux étudiés dans les zones E1 et SM sont l'olivine, l'orthopyroxène, le clinopyroxène, le plagioclase, la serpentine, l'amphibole et les spinelles.

• Olivine

Dans le dyke de Samapleu, les cristaux d'olivine sont fortement magnésiens (le nombre Mg - Mg# fluctue entre 0,76 et 0,90). Les espèces d'olivine de la zone E1 ont des teneurs en forstérite (Fo) de 80 à 88 % et celles de la zone SM de 76 à 90 %. Ce sont donc des chrysolites (Roubault et al., 1963). Ceux contenus dans la chromitite sont les plus magnésiens avec des teneurs situées entre Fo₈₇ et Fo₈₈ à l'Extension 1 et entre Fo₇₈ et Fo₉₀ dans la zone SM (Tab. II). Les teneurs en NiO sont inférieures ou égales à 0,35 % dans l'intrusion de Samapleu et les teneurs cationiques en Ni sont inférieures à 2800 ppm (Tab. II), donc nettement inférieures à 3500 ppm (teneur normale de Ni cation dans une olivine mantellique).

• Pyroxènes

Orthopyroxènes

Les cristaux des orthopyroxènes du dyke de Samapleu sont magnésiens et correspondent à la bronzite et à l'hypersthène (Fig. 4a). Les signatures des OPX sont sensiblement les mêmes dans les deux zones (E1 et SM). Cela veut dire que le Mg# des cristaux des OPX varie entre 0,72 et 0,92 et que les OPX les plus magnésiens sont dans la chromitite ; les teneurs en Al₂O₃ sont élevées et fluctuent entre 1 et 4 % ; le contenu en molécule de Ca-Tschermak's élevé varie entre 1 et 7 % et les teneurs sont toujours faibles en Cr₂O₃ (<0,6 %) et TiO₂ (<0,2 % ; Tab. III et IV).

Clinopyroxènes

Les espèces de CPX de l'intrusion de Samapleu sont fortement magnésiennes (Mg# supérieurs à 0,85), particulièrement au sein de la chromitite et des péridotites. Le diagramme de Morimoto (1989) indique que les CPX de Samapleu sont majoritairement formés de diopside et accessoirement d'augite à l'Extension 1 avec un enrichissement modéré en fer (2 à 6 % ; Fig. 4a). Les signatures des CPX sont sensiblement les mêmes dans les deux zones (E1 et SM), avec des teneurs en Al₂O₃ relativement élevées (1 à 8 %), des valeurs en Cr₂O₃ (<0,9 %), Na₂O (<0,76 %) et TiO₂ (<0,7 %) relativement faibles dans l'ensemble, un pourcentage en molécules de Ca-Tschermak's très élevé avec une large variabilité atteignant 9 % dans la zone principale et 13 % dans l'Extension 1 (Tab. V et VI).

Le diagramme binaire Al⁴ en fonction d'Al⁶ situe les CPX de l'intrusion de Samapleu dans le champ des minéraux de roches

ignées, métamorphisées dans le faciès granulite (réf. Fig. 6c).

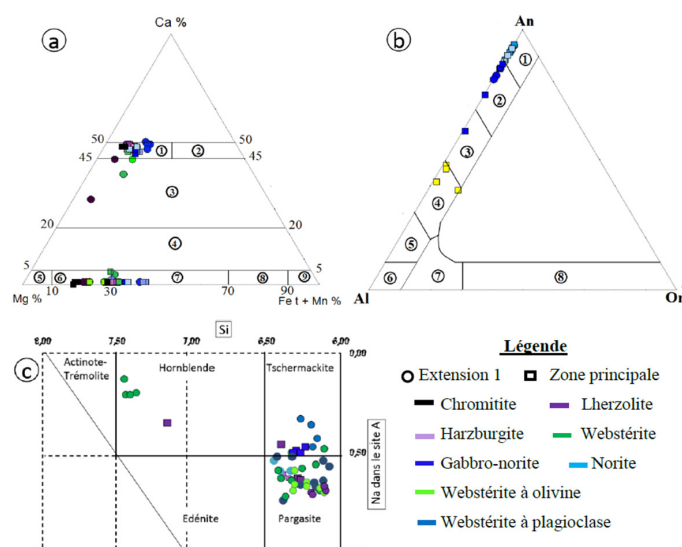


Figure 4 : Caractérisation des minéraux des lithologies de l'intrusion de Samapleu. **a.** Diagramme de Morimoto (1989) pour les orthopyroxènes et clinopyroxènes ; 1 = Diopside ; 2 = Hédenbergite ; 3 = Augite ; 4 = Pigeonite ; 5 = Enstatite ; 6 = Bronzite ; 7 = Hypersthène ; 8 = Eulite ; 9 = Ferrosilite. **b.** Diagramme de Deer et al. (1983) pour les plagioclases ; 1 = Anorthite ; 2 = Bytownite ; 3 = Labrador ; 4 = Andésine ; 5 = Oligoclase ; 6 = Albite ; 7 = Anorthoclase ; 8 = Sanidine, Orthoclase, Microcline. **c.** Diagramme de Seyler (2007) pour les amphiboles

• Plagioclase

Les plagioclases du dyke de Samapleu sont composés de plusieurs espèces (An₃₈ à An₉₄, Tab. VII). Dans la zone SM, les espèces de plagioclase sont l'anorthite et la bytownite dans la webstérite à plagioclase et la norite ; l'anorthite, la bytownite et le labrador dans le gabbro-norite et l'andésine dans l'anorthosite (Fig. 4b).

Dans la zone E1, les espèces de plagioclase sont composées d'anorthite dans la webstérite à plagioclase et de bytownite dans le gabbro-norite (Fig. 4b). Les teneurs en anorthite varient peu au sein d'une même séquence. La teneur en Fk (orthoclase) est faible quelque que soit la lithologie (Tab. VII).

• Amphibole

Les espèces d'amphibole de l'intrusion de Samapleu sont magnésiennes (Mg# > 0,70), majoritairement alumineuses (Al₂O₃ autour de 13 %) et calciques (CaO 12 % en moyenne) avec des teneurs en Na₂O (Na₂O < 3 %), Cr₂O₃ (Cr₂O₃ < 2 %), et TiO₂ (TiO₂ < 2 %) relativement faibles. Ces amphiboles appartiennent au groupe des amphiboles calciques car dans le site B elles ont dans leur organisation structurale (Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Li) ≤ 0,50, (Ca, Na) ≥ 1,00 et Na < 0,50 (Leake et al., 2004). Les variations chimiques observées sont attribuées à une combinaison de substitution de tschermackite, de pargasite et d'hornblende. Les amphiboles se répartissent en deux groupes : celles très peu siliceuses (Si < 6,5) sont constituées de tschermackite et de pargasite, celles à Si > 6,5 forment des hornblendes (Fig. 4c ; Tab. VIII et IX). Dans le diagramme Na (M4) en fonction de Al⁶ + Ti + Fe³⁺, ces amphiboles tombent dans le champ des minéraux formés à moyenne-haute pression (Fig. 6d).

Tableau III: Analyses représentatives des orthopyroxènes de la zone Extension 1

Site	Extension 1										Zone principale																													
Roche	Webstérite à olivine					Herzolitte					Chromitite					Chromitite					Dunite					Herzolitte					Harzburgite					Pyro à olivine				
Echantillons	S M 1 - 6 7, 8	SM24-1-118,4	SM1-217,5	SM24-1-83	SM1-182	SM24-1-102	S06-31	S06-59	S06-74	S06-83	S06-135	T2/2-27	S 0 6 - 1 3 5	S12-64	S 0 - 1 5 4	S 1 2 - 1 0 2 b																								
Analyses	73	386	46	53	58	429	432	1	13	19	479	482	484	32	24	58	59	64	65	92	93	58	71	80	71	108	105	122												
SiO ₂ (%)	39,86	39,83	38,57	38,15	38,27	40,00	39,98	37,96	38,70	38,50	40,03	41,07	39,71	41,71	39,29	39,66	39,95	39,54	39,69	38,73	38,99	40,15	40,43	40,46	40,09	40,21	37,20	40,68												
TiO ₂	0,02	0,05	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	-	0,01	0,03	-	0,03	0,08	-	-	-	-	0,02	-	0,02	-	0,01	-	-	0,02	0,01	0,06	0,01												
Al ₂ O ₃	-	-	0,01	0,01	-	0,05	-	-	-	-	-	0,05	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	0,02	0,01	0,06												
Cr ₂ O ₃	0,02	-	0,04	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd												
FeO	16,04	18,23	18,27	18,04	17,97	16,13	16,17	17,42	17,77	17,38	12,08	12,31	12,40	9,76	20,56	21,33	20,49	20,88	21,63	17,29	17,71	18,05	17,94	17,03	17,41	17,03	18,04	16,53												
MnO	0,34	0,23	0,26	0,19	0,19	0,31	0,22	0,30	0,33	0,30	0,15	0,18	0,18	0,17	0,24	0,19	0,21	0,36	0,29	0,43	0,19	0,10	0,35	0,24	0,18	0,24	0,45	0,20												
MgO	44,50	40,61	42,69	42,93	43,04	44,63	44,53	43,67	43,20	43,55	47,61	47,56	47,86	48,40	40,51	38,86	40,13	39,39	40,15	42,23	42,01	44,13	43,94	42,15	42,48	44,47	41,18	44,45												
CaO	0,03	0,04	0,01	-	0,02	-	-	0,01	0,01	0,01	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,02	-	0,02	-	-	-	-	-	0,03	0,04												
Na ₂ O	0,03	0,11	0,02	0,04	0,01	0,08	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02	-	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd												
K ₂ O	-	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	-	-	0,01	0,29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd												
NiO	0,14	nd	0,19	0,25	0,28	nd	nd	0,33	0,30	0,30	nd	nd	nd	0,29	0,35	0,16	0,27	0,27	0,30	0,17	0,13	0,24	0,19	0,19	0,26	nd	0,29	nd												
Total	100,99	99,25	100,10	99,66	99,81	101,23	100,94	99,74	100,35	100,09	99,89	101,21	100,26	100,30	100,90	100,20	101,00	100,40	102,00	98,80	99,10	102,60	102,80	100,10	100,40	101,90	97,26	101,80												
Ni cation (p.p.m)	1106	nd	1476	2000	2179	nd	nd	2565	2394	2343	nd	nd	nd	2278	2750	1257	2121	2121	2357	1335	1021	1885	1493	1493	2043	nd	2278	nd												
Si	1,00	1,02	0,99	0,98	0,98	1,00	1,00	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	0,98	1,02	1,00	1,02	1,02	1,02	1,01	1,00	1,00	0,99	1,00	1,02	1,01	1,00	0,98	1,01												
Ti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd												
Fe	0,34	0,39	0,39	0,39	0,39	0,34	0,34	0,37	0,38	0,37	0,25	0,25	0,26	0,20	0,44	0,46	0,44	0,45	0,46	0,37	0,38	0,37	0,37	0,36	0,37	0,35	0,40	0,34												
Mn	0,01	-	0,01	-	-	0,01	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01												
Mg	1,66	1,55	1,63	1,64	1,64	1,66	1,66	1,67	1,64	1,65	1,76	1,73	1,77	1,76	1,54	1,49	1,52	1,51	1,52	1,62	1,61	1,63	1,62	1,59	1,60	1,65	1,62	1,64												
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Na	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd												
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd												
Ni	-	nd	-	0,01	0,01	nd	nd	0,01	0,01	0,01	nd	nd	nd	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	-	0,01	nd	0,01	nd												
Total	3,00	2,98	3,01	3,02	3,02	3,00	3,00	3,03	3,02	3,02	3,01	3,00	3,02	2,98	3,00	2,98	2,98	2,99	2,99	3,00	3,00	3,01	3,00	2,98	2,99	3,00	3,02	2,99												
Forstérite	83,17	79,87	80,63	80,92	81,01	83,14	83,07	81,71	81,24	81,70	87,53	87,32	87,30	89,84	77,84	76,43	77,73	77,06	76,77	81,33	80,85	81,34	81,36	81,51	81,29	82,29	80,28	82,74												
Fayalite	16,83	20,13	19,37	19,08	18,99	16,86	16,93	18,29	18,76	18,30	12,47	12,68	12,70	10,16	22,16	23,57	22,27	22,94	23,23	18,67	19,15	18,66	18,64	18,49	18,71	17,71	19,72	17,26												
#Mg	0,83	0,80	0,81	0,81	0,81	0,83	0,83	0,82	0,81	0,82	0,88	0,87	0,87	0,90	0,78	0,76	0,78	0,77	0,77	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,82	0,81	0,80	0,83											

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 6 O ; (2) nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

Tableau IV: Analyses représentatives des orthopyroxènes de la zone principale

Site	Zone principale				Herzogleite					Harzburgite			Websterite à plagioclase					Chromite					Websterite					Gabbro-norte			Norte					
	Websterite à olivine				S o 6 - 1 3 5					S2A-2			S06-31					S06-59					S12-61			S12-62			S2A-133			S 1 2 - 1 0 2			S 1 2 - 1 1 7	
Echantillons	506-154	506-42	512-102b	512-102b	506-83	506-83	506-83	72/2-27	72/2-27	72/2-27	78	20	21	25	3	4	5	19	104	108	97	106	153	115	123											
SiO ₂ (%)	52,06	51,40	55,54	56,25	55,83	52,97	55,83	54,62	55,42	55,42	55,23	55,30	54,91	53,16	53,31	53,88	57,71	57,49	57,03	56,58	54,21	55,02	54,40	54,35	54,89	55,54	54,77									
TiO ₂	0,06	0,09	0,03	0,01	0,07	0,23	0,07	0,06	0,07	-	0,03	0,08	0,20	0,03	0,08	0,06	0,06	0,09	0,07	0,04	0,04	0,04	-	0,06	0,10	-										
Al ₂ O ₃	3,93	3,65	2,21	2,18	3,27	3,22	3,27	3,46	1,99	1,91	3,40	3,72	3,87	4,15	3,33	3,04	1,45	1,20	1,54	1,44	3,35	2,66	3,53	3,44	1,67	1,98	3,43									
FeO ^t	11,69	12,09	11,82	11,55	11,63	3,51	11,63	11,46	12,70	13,14	12,02	11,73	12,00	17,27	17,24	17,28	6,76	6,88	7,11	11,93	11,47	11,73	13,20	14,75	15,48	15,33	14,71									
FeO ^c	0,93	2,10	-	-	0,86	0,60	0,86	-	0,03	0,03	2,33	1,33	0,62	0,60	-	-	-	-	-	-	2,20	2,23	0,01	1,53	1,98	0,45										
FeO	10,85	10,20	11,82	11,55	10,86	2,97	10,86	11,46	12,70	13,11	9,92	10,53	11,44	16,73	17,24	17,28	6,76	6,88	7,11	11,93	9,49	9,72	13,19	13,37	13,60	14,93	14,71									
Cr ₂ O ₃	-	0,05	0,17	0,20	0,14	0,24	0,14	-	0,15	0,10	0,07	0,03	0,11	0,15	0,19	0,15	0,22	0,16	0,26	0,15	0,13	0,09	0,64	0,23	0,16	0,29	0,03									
MnO	0,29	0,34	0,26	0,29	0,21	0,09	0,21	0,23	0,24	0,35	0,29	0,19	0,31	0,32	0,34	0,32	0,23	0,17	0,22	0,21	0,26	0,46	0,28	0,17	0,31	0,27	0,30									
MgO	28,39	28,26	29,52	29,61	31,04	16,63	31,04	28,97	28,53	29,24	30,74	30,75	3-	25,81	25,33	25,61	33,68	34,41	33,76	30,19	29,42	30,89	28,65	28,56	28,82	28,47	27,87									
CaO	0,43	0,35	0,45	0,41	0,33	23,69	0,33	0,56	0,44	0,53	0,37	0,48	0,39	0,44	0,41	0,53	0,38	0,19	0,36	0,50	2,03	0,42	0,42	0,42	0,42	0,37	0,35									
Na ₂ O	-	0,04	0,07	-	-	0,09	-	-	0,02	-	0,01	-	-	0,02	-	-	0,01	0,01	0,03	0,03	-	0,01	-	-	-	-	0,01	0,07								
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-	0,01	0,04	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,07								
Total	96,85	96,27	100,07	100,50	102,52	100,67	102,52	99,36	99,56	100,69	102,31	102,23	101,67	101,50	100,10	100,80	100,50	100,50	100,30	101,10	100,90	101,30	101,10	101,92	101,70	102,30	101,50									
Si	1,90	1,89	1,96	1,97	1,92	1,92	1,92	1,94	1,97	1,96	1,90	1,91	1,91	1,90	1,93	1,94	1,98	1,97	1,97	1,98	1,90	1,91	1,92	1,91	1,94	1,95	1,93									
Al ^t	0,10	0,11	0,04	0,03	0,08	0,08	0,08	0,06	0,03	0,04	0,10	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,02	0,03	0,03	0,02	0,10	0,09	0,08	0,09	0,06	0,05	0,07									
Al ^c	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,04	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,06	0,05	-	0,03	0,07									
Fe ^{t+}	0,03	0,06	-	0,02	0,02	0,02	0,02	-	-	-	0,06	0,03	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,01									
Fe ^{c+}	0,33	0,31	0,35	0,34	0,31	0,09	0,31	0,34	0,38	0,39	0,29	0,30	0,33	0,50	0,52	0,52	0,19	0,20	0,21	0,35	0,28	0,28	0,39	0,39	0,40	0,44	0,43									
Cr	-	-	-	0,01	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,01	-	0,01	-	-	0,02	0,01	0,01	-	0,01									
Mg	1,55	1,55	1,55	1,55	1,59	0,90	1,59	1,53	1,51	1,54	1,58	1,58	1,55	1,37	1,37	1,37	1,72	1,76	1,74	1,57	1,54	1,60	1,50	1,49	1,51	1,49	1,46									
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01									
Ti	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
Ca	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,92	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01									
Na	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
Total	4,00	4,00	3,99	3,98	4,00	4,00	4,00	3,99	3,98	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	3,99	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00									
Mg#	0,82	0,83	0,82	0,82	0,84	0,91	0,84	0,82	0,80	0,80	0,85	0,84	0,82	0,73	0,72	0,73	0,90	0,90	0,89	0,82	0,85	0,85	0,79	0,79	0,79	0,79	0,77									
Mg%	80,15	79,64	80,61	81,01	81,85	46,61	81,85	80,62	79,01	78,62	81,08	81,39	80,67	71,70	71,37	71,40	88,92	89,37	88,53	80,81	78,54	81,22	78,46	76,71	76,13	75,94	76,26									
Fe ^{t+} +Mn%	18,97	19,66	18,51	18,18	17,52	5,66	17,52	18,26	20,11	20,35	18,22	17,70	18,57	27,42	27,80	27,53	10,36	10,28	10,79	18,23	17,57	17,98	20,71	22,48	23,26	23,35	23,05									
Ca%	0,87	0,71	0,88	0,81	0,63	47,72	0,63	1,12	0,88	1,02	0,70	0,91	0,75	0,88	0,83	1,06	0,72	0,35	0,68	0,96	3,89	0,79	0,83	0,81	0,61	0,71	0,69									
En%	76,15	78,34	76,60	76,58	78,93	45,27	78,93	74,75	74,95	76,41	80,66	78,81	76,37	67,28	66,85	67,39	85,84	87,43	86,44	78,31	79,31	82,22	74,10	75,19	78,19	74,47	71,24									
Fs%	16,77	16,40	17,59	17,18	15,80	4,67	15,80	16,93	19,08	19,74	15,03	15,42	16,79	24,94	26,03	25,99	10,00	10,05	10,53	17,67	14,75	15,21	19,55	20,00	21,18	22,31	21,53									
Wo%	-	-	-	-	-	43,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
Ac%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
Id%	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38									
Ca-Tsch%	6,91	4,73	5,26	6,21	5,10	5,52	5,10	8,17	5,65	3,77	4,23	5,70	6,64	7,12	7,12	6,55	3,89	2,16	2,87	3,58	3,83	2,39	6,22	4,80	0,47	2,89	6,76									
Ti-Tsch%	0,16	0,25	0,08	0,03	0,18	0,63	0,18	0,16	0,19	-	-	0,08	0,21	0,53	-	0,08	0,21	0,15	0,16	0,24	0,19	0,11	0,10	-	0,16	0,26	-									
Es%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-									
Ko%	-	0,15	0,47	-	-	0,64	-	-	0,14	-	0,07	-	-	0,14	-	-	-	0,07	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,08								

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 6 O ; (2) ; nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

Tableau V: Analyses représentatives des clinopyroxènes de la zone Extension 1

Site	Extension 1				Webstérilité à olivine				Gabbro-norite				Webstérilité														
Roches	Chromitite		Herzolitite		SM1-67,8		SM24-1-1184		SM24-1-251		SM24-1-97		SM24-1-156		SM24-271												
Echantillons	SM24-1-102	SM24-1-83	SM24-1-83	SM24-1-83	SM24-1-1184	SM24-1-1184	SM24-1-1184	SM24-1-1184	SM24-1-251	SM24-1-251	SM24-1-251	SM24-1-251	SM24-1-251	SM24-1-251	SM24-271	SM24-271											
Analyses	477	478	413	423	428	433	436	86	64	402	403	407	408	225	236	237	239	298	319	359	361	1	2	58	59	51	
SiO ₂ (%)	53,29	56,43	50,67	50,25	51,80	51,16	51,86	52,10	53,89	51,02	51,60	52,46	51,86	50,18	49,29	50,00	49,73	51,67	51,58	51,14	51,12	50,84	50,85	50,60	50,56	50,95	
TiO ₂	0,21	0,19	0,41	0,60	0,70	0,58	0,45	0,04	0,07	0,39	0,39	0,24	0,49	0,22	0,22	0,19	0,14	0,36	0,31	0,29	0,34	0,48	0,47	0,46	0,48	0,10	
Al ₂ O ₃	2,72	1,89	4,34	3,69	3,37	3,26	2,99	2,32	1,86	4,30	4,09	3,40	4,43	4,62	4,54	4,49	3,82	3,94	3,82	4,52	4,10	7,73	7,73	7,67	7,70	5,05	
FeO _T	2,40	2,46	4,30	3,56	3,03	3,51	4,91	4,91	3,41	4,48	4,19	3,70	4,01	6,10	5,46	5,72	6,21	4,18	4,27	4,65	4,72	4,67	4,64	4,60	4,61	4,40	
Fe ₂ O ₃	0,22	-	3,88	3,21	1,19	2,81	2,28	1,61	0,55	3,27	2,29	2,09	1,75	2,42	3,87	2,00	3,12	1,20	2,27	2,84	2,60	0,88	0,91	1,33	1,56	1,68	
FeO	2,20	2,46	0,81	0,67	1,95	1,49	1,46	3,46	2,92	1,54	2,13	1,82	2,43	3,92	1,98	3,92	3,40	3,10	2,92	2,10	2,38	3,87	3,82	3,41	3,21	2,89	
Cr ₂ O ₃	0,37	0,43	0,24	0,31	0,15	0,24	0,16	0,27	0,20	0,36	0,28	0,25	0,28	0,16	0,19	0,16	0,15	0,06	0,05	0,42	0,31	0,89	0,89	0,88	0,91	0,59	
MnO	0,06	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,20	0,23	0,08	0,13	0,13	0,05	0,14	0,15	0,12	0,17	0,10	0,12	0,11	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
MgO	18,58	22,91	15,53	15,96	15,98	15,75	16,00	16,48	16,20	15,85	15,60	16,24	15,87	12,47	12,75	12,66	13,18	15,71	15,29	15,10	15,10	17,26	17,31	17,31	17,31	17,42	14,43
CaO	21,45	13,29	23,82	24,25	24,81	24,34	24,83	21,93	24,58	23,88	23,74	24,37	23,10	23,66	24,03	23,74	23,21	24,02	24,11	24,04	24,10	17,31	17,21	17,37	17,37	17,24	23,14
Na ₂ O	0,25	0,27	0,41	0,07	0,07	0,15	0,07	0,24	0,20	0,20	0,34	0,16	0,42	0,73	0,76	0,62	0,56	0,03	0,12	0,33	0,25	0,89	0,92	0,89	0,92	0,56	
K ₂ O	0,01	0,02	0,03	-	0,01	0,05	0,01	-	-	0,02	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	-	-	-	-	-	
NiO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,04	0,05	0,05	0,01	
Total	99,36	97,94	100,20	99,09	100,14	99,94	100,24	98,65	100,70	100,91	100,60	101,20	100,73	98,53	97,79	97,91	97,50	100,20	100,63	100,90	100,39	100,30	100,22	100,10	100,10	99,52	
Si	1,94	2,02	1,85	1,86	1,89	1,88	1,89	1,93	1,96	1,85	1,88	1,89	1,88	1,88	1,86	1,89	1,89	1,89	1,88	1,86	1,87	1,83	1,83	1,83	1,83	1,82	1,88
Al ⁴	0,06	-	0,15	0,14	0,11	0,12	0,11	0,07	0,04	0,15	0,12	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11	0,11	0,11	0,12	0,14	0,13	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,12
Al ⁶	0,05	0,08	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,07	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,10
Fe ³⁺	0,01	-	0,11	0,09	0,03	0,08	0,06	0,05	0,02	0,09	0,06	0,06	0,05	0,07	0,11	0,06	0,09	0,03	0,06	0,08	0,07	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
Fe ²⁺	0,07	0,07	0,02	0,02	0,06	0,05	0,04	0,11	0,09	0,05	0,07	0,06	0,07	0,12	0,06	0,12	0,11	0,10	0,09	0,06	0,07	0,07	0,12	0,12	0,10	0,10	0,09
Cr	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-	-	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Mg	1,01	1,22	0,85	0,88	0,87	0,86	0,87	0,91	0,88	0,86	0,85	0,87	0,86	0,70	0,72	0,71	0,75	0,86	0,83	0,82	0,82	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,79
Mn	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	0,01	-	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-
Ca	0,84	0,51	0,93	0,96	0,97	0,96	0,97	0,87	0,96	0,93	0,93	0,94	0,90	0,95	0,97	0,96	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,67	0,66	0,67	0,67	0,91	
Na	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,06	0,05	0,04	-	0,01	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	4,00	3,94	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Mg#	0,94	0,94	0,97	0,98	0,94	0,95	0,95	0,89	0,91	0,95	0,93	0,94	0,92	0,85	0,92	0,85	0,87	0,90	0,90	0,93	0,92	0,89	0,89	0,89	0,90	0,91	0,90
Mg%	52,52	67,64	44,25	45,04	44,93	44,29	44,58	46,94	45,11	44,56	44,46	45,23	45,67	37,81	38,44	38,36	39,41	44,41	43,10	43,08	43,00	53,29	53,51	53,36	53,64	42,95	
Fet + Mn%	3,90	4,16	6,97	5,76	4,94	6,52	5,69	8,16	5,69	7,19	6,91	5,99	6,56	10,62	9,49	9,93	10,71	6,79	8,05	7,62	7,67	8,30	8,25	8,16	8,19	7,56	
Ca%	43,58	28,20	48,78	49,19	50,13	49,19	49,73	44,90	49,20	48,25	48,63	48,78	47,78	51,57	52,07	51,71	49,88	48,80	48,85	49,30	49,33	38,42	38,24	38,48	38,16	49,48	
En%	50,42	63,57	44,72	46,11	44,20	44,88	45,00	46,61	44,16	44,94	43,69	45,04	43,98	36,17	37,99	36,67	39,05	43,52	43,02	42,62	42,73	46,94	47,10	47,48	47,87	40,57	
Fs%	3,45	3,91	1,40	1,22	3,19	2,56	2,52	5,80	4,81	2,57	3,55	3,03	3,86	6,61	3,56	6,57	5,94	4,98	4,81	3,49	3,90	6,09	6,01	5,42	5,15	4,76	
Wo%	39,31	22,43	47,78	48,57	46,53	48,24	48,41	43,36	46,74	46,31	45,30	46,39	42,88	46,95	50,37	46,77	48,15	44,38	46,20	46,07	46,51	27,01	26,91	27,74	27,70	42,89	
Ac%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Jd%	0,70	0,68	2,34	-	0,06	0,39	0,03	0,99	0,86	0,39	1,65	0,42	2,20	5,02	5,29	4,18	3,84	0,04	0,73	1,17	0,91	3,73	3,90	3,80	3,92	2,34	
Ca-Tsch%	4,49	7,61	1,84	1,82	3,62	1,55	2,29	2,32	2,65	3,59	3,87	3,71	4,89	4,12	4,77	2,13	5,90	4,22	4,57	4,57	4,04	12,34	12,21	11,71	11,39	7,40	
Ti-Tsch%	0,58	0,53	1,19	1,75	1,95	1,67	1,28	0,11	0,20	1,12	1,10	0,67	1,37	0,64	0,66	0,56	0,42	1,01	0,88	0,83	0,97	1,32	1,28	1,28	1,32	0,30	
Es%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ko%	1,07	1,27	0,73	0,53	0,44	0,73	0,48	0,80	0,58	1,08	0,83	0,74	0,82	0,49	0,60	0,49	0,47	0,18	0,15	1,26	0,93	2,56	2,58	2,56	2,66	1,75	

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 6 O ; (2) ; nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

Tableau VI : Analyses représentatives des clinopyroxènes de la zone principale

Sites	Zone principale	Webstérite à olivine										Webstérite à plagioclase									
Roches	Webstérite à olivine	Herzolitite	Harzburgite			Webstérite à olivine			Webstérite à plagioclase			Webstérite à olivine			Gabbro-norite			Norite	Chromitite		
Echantillons	S06-154	S 1 2 - 1 0 2 b	S06-83	S06-135	T2/2-27	S2A-2	S12-61	S41-76	S12-62	S2A-133	S12-102	S06-31									
Analyses	95	120	66	87	63	64	67	77	26	98	109	110	118	104	103	156	116	8	9		
SiO ₂	48,63	52,91	54,11	50,45	52,39	52,87	52,77	52,97	51,10	52,52	52,46	52,61	52,90	53,07	52,74	51,35	54,04	53,63	53,59		
TiO ₂	0,36	0,32	0,18	0,24	0,31	0,25	0,26	0,22	0,08	0,36	0,22	0,23	0,19	0,08	0,29	0,59	0,38	0,23	0,31		
Al ₂ O ₃	3,81	3,22	2,48	3,79	4,24	3,61	3,67	3,91	3,93	4,74	2,94	3,39	2,63	3,69	4,11	4,16	2,35	2,18	2,45		
FeO _T	4,03	3,51	3,94	3,49	4,33	4,58	3,55	4,09	5,32	4,19	3,78	4,17	4,12	4,74	4,75	4,47	3,99	2,73	2,42		
Fe ₂ O ₃	3,20	0,60	-	1,48	1,43	2,00	0,02	1,30	1,67	2,51	1,09	1,09	1,06	-	0,46	-	0,04	-	-		
FeO	1,15	2,97	3,94	2,16	3,04	2,78	3,53	2,92	3,82	4,19	1,52	3,19	3,17	4,74	4,34	4,47	3,96	2,73	2,42		
Cr ₂ O ₃	0,01	0,24	0,13	0,01	0,16	0,10	0,11	0,03	0,31	0,92	0,09	0,19	0,21	0,37	0,25	0,42	0,46	0,48	0,33		
MnO	0,20	0,09	0,06	0,07	0,12	0,14	0,18	0,13	0,06	0,90	0,08	0,08	0,07	0,19	0,07	0,03	0,16	0,16	0,10		
MgO	14,81	16,63	16,05	15,32	15,59	16,20	16,70	15,94	14,79	14,54	16,66	16,30	16,60	15,55	15,20	14,58	16,03	16,46	16,68		
CaO	23,74	23,69	23,36	23,91	24,52	24,27	24,11	24,13	22,75	22,56	24,26	23,67	23,50	22,30	23,39	22,86	23,99	23,29	23,57		
Na ₂ O	0,07	0,09	0,30	0,08	0,12	0,12	-	0,13	0,38	0,62	0,12	0,10	0,10	0,37	0,40	0,34	0,33	0,34	0,28		
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,02		
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01		
Total	95,66	100,70	100,61	97,36	101,78	102,14	101,40	101,70	98,73	101,40	100,60	100,70	100,00	100,40	101,20	98,80	101,70	99,52	99,74		
Si	1,86	1,91	1,96	1,89	1,88	1,89	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,91	1,92	1,93	1,91	1,90	1,94	1,96	1,95		
Al ^{IV}	0,14	0,09	0,04	0,16	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,09	0,10	0,06	0,04	0,05		
Al ^{VI}	0,03	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,10	0,03	0,05	0,04	0,09	0,08	0,09	0,04	0,05	0,06		
Fe ³⁺	0,09	0,02	-	0,04	0,04	0,05	-	0,04	0,05	-	0,07	0,03	0,03	-	0,01	-	-	-	-		
Fe ²⁺	0,04	0,09	0,12	0,07	0,09	0,08	0,11	0,09	0,12	0,13	0,05	0,10	0,10	0,14	0,13	0,14	0,12	0,08	0,07		
Cr	0,84	0,01	0,87	0,86	0,84	0,86	0,90	0,85	0,82	0,78	0,90	0,88	0,90	0,84	0,82	0,81	0,86	0,90	0,90		
Mn	0,01	0,90	-	-	-	-	0,01	0,85	-	0,03	-	-	0,03	0,01	0,82	0,81	0,86	0,90	0,90		
Ti	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01		
Ca	0,97	0,92	0,91	0,96	0,94	0,93	0,93	0,93	0,91	0,87	0,94	0,92	0,92	0,87	0,91	0,91	0,92	0,91	0,92		
Na	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02		
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ni	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Total	4,00	4,00	3,99	4,00	4,00	4,00	4,01	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	4,00	3,99	4,00	3,99	3,99		
Mg #	0,96	0,91	0,88	0,93	0,90	0,91	0,89	0,91	0,87	0,86	0,95	0,90	0,90	0,85	0,86	0,85	0,88	0,91	0,92		
Mg %	43,25	46,61	45,75	44,40	43,66	44,64	46,23	44,71	43,29	43,25	45,94	45,66	46,20	45,28	43,78	43,48	45,02	47,27	47,61		
Fe t + Mn%	6,93	5,66	6,40	5,79	6,99	7,30	5,79	6,64	8,84	8,51	5,97	6,68	6,57	8,06	7,80	7,53	6,55	4,66	4,04		
Ca %	49,82	47,72	47,86	49,81	49,35	48,06	47,97	48,65	47,86	48,23	48,09	47,66	47,20	46,67	48,42	48,99	48,43	48,07	48,35		
En %	44,25	45,26	43,55	43,72	42,62	44,43	44,73	43,62	41,93	39,29	46,56	44,71	45,60	42,33	41,26	40,43	42,99	44,97	45,39		
Fs %	2,27	4,67	6,09	3,57	4,85	4,50	5,58	4,68	6,17	7,73	2,51	5,03	5,00	7,53	6,72	7,00	6,20	4,43	3,85		
Wo %	49,04	43,27	42,85	45,98	44,68	45,45	43,12	44,15	43,60	39,03	43,78	44,50	44,50	39,75	42,07	41,01	43,97	43,30	43,41		
Ac %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ca-Tsch %	2,81	5,28	4,90	5,44	6,14	4,08	5,82	6,02	5,27	8,61	2,02	5,12	3,71	7,55	6,34	7,46	3,40	4,25	4,52		
Ti-Tsch %	1,09	0,88	0,49	0,69	0,86	0,69	0,70	0,61	0,23	0,98	0,62	0,64	0,53	0,22	0,79	1,65	1,03	0,63	0,85		
ES %	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-		
KO%	0,03	0,64	0,37	0,03	0,46	0,29	-	0,09	0,93	2,64	0,27	0,55	0,61	1,07	0,72	1,24	1,31	1,39	0,95		

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 6 O ; (2) ; nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

• **Serpentine**

Les espèces de serpentine de Samapleu ont un Mg# variant entre 0,867 et 0,987. La plupart des cristaux de serpentine analysés sont magnésiens mais d'autres le sont moins avec des valeurs en FeO total atteignant parfois 9 % (Tab. VII). Les spectres obtenus à la spectrométrie Raman sur des échantillons de serpentine provenant de la lherzolite des zones E1 et SM indiquent exclusivement la lizardite. Ce dernier est reconnaissable notamment sur les hautes fréquences par les deux raies caractéristiques à 3684 cm⁻¹ et 3705 cm⁻¹ qui correspondent aux liaisons OH, ce qui est confirmée par les raies de basses fréquences (Fig. 5).

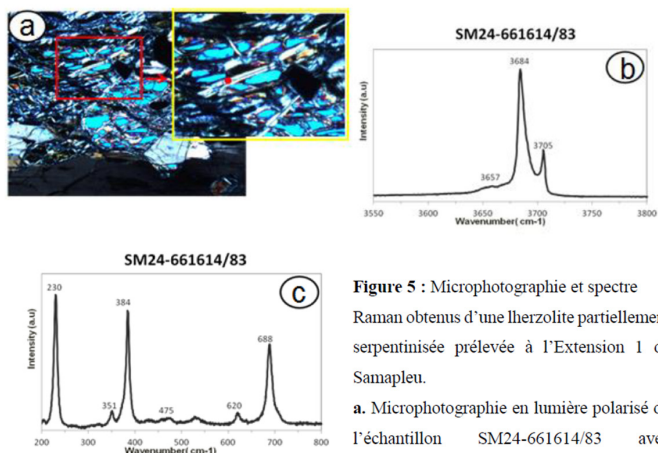


Figure 5 : Microphotographie et spectre Raman obtenus d'une lherzolite partiellement serpentinisée prélevée à l'Extension 1 de Samapleu.

a. Microphotographie en lumière polarisée de l'échantillon SM24-661614/83 avec indication de la zone d'analyse (point rouge)
 : b. Spectre Raman pour les hautes fréquences de la serpentine de Samapleu ; c. Spectre Raman pour les basses fréquences de la serpentine de Samapleu.

Figure 5 : Microphotographie et spectre Raman obtenus d'une lherzolite partiellement serpentinisée prélevée à l'Extension 1 de Samapleu. a. Microphotographie en lumière polarisée de l'échantillon SM24-661614/83 avec indication de la zone d'analyse (point rouge) ; b. Spectre Raman pour les hautes fréquences de la serpentine de Samapleu ; c. Spectre Raman pour les basses fréquences de la serpentine de Samapleu.

• **Spinelles**

Les spinelles de l'intrusion de Samapleu (E1, SM) se répartissent en trois grands groupes de spinelles (spinnelle alumineux, spinnelle chromifère et spinnelle ferrifère) impliquant une large variation du Mg# (Tab. X et XI). Suivant la classification de Deer et al. (1992), ces spinelles sont composés majoritairement de spinnelle (ss), de chromite, de magnétite, d'hercynite. En faible proportion on trouve la magnésio-chromite, la magnésioferrite et accessoirement la gahnite (inférieur à 2 %). La teneur en Cr₂O₃ dans les chromitites varie de 20 à 39 % et celle en titane (TiO₂) est inférieure à 2,40 %.

Selon les diagrammes triangulaires de Suita et Strieder (1996), les spinelles des zones E1 et SM sont rigoureusement alignés sur la ligne marqueuse du métamorphisme de haut grade (faciès amphibolite supérieur à granulite) à l'exception de la chromitite de la zone SM (Fig. 6a). Dans ce même diagramme, pour Barnes et Roeder (2001), les spinelles des zones SM et E1 correspondraient à des spinelles provenant d'une intrusion de type stratiforme et métamorphisée dans un faciès de haute grade (Fig. 6b).

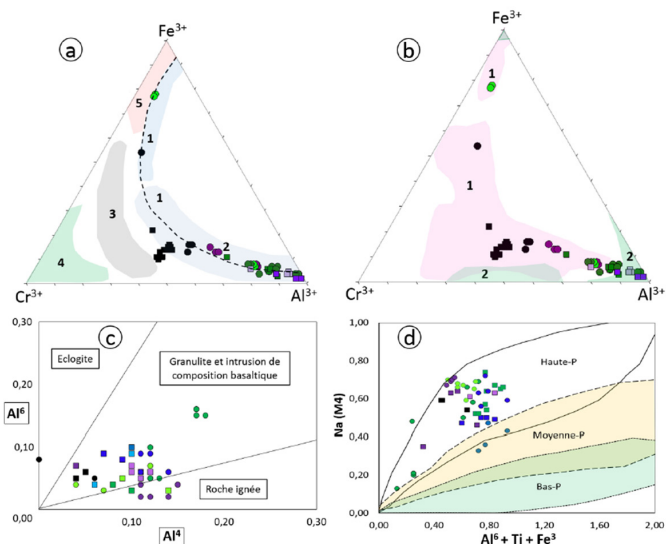


Figure 6 : Diagrammes de caractérisation des conditions de formation des minéraux de l'intrusion de Samapleu. a. Spinelles dans le diagramme Al³⁺ - Cr³⁺ - Fe³⁺ de Suita et Strieder (1996) ; b. Spinelles dans le diagramme Al³⁺ - Cr³⁺ - Fe³⁺ de Barnes et Roeder (2001); c. CPX dans le diagramme Al⁶ - Al⁴ de Aoki et Kushiro (1968) d. Amphiboles dans le diagramme Na (M4) versus Al⁶ + Ti + Fe³⁺ de Zhao et Zhou (2006).

Tableau VII: Analyses représentatives des plagioclases et de la serpentine des zones Extension 1 et Principale

Plagioclase													Serpentine																	
Site	Extension 1			Zone principale					Anorthosite					Site	Extension 1		Lherzofite													
Roches	Webstérite à plagioclase			Gabbro-norite		Webstérite à plagioclase			Norite		Gabbro-norite			Roche	Webstérite à olivine															
Echantillons	SM-24-1-266			S M - 24-1- 25 1		S2A-2 S3A-40			S12-62		S2A- S 1 2 - 1 3 3 1 0 2			Ech	SM1-67,8 SM24-1-118,4		SM24- 83		SM1-182											
Analyses	263	268	281	227	235	24	33	43	48	105	151	117	119	127	141	124	133	131	137	138	Anal	56	59	411	420	444	449	2	25	
SiO ₂ (%)	44,09	43,92	44,33	46,48	45,88	44,48	46,11	46,37	44,88	45,49	45,82	47,48	49,33	46,75	53,42	46,95	59,49	59,17	57,35	57,82	SiO ₂	41,77	42,89	39,71	41,80	36,93	43,65	40,46	40,52	
TiO ₂	-	-	0,02	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TiO ₂	-	0,02	0,03	-	0,19	0,02	0,04	0,03	
Al ₂ O ₃	35,29	35,75	35,91	33,35	33,24	35,77	36,01	35,17	35,89	37,31	35,01	36,82	33,10	34,93	30,62	36,67	26,53	28,21	29,62	29,08	Al ₂ O ₃	-	0,01	0,05	-	1,20	-	-	-	
Cr ₂ O ₃	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cr ₂ O ₃	-	-	0,01	-	0,13	0,03	0,02	-	
Fe ₂ O ₃	0,32	0,21	0,06	-	-	0,23	0,11	0,08	0,50	-	0,03	0,01	0,58	0,61	0,04	0,06	-	0,06	0,01	0,20	FeO _T	2,07	4,28	9,26	2,01	9,59	1,01	2,18	3,41	
MnO	-	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MnO	-	0,05	0,12	-	0,11	0,02	0,06	0,10	
MgO	0,32	0,01	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MgO	41,38	38,85	38,38	42,17	35,02	42,66	40,91	39,91	
CaO	18,75	19,43	19,36	17,70	17,88	18,59	18,94	18,05	18,86	18,09	17,68	18,13	15,34	17,05	12,53	17,59	7,72	8,43	9,62	9,35	CaO	0,01	0,04	0,03	0,01	0,20	0,04	0,05	0,03	
Na ₂ O	0,92	0,67	0,83	2,06	1,69	0,75	0,98	1,28	0,62	0,74	1,06	1,37	2,78	1,68	4,32	1,46	5,78	6,41	5,64	5,75	Na ₂ O	0,02	0,02	0,05	-	0,02	0,04	0,04	-	
K ₂ O	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	-	-	0,03	-	0,01	0,06	-	0,12	-	1,68	0,21	0,18	0,31	K ₂ O	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	
ZnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	ZnO	-	0,03	nd	nd	nd	nd	0,06	-	
NiO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	NiO	0,12	0,04	nd	nd	nd	nd	0,29	0,23	
Total	99,70	100,00	100,50	99,70	98,80	99,80	102,20	101,00	100,80	101,70	99,60	103,80	101,20	101,00	101,10	102,70	101,20	102,50	102,40	102,50	Total	85,38	86,24	87,68	86,00	83,41	87,45	84,14	84,23	
Si	2,05	2,03	2,04	2,15	2,14	2,06	2,08	2,11	2,06	2,06	2,11	2,10	2,23	2,13	2,39	2,10	2,63	2,58	2,51	2,53	Si	1,99	2,04	1,92	1,97	1,89	2,01	1,96	1,97	
Ti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ti	-	-	-	-	0,01	-	-	-	
Al	1,93	1,95	1,95	1,82	1,83	1,95	1,92	1,89	1,94	1,99	1,90	1,92	1,76	1,87	1,62	1,93	1,38	1,45	1,53	1,50	Al	-	-	-	-	0,07	-	-	-	
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cr	-	-	-	-	0,01	-	-	-	
Fe ³⁺	0,01	0,01	-	-	-	0,01	-	-	0,02	-	-	-	0,02	0,02	-	-	-	-	-	0,01	Fe	0,08	0,17	0,38	0,08	0,41	0,04	0,09	0,14	
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mn	-	-	0,01	-	0,01	-	-	-	
Mg	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mg	2,94	2,75	2,77	2,97	2,67	2,93	2,96	2,90	
Ca	0,93	0,96	0,96	0,88	0,89	0,92	0,92	0,88	0,93	0,88	0,87	0,86	0,74	0,83	0,60	0,84	0,37	0,39	0,45	0,44	Ca	-	-	-	-	0,01	-	-	-	
Na	0,08	0,06	0,07	0,19	0,15	0,07	0,09	0,11	0,06	0,06	0,09	0,12	0,24	0,15	0,37	0,13	0,50	0,54	0,48	0,49	Na	-	-	0,01	-	-	-	-	-	
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,01	0,01	0,02	K	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Zn	-	-	nd	nd	nd	nd	-	-	
Ni	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Ni	-	-	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01	
Total	5,03	5,02	5,02	5,03	5,02	5,00	5,00	5,00	5,00	4,98	4,98	5,00	5,01	5,01	4,99	5,00	4,97	4,97	4,97	4,98	Total	5,01	4,97	5,08	5,03	5,07	4,99	5,04	5,03	
An	91,70	94,00	92,70	82,50	85,20	93,10	91,40	88,60	94,40	92,90	90,20	87,90	75,00	84,90	61,10	86,90	38,30	41,60	48,00	46,50	Mg#	0,97	0,94	0,88	0,97	0,87	0,99	0,97	0,95	
Ab	8,10	5,90	7,20	17,40	14,60	6,80	8,60	11,40	5,60	6,90	9,80	12,00	24,60	15,10	38,20	13,10	51,80	57,20	50,90	51,70										
Ksp	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	-	0,20	0,20	-	0,10	0,30	-	0,70	-	9,90	1,20	1,10	1,80										

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 8 O pour les plagioclases et la serpentine ; (2) - : limite de détection

Tableau VIII : Analyses représentatives des amphiboles de la zone Extension 1

Site	Extension 1										Webstérite à olivine										Webstérite										Gabbro-norite										Webstérite à plagioclase									
	Lherzofite					SMT-182					SM-24-1-18,4					SMT-67,8					SMT-217,5					SM-24-1-156					SMT-186					SM/24-271					SM-24-1-251					SM-24-1-266				
Analyses	3	12	34	22	404	409	415	77	78	50	52	350	351	85	93	80	3	6	21	40	10	223	233	241	252	269	270	279	287	294																				
SiO ₂	41,60	42,73	41,60	42,42	43,30	43,38	43,96	43,58	43,54	41,92	41,60	43,40	43,48	43,71	41,98	52,67	53,20	52,50	53,02	42,14	42,78	42,23	42,74	42,00	41,63	43,21	42,89	42,81	42,46	43,41																				
TiO ₂	1,05	1,02	1,16	1,15	1,04	1,00	0,88	0,44	0,36	0,67	0,60	0,83	0,86	0,64	0,66	0,08	0,07	0,12	0,06	0,55	0,58	0,70	0,66	0,69	0,70	1,11	1,22	1,27	1,26	1,16																				
Al ₂ O ₃	13,28	12,96	13,00	12,95	13,90	12,89	13,47	13,82	12,98	13,64	13,50	13,20	13,73	12,97	11,99	3,98	4,84	5,24	5,03	14,70	14,75	12,52	13,69	13,01	13,37	13,52	13,76	13,70	13,94	13,74																				
Cr ₂ O ₃	0,93	0,97	0,95	0,93	0,41	0,50	0,27	0,73	0,61	0,47	0,50	0,82	0,89	0,66	0,89	0,22	0,49	0,71	0,68	1,21	0,98	0,20	0,21	0,26	0,27	1,41	1,50	1,37	1,57	1,37																				
FeO	4,00	4,89	3,58	5,56	5,47	5,33	6,13	4,40	4,58	3,97	3,97	5,88	5,26	4,24	3,19	2,48	3,88	3,38	3,82	4,77	4,77	9,29	9,07	9,44	8,94	4,50	5,93	4,84	5,67	5,75																				
Fe ₂ O ₃	2,87	1,57	3,06	1,41	1,69	1,84	1,04	2,31	2,16	3,38	4,24	1,34	1,87	3,20	8,46	2,33	0,27	0,79	0,41	2,23	3,17	0,38	0,35	-	-	1,44	0,47	1,41	1,06	-																				
FeOT	6,58	6,30	6,33	6,83	6,99	6,99	7,08	6,48	6,53	7,01	7,78	7,08	6,94	7,12	10,81	4,58	4,13	4,09	4,19	6,77	6,52	9,64	9,39	9,44	8,94	5,80	6,35	6,11	6,62	5,75																				
MnO	0,11	0,08	0,09	0,08	0,05	0,10	0,08	0,07	0,14	0,10	0,06	0,10	0,08	0,08	0,11	0,08	0,08	0,07	0,09	0,07	0,08	0,06	0,07	0,14	0,12	0,05	0,08	0,03	0,08	0,05																				
MgO	16,30	16,65	16,50	16,35	16,30	17,30	16,28	16,82	16,71	16,07	16,10	16,00	15,98	16,25	15,93	20,76	20,90	20,50	20,90	15,81	16,11	13,03	13,55	12,91	12,29	16,18	16,02	16,11	15,39	16,05																				
CaO	12,65	12,70	12,60	12,47	12,40	10,85	12,49	12,70	12,52	12,66	12,50	12,40	12,56	12,44	11,92	12,64	12,30	12,60	12,12	12,01	12,18	12,77	12,70	12,69	12,35	12,44	12,48	12,53	12,77	12,19																				
Na ₂ O	2,43	2,50	2,35	2,52	2,33	2,10	2,47	2,41	2,35	2,41	2,45	2,33	2,07	1,78	1,70	0,46	0,78	0,75	0,76	2,45	2,02	2,13	2,24	2,45	1,96	1,19	1,69	1,30	1,54	1,39																				
K ₂ O	0,72	0,73	0,72	0,72	0,42	0,50	0,32	0,63	0,59	0,44	0,42	0,44	0,44	0,30	0,30	0,06	-	-	-	-	-	0,51	0,50	0,50	0,49	1,42	1,67	1,68	1,52	1,66																				
Total	95,71	96,77	95,50	96,56	97,00	95,61	97,29	97,70	96,37	95,46	95,50	96,60	97,03	95,98	96,29	95,54	96,80	96,60	96,85	95,73	96,00	93,79	95,75	94,09	92,12	96,33	97,66	96,91	97,15	96,77																				
Site T																																																		
Si	6,10	6,20	6,11	6,19	6,23	6,31	6,32	6,23	6,31	6,14	6,11	6,29	6,26	6,33	6,11	7,45	7,44	7,37	7,41	6,14	6,17	6,40	6,33	6,37	6,42	6,27	6,19	6,20	6,16	6,30																				
Al ^{IV}	1,90	1,80	1,89	1,81	1,77	1,69	1,68	1,77	1,69	1,86	1,89	1,71	1,74	1,67	1,89	0,55	0,56	0,63	0,59	1,86	1,83	1,60	1,67	1,63	1,58	1,73	1,81	1,80	1,84	1,70																				
Fe ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																			
Total	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00																				
Site C																																																		
Al ^{VI}	0,40	0,42	0,36	0,42	0,58	0,52	0,60	0,56	0,53	0,50	0,43	0,55	0,59	0,54	0,17	0,12	0,24	0,24	0,24	0,66	0,68	0,64	0,72	0,69	0,85	0,58	0,54	0,54	0,55	0,65																				
Ti	0,12	0,11	0,13	0,13	0,11	0,11	0,10	0,05	0,04	0,07	0,07	0,09	0,09	0,07	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13																				
Cr	0,11	0,11	0,11	0,11	0,05	0,06	0,03	0,08	0,07	0,05	0,06	0,09	0,10	0,08	0,10	0,02	0,05	0,08	0,07	0,14	0,11	0,02	0,02	0,03	0,03	0,16	0,17	0,16	0,18	0,16																				
Fe ³⁺	0,32	0,17	0,34	0,16	0,18	0,20	0,11	0,25	0,24	0,37	0,47	0,15	0,20	0,35	0,93	0,29	0,45	0,40	0,45	0,24	0,34	0,04	0,04	-	-	0,16	0,05	0,15	0,12	-																				
Fe ²⁺	0,49	0,59	0,44	0,68	0,66	0,65	0,74	0,53	0,56	0,49	0,49	0,71	0,63	0,51	0,39	0,25	0,03	0,08	0,04	0,58	0,44	1,18	1,12	1,20	1,15	0,55	0,72	0,59	0,69	0,70																				
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	-	0,01	0,01																				
Mg	3,55	3,58	3,61	3,51	3,41	3,45	3,41	3,53	3,56	3,50	3,48	3,40	3,37	3,44	3,32	4,30	4,20	4,18	4,17	3,31	3,35	2,95	2,99	2,92	2,83	3,43	3,38	3,42	3,32	3,37																				
Total	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,93	4,98	4,94	4,96	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00																				
Site B																																																		
Mg	0,01	0,02	0,01	0,05	0,09	0,31	0,08	0,06	0,06	0,01	0,04	0,07	0,06	0,07	0,14	0,08	0,15	0,10	0,18	0,13	0,12	-	-	-	-	0,07	0,07	0,06	0,01	0,11																				
Fe ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																			
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																			
Ca	1,99	1,98	1,99	1,95	1,91	1,69	1,92	1,94	1,94	1,99	1,96	1,93	1,94	1,93	1,86	1,92	1,85	1,90	1,82	1,87	1,88	2,07	2,02	2,06	2,04	1,93	1,93	1,94	1,99	1,89																				
Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																			
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,07	2,02	2,06	2,04	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00																				
Site A																																																		
Na	0,69	0,70	0,67	0,71	0,65	0,59	0,69	0,67	0,66	0,68	0,70	0,66	0,58	0,50	0,48	0,13	0,21	0,20	0,21	0,69	0,56	0,63	0,64	0,72	0,59	0,33	0,47	0,36	0,43	0,39																				
K	0,13	0,13	0,13	0,13	0,08	0,09	0,06	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,01	-	-	-	-	-	0,10	0,09	0,10	0,10	0,26	0,31	0,31	0,28	0,31																				
Total	0,83	0,84	0,80	0,85	0,73	0,69	0,75	0,78	0,77	0,77	0,77	0,74	0,66	0,56	0,54	0,14	0,21	0,20	0,21	0,69	0,56	0,73	0,74	0,82	0,68	0,60	0,78	0,68	0,72	0,70																				
Mg#	0,88	0,86	0,89	0,84	0,84	0,85	0,83	0,87	0,87	0,88	0,88	0,83	0,84	0,87	0,90	0,94	0,91	0,92	0,91	0,86	0,89	0,71	0,73	0,71	0,71	0,86	0,83	0,86	0,83	0,83																				

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 32 O ; (2) nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

Tableau IX: Analyses représentatives des amphiboles de la zone Principale

Site	Zone principale						Herzoltite						Chronitite						Gabbro-noritite						Herzburgrite						
	Roche		Webstérile		S3A-40		S41-76		S12-60		S06-42		T2/2-27		S16-30		S12-63		S06-32		S2A-133		S12-60		S12-61		S06		S06		
Echantillons	S2A-2	17	23	37	50	115	117	52	55	52	52	80	28	29	34	90	94	37	154	155	143	99	75	76	60	60	60	60	60		
SiO ₂	42,47	43,08	43,58	43,15	45,22	44,69	42,01	42,45	45,31	45,98	44,31	44,42	51,50	45,57	45,40	45,30	43,12	43,50	43,15	43,83	43,83	44,54	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72	
TiO ₂	0,60	0,69	1,02	1,06	0,59	0,54	0,50	0,47	0,60	0,81	0,74	0,75	0,06	1,37	1,21	1,04	2,29	2,11	1,13	1,73	1,73	0,79	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	
Al ₂ O ₃	15,35	15,53	14,86	15,18	13,19	13,94	15,49	15,31	14,01	13,57	12,86	13,32	7,04	11,55	12,00	12,40	13,28	13,40	13,15	13,08	13,08	12,98	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	
Cr ₂ O ₃	0,73	0,80	0,69	0,76	0,32	0,48	0,56	0,51	0,86	0,25	0,91	1,08	0,25	1,22	1,66	1,30	0,72	0,66	1,50	1,79	1,79	0,50	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
FeO	7,78	8,63	9,08	9,11	4,32	4,13	9,09	9,20	6,87	4,87	5,25	5,93	3,82	2,07	1,71	4,41	7,38	7,44	8,40	6,51	6,51	5,78	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	
Fe ₂ O ₃	1,62	-	-	-	2,28	2,44	1,32	1,39	-	2,20	2,34	1,82	1,12	2,18	2,77	-	-	-	0,56	-	-	0,89	-	-	-	-	-	-	-	-	
FeOt	9,24	8,63	9,08	9,36	5,98	6,32	10,28	10,45	6,87	6,85	7,35	7,57	4,83	4,03	4,21	4,41	7,38	7,44	8,90	6,51	6,51	6,59	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	
MnO	0,16	0,14	0,07	0,02	0,13	0,04	0,05	-	0,01	0,02	-	0,11	0,15	-	0,09	0,07	0,04	0,02	-	-	-	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
MgO	14,52	14,61	14,53	14,37	17,34	17,16	14,87	14,22	16,74	17,30	17,18	16,85	20,10	18,96	18,90	17,70	15,26	15,80	15,30	16,05	16,05	17,00	15,74	15,74	15,74	15,74	15,74	15,74	15,74	15,74	
CaO	12,19	12,00	11,73	12,25	12,22	12,21	11,00	11,91	11,92	12,51	12,25	12,27	12,70	12,94	12,80	12,50	11,73	12,00	11,89	11,80	11,80	12,07	11,79	11,79	11,79	11,79	11,79	11,79	11,79	11,79	
Na ₂ O	2,31	2,32	2,37	2,43	1,89	1,91	2,04	1,93	2,72	1,71	2,28	2,34	1,31	2,18	2,16	1,94	1,74	1,79	1,69	1,80	1,80	2,20	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	
K ₂ O	0,71	0,67	0,46	0,41	0,30	0,33	1,71	1,61	0,36	0,45	0,70	0,70	0,10	0,12	0,11	0,80	1,37	1,32	1,74	1,49	1,49	0,62	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
Total	98,28	98,47	98,39	98,99	97,18	97,62	98,51	98,86	99,40	99,45	98,58	99,41	98,10	97,94	98,60	97,50	96,93	98,10	98,45	98,08	98,08	97,39	96,41	96,41	96,41	96,41	96,41	96,41	96,41	96,41	
Site T																															
Si	6,12	6,18	6,27	6,17	6,43	6,33	6,08	6,12	6,39	6,40	6,29	6,27	7,16	6,41	6,34	6,45	6,30	6,27	6,24	6,32	6,32	6,38	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	
Al ^{iv}	1,88	1,82	1,73	1,83	1,57	1,67	1,92	1,88	1,61	1,60	1,71	1,73	0,84	1,59	1,66	1,55	1,70	1,73	1,76	1,88	1,68	1,62	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	
Fe ³⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Site C																															
Al ^{iv}	0,72	0,81	0,79	0,73	0,64	0,66	0,72	0,73	0,71	0,63	0,44	0,49	0,31	0,32	0,32	0,53	0,59	0,55	0,48	0,55	0,55	0,57	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	
Ti	0,06	0,07	0,11	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,08	0,01	0,14	0,13	0,11	0,25	0,23	0,12	0,19	0,19	0,09	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cr	0,08	0,09	0,08	0,09	0,04	0,05	0,06	0,06	0,10	0,03	0,10	0,12	0,03	0,14	0,18	0,15	0,08	0,08	0,17	0,20	0,20	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Fe ²⁺	0,94	1,04	1,09	1,09	0,51	0,49	1,10	1,11	0,81	0,57	0,62	0,70	0,45	0,24	0,20	0,53	0,90	0,90	1,02	0,79	0,79	0,69	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	
Fe ³⁺	0,18	-	-	-	0,03	0,20	0,14	0,15	-	0,23	0,25	0,19	0,12	0,23	0,29	-	-	-	0,06	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mn	0,02	0,02	0,01	-	0,02	-	0,01	-	-	-	-	0,01	0,02	-	0,01	0,01	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Mg	3,00	2,97	2,92	2,94	3,54	3,48	2,91	2,90	3,32	3,46	3,50	3,40	4,07	3,92	3,87	3,68	3,16	3,25	3,14	3,28	3,28	3,48	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	
Total	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
Site B																															
Mg	0,12	0,16	0,19	0,12	0,14	0,15	0,30	0,16	0,20	0,13	0,14	0,14	0,10	0,05	0,08	0,09	0,16	0,16	0,16	0,18	0,18	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
Fe ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	1,88	1,84	1,81	1,88	1,86	1,85	1,70	1,84	1,80	1,87	1,86	1,86	1,90	1,95	1,92	1,91	1,84	1,84	1,84	1,82	1,82	1,85	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	
Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Site A																															
Na	0,64	0,65	0,66	0,67	0,52	0,52	0,57	0,54	0,74	0,46	0,63	0,64	0,35	0,59	0,59	0,54	0,49	0,50	0,47	0,50	0,50	0,61	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	
K	0,13	0,12	0,08	0,07	0,05	0,06	0,32	0,30	0,06	0,08	0,13	0,13	0,02	0,02	0,02	0,15	0,26	0,24	0,32	0,27	0,27	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Total	0,78	0,77	0,75	0,75	0,58	0,58	0,89	0,84	0,81	0,54	0,75	0,77	0,37	0,62	0,61	0,68	0,75	0,74	0,80	0,78	0,78	0,72	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
Mg#	0,77	0,75	0,74	0,74	0,88	0,88	0,74	0,73	0,81	0,86	0,85	0,84	0,90	0,94	0,95	0,88	0,79	0,79	0,76	0,81	0,81	0,84	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

*Note : (1) nombre d'Oxygène = 23 O ; (2) - : limite de détection

Tableau X: Analyses représentatives des spinelles de la zone Extension 1

Site	Extension 1																																
Roches	Chromite					Lherzollite					Websterite à olivine					Extension 1																	
	SM24-1-102	488	491	492	496	SM24-1-83	440	441	452	35	SM1-182	38	5	SM1-67,8	68	88	90	94	67	SM24-1-118	398	400	416	397	299	304	47	51	63	358	368	373	378
Echantillons	487	488	491	492	496	440	441	452	35	38	5	68	88	90	94	67	94	67	398	400	416	397	299	304	47	51	63	358	368	373	378		
Analyses (%)	0,03	0,07	0,02	-	0,15	-	1,26	0,08	0,30	0,23	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	-	-	0,09	-	0,07	0,07	0,09	0,09	0,01	-	0,69	0,03	-	0,13	0,15		
SiO ₂	0,52	0,57	2,38	2,35	0,38	0,08	0,12	0,08	0,30	0,23	0,15	0,55	0,55	0,04	0,77	0,04	0,09	0,06	0,11	0,11	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	-	0,12	0,12	0,11	0,11	0,07		
TiO ₂	27,14	25,95	6,21	6,17	27,02	46,46	46,94	44,04	34,27	34,68	3,30	3,30	3,30	48,16	3,12	46,84	51,03	51,33	52,39	51,42	61,53	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	61,36	
Al ₂ O ₃	26,28	26,57	20,35	20,10	28,58	13,18	13,10	12,29	22,14	21,77	22,46	10,15	14,01	10,66	14,18	9,45	8,94	8,90	9,49	1,11	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
Cr ₂ O ₃	22,87	23,89	28,24	29,04	21,69	19,90	20,49	19,20	23,79	24,69	24,16	30,09	18,33	30,02	19,29	19,77	19,24	19,24	19,47	19,37	16,98	17,41	17,93	18,10	18,84	21,54	21,42	21,07	22,63	22,63	22,63	22,63	
Fe ₂ O ₃	13,35	13,46	37,15	36,76	11,07	6,73	6,16	6,66	10,99	11,12	12,72	55,53	6,29	54,80	7,30	5,68	5,27	5,39	5,65	4,17	4,43	6,55	7,05	5,73	7,05	5,73	4,39	7,14	4,04	6,85	6,85		
FeO [*]	34,88	36,00	61,67	62,12	31,65	25,96	26,03	25,20	33,68	34,69	35,60	80,06	23,99	79,33	25,86	24,89	23,98	24,32	24,46	20,72	21,40	23,82	24,44	24,00	21,40	15,15	0,16	0,13	0,06	0,04	0,11		
MnO	0,01	0,03	0,13	0,14	0,11	0,08	0,11	0,15	0,38	0,37	0,35	0,36	0,37	0,35	0,47	0,35	0,09	0,05	0,06	0,08	0,10	0,10	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,13	0,06	0,04	0,11		
ZnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
MgO	8,63	7,69	2,98	2,85	9,26	12,40	12,09	13,24	8,38	8,18	8,08	1,23	1,33	1,34	1,34	1,25	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	
CaO	0,01	-	0,02	-	-	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	-	0,01	-	0,01	-	0,08	0,03	0,03	0,03	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Na ₂ O	0,04	0,08	0,22	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K ₂ O	-	-	0,01	0,01	-	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	98,88	98,29	97,72	97,47	98,31	98,84	99,04	96,94	99,61	100,28	99,19	95,75	101,07	95,78	100,98	99,15	98,33	99,64	99,46	99,95	100,74	99,69	100,22	99,20	98,10	98,60	98,10	98,00	98,00	98,00	98,00	98,00	
Si	0,01	0,02	-	-	0,04	-	0,29	0,01	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,12	0,01	0,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,02	-	0,01	0,03	
Ti	0,10	0,11	0,53	0,52	0,07	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,04	0,03	0,03	0,12	0,01	0,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,02	-	0,01	0,03	
Al	8,05	7,82	2,15	2,14	8,01	12,45	12,56	11,99	9,71	9,78	9,27	1,14	12,50	1,08	12,27	13,36	13,48	13,57	13,38	13,38	15,16	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	15,06	
Cr	5,23	5,37	4,72	4,68	5,69	2,37	2,35	2,24	4,21	4,12	4,33	2,36	2,44	2,47	2,49	1,66	1,58	1,55	1,66	0,18	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Fe ²⁺	4,82	5,11	6,93	7,17	4,57	3,79	3,89	3,71	4,79	4,95	4,93	7,39	3,38	3,59	3,68	3,68	3,59	3,58	3,58	3,58	2,97	3,04	3,24	3,27	3,43	4,07	4,14	4,02	4,46	4,46	4,46	4,46	
Fe ³⁺	2,53	2,59	8,20	8,16	2,10	1,15	1,05	1,16	1,99	2,00	2,34	12,28	1,04	12,12	1,22	0,95	0,88	0,89	0,94	0,66	0,69	0,69	1,06	1,15	0,94	0,75	1,24	0,69	1,21	1,21	1,21	1,21	
Mn	nd	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,12	0,07	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02		
Zn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Mg	3,24	2,93	1,30	1,25	3,47	4,20	4,09	4,56	3,01	2,92	2,94	0,54	4,31	0,58	4,14	4,32	4,42	4,32	4,40	5,01	4,88	4,65	4,62	4,61	3,92	3,86	4,01	3,57	3,57	3,57	3,57		
Ca	0,02	0,04	0,13	0,03	0,02	-	-	-	0,04	0,01	-	0,02	-	0,03	-	-	-	0,04	0,01	-	0,04	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Fe ²⁺ / (Mg + Fe ²⁺)	0,60	0,64	0,84	0,85	0,57	0,47	0,49	0,45	0,61	0,63	0,63	0,93	0,44	0,93	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,37	0,38	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	
Fe ³⁺ / (Cr ³⁺ +Al ³⁺ +Fe ³⁺)	0,16	0,16	0,54	0,54	0,13	0,07	0,07	0,08	0,13	0,13	0,15	0,78	0,07	0,77	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
Cr# = Cr ³⁺ / (Cr ³⁺ +Al ³⁺)	0,39	0,41	0,69	0,69	0,42	0,16	0,16	0,16	0,30	0,30	0,32	0,67	0,16	0,70	0,17	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
Mg# = Mg / (Mg+Fe ²⁺)	0,40	0,36	0,16	0,15	0,43	0,53	0,51	0,55	0,39	0,37	0,37	0,07	0,56	0,07	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	
% Chromite	33,08	34,05	31,32	31,25	36,00	14,83	14,73	14,58	26,46	25,91	27,18	14,93	15,27	15,79	15,59	10,40	9,88	9,66	10,37	1,15	1,54	7,32	8,74	7,92	10,94	16,23	14,91	17,84	17,84	17,84	17,84	17,84	
% Spinnelle	50,91	49,53	14,25	14,30	50,72	77,95	78,67	77,88	61,03	61,50	58,16	7,24	78,20	6,89	76,76	83,65	84,56	84,76	83,75	94,75	94,12	86,03	84,09	86,10	84,37	75,97	80,73	74,54	74,54	74,54	74,54	74,54	
% Magnetite	16,01	16,42	54,44	54,45	13,28	7,22	6,60	7,53	12,51	12,60	14,66	77,83	6,53	77,32	7,65	5,96	5,55	5,58	5,88	4,10	4,34	6,65	7,17	5,99	4,69	7,79	4,36	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

* Note : (1) nombre d'Oxygène = 32 O ; (2) nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

Tableau XI: Analyses représentatives des spinelles de la zone Principale

Site	Zone principale				Webstérite				Lherzollite				Chromitite														
Roche	Harzburgite				S41-76				S06-135				S06-154														
Echantillons	T2/2-27				S06-116				S06-135				S 1 2 - S12-76														
	59	60	74	75	73	74	105	106	107	112	47	85	89	97	121	128	129	130	131	2	6	10	31	39	14	15	
Analyses	59	60	74	75	73	74	105	106	107	112	47	85	89	97	121	128	129	130	131	2	6	10	31	39	14	15	
SiO ₂ (%)	0,21	0,31	0,53	0,44	0,03	0,01	0,20	0,22	0,21	0,25	0,05	0,07	0,03	0,06	0,06	0,36	0,56	0,36	0,37	0,17	0,10	0,24	0,07	0,07	0,14	0,14	
TiO ₂	-	0,20	-	-	0,07	0,07	0,07	-	-	-	0,05	0,02	0,05	-	-	0,31	0,55	0,47	0,44	0,54	0,57	0,49	0,54	0,51	0,58	0,64	
Al ₂ O ₃	59,73	60,01	58,91	59,16	46,19	45,76	53,02	52,04	53,28	56,11	37,21	61,38	61,79	63,46	57,08	23,38	17,03	23,11	22,76	22,57	22,39	21,48	22,92	23,38	22,52	22,30	
Cr ₂ O ₃	4,22	4,03	4,48	4,65	14,50	14,79	10,39	10,12	9,84	8,05	19,41	2,50	2,16	0,69	9,14	33,34	32,78	33,42	33,43	34,49	34,34	35,47	32,95	32,34	35,82	38,15	
FeO	18,69	18,66	19,63	19,04	22,74	22,15	20,97	20,30	20,20	18,91	23,65	18,88	18,33	18,19	18,56	12,04	23,95	22,05	21,50	21,57	21,44	22,15	22,72	24,12	21,24	21,72	
Fe ₂ O ₃	4,97	4,39	4,52	4,60	6,01	5,85	5,11	5,66	5,48	3,23	9,31	2,20	2,42	2,28	4,14	12,26	17,61	13,14	12,67	11,44	11,86	10,97	11,61	11,59	8,92	8,16	
FeO _T	23,16	22,61	23,69	23,18	28,15	27,41	25,57	25,40	25,13	21,82	32,02	20,86	20,51	20,24	22,29	32,08	39,80	33,87	32,90	31,87	32,11	32,02	33,16	34,55	29,27	29,06	
MnO	0,10	0,25	0,21	0,04	0,14	0,18	0,11	0,18	0,26	0,16	0,27	0,19	0,12	0,01	0,22	0,56	0,46	0,41	0,52	0,29	0,34	0,33	0,23	0,21	0,44	0,23	
ZnO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
MgO	15,71	15,89	15,18	15,65	10,81	11,03	13,50	13,47	13,84	14,75	8,89	14,88	15,33	15,70	15,56	9,80	7,47	9,66	9,63	9,45	9,43	8,86	8,48	7,69	9,25	9,50	
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Na ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
K ₂ O	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Total	103,60	103,70	103,50	103,60	100,42	99,84	103,37	102,00	103,10	101,50	98,83	100,10	100,20	100,40	104,77	101,00	100,40	102,60	101,30	100,50	100,50	99,99	99,51	99,91	98,91	100,80	
Si	0,04	0,06	0,11	0,09	0,01	-	0,04	0,05	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,15	0,09	0,09	0,04	0,03	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04	
Ti	-	0,03	-	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	0,01	-	-	-	-	0,06	0,11	0,09	0,09	0,08	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12
Al	14,46	14,48	14,35	14,35	12,36	12,30	13,32	13,25	13,37	14,03	10,57	15,20	15,23	15,51	13,85	6,83	5,25	6,71	6,68	6,69	6,64	6,44	6,89	7,02	6,77	6,59	
Cr	0,69	0,65	0,73	0,76	2,60	2,67	1,75	1,73	1,66	1,35	3,70	0,42	0,36	0,11	1,49	6,57	6,78	6,51	6,59	6,86	6,84	7,14	6,64	6,52	7,22	7,56	
Cr ³⁺	3,21	3,20	3,39	3,28	4,32	4,23	3,74	3,67	3,60	3,36	4,77	3,32	3,21	3,16	3,20	4,39	5,24	4,54	4,49	4,54	4,52	4,72	4,85	5,15	4,53	4,56	
Fe ²⁺	0,77	0,68	0,70	0,71	1,03	1,00	0,82	0,92	0,88	0,52	1,69	0,35	0,38	0,36	0,64	2,30	3,47	2,44	2,38	2,17	2,25	2,10	2,23	2,23	1,71	1,54	
Fe ³⁺	0,02	0,04	0,04	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,03	0,06	0,03	0,02	-	0,04	0,12	0,10	0,09	0,11	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05	0,10	0,05	
Mn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Zn	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Mg	4,81	4,85	4,68	4,80	3,66	3,75	4,29	4,34	4,40	4,67	3,20	4,66	4,78	4,85	4,78	3,64	2,91	3,55	3,58	3,54	3,54	3,36	3,22	2,92	3,52	3,55	
Ca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Na	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
K	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Total	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Fe ²⁺ /(Cr ³⁺ +Al+Fe ³⁺)	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,03	0,11	0,02	0,02	0,02	0,04	0,15	0,22	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,11	0,10
Fe ²⁺ /(Mg+Fe ²⁺)	0,40	0,40	0,42	0,41	0,54	0,53	0,47	0,46	0,45	0,42	0,60	0,42	0,40	0,39	0,40	0,55	0,64	0,56	0,56	0,56	0,56	0,58	0,60	0,64	0,56	0,56	
Cr# = Cr ³⁺ /(Cr ³⁺ +Al ³⁺)	0,05	0,04	0,05	0,05	0,17	0,18	0,12	0,12	0,11	0,09	0,26	0,03	0,02	0,01	0,10	0,49	0,56	0,49	0,50	0,51	0,51	0,53	0,49	0,48	0,52	0,53	
M# = Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,60	0,60	0,58	0,59	0,46	0,47	0,53	0,54	0,55	0,58	0,40	0,58	0,60	0,61	0,60	0,45	0,36	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,40	0,36	0,44	0,44	
% Chromite	4,31	4,13	4,64	4,78	16,28	16,70	11,02	10,87	10,42	8,50	23,18	2,60	2,24	0,71	9,31	41,82	43,74	41,58	42,10	43,65	43,47	45,51	42,16	41,34	45,99	48,20	
% Spinelle	90,86	91,59	90,91	90,71	77,29	77,01	83,81	83,33	84,06	88,25	66,23	95,21	95,37	97,06	86,67	43,52	33,87	42,85	42,71	42,56	42,23	41,07	43,70	44,54	43,09	41,88	
% Magnetite	4,83	4,28	4,46	4,51	6,43	6,29	5,17	5,80	5,53	3,25	10,59	2,18	2,39	2,23	4,02	14,65	22,39	15,57	15,19	13,79	14,30	13,41	14,14	14,11	10,92	9,82	
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Selon la classification de Deer et al. (1983),

* Note : (1) nombre d'Oxygène = 32 O ; (2) nd = non déterminé ; (3) - : limite de détection

5. Discussion

L'intrusion de Samapleu (occurrences E1 et SM) se compose d'unités cumulatives mafiques (gabbro-norite, norite, anorthosite) et ultramafiques (péridotite, pyroxénite et chromitite). L'évolution de ces séquences cumulatives, la pétrographie et la minéralogie des lithologies indiquent l'ordre suivant de mise en place: (i) péridotite et chromitite; (ii) ensemble pyroxénitique, enfin (iii) les séquences mafiques (Gouedji 2014). Les teneurs en Mg# toujours élevées dans les minéraux de la chromitite ainsi que les lithologies riches en olivine confirment que la chromitite et les lithologies riches en olivine se sont formées en premier lors de la mise en place de l'intrusion.

Les valeurs relativement faibles en Cr_2O_3 , Na_2O et TiO_2 dans les cristaux de CPX montrent que ces derniers ont conservé des traces d'une origine magmatique primitive (Jagoutz et al., 2007). De plus, leur enrichissement modéré en fer (2 à 6 %) indique une différenciation magmatique (Khan et al., 1989). Les valeurs élevées en MgO dans les minéraux impliqueraient une origine mantellique de l'intrusion. Toutes les caractéristiques chimiques de ces minéraux indiquent que l'intrusion de Samapleu provient d'un magma d'origine mantellique qui se serait formé par cristallisation fractionnée. En outre, les valeurs des teneurs cationiques en Ni (inférieures à 2800 ppm) en rapport avec des teneurs en forstérite (Fo_{78} et F_{90}) des olivines de l'intrusion caractérisent une intrusion litée (Naldrett, 1989). Ces teneurs nettement inférieures à 3500 ppm (teneur normale de Ni cation dans une olivine mantellique) expliqueraient en partie la présence de sulfure riche en Ni au sein du dyke de Samapleu (Ouattara, 1998 ; Gouedji, 2014 ; Gouedji et al, 2014).

Plusieurs signatures caractéristiques d'un métamorphisme de haut grade ont été recensées dans certains minéraux de l'intrusion de Samapleu : (i) présence de kinks de déformations, d'extinctions onduleuses ; (ii) présence abondante d'aluminium dans des OPX impliquant un métamorphisme de haut grade des roches contenant de tels OPX (Harley, 1998) ; (iii) fortes teneurs en anorthite dans les plagioclases dont l'enrichissement en anorthite traduit un degré de métamorphisme plus élevé (Laird et Albee, 1981 ; Mahmoud et Ghaleb, 2009) ; (iv) spinelles ayant des signatures de spinelles métamorphisées au faciès amphibolite supérieure à granulite avec une présence remarquable d'hercynite et de magnétite chromifère de haut grade de métamorphisme (Suito et Strieder, 1996 ; Barnes et Roeder, 2001).

Dans la région d'étude, le métamorphisme régional granulitique qui a affecté les roches encaissantes (granulites gneissiques, charnockites) de l'intrusion de Samapleu, ainsi que les roches associées sont datées du Libérien (2,8 Ga : Camil, 1981, 1984; Kouamelan et al., 1997; Gouedji, 2014 et Gouedji et al, 2014). Ce métamorphisme régional semble antérieur à la mise en place de l'intrusion de Samapleu.

Gouedji (2014) a mis en évidence un métamorphisme au contact entre l'intrusion et l'encaissant (granulite gneissique). Les conditions déterminées sur le faciès hybride (contact de l'intrusion avec l'encaissant gneissique) sont estimées à $7,5 \pm 1$ kbar de pression et une température de $850^\circ\text{C} \pm 100^\circ\text{C}$. Ces pressions et températures sont certes celles du métamorphisme de contact entre l'intrusion et l'encaissant gneissique mais avec des valeurs d'un métamorphisme granulite. Cela implique une mise en place de l'intrusion à une pression et une température élevées, donc à la base de la croûte terrestre à environ 22 km de profondeur. De plus,

ce métamorphisme de contact est daté de 2,09 Ga (âge U/Pb sur rutile; Gouedji, 2014; Gouedji et al., 2014), âge qui correspondrait à celui de la mise en place du dyke de Samapleu.

De ce fait, les caractéristiques de métamorphisme granulitique reconnues par la pétrographie et la chimie des minéraux des lithologies de l'intrusion ne viennent pas du métamorphisme granulite libérien mais des caractéristiques résultant de la mise en place de l'intrusion à la base de la croûte à environ 22 km de profondeur.

Les teneurs en Ca-Tschemark's des CPX des zones E1 et SM de moyenne 4 à 6 % (valeurs d'un complexe stratiforme mis en place en profondeur autour de 5 Kbars) et localement 7 à 12 % (Tab. V et VI) impliquent une mise en place possible de l'intrusion à des pressions de 5 à 10 Kbars (profondeur de 16 km; Mercedes et Juana, 1973), ce qui renforce cette hypothèse. De plus, la composition des amphiboles de l'intrusion (tschermackite, pargasite, hornblende) est interprétée comme des amphiboles magmatiques (Jagoutz et al., 2007) ayant des signatures d'amphiboles formées à moyenne-haute pression. Les températures de cristallisation des hornblendes mesurées au thermomètre de Holland et Blundy (1994) sont de 730 ± 40 , 763 ± 37 et $783 \pm 103^\circ\text{C}$ (Jarrar, 1998). Par conséquent, ces amphiboles se sont probablement formées durant la cristallisation du magma, soit avec l'implication de fluides lors de la mise en place de l'intrusion et/ou de la cristallisation des magmas (Zhao et Zhou, 2006 ; Sanghoon et al., 2012).

De même, le diagramme binaire Al^4 versus Al^6 des CPX confirme cette mise en place de l'intrusion dans des conditions d'un métamorphisme granulite et indique une composition basaltique du magma comme l'ont montré Gouedji (2014) et Gouedji et al (2014). La composition du liquide parent de l'intrusion de Samapleu montre une composition de basalte à forte teneur en MgO et faible teneur en Ti.

Par ailleurs, la lizardite (serpentine formée à température inférieure à 300°C ; Schwartz et al, 2012) qui est toujours présente dans les péridotites se serait formée ultérieurement soit par altération régressive de l'olivine ou par rétomorphose lors de l'injection de fluides tardifs.

En considérant les résultats précédents, l'intrusion de Samapleu serait contemporaine et de la mise en place des basaltes de plateau océanique en rapport avec l'activité d'un panache ou à la convergence tectonique éburnéenne entre la croûte birimienne et la croûte archéenne entre 2,1 et 2,05 Ga (Abouchami et al., 1990 ; Lompo, 2009-2010).

Par ailleurs, les caractéristiques métamorphiques de faciès granulites de l'intrusion de Samapleu suggèrent une relation possible avec l'événement métamorphique éburnéen de haut grade décrit au sud de la faille Man-Danané par Pitra et al. (2010). Cependant aucune trace de métamorphisme de haut grade éburnéen n'est encore reconnu dans le domaine archéen au nord de la faille Man-Danané (où se situe l'intrusion de Samapleu) qui est considéré comme stable.

6. Conclusion

L'intrusion de Samapleu du complexe lité Yacouba se compose d'unités cumulatives, mafique (gabbro-norite, norite, anorthosite) et ultramafique (péridotite, pyroxénite et chromitite). L'ordre de mise en place des lithologies en fonction des caractéristiques pétrographiques et minéralogiques est le suivant : péridotite et chromitite en premier, ensemble

pyroxénitique et séquences mafiques.

La cristallogénèse des minéraux comme l'olivine, l'OPX, le CPX et l'amphibole dans les lithologies des occurrences de l'Extension 1 et de la zone principale montrent que l'intrusion se serait formée à partir d'un magma mantellique de composition basaltique par cristallisation fractionnée. Elle se caractérise par des valeurs relativement faibles en Cr_2O_3 , Na_2O et TiO_2 , un enrichissement modéré en fer (2 à 6 %) dans des CPX et des valeurs élevées en MgO des minéraux.

Les lithologies de cette intrusion ont les caractéristiques d'un métamorphisme de haut grade avec notamment des kinks de déformations, des extinctions onduleuses, l'abondance d'aluminium dans les OPX, de fortes teneurs en anorthite dans les espèces de plagioclase, la présence d'hercynite et de magnétite chromifère (spinelles du métamorphisme de haut grade). Ces caractéristiques résultent d'une mise en place de l'intrusion à une pression P de $7,5 \pm 1$ Kbar et une température T de $850^\circ\text{C} \pm 100^\circ\text{C}$, donc à la base de la croûte à environ 22 km de profondeur. Les teneurs en Al^4 et Al^6 et celles élevées en Ca-Tschermak's des CPX ainsi que les espèces d'amphiboles présentes confirment une mise en place de l'intrusion à haute température et haute pression. La présence notable d'amphiboles traduirait l'implication de fluides lors de la mise en place de l'intrusion et/ou de la cristallisation des magmas.

Daté de 2,09 Ga (âge U/Pb sur rutile), le dyke de Samapleu serait contemporain et lié à la mise en place des basaltes de plateau océanique en rapport avec l'activité d'un panache ou à la convergence tectonique éburnéenne entre la croûte birimienne et la croûte archéenne entre 2,1 et 2,05 Ga.

Remerciements

Nous remercions la société Sama Nickel-CI qui a financé ce travail. Les auteurs remercient également la SODEMI, le laboratoire Chrono-Environnement de l'Université de Franche-Comté (France), l'Université de Lausanne (Suisse), l'IST de Grenoble, le laboratoire mixte du BRGM - CNRS de l'Université d'Orléans (France) qui ont l'acquisition des données et la réalisation de ce travail.

Références

Abouchami, W., Boher, M., Michard, A., Albarede, F., 1990. A major 2.1 Ga old event of mafic magmatism in West Africa: an early stage of crustal accretion. *Journal of Geophysical Research*, 95: 17605-17629.

Aoki, K.,-I., Kushiro I., 1968. Some Clinopyroxenes from Ultramafic Inclusions in Dreiser Weiher. Eifel. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 18 : 326-337.

Auzende, A., 2003. Evolution des microstructures des serpentinites en contexte convergent : effet du degré de métamorphisme et de la déformation. Thèse Doctorat, Université Joseph Fourier. Grenoble : 264 p.

Auzende, A., Daniel, I., Reynard, B., Lemaire, C., Guyot, F., 2004. High-pressure behavior of serpentine minerals: a Raman spectroscopic study. *Physics and Chemistry of Minerals*, 31 (5): 269-277.

Barnes, S.,-J., Roeder L., P., 2001. The range of spinel

compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *Journal of Petrology*. 42: 2279 - 2302.

Berger, J., Diot, H., Khalidou, L., Ohnenstetter, D., Féménias, O., Pivin, M., Demaiffe, D., Bernard, A., Charlier, B., 2013. Petrogenesis of Archean PGM-bearing chromitites and associated ultramafic-mafic-anorthositic rocks from the Guelb el Azib layered complex (West African craton. Mauritania). *Precambrian Research*, 224 : 612-628.

Camil, J., 1981. Un exemple de métamorphisme prograde de la base du faciès des amphibolites au faciès des granulites dans la région de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris. 93 : 513-518.

Camil, J., 1984. Pétrographie, chronologie des ensembles granulitiques archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire). Implication pour l'histoire géologique du Craton Ouest-Africain. Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences, Université d'Abidjan : 306 p.

Coulibaly, Y., Kouaho, B., Gnanzou, A., Allialy, M.E., Djro, S.C., 2012. Contexte géologique de la minéralisation aurifère du Prospect de Bobosso (région de Dabakala, Centre-Nord de la Côte d'Ivoire). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 14 (2) : 149-162.

Deer, W., A., Howie, R., A., Zussman, J., 1992. An introduction to the rock forming minerals; Longman group limited. Distributed in the U.S.A by Halsted Press. a Division of John Wiley Sons. Inc. 2nd edition, New York: 696 p.

Gouedji, G., E., F., 2014. Les séquences mafiques-ultramafiques de Samapleu et leurs minéralisations en Ni-Cu-EGP: un dyke du complexe lité Yacouba ; craton archéen de Man, Ouest Côte d'Ivoire. Thèse Doctorat Université Franche Comté-Besançon / Université Felix Houphouët Boigny d'Abidjan : 380 p.

Gouedji, F., Picard, C., Coulibaly, Y., Audet, M.-A., Auge, T., Goncalves, P., Paquette, J.-L., Ouattara, N., 2014. The Samapleu mafic-ultramafic intrusion and its Ni-Cu-PGE mineralization: an Eburnean (2.09 Ga) feeder dyke to the Yacouba Layered Complex (Man Archean craton, Western Ivory Coast). *Bulletin de la Société Géologique de France*. 185 (6): 393-411.

Groppo, C., Rinaudo, C., Cairo, S., Gastaldi, D., Compagnoni, R., 2006. Micro-Raman spectroscopy for a quick and reliable identification of serpentine minerals from ultramafics. *European Journal of Mineralogy*. 18: 319-329.

Harley, S., L., 1998. On the occurrence and characterization of ultrahigh-temperature crustal metamorphism. In : Treloar, P., J., & O'Brien, P., J., (eds) What Drives Metamorphism and Metamorphic Reactions ? *Geological Society, Special Publication*, London: 138: 81-107.

Holland, T., Blundy, J., 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 116 (4): 433-47.

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). *Journal of Petrology*; 48 (10): 1895-1953.

- Jarrar, G., 1998. Mineral chemistry in dioritic hornblendites from Wadi Araba, southwest Jordan. *Journal of African Earth Sciences*, 26 (1): 285-295.
- Khan, M., A., Jan, M., Q., Windley, B., F., Tarney, J., Thirlwall, M., F., 1989. The Chilas mafic-ultramafic igneous complex; the root of the Kohistan island arc in the Himalaya of northern Pakistan. In: Malinconico. L. L., Jr and Lillie. R. J. (Eds). Tectonics of the Western Himalayas. *Geological Society of America. Special Papers*, 232 : 75-94.
- Kouamelan, A.N., 1996. Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implication pour la transition archéen-protérozoïque. Thèse de doctorat Université Géosciences Rennes1 France : 167 p.
- Kouamelan, A.N., Delor, C., Peucat, J.J., 1997. Geochronological evidence for reworking of Archaean terrains during the Early Proterozoic (2.1 Ga) in the western Côte d'Ivoire (Man Rise - West African Craton). *Precambrian Research*, 86: 177-199.
- Kouamelan, A.N., Djro, S.C., Allialy, M.E., Paquette, J.-L., Peucat, J.-J., 2015. The oldest rock of Ivory Coast. *Journal of African Earth Sciences*, 103: 65-70.
- Kouamelan, A.N., Kouassi, S.A., Djro, S.C., Paquette, J.-L., Peucat, J.-J., 2017. The Logoulé Band: A large Archean crustal block in the Kenema-Man domain (Man-Leo rise, West African Craton) remobilized during Eburnean orogeny (2.05 Ga). *Journal of African Earth Sciences*, In press. doi:10.1016/j.jafrearsci.2017.09.004.
- Laird, J., Albee, A., L., 1981. Pressure, Temperature and time indicators in mafic schist: their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont. *American Journal of Science*, 281: 127-175.
- Leake B., E., Woolley, A., R., birch, W., D., Burke, E., A.-J., Ferraris G., Grice, J., D., Hawthorne, F., C., Kisch, H., J., Krivovichev, V., G., Schumacher, J., C., Stephenson, N., C., N., Whittaker, E., J. W., 2004. Nomenclature of amphiboles: Additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. *American Mineralogist*, 89: 883-887.
- Lemaire, C., 2000. Application des spectroscopies vibrationnelles à la détection d'amiante dans les matériaux et à l'étude des serpentines. Thèse Doctorat Université de Paris 7: 157 p.
- Lompo, M., 2009. Geodynamic evolution of the 2.25-2.0 Ga Palaeoproterozoic magmatic rocks in the Man-Leo shield of the West African craton. A model of subsidence of an oceanic plateau. *Geological Society, Special Publications*, London, 323: 231-254.
- Lompo, M., 2010. Paleoproterozoic structural evolution of the Man-Leo shield (West Africa). Key structures for vertical to transcurrent tectonics. *Journal of African Earth Sciences*, 58: 19-36.
- Mahmoud, A., H., Ghaleb, H., J., 2009. Petrology and geochemistry of the metasediments of the Janub metamorphic suite. Southern Jordan: Implications for geothermobarometry and Economic Potential. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2 (1): 7-17.
- Mercedes, M., Juana, S., 1973. Clinopyroxenes as Geobarometric Indicators in Mafic and Ultramafic Rocks from Canary Islands. Department of Petrology and Geochemistry. University of Madrid. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 44: 139-147.
- Morimoto, N., 1989. Nomenclature of pyroxenes. *Canadian Mineralogist*, 27: 143-156.
- Naldrett, A., J., 1989. Magmatic sulfide deposits. Oxford University Press (Edit.), Oxford. *Monographs on Geology and Geophysics*, 14: 186 p.
- Ouattara, N., 1998. Pétrologie, géochimie et métallogénie des sulfures et des éléments du groupe du platine des ultrabasites de Côte d'Ivoire : Signification géodynamique et implications sur les processus de croissance crustale à l'Archéen et au Paléoproterozoïque. Thèse de doctorat Université d'Orléans, 199 p.
- Pitra, P., Kouamelan, A.N., Balleve, M., Peucat, J.J., 2010. Palaeoproterozoic high pressure granulite overprint of the Archean continental crust: evidence for homogeneous crustal thickening (Man Rise, Ivory Coast). *Journal of Metamorphic Geology*, 28: 41-58.
- Roubault, M., Fabries, J., Touret, A., Weisbrod, 1963. Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Edition Lamarre-Poinat 4. Rue Antoine Dubois. Paris-6^e : 368p
- Sanghoon, K., Sung, W., K., Santosh, M., 2012. Multiple generations of mafic-ultramafic rocks from the Hongseong suture zone. Western South Korea: Implications for the geodynamic evolution of NE Asia. *Lithos*, 160-161 : 68-83.
- Schwartz, S., Guillot, S., Tricart, P., Bernet, M., Jourdan, S., Dumont, T., Montagnac, G., 2012. Source tracing of detrital serpentinite in the Oligocene molasse deposits from the western Alps (Barrême basin): implications for relief formation in the internal zone. *Geological Magazine*, Cambridge University Press (CUP): 1-16.
- Schwartz, S., Guillot S., Reynard B., Lafay R., Debret B., Nicollet C., Lanari P., Auzende A., 2012. Pressure-temperature estimates of the lizardite/antigorite transition in high pressure serpentinites. *Lithos*, 178 : 197-210.
- Seyler, M., 2017. Cahier de Minéralogie n°4 : Compositions et nomenclature des amphiboles. *Bulletin de Liaison de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie*, 19 : 31-35.
- Suita, M., T., F., Strieder, A., J., 1996. Cr-Spinels from Brazilian Mafic-Ultramafic Complexes: Metamorphic Modifications. *International Geology Review*, 38 : 245-267.
- Thieblemont, D., Goujou, J.C., Egal, E., Cocherie, A., Delor, C., Lafon, J.M., Fanning, C.M., 2004. Archaean evolution of the Leo Rise and its Eburnean reworking. *Journal of African Earth Sciences*, 39: 97-104.
- Zhao, J., H., Zhou, M., F., 2006. Neoproterozoic mafic intrusions in the Panzhihua district. SW China: implications for interaction between subducted slab and mantle wedge. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70 : A740-A1740.